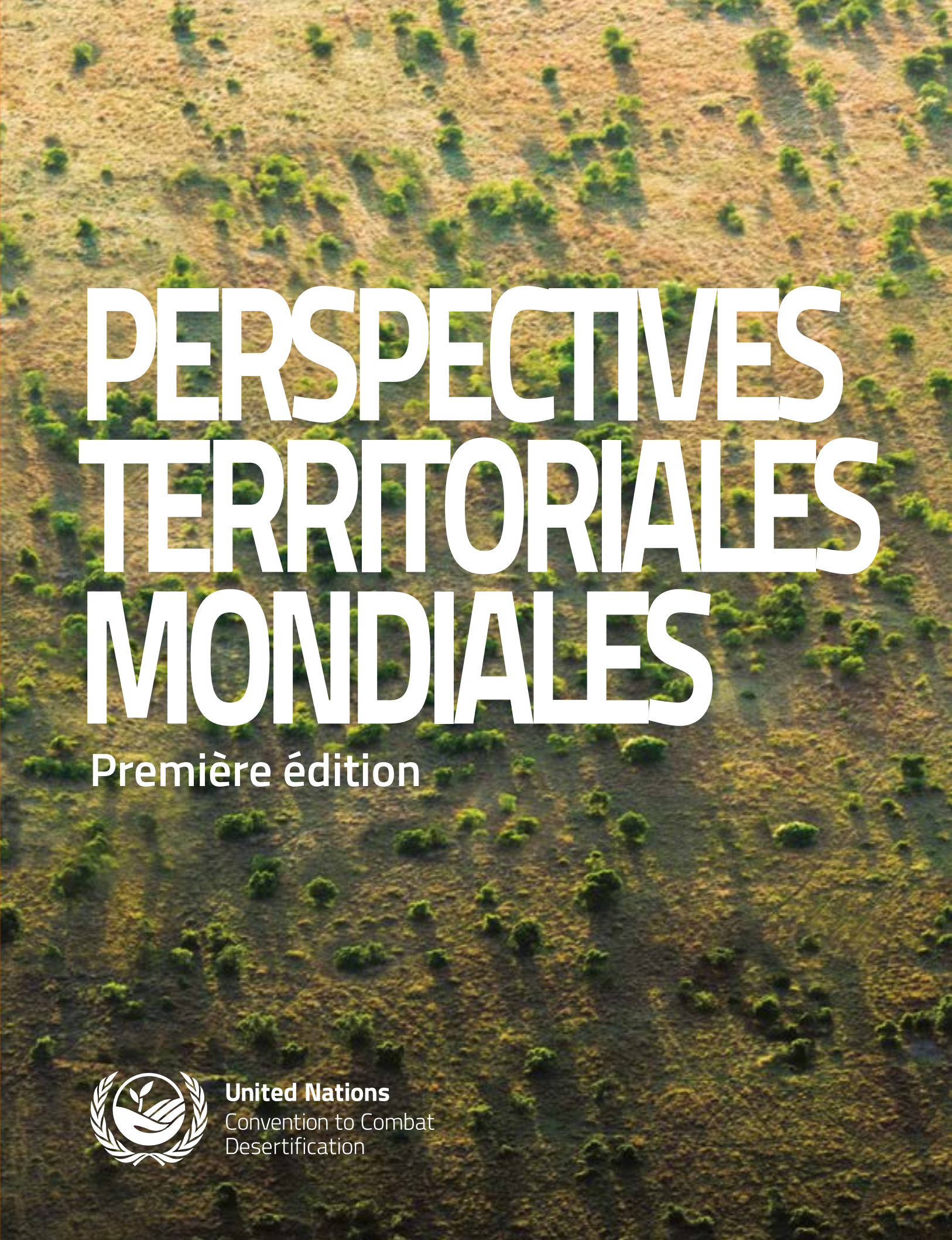


PERSPECTIVES TERRITORIALES MONDIALES

Première édition

United Nations
Convention to Combat Desertification

United Nations
Convention to Combat Desertification

L'objectif de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) est de combattre la désertification et la dégradation des terres et d'atténuer les effets de la sécheresse dans les pays touchés dans le monde entier, en particulier en Afrique, par une action efficace à tous les niveaux.

Partenaires soutenant les PERSPECTIVES TERRITORIALES MONDIALES

UNDP — Empowered lives. Resilient nations.
European Commission
THE CHANGWON INITIATIVE
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Federal Department of Foreign Affairs FDFA
Swiss Agency for Development and Cooperation SDC
Government of the Netherlands

Partenaires contribuant aux PERSPECTIVES TERRITORIALES MONDIALES

Convention on Biological Diversity
zef Center for Development Research University of Bonn
ecoagriculturepartners
ELD THE ECONOMICS OF LAND DEGRADATION
Food and Agriculture Organization of the United Nations
IASS POTSDAM
ICARDA Science for Better Livelihoods in Dry Areas
IINAS
INTERNATIONAL LAND COALITION
International Organization for Migration (IOM) The UN Migration Agency
IUCN
European Commission
PBL Netherlands Environmental Assessment Agency
Ramsar Convention on Wetlands
UNDP — Empowered lives. Resilient nations.
UN environment United Nations Environment Programme
Wetlands INTERNATIONAL
THE WORLD BANK

© UNCCD, 2017
Secrétariat de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification
Platz der Vereinten Nationen 1
53113 Bonn, Allemagne
www.unccd.int

PERSPECTIVES TERRITORIALES MONDIALES

Première édition

© Kate Evans, avec l'aimable autorisation du CIFOR

PERSPECTIVES TERRITORIALES MONDIALES

Première édition

SOMMAIRE

Remerciements 4
Avant-propos 7
Messages clés 8
Résumé analytique 10
introduction 14

PARTIE 1 : VUE D'ENSEMBLE 18

1 Définition de la terre 20
2 Bref historique de l'utilisation des terres 30
3 Moteurs du changement 40
4 Convergence des preuves 52
5 Ressources terrestres et sécurité humaine 78

PARTIE 2 : LES PERSPECTIVES 104

6 Scénarios de changement 106
7 Sécurité alimentaire et agriculture 124
8 Ressources en eau 160
9 Biodiversité et sol 190
10 Énergie et climat 212
11 Urbanisation 226
12 Zones arides 246

PARTIE 3 : UN AVENIR PLUS SÉCURISÉ 270

ANNEXE 1 310
Le cadre conceptuel scientifique pour la neutralité en matière de dégradation des terres

ANNEXE 2 320
Cartographie de la dynamique de productivité des terres : détection des trajectoires critiques des transformations terrestres mondiales

REMERCIEMENTS

Cette première édition des Perspectives territoriales mondiales (PTM) a été un travail d'équipe mené par le Secrétariat de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) en collaboration avec des partenaires et contributeurs (voir la couverture), le comité de pilotage des PTM et des experts et organisations externes. En outre, un certain nombre de documents de travail devaient fournir des connaissances et analyses sur les principaux thèmes abordés dans ces Perspectives.

Équipe des Perspectives territoriales mondiales

Coordinateurs : Ian Johnson et Sasha Alexander
Co-auteurs : Nigel Dudley et Sasha Alexander

Designer graphique : Anne Stein
Éditeur photos : Corinna Voigt
Maquette et conception : Miller Design
Assistance à la recherche : Peron Collins, Corinna Voigt, Wagaki Wischnewski, Barbara Bendandi, Utchang Kang, Mattia Cerutti, Sue Stolton

Contributions aux chapitres : Le Centre commun de recherche de la Commission européenne (CCR) a contribué en partie au chapitre 4. Emmanuel Kasimbasi, Atieno Mboya Samandari et Robert McLemon ont contribué en partie au chapitre 5. Le chapitre 6 a été modifié à partir du travail effectué par l'Agence néerlandaise pour l'évaluation environnementale (PBL). Alfred Duda a contribué en partie au chapitre 8. L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a contribué en partie au chapitre 9. L'Institut international pour l'analyse et la stratégie de la durabilité (IINAS) a contribué en partie au chapitre 10. Le chapitre 12 a été modifié à partir du travail effectué par Jonathan Davies (UICN). L'Annexe 1 a été rédigée par Annette L. Cowie et Barron J. Orr. L'Annexe 2 a été rédigée par Stefan Sommer, Michael Cherlet et Eva Ivits.

Auteurs principaux des documents de travail : Nicola Favretto, Jonathan Davies, Grammenos Mastrojeni, Ronald Vargas, Richard Thomas, Graciela Metternicht, Giancarlo Raschio, Atieno Mboya Samandari, Seth Shames, Alfred Duda, Robert McLeman, Emmanuel Kasimbazi, Neville Crossman, Uwe Fritsche, Craig Hatcher et Michael Welland.

Membres du comité de pilotage : Ademola Braimoh (Banque mondiale), Jonathan Davies (UICN), Siham Drissi (PNUE), Nicola Favretto (UNU), Tobias Gerhartsreiter (ELD), Luc Gnacadja (GPS-Dev), Hannah Janetschek (IASS), Anne Juepner (PNUD), Eli Kotse (PNUD), German Kust (CNULCD-SPI), Jane Madgwick (WI), Grammenos Mastrojeni (Italie), Alisher Mirzabaev (ZEF), Luca Montanarella (CE), Mark Schauer (ELD), Michael Taylor (ILC), Ben ten Brink (PBL), Richard Thomas (ICARDA), Peter van der Auweraert (IOM), Stefan van der Esch (PBL), Joachim van Braun (ZEF), Louis Wertz (EcoAgriculture Partners), Edoardo Zandri (PNUE) et Sergio Zelaya (FAO).

Réviseurs externes : Cette première édition des PTM a également été examinée par des experts externes qui ont fourni de précieux commentaires et suggestions, à savoir : Royal Gardner, Erin Okuno, Siobhan Fennessy, Richard Thomas, Peter Harper, Pete Bettinger, Lorena Aguilar, Margaux Granat, Jonathan Davies, Elena Maria Abraham, Nathalie van Haren, Roland Bunch, Gemma Shepard, Markus Giger, Isabelle Providoli, Rima Mekdaschi Studer, Kust allemand, Graciela Metternicht, Dina Ionesco, Susanne Melde, Jane Madgwick, Willem Ferweda, Peter Verburg, Erle Ellis, Patrick Meyfroidt, Brett Bryan, Neville Crossman, Karl Heinz, Ricardo Grau, Luca Montanarella, Robert John Scholes, Barend Erasmus, Matthew Potts, Bhawani Shanker Kusum, Marioldy Sanchez, Stephanie Williamson, Michael Woodbridge, Diana Wall, Elizabeth Bach et Ben ten Brink.

La direction et les conseils de la Secrétaire de direction de la CNULD, Monique Barbut, ont été un moteur essentiel dans la préparation de cette nouvelle publication phare, qui présente une approche claire et pragmatique de l'utilisation, de la gestion et de la planification des terres pour le développement durable et la sécurité humaine.

Enfin, ces Perspectives n'auraient pu être produites sans le généreux soutien financier apporté par la Commission européenne, le Programme des Nations Unies pour le développement et les gouvernements de la République de Corée, des Pays-Bas et de la Suisse.

Clause de non-responsabilité : Les désignations employées et la présentation du matériel dans ce produit d'information n'expriment en aucune manière l'opinion de la Convention de l'ONU sur la lutte contre la désertification (CNULCD) concernant le statut juridique ou de développement de tout pays, territoire, ville ou région ou de ses autorités, ou concernant la délimitation de ses frontières ou limites. La mention d'entreprises ou de produits de fabricants spécifiques, qu'ils soient ou non brevetés, ne signifie pas que ceux-ci ont été avalisés ou recommandés par la CNULCD de préférence à d'autres de nature similaire qui ne sont pas mentionnés. Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles des auteurs ou contributeurs et ne reflètent pas nécessairement les points de vue ou les politiques de la CNULCD.

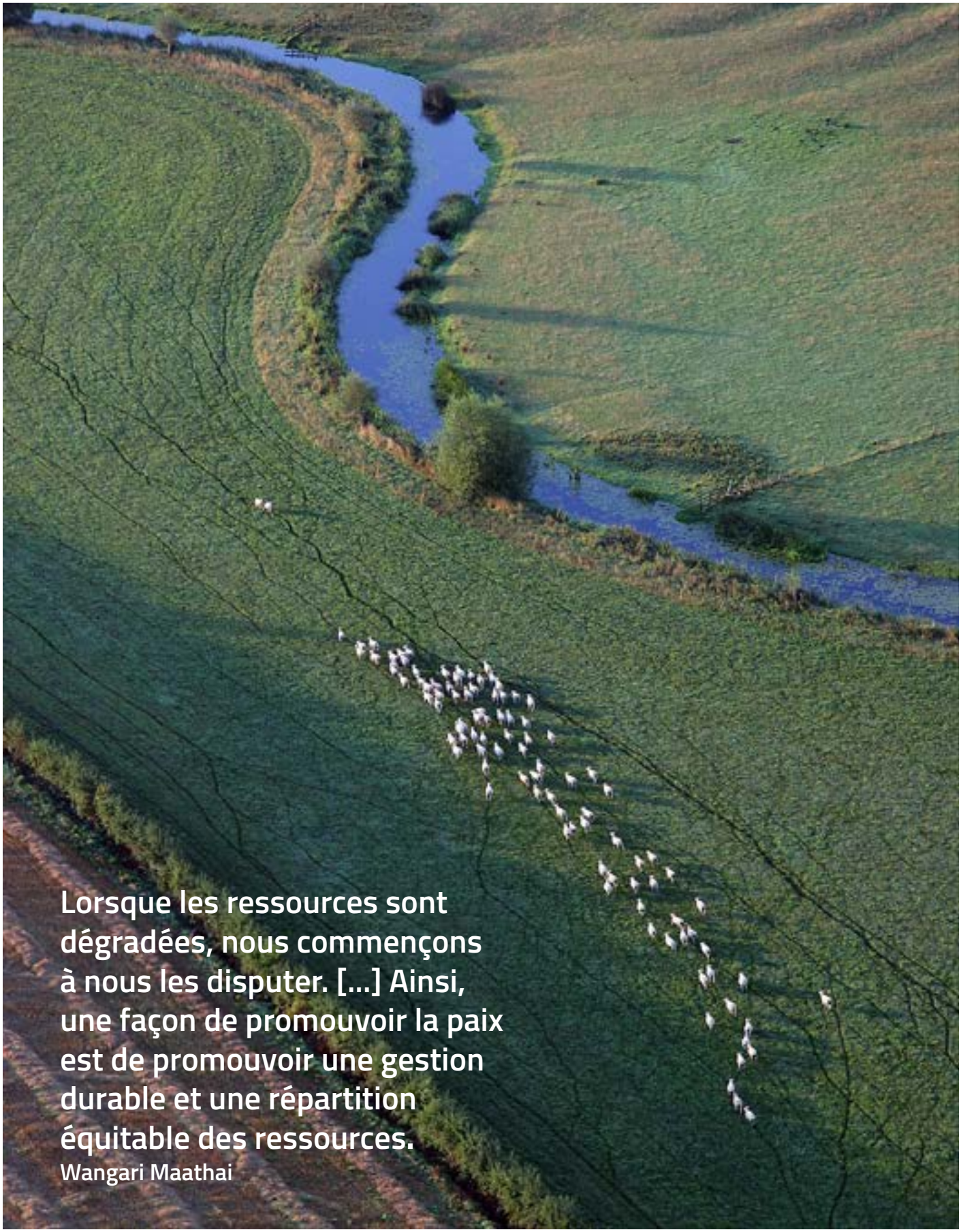
Pour plus d'informations et de documents relatifs à ces Perspectives, visitez www.unccd.int/glo.

Citation recommandée : Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification. 2017. Perspectives territoriales mondiales, première édition Bonn, Allemagne.

ISBN : 978-92-95110-50-2
eISBN : 978-92-95110-49-6

Imprimé sur Cocoon Gloss, un papier couché recyclé fabriqué à l'aide d'un procédé totalement sans chlore et certifié FSC® 100% recyclé.

Photo de couverture : le grand mur vert du Sahara et du Sahel, © UNCCD



Lorsque les ressources sont dégradées, nous commençons à nous les disputer. [...] Ainsi, une façon de promouvoir la paix est de promouvoir une gestion durable et une répartition équitable des ressources.
Wangari Maathai

© Paul Englefield

AVANT-PROPOS

Monique Barbut,
secrétaire de direction de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification

C'est avec un grand plaisir, mais aussi avec un sentiment d'urgence croissant, que je présente la première édition de la nouvelle publication phare de la CNULCD, les Perspectives territoriales mondiales. En examinant la nécessité d'une autre perspective, nous avons examiné l'ensemble des défis auxquels nous sommes confrontés collectivement : des pressions dues à la croissance démographique, au changement climatique, à l'urbanisation, aux migrations et aux conflits, à l'insécurité alimentaire, énergétique et hydrique. La sécurité humaine, dans toutes ses dimensions, est de plus en plus fragile et dans de nombreuses parties du monde, la dégradation des terres et le changement climatique sont désormais reconnus comme des facteurs contribuant à un sentiment d'instabilité croissante.

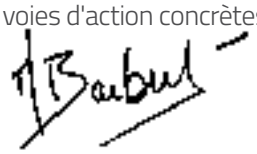
Sans de meilleures stratégies d'adaptation et de renforcement de la résilience consacrée à gérer et restaurer notre capital naturel de manière responsable, la dégradation des terres, surtout dans les pays développés, continuera d'être un facteur important menaçant les moyens de subsistance des ruraux, provoquant des migrations forcées, et aggravant les conflits autour de ressources naturelles limitées. Comme vous le verrez, nous soutenons que la terre (sa santé et sa productivité) est au centre de tous les efforts qu'il faut efficacement déployer à l'échelle mondiale pour contrer ces tendances inquiétantes.

Pourtant, il est évident, dans les pays grands et petits, riches et pauvres, que la santé et l'état de nos ressources foncières ne sont souvent pas pris en compte. En effet, le rôle essentiel de la terre dans la lutte contre le changement climatique, la sécurisation de la biodiversité et la sauvegarde des services écosystémiques est sous-estimé. La terre revêt une importance inégalée pour nos moyens de subsistance, notre prospérité et notre bien-être ; très concrètement, notre mode de vie et celui des générations futures est fortement sous-évalué.

Avec nos tendances actuelles de production, d'urbanisation et de dégradation de l'environnement, nous perdons et gaspillons trop de terres. Nous perdons notre lien avec la terre. Nous perdons bien trop rapidement notre eau, notre sol et la biodiversité qui soutiennent la vie. À un moment où tous les atouts et toutes les options pour offrir des avantages aux personnes et à la planète devraient être exploités, la disponibilité de terres de bonne qualité diminue. L'auteur américain Mark Twain disait en plaisantant : « Achetez de la terre, on n'en fait plus. » Il avait tout à fait raison. Nous devons prendre du recul et transformer la façon dont nous utilisons et gérons la terre, moteur de la croissance économique et moyen d'existence de milliards de gens dans le monde entier.

Ces Perspectives explorent cette voie, mais vont aussi beaucoup plus loin. La terre n'est pas à relier qu'à l'économie et à la géographie physique. Il ne s'agit pas seulement d'estimer la quantité de terre qui existe sur la planète et la vitesse à laquelle elle se dégrade. Elles visent également à répondre à la question : « Alors, que pouvons-nous faire ? » La réponse repose sur le postulat que nous sommes tous des décideurs et que nos choix peuvent faire la différence. Même de petits changements aujourd'hui peuvent entraîner des lendemains très différents.

Ces Perspectives présentent une vision pour changer la façon dont nous utilisons et gérons les terres. Elles soulignent que la terre est la clé de la sécurité humaine et du bien-être futur, le fil qui maintient le tissu de la société. Je m'attends à ce que ces Perspectives territoriales mondiales soient les premières de nombreuses autres qui proposeront des solutions audacieuses et des voies d'action concrètes.



MESSAGES CLÉS

VUE D'ENSEMBLE : LA TERRE SOUS PRESSION

Les pressions actuelles sur la terre sont énormes et devraient continuer à s'intensifier : il existe une concurrence de plus en plus forte entre la demande de fonctions foncières qui fournissent de la nourriture, de l'eau et de l'énergie, et les services qui soutiennent et régulent tous les cycles de vie sur Terre.

Une proportion importante d'écosystèmes gérés et naturels se dégrade : au cours des deux dernières décennies, environ 20 % de la surface végétale de la Terre montre des tendances persistantes au déclin en termes de productivité, principalement en raison de l'utilisation des terres et de l'eau et de pratiques de gestion inadéquates.

La perte de biodiversité et le changement climatique compromettent davantage la santé et la productivité des terres : les émissions de carbone et les températures plus élevées, les bouleversements dans les précipitations, l'érosion des sols, l'extinction d'espèces et l'augmentation de la pénurie d'eau modifieront vraisemblablement les aptitudes à la production alimentaire et à l'habitation humaine de vastes régions.

La dégradation des terres affaiblit la résilience aux contraintes environnementales : une vulnérabilité accrue, en particulier chez les pauvres, les femmes et les enfants, peut intensifier les rivalités pour des ressources naturelles limitées et entraîner migrations, instabilité et conflits.

Plus de 1,3 milliard de personnes sont piégées sur des terres agricoles dégradées : les agriculteurs des terres marginales, en particulier dans les zones arides, ont des options limitées de moyens de subsistance alternatifs et sont souvent exclus d'un développement économique et d'infrastructures plus large.

L'ampleur de la transformation rurale au cours des dernières décennies est sans précédent : des millions de personnes ont abandonné leurs terres ancestrales et ont migré vers les zones urbaines, appauvrissant souvent leur identité culturelle, abandonnant leur savoir-faire traditionnel et altérant les paysages de façon permanente.

UN CONSENSUS ÉMERGENT : UN SYSTÈME BRISÉ

Notre système alimentaire inefficace menace la santé humaine et la durabilité environnementale : avec d'autres utilisations des terres dégradées et polluées axées sur les rendements à court terme, les schémas actuels de production, de distribution et de consommation alimentaires ne permettent pas de relever ces défis à l'échelle mondiale.

L'élargissement du fossé entre la production et la consommation et les niveaux résultants de perte ou de gaspillage d'aliments accélèrent encore le taux de changement d'affectation des terres, leur dégradation ainsi que la déforestation : dans les pays pauvres, la perte de nourriture est principalement due au manque de stockage et de transport, tandis que dans les pays riches, les déchets alimentaires résultent du gaspillage et de dispositions inefficaces vers la fin de la chaîne agroalimentaire.

Le modèle actuel de l'agro-industrie profite à quelques-uns aux dépens de beaucoup : les petits agriculteurs, quintessence des moyens de subsistance ruraux et épine dorsale de la production

alimentaire pendant des millénaires, sont soumis à un stress immense causé par la dégradation des terres, un régime foncier précaire et un système alimentaire mondialisé qui favorise les fermes concentrées, à grande échelle et hautement mécanisées.

Les acquisitions de terres à grande échelle ont considérablement augmenté au cours des deux dernières décennies : les élites nationales et les pays importateurs d'aliments s'emparent de vastes étendues de terres arables, généralement avec des droits sur l'eau et l'accès aux infrastructures de transport, pour se prémunir de la volatilité des prix et de l'insécurité alimentaire.

C'est la somme de nos décisions individuelles qui alimente une crise mondiale de la terre : que nous agissions en tant que consommateurs, producteurs, entreprises ou gouvernements, adopter une approche qui ne change rien aux pratiques courantes sera insuffisant pour répondre à l'ampleur de ce défi.

UN AVENIR PLUS SÉCURISÉ : RESPECT DES LIMITES

La terre est disponible en quantité limitée , toutefois : les preuves présentées dans ces *Perspectives* suggèrent que, avec des changements dans le comportement des consommateurs et des entreprises, et l'adoption d'une planification et d'une pratique plus durables, nous pourrions avoir suffisamment de terres disponibles à long terme pour répondre à la fois à la demande essentielle et à la nécessité d'une plus large gamme de biens et de services.

Nous devons penser en termes de respect des limites, non pas de limites à la croissance : nous pouvons prendre des mesures immédiates sans compromettre la qualité de vie aujourd'hui ou nos aspirations pour l'avenir ; une prise de décision éclairée et responsable, ainsi que des changements simples dans notre vie quotidienne, peuvent contribuer à alimenter la croissance économique et, en même temps, à inverser les tendances actuelles à la dégradation des terres.

Pour faire progresser un nouveau plan d'actions mondial axé sur la terre, les droits et les rétributions doivent être sous-tendus par la responsabilité : la sécurité accrue des régimes fonciers, l'équité entre les sexes et les incitations et autres gratifications appropriées sont des facteurs essentiels pour aider les producteurs à adopter et à intensifier des pratiques plus responsables de gestion des terres.

Notre capacité à gérer les compromis à l'échelle du paysage décidera finalement de l'avenir des ressources foncières : l'intégration de la conservation, de la gestion et de la restauration des terres et de l'eau, voie essentielle pour atteindre l'objectif de neutralité en matière de détérioration des terres, est également reconnue comme un moteur important pour atteindre la plupart des objectifs de développement durable.

La planification intelligente de l'utilisation des terres consiste à faire la bonne chose au bon endroit et à la bonne échelle : une approche à l'échelle du paysage multifonctionnel préconise des allocations d'utilisation des terres plus rationnelles qui permettent une plus grande efficacité d'utilisation des ressources et de réduction des déchets ; elle repose sur les principes de participation, de négociation et de coopération.

Les décisions audacieuses et les investissements réalisés aujourd'hui détermineront la qualité de la vie sur Terre demain : les nombreuses approches, technologies et pratiques mises en évidence dans ces *Perspectives* servent de rappel opportun listant les mesures que nous pouvons prendre pour façonner un avenir prospère et plus sûr basé sur les droits, les gratifications et le respect de nos précieuses ressources foncières.

RÉSUMÉ ANALYTIQUE

La terre est une composante essentielle de la civilisation, mais sa contribution à notre qualité de vie est perçue et appréciée de façons radicalement différentes et souvent incompatibles. Une minorité s'est enrichie par l'utilisation insoutenable et l'exploitation à grande échelle des ressources foncières, avec des conflits connexes s'intensifient dans de nombreux pays. Le monde a atteint un point où nous devons concilier ces différences et repenser la manière dont nous planifions, utilisons et gérons la terre.

Notre capacité à gérer les compromis à l'échelle du paysage décidera en fin de compte de l'avenir des ressources foncières – sol, eau et biodiversité – et déterminera la réussite ou l'échec en matière de réduction de la pauvreté, de sécurité alimentaire et hydrique, ainsi que d'atténuation et d'adaptation au changement climatique. En effet, la gestion intégrée des terres et des eaux est reconnue comme un accélérateur pour atteindre la plupart des objectifs de développement durable.

Bien que nous soyons à un moment critique, approchant rapidement et, dans certains cas, dépassant les limites planétaires, les preuves présentées dans cette première édition des Perspectives territoriales mondiales démontrent qu'une prise de décision éclairée et responsable, l'amélioration des politiques et des pratiques de gestion des terres, et des changements simples dans notre vie quotidienne peuvent contribuer, s'ils sont largement adoptés, à inverser les inquiétantes tendances actuelles de l'état de nos ressources foncières.

VISION D'ENSEMBLE

Les pressions exercées sur les ressources terrestres mondiales aujourd'hui sont plus fortes qu'à n'importe quelle autre époque de l'histoire humaine. Une population qui croît rapidement, associée à la hausse des niveaux de consommation, impose des exigences de plus en plus grandes à notre capital naturel terrestre. Cela se traduit par une concurrence croissante entre les utilisations des terres et leur fourniture de biens et services.

Essentiellement, il existe une concurrence croissante entre la demande de biens et de services qui profitent aux gens, comme la nourriture, l'eau et l'énergie, et la nécessité de protéger d'autres services écosystémiques qui régulent et soutiennent toute la vie sur Terre. La biodiversité terrestre sous-tend tous ces services et souscrit à la pleine jouissance d'un large éventail de droits de l'homme, tels que les droits à mener une vie saine, à consommer des aliments nutritifs, à accéder à de l'eau propre et à s'approprier une identité culturelle.

Une proportion significative d'écosystèmes gérés et naturels se dégradent et risquent davantage de subir le changement climatique et une perte de biodiversité. De 1998 à 2013, environ 20 % de la superficie végétale de la Terre a montré une tendance persistante à la baisse de productivité, visible dans 20 % des terres cultivées, 16 % des terres forestières, 19 % des prairies et 27 % des pâturages. Ces tendances sont particulièrement alarmantes face à la demande accrue de cultures et de bétail à usage intensif de terrains.

La dégradation des terres contribue au changement climatique et augmente la vulnérabilité de millions de personnes, en particulier les pauvres, les femmes et les enfants. Les pratiques de gestion actuelles dans le secteur foncier sont responsables d'environ 25 % des gaz à effet de serre dans le monde, tandis que la dégradation des terres est à la fois une cause et une conséquence de la pauvreté. Plus de 1,3 milliard de personnes, principalement dans les pays en développement, sont piégées sur des terres agricoles dégradées, exposées au stress climatique et donc exclues d'un développement économique et structurel plus large.

La dégradation des terres déclenche également des rivalités pour les ressources limitées, ce qui peut engendrer des migrations et de l'insécurité tout en exacerbant les inégalités d'accès et de revenus. L'érosion des sols, la désertification et la pénurie d'eau contribuent tous à des tensions et fractures sociales. À cet égard, la dégradation des sols peut être considérée comme un « amplificateur de menace », surtout lorsqu'elle réduit lentement la capacité des gens à utiliser la terre pour la production alimentaire et le stockage de l'eau, ou compromet d'autres services essentiels de l'écosystème. Cela accroît aussi l'insécurité humaine et, dans certaines circonstances, peut déclencher ou augmenter le risque de conflit.

L'ampleur de la transformation rurale au cours des dernières décennies a été sans précédent en termes de vitesse et d'échelle. Des millions de personnes ont abandonné leurs terres ancestrales et ont migré vers les zones urbaines, appauvrissant souvent leur identité culturelle, abandonnant leur savoir-faire traditionnel et altérant les paysages de façon permanente.

UN CONSENSUS ÉMERGENT

Les températures plus élevées, les bouleversements dans les précipitations, l'érosion des sols, l'extinction d'espèces et l'augmentation de la pénurie d'eau modifieront vraisemblablement les aptitudes à la production alimentaire et à l'habitation humaine de vastes régions. L'extinction massive de la flore et de la faune, y compris la perte d'espèces sauvages apparentées aux plantes cultivées et d'espèces clés qui préservent l'unité des écosystèmes, compromet davantage la résilience et la capacité d'adaptation, en particulier pour les pauvres des zones rurales qui dépendent le plus de la terre pour leurs besoins fondamentaux et leurs moyens de subsistance.

Notre système alimentaire s'est focalisé sur la production à court terme et les profits plutôt que sur la durabilité environnementale à long terme. Le système agricole moderne a permis d'énormes augmentations de productivité, éradiquant le risque de famine dans de nombreuses régions du monde. Cependant, il est à noter qu'il repose sur des monocultures, des cultures génétiquement modifiées et l'utilisation intensive d'engrais et de pesticides qui nuisent à la durabilité à long terme. La production alimentaire représente 70 % de tous les prélèvements d'eau douce et 80 % de la déforestation, tandis que le sol, la base de la sécurité alimentaire mondiale, est contaminé, dégradé et érodé dans de nombreuses régions, entraînant des baisses à long terme de la productivité.

Les petits agriculteurs, épine dorsale des moyens de subsistance ruraux et de la production alimentaire pendant des millénaires, sont soumis à une énorme pression due à la dégradation des terres, à des dispositions précaires régissant l'utilisation des sols et à un système alimentaire mondialisé qui favorise l'agro-industrie concentrée, à grande échelle et hautement mécanisée. Ces agriculteurs ont souvent des options limitées pour rechercher d'autres moyens de subsistance.

L'élargissement du fossé entre la production et la consommation, ainsi que les niveaux de perte ou de gaspillage de nourriture qui en découlent, accélère encore le taux de changement d'affectation des terres et leur dégradation, ainsi que la déforestation. L' expansion rapide des chaînes de valeur mondiales et ducommerce des biens fonciers associés (et de leurs composantes « virtuelles ») a déplacé de nombreuses pressions sur les ressources naturelles des pays développés vers les pays en développement, où les effets directs de la dégradation des terres sont inégalement répartis, surtout en présence de spéculations excessives et/ou d'une gouvernance faible.

Afin de se prémunir contre l'insécurité alimentaire future et la volatilité des prix, les acquisitions de terres à grande échelle ou les « accaparements de terre » ont considérablement augmenté depuis 2000, couvrant plus de 42 millions d'hectares consacrés aux cultures vivrières, de bois et de biocarburants, principalement en Afrique. Environ 25 % de la superficie mondiale des terres cultivées (et l'eau et les intrants qui la nourrisse) produit maintenant des marchandises qui sont exportées vers des pays pauvres en terres mais riches en liquidités.

SCÉNARIOS DE CHANGEMENT

À l'exception de certaines régions en Europe, l'utilisation humaine de la terre avant le milieu des années 1700 était insignifiante par rapport aux changements actuels dans les écosystèmes terrestres. L'image d'un monde illimité et dominé par l'homme a été adoptée et renforcée par les progrès scientifiques. Les populations ont brusquement accédé à ce qui semblait être un stock illimité de capital naturel, où la terre était considérée comme un cadeau gratuit de la nature.

L'analyse de scénarios effectuée pour ces *Perspectives* examine une gamme de marchés à terme et de projets éventuels qui augmentent les tensions entre la nécessité d'accroître la production alimentaire et énergétique et la baisse continue de la biodiversité et des services écosystémiques. D'un point de vue régional, ces scénarios prédisent que l'Afrique subsaharienne, l'Asie du Sud, le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord seront confrontées aux plus grands défis en raison d'un mélange de facteurs, notamment : forte croissance de la population, faible PIB par habitant, options limitées pour l'expansion agricole, augmentation du stress hydrique et pertes de biodiversité élevées. Le manque de moyens économiques et institutionnels pour faire face à ces facteurs augmentera les risques de conflits violents et de migrations de masse.

D'autres scénarios d'utilisation des terres à l'échelle mondiale suggèrent que les pratiques de gestion dans un contexte paysager, tenant compte des interdépendances, sont des facteurs explicatifs plus significatifs dans les résultats partagés de sécurité alimentaire et environnementale que les estimations de croissance démographique et économique. Ces modèles impliquent que les compromis perçus ne sont pas seulement une question de nombre de personnes, mais plutôt la conséquence prévisible de planifications, de politiques et de pratiques d'utilisation des terres étriquées et insoutenables.

La terre est en quantité limitée, mais les preuves présentées dans les *Perspectives* suggèrent que, avec des changements de comportement des consommateurs et des entreprises, ainsi que des politiques et des pratiques de gestion durables, nous disposons toujours de terres suffisantes pour répondre à la demande et à la nécessité d'un large éventail de biens et de services. Cependant, des choix difficiles et des compromis seront nécessaires.

La sécurité à long terme de l'alimentation et de l'eau nécessitera l'abandon d'une production très gourmande en ressources, de traitements et de transport très émetteurs de carbone, de régimes alimentaires exigeant beaucoup de terres (surtout la demande accrue pour les produits animaux et les aliments transformés) et des niveaux actuels élevés de déchets alimentaires, y compris les pertes après récolte.

Les voies de réponse efficaces doivent donc aborder la façon dont nous valorisons et gérons la qualité de la terre, en nous efforçant d'équilibrer sa productivité biologique et économique. C'est la somme de nos décisions individuelles – en tant que consommateurs, producteurs, entreprises et gouvernements – qui a créé une crise foncière mondiale. Comme notre réponse au changement climatique, une approche de type « business as usual » sera insuffisante pour relever l'ampleur de ce défi.

UN AVENIR PLUS SÉCURISÉ

Nous savons déjà très bien ce qu'il faut pour instaurer une planète résiliente pour les générations futures – pour exploiter les immenses possibilités de croissance durable offertes par la nature et assurer un avenir plus sécurisé. La question est : pouvons-nous initier un glissement de l'actuel « âge du pillage » vers un « âge du respect » où nous respecterions les limites biophysiques ?

Un nouvel âge du respect nécessiterait une transformation de la façon dont nous consommons, produisons, travaillons et vivons ensemble pour résoudre des pressions majeures concernant les ressources foncières et les problèmes environnementaux connexes. L'état des ressources foncières est étroitement lié à tous les aspects de la sécurité humaine, actuellement et à l'avenir.

Il est clair que les prochaines décennies seront les plus cruciales dans la mise en place et en œuvre d'un nouveau programme mondial transformateur pour la terre. Dans une grande partie des pays en développement, l'instauration de droits plus sûrs en termes de régime foncier, d'égalité des sexes et de justice sociale constituera une étape essentielle pour améliorer la gestion à long terme des ressources foncières.

Pour que ce nouvel ordre du jour s'implante et génère des impacts à l'échelle requise, les droits et bénéfices doivent s'appuyer sur la responsabilité. La sécurité du régime foncier et les incitations et avantages appropriés sont nécessaires pour permettre aux producteurs d'adopter et d'intensifier des pratiques de gestion des terres plus responsables. En fin de compte, comment pouvons-nous ignorer l'obligation morale et éthique de protéger et de préserver la terre pour les générations futures ?

La première partie de ces Perspectives donne une vision d'ensemble, tandis que la **deuxième partie** a traité de certains des problèmes mondiaux les plus pressants qui ont une incidence sur l'usage, la demande et l'état des terres, et a abordé les réponses nécessaires pour atteindre l'objectif de neutralité de la dégradation des terres, et les objectifs connexes de réduction de la pauvreté, de sécurité alimentaire et de l'eau, de biodiversité et de conservation des sols, d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques, et des moyens de subsistance durables.

La troisième partie met en lumière six voies de réponse que les producteurs, consommateurs, gouvernements et entreprises peuvent suivre pour stabiliser et réduire la pression sur les ressources foncières, ainsi que des études de cas illustratifs et des outils clés pour réussir.

1. **Approche de paysage multifonctionnel :** privilégier et équilibrer les besoins des différents intervenants à l'échelle du paysage tout en intégrant la spécificité du site sur l'utilisation, la demande et l'état des terres, de sorte qu'une gamme complète de biens et de services soit produite. L'aménagement du territoire aide à identifier les utilisations des terres qui répondent le mieux aux exigences des personnes tout en préservant le sol, l'eau et la biodiversité pour les générations futures.

2. **Restaurer la résilience :** améliorer la capacité d'adaptation des communautés et des écosystèmes par un mélange de conservation, de gestion durable et de restauration des ressources foncières. Il existe de nombreux outils et pratiques pour protéger des terres naturelles et gérées performantes et en bonne santé, qui peuvent contribuer à atténuer et à s'adapter aux changements climatiques et à d'autres pressions sur les ressources naturelles.

3. **Cultiver pour de multiples avantages :** en optimisant la gamme de services écosystémiques les plus souhaitables à partir des activités de production alimentaire. Cela nécessite un changement fondamental des pratiques agricoles pour favoriser une plus large gamme d'avantages sociaux, environnementaux et économiques à partir de la gestion du capital naturel terrestre.

4. **Gérer l'interface rurale-urbaine :** encadrer une nouvelle approche de l'aménagement du territoire afin de minimiser les impacts de l'étalement urbain et du développement des infrastructures. Les villes conçues pour être durables dans un paysage élargi peuvent réduire les coûts environnementaux des transports, de l'alimentation, de l'eau et de l'énergie, et offrir de nouvelles opportunités pour l'efficacité des ressources.

5. **Pas de perte nette :** fournir des incitations pour une consommation et une production durables de ressources naturelles. La neutralité de la dégradation des sols ou la non-perte nette de terres saines et productives signifie davantage de services sur place et des impacts environnementaux ou sociaux moins négatifs hors site. Pour la consommation, cela signifie une réduction significative des niveaux actuels de pertes et de déchets alimentaires.

6. **Créer un environnement favorable :** fournir les conditions nécessaires pour étendre les succès locaux à des initiatives transformatrices à grande échelle. Cela comprend la promotion des conditions et des institutions sociales et économiques fondamentales, en particulier celles relatives à l'engagement des parties prenantes, au régime foncier, à l'égalité des sexes et à la disponibilité d'investissements et d'infrastructures durables.

Les nombreuses pratiques et approches progressives mises en lumière dans ces *Perspectives* servent de rappel à point nommé des voies de réponse éprouvées et rentables qui façonneront un avenir prospère et plus durable fondé sur les droits, les gratifications et le respect de nos précieuses ressources foncières.

INTRODUCTION

Une perspective est un point de vue, une plate-forme, une perception ; elle élargit notre horizon et elle nous permet d'examiner nos attentes présentes et futures. C'est dans ce cadre de pensée plus large que les *Perspectives territoriales mondiales* (PTM) visent à présenter un point de vue unique sur l'un des atouts les plus précieux de la planète : la terre.

La terre, littéralement le sol sous nos pieds, est une ressource limitée composée du sol, de l'eau, de minéraux, de plantes et d'animaux. C'est un élément essentiel de notre système de survie et la clé de voûte de nos sociétés et de nos économies. Lorsque nous abordons l'état actuel des ressources terrestres – un rappel sobre de l'utilisation abusive et de la mauvaise gestion passé – la première édition des PTM présente les motifs de préoccupation et les opportunités d'action.

La santé et la résilience de nos ressources terrestres dépendent en grande partie des pratiques de gestion, des systèmes de gouvernance et des changements environnementaux. La transformation de nos écosystèmes naturels, l'utilisation inefficace des ressources en eau et l'utilisation excessive et abusive des produits agrochimiques[1] contribuent à la dégradation des terres au niveau local ainsi qu'à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, à la réduction de la biodiversité et à l'évolution des précipitations aux échelles régionales et mondiales.[2] La dégradation des terres, la perte de biodiversité et le changement climatique sont maintenant reconnus comme des menaces entrelacées à de multiples dimensions de la sécurité humaine et ils contribuent à une spirale descendante dans la productivité et la disponibilité des ressources terrestres.[3]

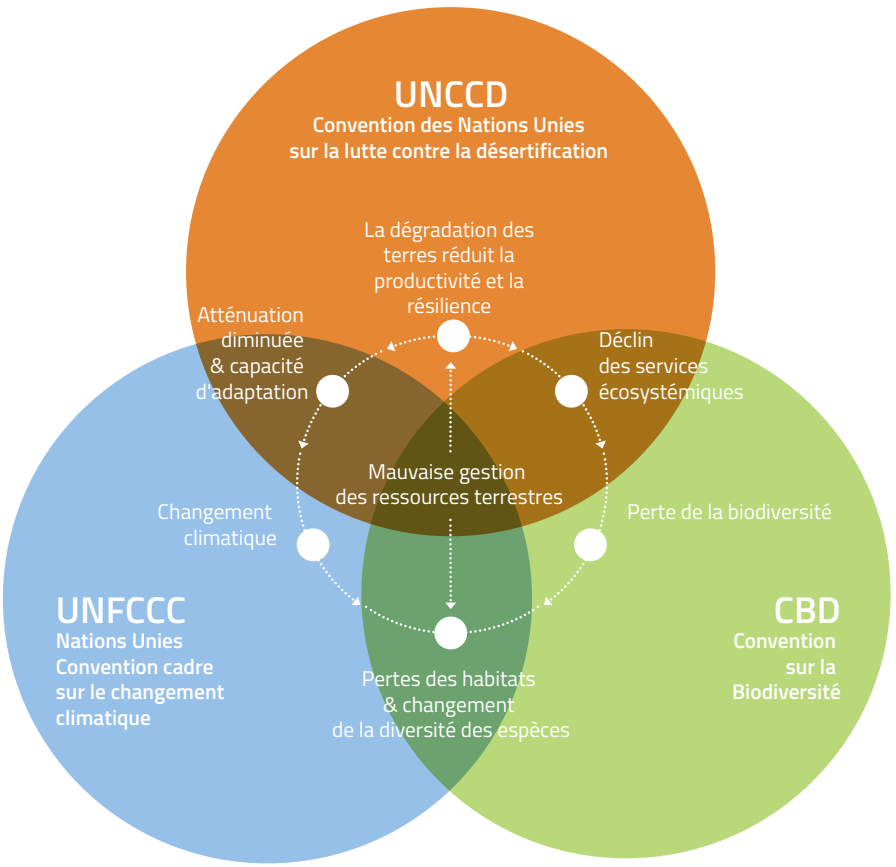
Les PTM fournissent un bref aperçu de la façon dont les terres sont utilisées aujourd'hui et évaluent les scénarios probables sur la façon dont nous pouvons répondre durablement à la demande de biens et de services provenant de la terre dans l'avenir. Elles se concentrent sur des politiques et des pratiques plus larges, les questions fondamentales nécessitant de l'attention et les préoccupations émergentes qui doivent être prises en compte dans l'agenda de la politique publique mondiale. Les PTM sont une discussion et une analyse stratégiques tournées vers l'avenir qui s'appuient sur une recherche scientifique bien documentée et des preuves empiriques. Une évaluation mondiale de la dégradation et de la restauration des terres est menée par la Plateforme intergouvernementale science-politique sur la biodiversité et les services écosystémiques.

La prémisse est que la terre et ses ressources associées constituent un stock de capital naturel. La demande croissante de biens et de services provenant de la terre et la manière dont ils sont produits aujourd'hui ont une incidence défavorable sur la santé et sur la productivité future de la planète.

La mauvaise utilisation et la surexploitation des ressources terrestres menacent la sécurité humaine sur de multiples fronts : diminution de la sécurité alimentaire et de l'eau et la réduction de la santé des sols et de la résilience des écosystèmes nous rendent plus vulnérables aux phénomènes météorologiques extrêmes et aux conséquences du changement climatique et elles menacent même la stabilité et la sécurité au sein et entre les nations.

Les PTM présentent un aperçu de l'état de la terre et un ensemble clair de réponses afin d'optimiser l'utilisation, la gestion et la planification des terres et de créer ainsi des synergies entre les secteurs pour la fourniture de biens et de services terrestres. Cette approche intégrée est à la base du cadre conceptuel de la neutralité de la dégradation des terres (voir l'Annexe 1), un objectif qui est considéré comme le véhicule conducteur de la mise en œuvre de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) et une partie importante du Programme de développement durable à l'horizon 2030.

Figure 1 : Les menaces entrelacées et les objectifs des Conventions de Rio



Les PTM proposent non seulement des voies pratiques vers un avenir plus durable et souhaitable, mais elles soulignent également les scénarios probables, reconnaissant que les décisions et les investissements réalisés aujourd'hui influenceront l'utilisation et la gestion des terres demain. De nombreux éléments indiquent déjà la nécessité urgente de réévaluer les valeurs et les attitudes qui déterminent la façon dont nous utilisons et gérons actuellement nos ressources terrestres. Nous sommes convaincus que cesPerspectives aideront à faire progresser une nouvelle vision et un nouveau programme d'action afin d'assurer un avenir plus sûr.

L'un des principaux objectifs de la CNULCD est d'aider les pays à surmonter les obstacles à l'adoption et à l'élargissement des politiques et pratiques de gestion durable des terres (GDT) nécessaires pour réduire la pauvreté et accroître la sécurité alimentaire, de l'eau et de l'énergie pour tous.

Cette première édition des PTM est une réponse au mandat confié au secrétariat de la CNULCD : à savoir, rechercher continuellement des approches et des produits novateurs qui sensibilisent davantage à la désertification, à la dégradation des terres et à la sécheresse tout en préconisant des solutions éprouvées et rentables afin de faire avancer de nombreux buts contenus dans les Objectifs de développement durable. On s'attend à ce que les PTM, en tant que publication phare de la CNULCD, seront publiées périodiquement et prendront place parmi les autres Perspectives.

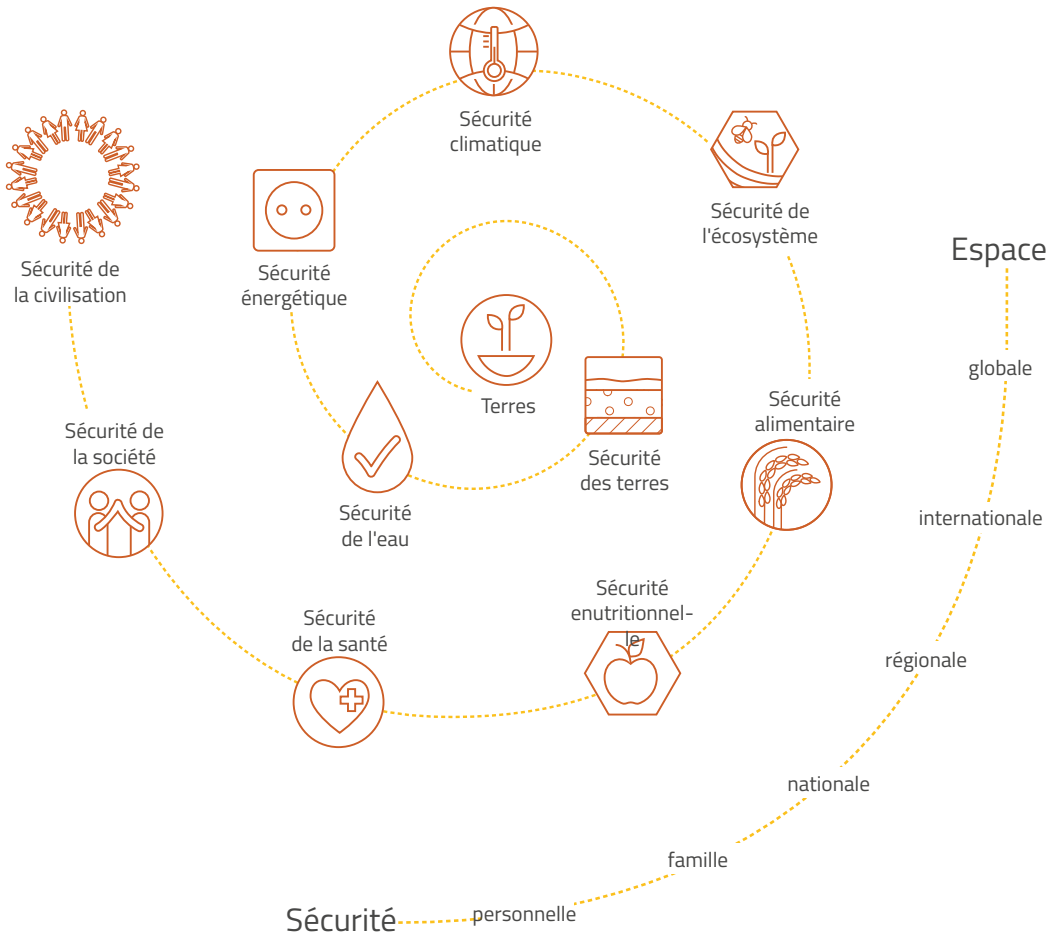
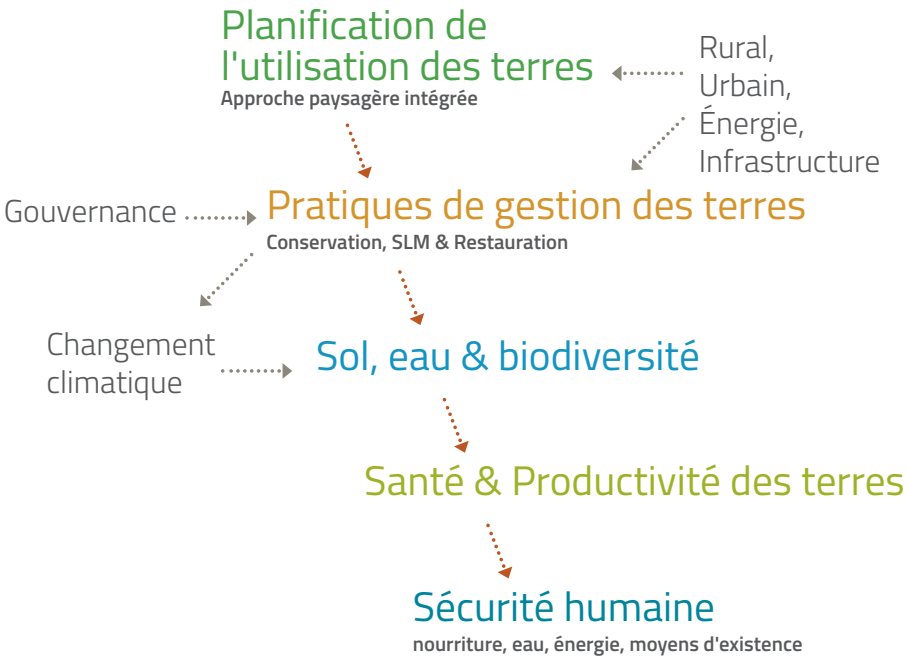


Figure 2 : Dimensions de la sécurité humaine : Adapté de[4]

Figure 3 : Principaux thèmes des *Perspectives territoriales mondiales*



Les PTM sont présentées de manière à être accessible à la société civile et aux décideurs dans les secteurs privé et public. Cela fait partie d'un effort plus large pour faciliter la discussion sur la politique et la pratique de l'utilisation des terres en illustrant l'importance fondamentale d'une bonne gestion des terres. Ce faisant, les PTM soutiennent que nous sommes tous des décideurs avec le pouvoir d'apporter un changement.

La **Partie 1** est une reconnaissance de la situation générale à la fois dans l'espace et dans le temps, avec un bref historique de l'utilisation des terres. Elle examine les facteurs de dégradation et de modification de l'utilisation des terres et elle détaille les pressions actuelles sur les ressources terrestres. Elle examine également les conséquences que la dégradation des sols peut avoir sur les dimensions économiques, sociales et environnementales de nos vies.

La **Partie 2** explore les scénarios ou les parcours futurs, décrivant un certain nombre de prévisions sur la production et la consommation de biens et de services provenant de la terre. Celle-ci est suivie de traitements thématiques de questions d'intérêt mondial, mettant en évidence les tendances actuelles et les solutions futures.

La **Partie 3** présente un programme d'action pour un avenir plus sûr, en examinant des options éprouvées et rentables afin d'étendre les pratiques de conservation, de gestion durable des terres et de restauration pour accélérer le progrès vers un développement durable plus équitable.

Bien que cette première édition présente des Perspectivesconstructives et optimistes, elle traite de réalités sinistres et de défis colossaux. Commençons par regarder l'ensemble de la situation.

RÉFÉRENCES

1 Report of the Special Rapporteur on the right to food to the Thirty-fourth session of the Human Rights Council, A/HRC/34/48: January 24, 2017.

2 Sivakumar, M.V.K. 2007. Interactions between climate and desertification. Agricultural and Forest Meteorology. **142**: 143-155.

3 Barbut, M. and Alexander, S. 2015. Land degradation as a security threat amplifier: the new global frontier. In: Chabey, I., Frick, M. and Helgeson, J. (eds.) Land Restoration: Reclaiming landscapes for a sustainable future. Elsevier.

4 Lal, R. 2013. Food security in a changing climate. Ecohydrology and Hydrobiology, **13**: 8-21.

© Adriel Kloppenburg

Partie 1
VISION D'ENSEMBLE

La vision d'ensemble est une mosaïque d'images plus petites. Différents pays, différentes cultures et différentes communautés définissent, perçoivent et valorisent la terre de manières très diverses. Toute terre peut être utilisée à des fins différentes. Tel est le caractère multidimensionnel de la terre : certains considèrent certaines terres comme inhospitalières, d'autres s'y sentent comme chez eux. Là où certains voient de la nature sauvage à apprivoiser, d'autres voient la grandeur et la beauté à préserver. Tous ces facteurs influencent les attitudes à l'égard de l'utilisation des terres et de leur gestion. Toutefois, maintenir la terre dans un état sain est une contribution essentielle à la sécurité humaine : l'accès à la nourriture et à l'eau, la stabilité de l'emploi et des moyens de subsistance, la résilience aux changements climatiques et aux phénomènes météorologiques extrêmes et, en fin de compte, la stabilité sociale et politique.

1. Définition de la terre 20
2. Bref historique de l'utilisation des terres 30
3. Moteurs du changement 40
4. Convergence des preuves 52
5. Ressources terrestres et sécurité humaine 78

CHAPITRE 1

DÉFINITION DE LA TERRE

Nos perceptions de la terre ne sont pas seulement une réponse au monde extérieur, mais aussi une cause et un effet du filtrage culturel par lequel certains phénomènes se démarquent, tandis que d'autres passent au second plan. En d'autres termes, moins les éléments de la terre sont visibles pour un acteur particulier, moins ils ont de sens pour cette personne, et ils peuvent éventuellement être à l'origine d'une méconnaissance de leurs possibles fonctions essentielles.

La définition et la valeur de la terre peuvent changer à mesure que nous nous enrichissons ou si nous ne dépendons pas directement de la terre pour notre survie immédiate. En outre, la terre est souvent imprégnée d'un sentiment de souveraineté et de compétence (aligné sur les différents types de propriété et sur les droits d'utilisation) qui, à son tour, régit nos interactions économiques et sociopolitiques, ainsi que nos conflits avec les autres.

Tous ces facteurs influencent les attitudes à l'égard de l'utilisation des terres et de leur gestion. Toutefois, maintenir la terre dans un état sain est une contribution essentielle à la sécurité humaine : l'accès à la nourriture et à l'eau, la stabilité de l'emploi et des moyens de subsistance, la résilience aux changements climatiques et aux phénomènes météorologiques extrêmes et, en fin de compte, la stabilité sociale et politique.

LA TERRE EST UN ACTIF BIENFAISANT

Que la terre soit un bien privé ou public, elle peut fournir une gamme complète de biens et de services : atténuer les changements climatiques à l'échelle mondiale, réguler l'approvisionnement en eau à l'échelle du paysage et soutenir la production alimentaire à l'échelle locale. Les écosystèmes naturels et gérés favorisent les moyens de subsistance locaux et permettent aux communautés de croître et de prospérer. La terre est généreuse, mais elle a aussi ses limites, et ses biens et services sont loin d'être infinis. Pour garantir une utilisation équitable, il ne suffit pas simplement d'identifier le propriétaire de la terre et sa manière de l'utiliser. Les pratiques liées à la gestion des terres ont souvent des conséquences en aval. De ce fait, les propriétaires fonciers sont de plus en plus confrontés à des restrictions sur leur utilisation ou leur gestion des terres, afin de protéger les nombreux services écosystémiques qu'elles peuvent offrir.

La compréhension plus complète des différents services et fonctions de la terre (c'est-à-dire les avantages pour les hommes et les autres espèces) et le processus permettant de leur attribuer une valeur suggèrent que, dans le futur, les agriculteurs et les autres gestionnaires de l'occupation des terres devraient avoir un rôle élargi en tant que régisseurs de la terre et de ses ressources associées.

Pour protéger et nourrir cette ressource si généreuse, il est important de reconnaître les droits, les récompenses et les responsabilités qui serviront de piliers à la gestion durable des terres. Les agriculteurs et les gestionnaires de l'occupation des terres ont souvent besoin d'incitations pour garantir la fourniture des biens et services offerts par leurs terres, notamment ceux qui dépassent le socle commercial, qu'il s'agisse de la conservation de la biodiversité, de la protection des approvisionnements en eau, de la protection contre les inondations ou du piégeage du carbone. Définir dans quelle mesure la communauté devrait compenser les propriétaires pour ces services écosystémiques est un débat qui évolue, et même si l'on parvient à un consensus sur le montant à payer, il existe un certain nombre de problèmes pratiques concernant l'allocation du dédommagement.[1] Pour la plupart des pays, la sécurité alimentaire à long terme et la croissance économique dépendent fortement de la gestion durable de leur capital naturel terrestre.

La terre est depuis toujours inextricablement liée au développement humain, sa fonction économique n'étant qu'une parmi de nombreuses autres. La terre est une ressource unique, précieuse et immobile en quantité limitée, offrant de multiples avantages à la société. C'est l'élément de subsistance le plus élémentaire, apprécié pour sa richesse au-dessus et au-dessous du sol. La terre est un atout socio-économique stratégique, en particulier dans les sociétés pauvres où la survie et la richesse sont souvent largement déterminées par le contrôle et l'accès à la terre. En conséquence, la terre est liée à un réseau complexe de questions : relations de pouvoir, économie, attachements symboliques et autres inégalités systémiques. La terre est un élément central dans les relations sociales variées et complexes de la production et de la consommation.

Définitions de la terre

La CNULCD définit la terre comme « le système biologique productif terrestre qui comprend le sol, la végétation, les autres biotes et les processus écologiques et hydrologiques qui fonctionnent dans le système ».[2] La terre est aussi définie comme « une zone délimitable de la surface terrestre de la Terre, englobant tous les attributs de la biosphère immédiatement au-dessus ou en dessous de cette surface, y compris ceux du climat près de la surface, les formes du sol et du terrain, l'hydrologie de surface (y compris les lacs peu profonds, les rivières, les marais et les marécages), les couches sédimentaires proches de la surface et la réserve d'eau souterraine associée, les populations végétales et animales (biodiversité), le modèle d'établissement humain et les résultats physiques de l'activité humaine passée et présente (terrassement, structures de stockage ou de drainage d'eau, routes, bâtiments, etc.). »[3]

LE CARACTÈRE MULTIDIMENSIONNEL DE LA TERRE

La négociation efficace de l'utilisation, de la gestion et de la planification durables des ressources terrestres nécessite des systèmes intégratifs et des approches participatives des acteurs, plutôt que des stratégies sectorielles linéaires. Une perspective en devenir exige de voir et de comprendre la terre dans toutes ses dimensions. Dans la figure 1.1, nous présentons des perspectives indicatives sur la définition de la terre pour illustrer la diversité des défis, des problèmes et des priorités auxquels sont confrontés les différents intervenants.

Bien sûr, ce ne sont que des stéréotypes à des fins d'illustration. La plupart des acteurs ont des points de vue différents sur les utilisations spécifiques de la terre et sur le concept de la terre lui-même. Ils s'inscrivent souvent dans plusieurs catégories ou peuvent posséder des points de vue significativement différents de la majorité. Par définition, une approche holistique reflète mieux la diversité des points de vue et favorise une meilleure compréhension des compromis et des synergies dans l'identification des solutions les plus appropriées pour étendre les pratiques de gestion durable.

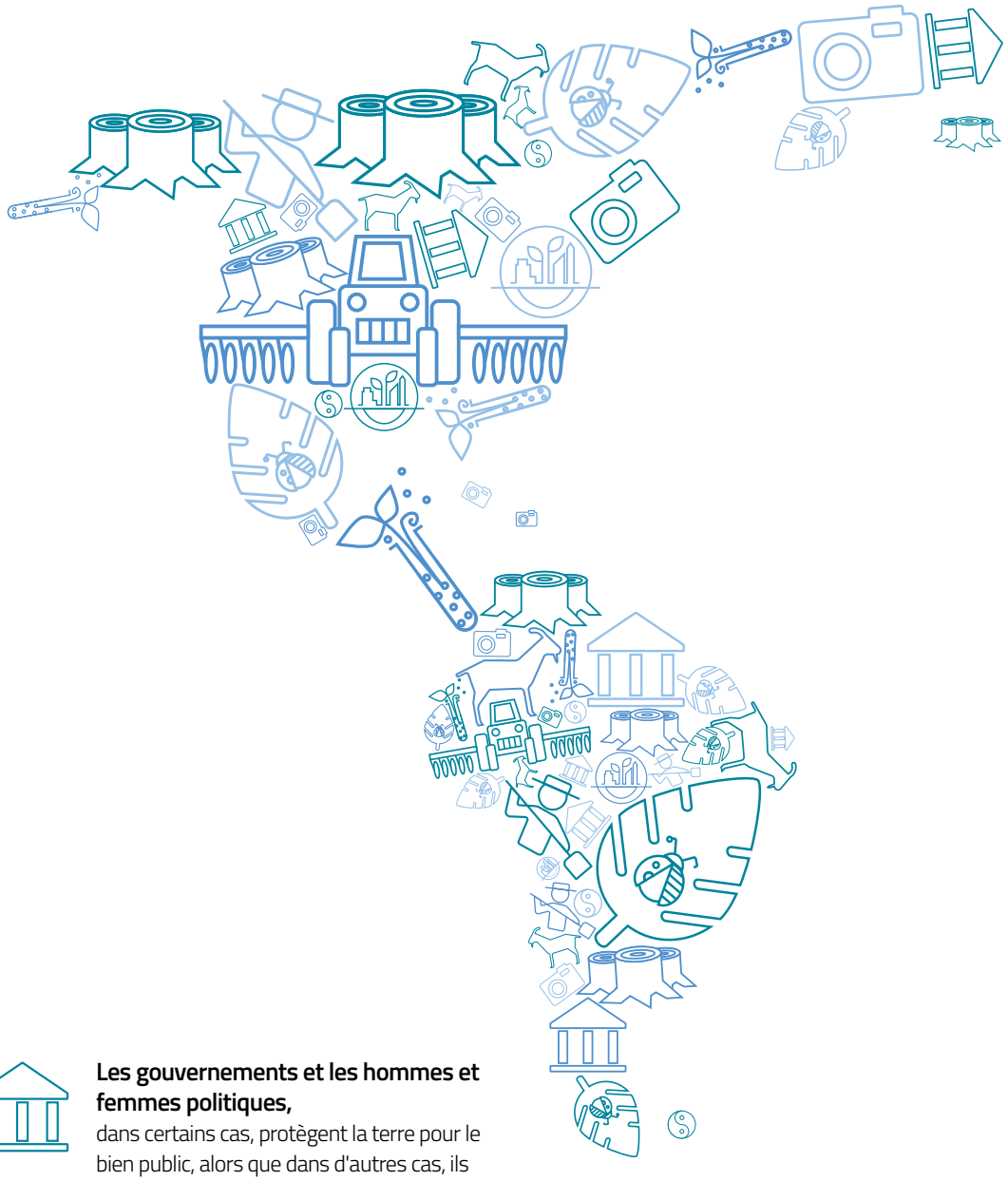
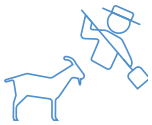


Figure 1.1 : Perceptions des acteurs sur la définition et la valeur de la terre

Les gouvernements et les hommes et femmes politiques,
dans certains cas, protègent la terre pour le bien public, alors que dans d'autres cas, ils l'utilisent comme un instrument de pouvoir et de contrôle.

Les scientifiques et les chercheurs
considèrent la terre comme un mélange de sol, d'eau, de biodiversité et de minéraux, interagissant pour fournir des biens et des services qui profitent aux hommes et qui soutiennent les fonctions de l'écosystème.



Les pasteurs et les agriculteurs
la considèrent comme une source de nourriture et de moyens de subsistance, un support pour le transfert de richesse intergénérationnel et un repère profond d'appartenance.

Les communautés locales et autochtones
considèrent souvent la terre comme un bien commun ou sacré à protéger pour les générations actuelles et futures. Beaucoup de groupes religieux considèrent certains paysages ou formes terrestres comme imprégnés d'une importance ou d'une puissance spirituelle particulière .

Les conservateurs et les militants écologistes
ont tendance à apprécier la valeur de la terre en tant qu'habitat pour les espèces ou en tant qu'espace sauvage à protéger.

Les agriculteurs et éleveurs industriels
la considèrent comme un moyen de faire des affaires et comme un bien lucratif.

Les entreprises de bois, de papier et de pâte à papier
se concentrent sur les arbres, tandis que les secteurs des mines et de l'énergie sont principalement concernés par ce qui se situe sous la surface de la terre.

Les développeurs urbains et les colons frontaliers
cherchent constamment des terres pour étendre le domaine humain et créer des richesses économiques. Les jardiniers et les architectes apprécient la perspective de modifier ou de transformer les paysages en vue de l'amélioration esthétique de notre environnement culturel.

Les artistes, philosophes et touristes
voient la terre comme une oasis ou un refuge, une source de spiritualité, d'inspiration et de beauté.

LA TERRE COMME PROPRIÉTÉ PRIVÉE

La terre comme propriété privée est un concept relativement récent et plus dominant dans certaines cultures que d'autres. Dans de nombreux pays, le gouvernement contrôle toujours de vastes étendues de terres, mais certaines des plus productives ont été ou sont réaffectées ou vendues comme propriétés privées à des particuliers et des entreprises. L'acquisition de terres par les entités publiques et privées[4] peut avoir des effets dévastateurs sur les personnes qui vivent traditionnellement dessus sans pour autant posséder de titre officiel ou juridique.[5]

Bien que la terre ait toujours été un atout des plus fiables et précieux, un système politique et juridique exclusif qui encourage la propriété privée a changé la relation des gens avec la terre, en particulier dans les zones urbaines et d'autres zones économiques de grande valeur.[6] De vastes zones de terres de par le monde changent de mains via des transactions soumises à divers degrés de régulation et de formalité, bien que des tentatives soient faites pour promouvoir des lignes directrices volontaires sur la gouvernance du régime foncier.[7]

Dans certains pays en développement, il y a eu une importante consolidation des exploitations foncières au cours des dernières décennies, et le titre juridique est maintenant la norme et est étroitement lié à la création de richesse. Historiquement, de nombreuses terres rurales du monde entier, possédées et gouvernées traditionnellement par des communautés locales et des peuples autochtones en vertu de droits d'occupation coutumiers, ont été acquises par l'État. Plus récemment, certains pays ont commencé à renoncer au contrôle de l'État sur les terres, en les rendant aux populations autochtones et aux communautés locales.[8]

Les personnes vivant dans les pays développés s'attendent à ce que la propriété foncière soit clairement identifiée, cartographiée, protégée par un titre légal et appuyée par des institutions d'administration foncière. Cependant, dans une grande partie du monde en développement, les droits de propriété individuels ne sont pas reconnus comme tels, et les droits sur les ressources naturelles sont souvent partagés entre les différents utilisateurs au sein des communautés locales.[9] Par exemple, en Afrique de l'Ouest, différents groupes d'utilisateurs (les hommes, les femmes, les agriculteurs, les éleveurs, les églises...) peuvent posséder des droits d'accès à différentes parties de la même ressource terrestre : les arbres dans une forêt gérée par la communauté fournissent du fourrage pour le bétail ; les fruits et les légumes sont collectés par les femmes ; le bois est récolté par les hommes. En outre, même dans ce système d'utilisation des sols des chevauchements existent, l'accès partagé peut varier à différents moments de l'année.[10]

Les systèmes juridiques ne sont pas toujours appropriés ou suffisamment souples pour faire face à la complexité de l'utilisation coutumière des terres. D'autre part, lorsque les droits fonciers ne sont pas formellement établis ou réglementés par les autorités gouvernementales, ils peuvent facilement être méconnus en raison de la pression croissante exercée sur les ressources foncières. Ignorer la logique des systèmes d'occupations coutumières des terres (qui soutiennent les pratiques régénératives à long terme et les utilisations multiples par différentes parties) peut nuire à la société et à l'environnement.[11]

De nombreux pays en développement ne disposent pas de lois adéquates ou ne parviennent pas à mettre en œuvre des dispositions qui déterminent légalement l'identité de ceux qui possèdent les terres et les ressources. Cela peut conduire par défaut l'État, des individus puissants ou des entreprises à devenir propriétaires des terres. De tels événements entraînent souvent des conséquences désastreuses pour les usagers traditionnels des terres, dont ils sont souvent expropriés sans consentement ni compensation, les aliénant de leur communauté et de leurs biens. Plusieurs facteurs peuvent converger pour déposséder les gens de leurs terres, induire des conflits et augmenter la migration des zones rurales. Les approches traditionnelles durables de la gestion des terres fléchissent parfois sous la pression des changements démographiques ou de l'influence de la modernité dans les sociétés traditionnelles.

LA TERRE EST UN BIEN PUBLIC

La terre joue un rôle important dans la capture et le stockage du carbone atmosphérique ; elle gère les cycles biophysiques et fournit une multitude de biens et de services qui profitent à la société dans son ensemble.

L'une des façons de considérer la terre est de supposer qu'elle appartient à tout le monde, chaque champ ou parcelle ayant un gardien local.

Toutefois, si elle mal gérée ou dégradée, ces fonctions sont perdues. Les paysages sont une mosaïque d'écosystèmes et les communautés humaines en font partie. Malheureusement, le rôle de la terre comme bien public et ressource commune ne jouit pas actuellement d'une reconnaissance suffisante dans la politique et la planification de l'utilisation des terres.

Le rôle du dépositaire dans l'amélioration des effets positifs, ou la limitation des impacts négatifs, associé à différentes utilisations de la terre, peut offrir des avantages diffus d'une grande importance pour la santé du paysage et la société en général. Par exemple, les décisions individuelles de couper des arbres ou de labourer des pâturages permanents libéreront du carbone, augmentant ainsi les effets négatifs du changement climatique et réduisant les avantages publics.

Au Nigeria, certaines plaines inondables ont des utilisations multiples et concomitantes par les différentes parties prenantes : les pêcheurs ont des droits sur la terre pendant la saison des pluies, avec différents types de pêche autorisés ; les agriculteurs cultivent des plantations pendant la saison sèche ; et les éleveurs de bétail ont des droits post-récolte, ainsi que sur les prairies non cultivées dans la plaine inondable.[12] Dans ces types d'utilisation coutumière, la question de savoir « à qui appartient la terre » n'est pas claire ; même le concept d'utilisateurs primaires et secondaires n'est pas pertinent. Le chevauchement des droits et prises en charge devrait être retenu pour éviter les malentendus lorsque l'on travaille avec des concepts traditionnels de droits de propriété. La terre appartient souvent à une « communauté », qui peut inclure différents groupes ethniques et utilisateurs de la terre. Définir les droits fonciers nécessite donc souvent de prendre en compte ces systèmes de gouvernance traditionnels et mécanismes de négociation.

LA TERRE COMME ESPRIT DES LIEUX

Les questions d'appartenance et de propriété, de droits et de responsabilités, sont difficiles à aborder en termes simples. Les réponses se situent dans un spectre allant du titrage légal des terres aux droits communautaires et coutumiers, en passant par un simple sentiment d'appartenance. Pour beaucoup de gens, la terre est une question de dignité, de culture et d'identité. La propriété foncière implique l'absence d'exploitation et d'esclavage ; elle assure sécurité et sûreté. L'accès sans entrave à la terre peut représenter l'autodétermination et l'assurance d'une continuité intergénérationnelle. Pour certains, les questions de régime foncier sont considérées comme fondamentales pour les droits de l'homme.[13]

Beaucoup de gens profitent simplement de vivre et de travailler sur la terre, ou tirent une identité culturelle ou spirituelle de leur place dans le paysage. Être en contact direct avec la terre peut s'avérer bénéfique pour la santé mentale et physique ; cela peut également renforcer notre identité, le sentiment que l'on a de soi et de sa place ici-bas. Pour les communautés et les sociétés qui ont de solides liens spirituels avec la terre, les pratiques de gestion durable font souvent partie intégrante de leurs traditions, comme les bosquets sacrés en Inde et les forêts ecclésiales en Éthiopie.

Au cours des dernières années a émergé la notion de droits d'existence :[14] les droits de survie des espèces et des interactions écologiques. Des études montrent que cette vision prévaut dans de nombreuses sociétés aujourd'hui. La plupart des gens sentent instinctivement que les humains ont le devoir de prévenir l'extinction des espèces dans la mesure du possible. Le large soutien envers des espèces emblématiques, comme le tigre ou le panda, que la plupart des gens ne verront jamais dans la nature, démontre que la conservation n'est pas seulement un problème utilitaire.

Ce point de vue est maintenant partagé par la grande majorité des principales philosophies et religions du monde, qui reconnaissent le devoir de gérance. Les dirigeants de toutes les grandes confessions ont émis des déclarations reconnaissant l'obligation morale des humains de ne pas détruire ce qui reste de la nature.[15]

La culture peut jouer un rôle important en rassemblant des vues divergentes sur la manière dont les humains s'adaptent ou modifient leurs paysages. Bien que les aspects culturels de la terre varient considérablement selon la région et évoluent au fur et à mesure que de nouvelles régions sont peuplées, les marchés des produits terrestres deviennent mondialement accessibles. L'effet de ces facteurs économiques externes peut considérablement influencer, voire détruire, l'esprit original des lieux. Cette dichotomie entre la tradition et la modernité, typique de la mondialisation, augmente le potentiel de discorde autour de l'utilisation et de la gestion des terres. Alors que certains accordent plus d'importance à la valeur marchande de la terre, mesurée par sa valeur d'échange, d'autres estiment que, indépendamment de l'implication humaine, la terre a une valeur intrinsèque en elle-même, et craignent que cette dimension ne soit perdue en présence d'une volonté de maximiser les profits.

Tableau 1.1 : liens entre la foi et la pensée environnementale[16]

Foi	Liens vers la pensée environnementale
Bahaïsme	Fondé par le Perse Baha'u'llah. Considère que tous les chefs religieux sont des manifestations de Dieu et que toutes les Écritures sont sacrées. La nature et les saintes Écritures sont les « deux livres » de la révélation. Shoghi Effendi, l'arrière-petit-fils de Baha'u'llah, a déclaré : « L'homme est organique avec le monde. Sa vie intérieure modifie l'environnement et est aussi profondément affectée par lui. »[17]
Bouddhisme	Enseigne le respect et l'interconnectivité de la nature ; les plantes et les animaux sont inclus dans les systèmes de salut.[18] Gautama Bouddha est né, a atteint l'illumination et est mort sous les arbres. Les arbres sacrés sont décorés et vénérés. Le bouddhisme préconise la protection, comme le Ridam au Bhoutan, une interdiction annuelle d'entrer dans une forêt de montagne spécifique.[19]
Christianisme	Enseigne que toute création est un acte d'amour de Dieu et que l'humanité ne peut pas détruire les créations de Dieu sans risquer de se détruire elle-même. Saint François était un des premiers partisans de la gérance écologique. Des dirigeants chrétiens ont émis des déclarations en réponse à la crise écologique.[20] Le pape François a publié en 2015 une encyclique appelant à la protection de la nature.[21]
Taoïsme	Traditionnellement considéré comme fondé par Lao Tseu. Met l'accent sur une interaction harmonieuse avec l'environnement, symbolisée par un équilibre entre les deux forces opposées du Yin et du Yang.[22] Chouang Tseu, un savant taoïste, met en garde contre le concept selon lequel toute la nature doit être « utile » et souligne sa valeur d'existence.[23] Son interprétation moderne met l'accent sur l'écologie.
Hindouisme	La terre est vénérée comme Bhumi, la « Terre Mère ». Il existe de nombreuses références à la conservation ; p. ex., Arthashastra prescrit des amendes pour la destruction d'arbres.[24] Le barrage des rivières les plus sacrées de l'Inde, le Gange et le Narmada, a généré des protestations en partie pour des raisons de foi.[25] Lors du mouvement Chipko, des femmes ont empêché la déforestation en entourant les arbres de leur corps.[26]
Jaïnisme	Les Jaïns s'efforcent de limiter les préjudices faits à toutes formes de vie et leurs enseignements mettent l'accent sur la sympathie et la compassion avec tout le monde vivant.[27] Mahavira a déclaré : « Celui qui néglige ou méconnaît l'existence de la terre, de l'air, du feu, de l'eau et de la végétation méconnaît sa propre existence qui est liée à eux. » L'Institut de Jaïnologie a publié en 1990 la Déclaration des Jaïns sur la nature.[28]
Judaïsme	Dans le passé, la réaction au panthéisme a réduit l'importance de la nature, bien que cela soit en train de changer.[29] L'Arbre de Vie est l'une des images les plus puissantes du judaïsme. La plantation d'arbres a été une pratique largement observée, en particulier ces derniers temps, et la Torah commande la création de ceintures vertes autour des villes (Nombres 35:4). Les arbres demeurent un objet de culte en Israël.[30]
Islam	L'enseignement d'Allah dans le Coran déclare que les humains ont la gérance de la nature, mais que celle-ci appartient à Dieu.[31] Les rivières et les lacs ont besoin d'un périmètre de protection, et la plantation d'arbres et la gentillesse envers les animaux sont encouragées. L'Islam a développé l'usage de la Hima, la protection foncière pour le pâturage, l'apiculture, les forêts ou l'eau,[32] qui est encore pratiquée en Jordanie et en Arabie Saoudite.[33]
Shintoïsme	Le shintoïsme était la religion traditionnelle au Japon avant le bouddhisme. Il existe de nombreuses divinités sans hiérarchie ni doctrine formelle, mais ayant des liens solides avec la nature. Les cérémonies font appel au Kami, les forces de la nature dans les montagnes, les sources, les arbres, etc. Les bosquets sacrés sont importants, à la fois dans les zones cultivées et naturelles.
Sikhisme	Les Sikhs croient en un Dieu unique et leurs écrits sacrés sont réunis dans le Guru Granth Sahib. Guru Nanak a déclaré : « Dans l'Univers, la Terre a été créée pour être un sanctuaire ». Toute la nature est sacrée selon la foi sikh. Le sikhisme suit un cycle de trois cents ans ; le cycle actuel, qui se termine en 2299, est vu comme le « cycle de la création », mettant l'accent sur les pratiques environnementales.
Zoroastrisme	Fondé par Zoroastre dans l'Iran actuel. Par la suite, de nombreux Zoroastriens ont déménagé en Inde où ils sont connus sous le nom de Parsis. Ils considèrent la terre comme sacrée, ce qui implique que la vie aussi est sacrée. Le déclin des vautours en Inde en raison de l'empoisonnement chimique[34] est un problème pour les communautés parsies, car les oiseaux sont essentiels à la tradition qui consiste à disposer les morts dans les « Tours de Silence. »

© Jason Chen

Encadré 1.1 : Géomythologie[35]

« La terre est en fait comme un grand livre, vous voyez ? » a déclaré Alison Anderson, sage matriarche de Papunya en Australie.[36] La vision du monde eurocentrique exige que la science soit fermement séparée du « folklore ». Si nous voulons réfléchir sérieusement aux valeurs culturelles et spirituelles de la terre, ces hypothèses doivent être fondamentalement réexaminées.

Pour un géologue, les taches qui maculent des roches dans la chaîne de montagnes de Kata Tjuta en Australie sont des « vernis du désert », une couche en partie minérale, en partie microbienne, typique des zones arides. Pour les cultures Pitjantjatjara et Anangu, elles sont la barbe de Wanambi, le roi des serpents qui vit sur les sommets. Les géologues voient des dômes rocheux narrer une histoire de 500 millions d'années de cailloux, de sable et de gravier plongés dans une ancienne mer, puis enterrés, solidifiés, inclinés, élevés et érodés. Pour les Aborigènes, chaque sommet représente (en fait, *est*) une créature du Temps du rêve. En 1966, Dorothy Vitaliano, de l'US Geological Survey, a inventé le mot *géomythologie* pour décrire les relations entre les légendes et la géologie.[37] Elle a divisé le folklore inspiré de la géologie en histoires qui satisfont le besoin humain d'explication (*étiologique*) et celles issues du témoignage d'événements réels (*evhémérisme*).

Les histoires étiologiques de la terre abondent dans presque toutes les cultures indigènes. Pour beaucoup, la terre est un tout : ils font partie de la terre et la terre fait partie d'eux, elle est leur garde-manger, leur pharmacie et leur lieu de culte.[38] La terre elle-même a de la mémoire. Les origines humaines se situent toujours sous la surface ; les lieux qui fournissent un accès souterrain (canyons, cratères et grottes) ont une grande signification spirituelle ; la concentration de l'art rupestre dans de tels endroits en est témoin. Les histoires evhéméristes jouent également un rôle clé dans de nombreuses cultures. Nos ancêtres ont parcouru la Terre depuis la grande ère glaciaire et racontent des histoires de changement de niveau de la mer, d'avancées glaciaires et de dégradations dramatiques du climat. En 2014, l'évolution d'un paysage glaciaire dans le nord-ouest du Montana a été documentée et il a été constaté que : « Les processus hydrologiques jouent un rôle crucial dans les récits géoscientifiques et traditionnels autochtones... et les histoires traditionnelles et les théories géoscientifiques occidentales présentent des similitudes intrigantes... »[39]

La vision du monde indigène est intrinsèquement holistique : il n'y a pas de séparation entre l'homme et la nature, entre l'identité personnelle et la terre, et il y a un intérêt croissant pour l'intégrer à la pensée scientifique conventionnelle.[40] David Bohm, un grand physicien théorique, se réfère à l'« unité ininterrompue de la totalité de l'existence en tant que mouvement d'ensemble s'écoulant sans limites ».[41] Les sciences de la terre elles-mêmes ne vont pas au-delà de la pensée holistique : même la séparation familière entre l'organique et l'inorganique commence à s'effondrer : les minéraux subissent un processus qui est au mieux décrit comme une évolution.[42] La relation entre les individus et le lieu est inévitablement influencée par la culture et l'expérience.[43] Bref, la terre est un livre, à lire de différentes façons, avec des traductions différentes. La compréhension et l'intégration de ces différents livres dans un système de connaissances hybride doit sans aucun doute être une condition préalable fondamentale pour ériger les différents ponts nécessaires au développement durable.

© Sare Kural

CONCLUSION

Reconnaître les points de vue de divers acteurs et assurer leur participation à la prise de décision est une première étape cruciale vers une meilleure gestion et planification des terres. La terre est détenue et gérée par des gouvernements, des entreprises, des communautés et des individus, mais nous dépendons tous de la terre pour notre santé et notre bien-être. Nous ne pouvons pas nous permettre d'ignorer ce lien fondamental.

Les défis mondiaux, tels que la dégradation des terres, sont complexes, mais des modèles apparaissent qui permettent d'avoir une réflexion organisée et de nouvelles solutions créatives pour un usage plus efficace des ressources foncières à l'avenir. Dans un monde en évolution rapide, avec des pressions et des exigences croissantes sur nos ressources naturelles de base, les Perspectives territoriales mondiales listent les défis et les opportunités en lien avec une utilisation, une gestion et une planification durable des terres. Ces Perspectives sont destinées à tous : décideurs, petits agriculteurs, entreprises, communautés, consommateurs et producteurs. Passons maintenant à un bref historique de l'utilisation des terres pour comprendre comment nous sommes arrivés à ce tournant.

RÉFÉRENCES

1 Wunder, S. 2005. Payment for Ecosystem Services: Some nuts and bolts. CIFOR Occasional Paper number **42**: Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia.

2 Article 1 of the Text of the Convention http://www2.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-01/UNCCD_Convention_ENG_0.pdf

3 Convention on Sustainable Development (CSD). 1996. Progress Report on Chapter 10 of Agenda 21. United Nations, New York, NY, USA.

4 Peters, P.E. 2013. Conflicts over land and threats to customary tenure in Africa. African Affairs **112** (449): 543-562.

5 Rulli, M.C., Saviori, A., and D'Odorico, P. 2013. Global land and water grabbing. Proceedings of the National Academy of Sciences **110** (3): 893-897.

6 Ting, L., Williamson, I.P., Grant, D., and Parker, J.R. 1999. Understanding the evolution of land administration systems in some common law countries. Survey Review **35** (272): 83-102.

7 Munro-Faure, P. and Palmer, D. 2012. An overview on the voluntary guidelines on the governance of tenure. Land Tenure Journal **1**: 5-17.

8 http://www.reuters.com/article/us-indonesia-landrights-indigenous-idUSKBN14V1IV; http://www.reuters.com/article/us-latam-landrights-idUSKCN1175A1

9 Hart, S. (ed.) 2008. Shared Resources: Issues of Governance. IUCN, Gland, Switzerland.

10 Metternicht, G. 2017. Land Use and Spatial Planning to Support Sustainable Land Management. Working paper for the GLO.

11 Ibid.

12 Thomas, D.H.L. 1996. Fisheries tenure in an African floodplain village and the implications for management. Human Ecology **24** (3): 287-313.

13 UN Economic and Social Council. 2014. Report of the United Nations High Commissioner on Human Rights. E/2014/86.

14 Van Houtan, K.S. 2006. Conservation as virtue: a scientific and social process for conservation ethics. Conservation Biology **20**: 1367-1372.

15 Palmer, M. and Finlay, V. 2003. Faith in Conservation. The World Bank, Washington, DC.

16 Adapted from Dudley, N., Higgins-Zogib, L., and Mansourian, S. 2009. The links between protected areas, faiths, and sacred natural sites. Conservation Biology **23**: 568-577.

17 Landau, R. 2002. The Baha'i faith and the environment. In: Timmerman, P. (ed.) Encyclopedia of global environmental change. Volume 5, social and economic dimensions of global environmental change. John Wiley and Sons, London. Available from http://bahailibrary.com/articles/landau.environment.html (accessed February 2009).

18 Swearer, D.K. 1998. Buddhism and ecology: challenge and promise, Earth Ethics **10** (1).

19 Ura, K. 2004. The herdsman's dilemma. Journal of Bhutan Studies **11**: 1-43.

20 Hessel**,** D.T. 1998. Christianity and ecology: Wholeness, respect, justice, sustainability. Earth Ethics **1**: 1.

21 http://w2.vatican.va/content/francesco/en/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html accessed November 12, 2016.

22 Girardot, N., Miller, J., and Xiaogan, L. (eds.) 2001. Daoism and Ecology: Ways within a Cosmic Landscape. Harvard University Press, Cambridge, MA, USA.

23 Merton, T. 1960. The Wisdom of the Desert: Saying of the desert fathers in the 4th century. New Directions Publishers, New York.

24 Narayanan, V. 2001. Water, wood, and wisdom: ecological perspectives from the Hindu traditions. Daedalus **130** (4): 179-206.

25 Shiva, V. 2002. Water Wars: Privatization, Pollution and Profit. Pluto Press, London.

26 Weber, T. 1988. Hugging the Trees: The story of the Chipko movement. Viking, London.

27 Chapple, C.K. 1998. Hinduism, Jainism, and ecology. Earth Ethics **10** (1): 16-18.

28 Singhvi, L.M. 1990. The Jain Declaration on Nature. Jainism Global Resource Center, Alpharetta, Georgia.

29 Vogel, D. 1999. How Green is Judaism? University of Berkeley, California, USA.

30 Dafni, A. 2002. Why are rags tied to the sacred trees of the Holy Land? Economic Botany **56** (4): 315-327.

31 Foltz, R., Denny, F.M., and Baharuddin, A. 2003. Islam and Ecology: A Bestowed Trust. Harvard University Press, Cambridge MA, USA.

32 Bagader, A.A., Al-Chirazi El-Sabbagh, A.T., As-Sayyid Al-Glayand, M., and Izzi-Deen Samarrai, M.Y. 1994.Environmental Protection in Islam, 2nd edition, IUCN Environmental Policy and Law paper No. 20. Gland, Switzerland.

33 Sulayem, M. and Joubert, E. 1994. Management of protected areas in the kingdom of Saudi Arabia. Unasylva no. 176. UN Food and Agricultural Organization, Rome.

34 Green, R.E., Newton, I., Schultz, S., Cunningham, A.A., Gilbert, M., et al. 2004. Diclofenac poisoning as a cause of vulture population declines across the Indian subcontinent. Journal of Applied Ecology **41**: 793-800.

35 Welland, M. 2017. "So the land is actually like a big book, you know?" Working paper for the GLO.

36 Miller, G. (Producer). 2007. The Australian landscape: a cultural history (Radio broadcasts, four episodes). Canberra: Australian Broadcasting Corporation. Retrieved from http://www.abc.net.au/rn/legacy/features/landscape/default.htm

37 Vitaliano, D.B. 1974. Legends of the Earth: Their geologic origins. Indiana University Press, Bloomington, IN.

38 Rose, D.B. 1996. Nourishing Terrains: Australian Aboriginal views of landscape and wilderness. Australian Heritage Commission, Canberra, NSW.

39 Johnson, A.N., Sievert, R., Durglo, M. Sr., Finley, V., Adams, L., et al. 2014. Indigenous knowledge and geoscience on the Flathead Indian Reservation, Northwest Montana: implications for place-based and culturally congruent education. Journal of Geoscience Education **62** (2): 187-202.

40 Aikenhead, G. and Michell, H. 2011. Bridging culture, indigenous and scientific ways of knowing. Pearson, Don Mills, ON.

41 Bohm, D. 1980. Wholeness and the implicate order. Routledge and Kegan Paul, London and Boston.

42 Hazen, R.M., Grew, E.S., Downs, R.T., Golden, J., and Hystad, G. 2015. Mineral ecology: Chance and necessity in the mineral diversity of terrestrial planets. Canadian Mineralogist **53**: 295-324.

43 Tuan, Y-F. 1974. Topophilia: A study of environmental perceptions, attitudes, and values. Columbia University Press, New York.

CHAPITRE 2

BREF HISTORIQUE DE L'UTILISATION DES TERRES

Il existe de nombreuses preuves indiquant que l'altération humaine directe des écosystèmes terrestres par la chasse, la recherche de nourriture, la défrichage, l'agriculture et d'autres activités a commencé il y a environ 12 000 ans. Parfois appelée la « Révolution néolithique », l'agriculture a lentement commencé à transformer les sociétés et la façon dont les gens vivaient. Les modes de vie traditionnels du chasseur-cueilleur ont été abandonnés en faveur d'implantations plus permanentes et d'un approvisionnement alimentaire fiable. Cette transformation a été particulièrement significative dans certaines régions qui ont enregistré des changements à long terme à la suite du déboisement forestier, de la fréquence accrue des incendies, des importantes extinctions de la faune, des invasions d'espèces et de l'érosion des sols.

Commencée voilà environ 8 000 ans, l'utilisation des terres agricoles s'est développée en Mésopotamie et dans les régions du Croissant fertile du sud-ouest de l'Asie, suivie d'une croissance en Chine, en Inde et en Europe. Des modèles d'utilisation intensive des terres ont été développés en Inde, en particulier dans les plaines du Gange ; en Chine, le long des fleuves inférieurs Jaune et Yangtze ; en Afrique, dans tout le Sahel ; et en Amérique du Sud, le long des Andes. Cette expansion agricole a conduit au développement de formes plus complexes d'organisation de la société. Les terres fertiles et la domestication des espèces de cultures vivrières sauvages ont permis aux tribus nomades de s'installer et de créer les premières villes. Les paysages des forêts sèches néo-tropicales de l'Amérique du Sud, par exemple, ont joué un rôle central dans l'émergence des civilisations précolombiennes, comme les Incas.

Il y a environ 6 000 ans, l'expansion agricole s'est répandue sur la plupart des continents, entraînant le défrichement de la végétation indigène et la réduction de la population des herbivores ou leur domestication. La faune et la flore autochtones ont été remplacées par des pratiques intensives de gestion des cultures et du bétail à mesure que les populations humaines ont augmenté et qu'elles se sont densifiées. À partir de 1750, la transformation des terres a commencé à s'accélérer et le changement rapide de l'utilisation des terres est toujours une influence dominante aujourd'hui.

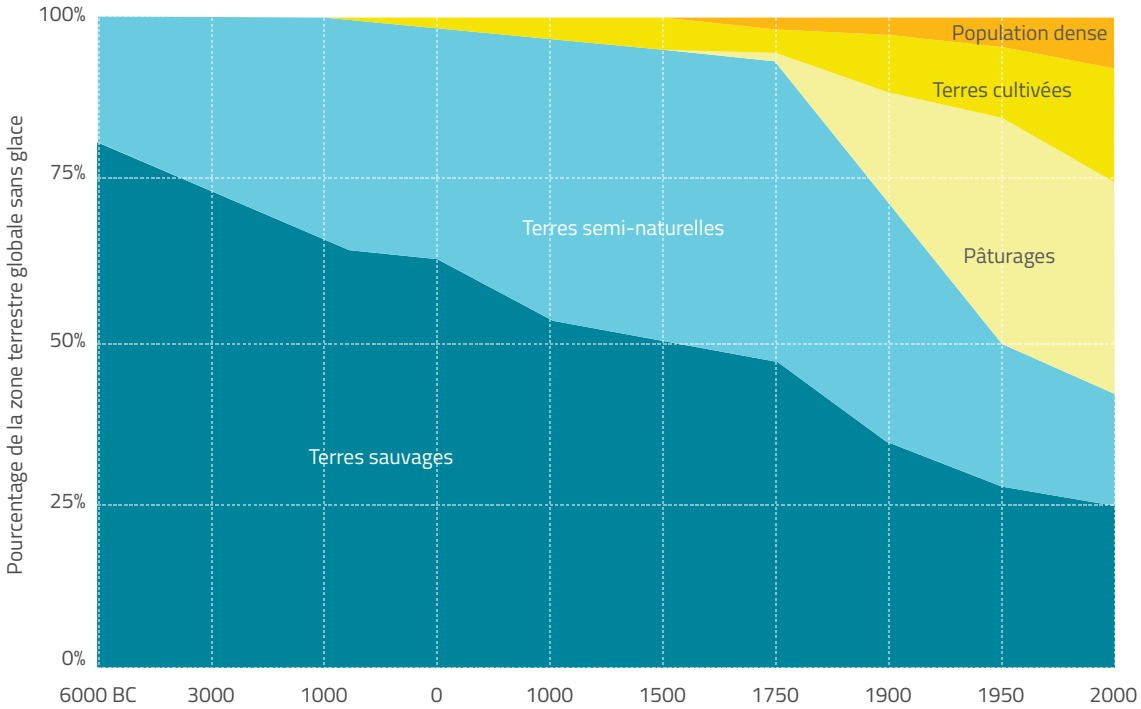


Figure 2.1 : Transformation de la biosphère sur 8 000 ans: Adaptée de,[4] basée sur[5]

L'ÈRE COMMUNE

Au début de l'Ére commune (EC), jusqu'à 60 % des terres en Europe étaient utilisées par les hommes, bien qu'avec des fluctuations significatives, car certaines zones étaient périodiquement abandonnées en raison de la guerre, de la famine et d'autres événements qui ont affecté les populations humaines. Au Moyen Âge (14e et 15e siècles), l'intensité de l'utilisation des terres en Europe et en Chine a considérablement augmenté en raison du développement des cités et des villes. Au cours de la même période, près de 90 % des peuples indigènes des Amériques sont morts après leur contact avec les Européens, tués sauvagement ou principalement emportés par la maladie. Cela a conduit à la repousse massive de la végétation naturelle, en particulier dans les forêts de l'Amazonie, des Andes, de la Mésoamérique et des régions occidentales de l'Amérique du Nord.[1]

Ces changements de l'utilisation des terres avant 1700 étaient nettement plus faibles, plus localisés et moins intensifs que ceux qui sont apparus plus tard, mais ils ont tout de même transformé certains paysages, comme des régions boisées fermées et ouvertes, altérant les sols, les régimes des incendies et les modèles régionaux de la biodiversité.[2] Dans certains cas, on pense que les populations humaines relativement petites ont apporté des changements écologiques étendus et profonds il y a plus de 3 000 ans.[3]

Figure 2.2 : Theatrum Orbis Terrarum: Reproduite avec permission[7]

LA CARTE QUI A MODIFIÉ LE MONDE

En 1564, Abraham Ortelius, un cartographe de 37 ans d'Anvers, a créé ce que l'on considère généralement comme le premier atlas moderne, appelé le Theatrum Orbis Terrarum. Il fournissait, pour la première fois, une carte mondiale clairement visible.[6] Elle n'était pas complètement précise : l'Antarctique était trop grande, l'Amérique du Sud trop étroite et l'Australasie n'avait pas encore été découverte. Néanmoins, même pour l'observateur occasionnel, cette carte représente de toute évidence le monde. Les décennies suivantes ont enregistré une croissance massive de la cartographie, principalement en Europe et, au milieu du 17e siècle, l'exactitude des cartes du monde s'est considérablement améliorée. Les nouvelles cartes ont favorisé les découvertes : la recherche de nouveaux pays, de nouvelles expériences et de nouveaux produits. L'ère de l'exploration avait débuté, menant rapidement au colonialisme et à l'exploitation à grande échelle des ressources naturelles dans le monde entier.

L'histoire mondiale de la cartographie et de l'arpentage a eu une énorme influence sur le développement de l'image de l'humanité par rapport au monde naturel. Auparavant, les deux ne faisaient qu'un, mais la nature existait dorénavant en tant qu'objet distinct de l'humanité et que valeur attribuée uniquement par son utilité pour l'humanité.[8] Cela a finalement entraîné une reconfiguration profonde de la relation entre la terre et la société dans certaines parties du monde.[9] À cet égard, la révolution scientifique du 17e siècle, notamment grâce à Francis Bacon, mais aussi à René Descartes, appelle à la « conquête », à la « maîtrise » et à la « domination » de la nature.[10] La conviction que les progrès technologiques pourraient surmonter les limites imposées par la nature devient essentielle aux stratégies politiques et économiques mondiales.[11]

Alors que les contours généraux du monde devenaient plus familiers, on connaissait moins ce qui existait au-delà des côtes : la plupart des régions intérieures de l'Afrique, des Amériques et de l'Australasie restaient inconnues. On estimait la population mondiale de l'époque à environ 500 millions d'habitants,[12] seulement 8 hommes par km² (57 hommes au km² de nos jours).[13] L'agriculture et l'exploitation minière artisanale étaient réalisées à petite échelle et les forêts étaient préservées dans les grandes régions tropicales. Dès lors que de nouvelles frontières terrestres continuaient à s'ouvrir, les coûts sociaux et environnementaux de l'exploitation étaient considérés comme diffus et/ou facilement compensés. Plus récemment, nous avons compris que ce nouveau réseau de communication et de relations a transformé le système alimentaire et les paysages sur une période relativement courte.[14]

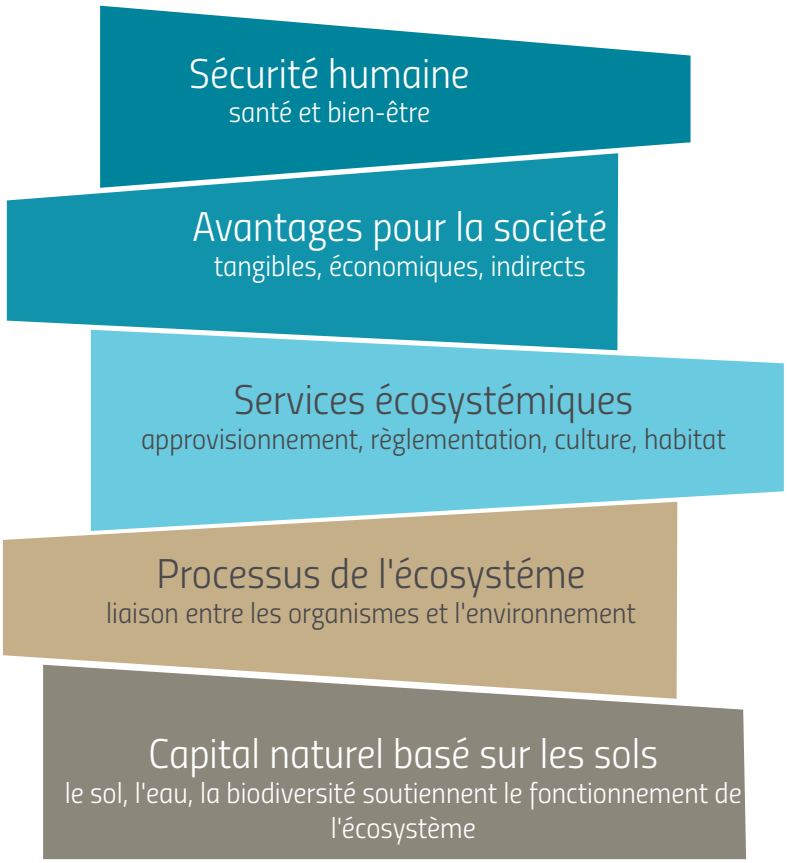
UN NOUVEAU PARADIGME ÉCONOMIQUE

Les forces de la science et de l'économie se sont alliées pour transformer complètement l'idée de la nature. La notion d'un monde illimité et construit par l'être humain[15] a été adoptée et renforcée par les nombreux voyages d'exploration, principalement au départ de l'Europe. Les colonialistes ont brusquement accédé à ce qui semblait être une réserve sans fin de ressources naturelles[16] et, ce faisant, ils ont externalisé leur empreinte écologique.[17]

Pendant ce temps, la pensée économique a subi sa propre révolution, conduisant à une philosophie fondée sur le libre-échange et sur l'optimisation de l'intérêt personnel.[18] La terre,[19] en tant que principale source de richesse dans l'économie classique, a perdu son rôle central dans la transition vers l'économie néoclassique, remplacée par des notions d'utilité et de productivité marginales. La distinction entre la richesse et la valeur, ou entre la valeur d'usage et la valeur d'échange, a été abandonnée. Les coûts environnementaux et sociaux plus larges de l'accumulation de capitaux[20] ont été largement ignorés dans le nouveau paradigme économique.[21] Entre 1700 et 2000, la transition critique de la biosphère terrestre est passée de principalement sauvage à majoritairement anthropogène.[22]

Du point de vue du calcul de la valeur capitaliste, la terre est considérée comme un cadeau de la nature[23] et souvent décrite comme des « biens libres » dans l'économie moderne. La conséquence inhérente de cette accumulation de capitaux était et est l'exploitation débridée des biens communs[24,25] ainsi que l'accélération de la dégradation de l'environnement.[26] L'histoire de la civilisation regorge d'exemples de pratiques de la gestion non durable des terres, entraînant le déboisement et la dégradation des sols[27] et, pour finir, l'effondrement de la société. Pourtant, c'était la combinaison de nouvelles relations marchandes, des conceptions reconfigurées de la richesse et de la valeur, ainsi que de l'agriculture industrialisée qui a ouvert la voie à une intensification rapide et systématique de l'utilisation des terres.

Figure 2.3 : La relation entre le capital naturel et la sécurité humaine : Adaptée de[35]



LA TERRE EN TANT QUE CAPITAL NATUREL

Plus récemment, la production de masse a conduit à une économie basée sur la consommation de masse et sur l'obsolescence intégrée, la croissance économique étant le seul objectif fondamental et le marqueur du succès du développement, mesuré par le produit intérieur brut (PIB). Bien que ses plus fervents partisans rejettent toutes les limites de la croissance,[28] il y a eu une opposition orale à ce paradigme, menée par le Club de Rome dans les années 1970,[29] et qui se poursuit encore aujourd'hui. Ce n'est qu'au 20e siècle que les économistes traditionnels ont commencé à parler du capital naturel (y compris la terre) sur un pied d'égalité avec le capital humain et construit,[30] afin de comprendre la forme et l'importance du capital naturel - et l'effet de son épuisement - sur le bien-être humain et pour explorer les coûts et les impacts de la dégradation terrestre sur la croissance économique.[31,32]

Bien que ce développement signale un pas dans la bonne direction, il comporte également le risque profond de faire progresser la marchandisation de la nature. La motivation initiale de cette approche économique était de recueillir le soutien politique et commercial pour la conservation des ressources naturelles et l'utilisation durable en démontrant des valeurs tangibles et intangibles. Cela reste valable et pertinent. Dans certains cas, l'approche a été transformée en une approche qui recherche les paiements des services écosystémiques en supposant que cette rémunération assurera leur fourniture.[33,34]

Encadré 2.1 : La revanche de la nature

Le pouvoir des systèmes sociaux humains de transformer la Terre d'une manière destructrice, provoquant ainsi la « revanche » de la nature, était déjà évident et observé à la fin du 18e siècle et au début du 19e siècle. En 1848, le botaniste allemand Matthias Schleiden a ainsi déclaré « que les pays qui n'ont plus d'arbres, mais des déserts arides, une partie de l'Égypte, de la Syrie, de la Perse et ainsi de suite, étaient autrefois densément boisés, traversés par des ruisseaux, » mais qu'ils étaient à présent « séchés ou rétrécis dans des limites étroites » et exposés à toute la force du soleil. Il a attribué ces changements environnementaux principalement à la destruction des forêts par les hommes et il a conclu : « Derrière lui, il [l'homme] quitte le désert, une terre déformée et en ruine et il est coupable du gaspillage irréfléchi des trésors végétaux... ici encore dans la poursuite égoïste du profit et, consciemment ou inconsciemment, en suivant le principe abominable de la grande vilenie morale [sic] qu'un homme a exprimée, « après nous le déluge », il [l'homme] recommence son œuvre de destruction. »[36]

EXPLOSIFS ET TRACTEURS

Les processus industriels des 3 derniers siècles ont été des facteurs critiques du changement mondial anthropogénique, notamment du changement d'utilisation des terres et la conversion des écosystèmes. Au début du 19e siècle, la population mondiale avait doublé en seulement 100 ans[37] et la demande en bois, en énergie, en métaux et en minéraux précieux était sur le point de croître de façon exponentielle : la révolution industrielle avait commencé. Elle allait remanier profondément le monde. Nous affrontons aujourd'hui ses héritages et nous continuerons à le faire au 21e siècle.

Bien que l'extraction de minéraux précieux de la terre ait commencé dès 3 000 avant J.-C. en Égypte,[38] elle était à petite échelle et dépendait fortement de la main-d'œuvre. On peut tracer l'essor des mines et des carrières à grande échelle au début du 17e siècle. L'utilisation des explosifs a été introduite en 1627, ce qui a permis à l'exploitation minière d'augmenter considérablement, tandis que l'adoption de la machine à vapeur, quelques années plus tard, a propulsé la demande en minéraux à base d'énergie. La demande en minéraux, tels que le minerai de fer et le charbon, ainsi que le bois combustible pour la révolution industrielle, s'est traduit par de nouvelles exigences envers les ressources foncières puisqu'une population en pleine croissance était à la recherche de la richesse et de la prospérité. D'autres minéraux, tels que l'or et les pierres précieuses, se sont progressivement imposés et ils sont devenus de facto des devises, tout en ajoutant peu à la richesse réelle.[39]

La demande en minéraux, tels que le minerai de fer et le charbon, ainsi que le bois combustible pour la révolution industrielle, s'est traduit par de nouvelles exigences envers les ressources foncières puisqu'une population en pleine croissance était à la recherche de la richesse et de la prospérité.

Alors que les pratiques agricoles remontent à quelque 10 000 ans ou plus, c'était le secteur industriel, avec la hausse des salaires et de la demande de nourriture, ainsi qu'une population croissante, qui a modifié l'objectif et l'ampleur de l'agriculture. Aux 17e et 18e siècles, à mesure que la nécessité d'une alimentation et d'un carburant bon marché a augmenté, des changements importants dans les systèmes agricoles ont été introduits, tels que la rotation des cultures, l'élevage sélectif des animaux, les enclos et la mécanisation : l'avènement de l'agriculture industrielle.

La demande croissante en nourriture, en énergie et en eau abordables était à l'origine d'un besoin de cultiver la terre différemment. Les progrès technologiques ultérieurs, tels que la mécanisation, ont rendu ce changement possible et ils ont encouragé son intensification. En 1901, le premier tracteur motorisé a été lancé, ouvrant la voie au remplacement des animaux de trait et à l'avènement d'une agriculture à forte intensité énergétique. Au cours du siècle dernier, l'application de la science agricole a considérablement augmenté en réponse à la demande alimentaire. La « Révolution verte » du début des années 1970 a enregistré d'importantes augmentations du rendement, associées à une plus grande intensité de l'utilisation des engrais et des pesticides. Bien que les rendements aient considérablement augmenté dans l'ensemble, abordant les menaces imminentes des pénuries alimentaires, ils ont été accompagnés d'impacts environnementaux indésirables, ainsi que de l'expansion et de la consolidation importantes des terres utilisées pour la production végétale et animale.

Il ne fait aucun doute que l'agriculture moderne a réussi à accroître la production alimentaire. Contrairement aux prévisions de Thomas Malthus,[40] la production alimentaire a suivi, voire dépassé, la croissance démographique. Cependant, environ la moitié de la superficie de la planète a été convertie en terres labourées par des animaux domestiqués, en cultures ou en forêts de production, entraînant la perte de plus de la moitié des forêts du monde.[41] Cette expansion et cette intensification sont à l'origine d'effets environnementaux dévastateurs au niveau local, national et mondial.

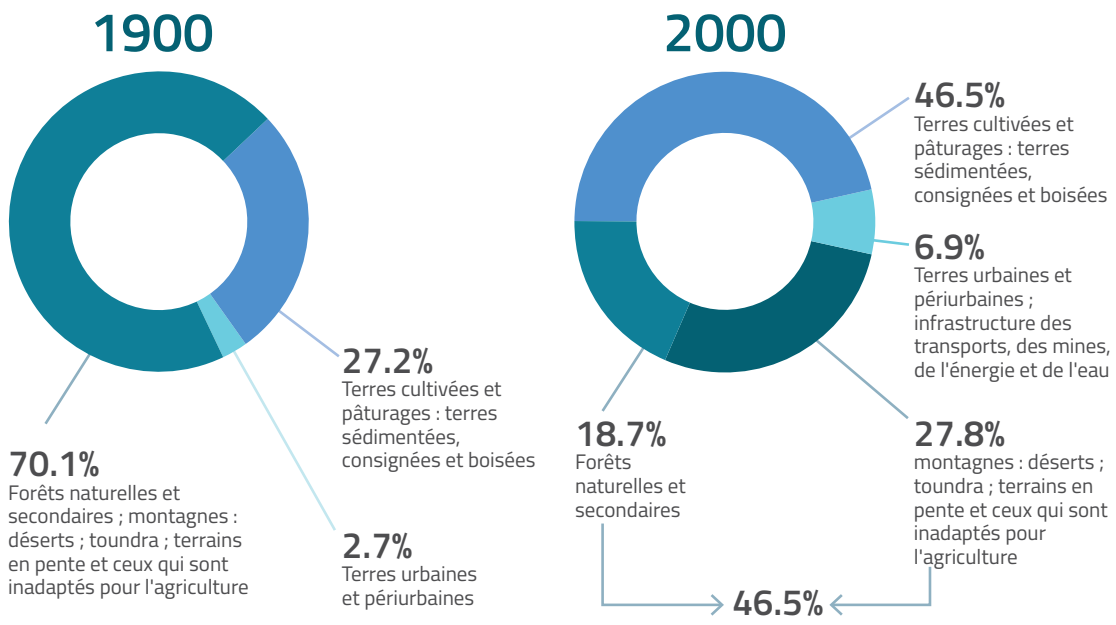


Figure 2.4 : Un siècle de changement d'utilisation des terres : Basée sur 1900[47] et 2000[48]

UN SIÈCLE DE CHANGEMENT D'AFFECTATION DES TERRES

De nombreux facteurs ont conduit à la croissance des villes et à la transition de la vie rurale à la vie urbaine. Les villes existent pour de multiples raisons et la diversité des caractéristiques urbaines remonte à la grande variété des fonctions qu'elles exercent : du transport à la sécurité, y compris, évidemment, les fonctions de marché, à l'origine pour les excédents agricoles, puis pour d'autres biens et services, y compris la banque et la finance. Les villes ont tendance à se trouver dans des zones stratégiquement importantes : des pôles de commerce, près de terres agricoles de qualité, en présence de complexes gouvernementaux et militaires, etc.

La taille, le rythme et la nature de l'urbanisation ont été des caractéristiques déterminantes des 20e et 21e siècles. Bien que des taux rapides de croissance de la population urbaine au cours du siècle dernier aient été enregistrés sur moins de 3 % de la surface terrestre mondiale, leurs impacts ont été mondiaux. Environ 78 % des émissions de carbone, 60 % de l'utilisation résidentielle de l'eau et 76 % du bois utilisé à des fins industrielles sont attribués aux zones urbaines.[42] On a estimé que jusqu'au milieu du 19e siècle, entre 4 et 7 % seulement de la population mondiale vivaient dans des villes. Les premières phases de l'expansion urbaine avaient tendance à être horizontales : on a estimé qu'au fur et à mesure que la population de villes comme Londres et Paris se multipliait 20 fois, leur empreinte territoriale correspondante était multipliée par 2.

Le changement de l'utilisation des terres pour construire des villes et répondre aux besoins de la population urbaine en pleine croissance entraîne d'autres types de changements environnementaux. En 2007, une transition majeure s'est produite lorsque, pour la première fois dans l'histoire, nous n'étions plus principalement des habitants ruraux, mais majoritairement des citadins.[43] Les populations urbaines dépendent des capacités productives des écosystèmes bien au-delà des limites de leur ville. Leurs « empreintes écologiques », c'est-à-dire ce qui est nécessaire pour produire les flux de marchandises et les services (y compris l'absorption des déchets) soutenant le bien-être humain et la qualité de vie, sont 10 à 100 fois supérieures à la zone urbaine actuelle qu'elles occupent.[44] La réponse à cette énigme a été une priorité renouvelée pour l'agriculture intensive, concentrée sur les terres les plus productives et fonctionnant selon un modèle du secteur de l'agroindustrie industrielle, avec une influence croissante sur la recherche et les systèmes commerciaux.[45] Bien que les citadins aient toujours compté sur l'excédent agricole, son ampleur actuelle est sans précédent.[46] La demande en produits agricoles a été le principal facteur historique du changement de l'utilisation des terres.

De nombreux peuples ont défini leur culture et leurs valeurs en fonction des terres qu'ils occupent Les peuples autochtones ont historiquement eu une relation étroite et intime avec la terre.

LES VALEURS NON MARCHANDES DE LA TERRE

La terre offre plus que de simples récompenses économiques ou financières, qu'il s'agisse d'agriculture, de sylviculture ou d'exploitation minière. De nombreux peuples ont défini leur culture et leurs valeurs en fonction des terres qu'ils occupent. Les peuples autochtones ont historiquement eu une relation étroite et intime avec la terre.[49] Les terres ont été universellement célébrées pour leur valeur intrinsèque et inestimable dans des termes religieux, spirituels, esthétiques et récréatifs. On apprécie les paysages, car ils valent bien plus que leur valeur d'échange.

Au niveau national, presque tous les pays ont délimité une partie de leur territoire en tant que zones protégées à préserver à perpétuité. Ces terres et ces eaux protégées constituent un héritage pour les générations futures. Les premiers parcs nationaux en Afrique, en Inde, en Australie et aux États-Unis ont été créés à la fin du 19e siècle. Aujourd'hui, environ 15 % de la surface de la Terre et de ses eaux intérieures sont devenues des zones protégées, signe que nous nous soucions vivement de préserver la biodiversité et les services écosystémiques, ainsi que la majesté et la beauté des paysages.

Un nombre croissant de zones protégées est également reconnu à l'échelle internationale. Les Nations Unies ont explicitement reconnu que les terres incarnent des valeurs importantes bien au-delà des valeurs financières. Les sites du patrimoine mondial de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, qui comprennent des sites culturels et naturels, restent des symboles puissants qui reconnaissent les valeurs culturelles, sociales et spirituelles de nos terres. À ce jour, plus de 1 000 sites ont été reconnus comme ayant le statut de patrimoine mondial, dont plus de 200 sont classés comme sites naturels ou mixtes. On considère que les sites naturels représentent « des phénomènes naturels exceptionnels et des habitats naturels significatifs pour la conservation in situ de la diversité biologique. »[50]

CONCLUSION

La compréhension de la quantité limitée de ressources naturelles à notre disposition, la reconnaissance de leur importance pour notre survie et une prise de conscience accrue du rythme auquel nous les épuisons et les dégradons ont façonné un nouveau paradigme dans le discours public. La croissance des préoccupations écologiques basées sur la durabilité des systèmes naturels et de leurs composants a ses racines dans un large éventail de disciplines académiques. Les changements climatiques sont devenu une force catalysatrice majeure qui affecte - et est affectée par - l'utilisation et la gestion des ressources foncières, reliant davantage les terres à toutes les dimensions de la sécurité humaine.

Cette dynamique continue à croître au niveau mondial et national. À l'approche de Rio+20, deux décennies après l'unique Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en 1992, la CNULD a établi un programme ambitieux visant à atteindre la neutralité de la dégradation des terres d'ici 2030.[52] L'Agenda 2030 des Nations Unies pour le développement durable, adopté en 2015, a défini plusieurs objectifs de développement durable (ODD) et des objectifs qui encouragent l'utilisation, la gestion et la planification plus judicieuses des terres. L'ODD de 2015, en particulier, met fortement l'accent sur la nécessité d'étendre les pratiques de gestion transformatrice dans le but de « protéger, restaurer et promouvoir l'utilisation durable des écosystèmes terrestres, de gérer durablement les forêts, de lutter contre la désertification, de stopper et d'inverser la dégradation des terres et d'interrompre la perte de biodiversité. »[53]

Il ne fait aucun doute que la planète atteint un point critique sur la façon dont nous utilisons et gérons nos ressources foncières. La demande à l'égard de ces ressources ne fera qu'augmenter et un éventail de futurs scénarios sera abordé dans la deuxième partie de cette Perspective. L'utilisation durable des terres vise autant à garantir que la terre soit protégée et nourrie pour les générations successives qu'à offrir des opportunités sociales et économiques à l'heure actuelle. Trouver un équilibre restera un défi durable pour le 21e siècle.

© NASA 7. Décembre 1972

La vue depuis l'espace

En décembre 1968, il s'est produit un événement majeur qui a sidéré l'humanité et qui a transformé notre vision de la Terre. Alors que la navette Apollo 8 quittait l'orbite de la Terre pour la lune, elle a envoyé une image de notre planète comme nous ne l'avions jamais vue. Cette photo a offert une perspective unique sur sa forme, sa couleur bleue et, peut-être le plus important, sur sa taille limitée. D'autres photos ont été faites, notamment la célèbre image « Bille bleue » de la planète prise de la dernière mission sur la lune d'Apollo 17 en 1972. Ces photos ont largement influencé la recherche des scientifiques et des universitaires. Les responsables de la production du livre révolutionnaire, « Halte à la croissance », qui a placé la finitude de la Terre dans un contexte d'économie et de politique - un groupe d'hommes d'affaires éclairés, dirigé par Aurelio Peccei et une équipe de spécialistes et de planificateurs de systèmes du Massachusetts Institute of Technology - ont souvent parlé de l'influence des premières photos spatiales sur leur travail. En effet, à la fin du 20e siècle, une nouvelle éthique a émergé, étayant et transformant notre compréhension de l'importance de la gestion des ressources naturelles d'une manière qui peut être soutenue avec le temps et dans le respect des limites planétaires.

RÉFÉRENCES

1 See for example Flannery, T. 2001. The Eternal Frontier: An ecological history of North America and its peoples. William Heinemann, London.

2 Ellis, E.C., Kaplan, J.O., Fuller, D.Q., Vavrus, S., Goldewijk, K.K., and Verburg, P.H. 2013. Used planet: A global history. Proceedings of the National Academy of Sciences **110** (20): 7978-7985.

3 Ibid.

4 IINAS. 2013. Global Land Use Scenarios: Findings from a review of key studies and models. GLOBALANDS Working Paper AP 1.3, Darmstadt, Germany.

5 Ellis, E. C. 2011. Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, **369**: 1010-1035.

6 van den Broecke, M. 2015. Abraham Ortelius (1527-1598) Life, Works, Sources and Friends. Cartographica Neerlandica, Bilthoven, Netherlands.

7 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:OrteliusWorldMap.jpeg

8 Geisinger, A. 1999. Sustainable development and the domination of nature: Spreading the seed of the Western ideology of nature. Boston College Environmental Affairs Law Review **27** (1): 43-73.

9 White, L. Jnr. 1967. The historical roots of our ecological crisis. Science **155** (3767): 1203-1207.

10 Harvey, D. 1996. Justice, Nature and the Geography of Difference. Wiley, London, p. 121.

11 Martin, J.L., Maris, V., and Simberloff, D.S. 2016. The need to respect nature and its limits challenges society and conservation science. Proceedings of the National Academy of Sciences **113** (22): 6105-6112.

12 Korotayev, A. 2005. A compact macromodel of world system evolution. Journal of World-Systems Research **11** (1): 79-93.

13 2015 estimates from the World Bank: http://data.worldbank.org/indicator/EN.POP.DNST accessed December 12, 2016.

14 McNeill, J.R. and McNeill, W.H. 2003. The Human Web. A Bird's Eye View of World History. W.W. Norton and Company, USA.

15 Hughes, T.P. 2004. Human-Built World: How to Think About Technology and Culture. University of Chicago Press, Chicago.

16 Crosby, A.W. 1986. Ecological Imperialism: The biological expansion of Europe, 900-1900, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

17 Ponting, C. 1991. A Green History of the World. Sinclair Stevenson, London.

18 Stiglitz, J.E. 2002. Globalization and Its Discontents. Norton, New York.

19 Hubacek, K. and van den Bergh, J.C.J.M. 2006. Changing concepts of land in economic theory: From single to multi-disciplinary approaches. Ecological Economics **56**: 5-27.

20 Foster, J.B. and Clarke, B. 2009. The paradox of wealth: Capitalism and ecological destruction. Monthly Review **61** (1).

21 On the notion of social cost and its relation to the conflict between private riches and public wealth, James Maitland, the eighth Earl of Lauderdale, argued that there was an inverse correlation between public wealth (use values) and private riches (exchange values), such that an increase in the latter often served to diminish the former. Scarcity, in other words, is a necessary requirement for something to have value in exchange, and to augment private riches. But this is not the case for public wealth, which encompasses all value in use, and thus includes not only what is scarce but also what is abundant. This paradox led Lauderdale to argue that increases in scarcity in such formerly abundant but necessary elements of life as air, water, and food would, if exchange values were then attached to them, enhance individual private riches, and indeed the riches of the country—conceived of as "the sum-total of individual riches"—but only at the expense of the common wealth. See Lauderdale Maitland J., Earl of 1819. An Inquiry into the Nature and Origin of Public Wealth and into the Means and Causes of its Increase, second edition, Chapter II. This contradiction is also known as the "Lauderdale paradox"; Daly, Herman E. 1998. The return of Lauderdale's paradox. Ecological Economics **25**: 21-23; Foster, J.B. and Clarke, B. 2009. The paradox of wealth: Capitalism and ecological destruction. Monthly Review **61** (1).

22 Ellis, E.C., Goldwijk, K.K., Siebert, S., Lightman, D., and Ramankutty, N. 2010. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. Global Ecology and Biogeography **19**: 589-606.

23 Furnivall, J. S. 1909. Land as a free gift of nature. The Economic Journal **19** (76): 552-562.

24 Linebaugh, P. 2010. Enclosures from the bottom up. Radical History Review Issue 108: 11-27.

25 Polanyi, K. 1944. The Great Transformation. The Political and Economic Origins of Our Time. Farrar and Rhinhart, New York.

26 It should be noted here that the existence of rents for land and resources does not alter the essential fact that nature is excluded from the value calculation. Instead, rents ensure that part of the surplus produced by society is redistributed to those who are able to monopolize the "rights" to natural resources.

27 Goldewijk, K.K. and Ramankutty, N. 2004. Land use changes during the past 300 years. Land Use, Land Cover and Soil Sciences. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS); UNESCO: Ontario, Canada and Paris, France.

28 Solow, R.M. 1974. The economics of resources or the resources of economics. American Economic Review **64** (2): 1-14.

29 Meadows, D.H., Meadows, G., Randers, J., and Behrens III, W.W. 1972. The Limits to Growth. Universe Books, New York.

30 Ehrlich, P.R., Kareiva, P.M., and Daily, G.C. 2012. Securing natural capital and expanding equity to rescale civilization. Nature **486**: 68-73.

31 Nkonya, E., Gerber, N., von Braun, J., and De Pinto, A. 2011. Economics of land degradation. IFPRI Issue Brief, 68.

32 Martin-Ortega, J., Brouwer, R., and Aiking, H. 2011. Application of a value-based equivalency method to assess environmental damage compensation under the European Environmental Liability Directive. Journal of Environmental Management **92**: 1461-1470.

33 Fairhead, J., Leach, M., and Scoones, I. 2012. Green grabbing: a new appropriation of nature? The Journal of Peasant Studies **39** (2): 237-261(244).

34 A prime example of this process can be found on the web portal Ecosystem Marketplace that states: "The world's population depends on ecosystem services, but in economic terms, these services are typically 'free' and consequently, increasingly overexploited. One promising approach to sustaining vital ecosystem services is to enable market-based mechanisms to mediate supply and demand, putting a price on these services (…)" The rebranding of nature as a service provider and the commodification of the ecosystem services it provides can, indeed, lead to viable business opportunities. There is, however, a not insignificant associated risk that by opening the door to the appropriation of land resources at the expense of its former custodians and of public wealth, that new inequalities will arise, and traditional land management strategies will be lost.

35 Alexander, S., Aronson, J., Whaley, O., & Lamb, D. 2016. The relationship between ecological restoration and the ecosystem services concept. Ecology and Society, 21(1).

36 Schleiden, M.J. 1848. The Plant: A Biography in a series of popular lectures. Hippolyte Bailliere, London, pp. 304-307.

37 Kremer, M. 1993. Population growth and technological change: One million B.C. to 1990. The Quarterly Journal of Economics **108** (3): 681-716.

38 Klemm, R. and Klemm, D. 2013. Gold and Gold Mining in Ancient Egypt and Nubia. Springer, Heidelberg.

39 Ponting, C. 1991. Op cit.

40 Malthus T. 1798. An Essay on the Principle of Population, as it Affects the Future Improvement of Society with Remarks on the Speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and Other Writers. J. Johnson in St Paul's Churchyard, London.

41 Kareiva, P., Watts, S., McDonald, R., and Boucher, T. 2007. Domesticated nature: Shaping landscapes and ecosystems for human welfare. Science **316** (5833): 1866-1869.

42 Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L., Wu, J., et al. 2008. Global change and the ecology of cities. Science **319**: 756-760.

43 United Nations. 2014. World Urbanization Prospects: 2014 Revision. UN, New York.

44 Grimm, N.B., et al. 2008. Op cit.

45 Grigg, D.B. 1974. The Agricultural Systems of the World: An Evolutionary Approach. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

46 Ellis, E.C., et al. 2013. Op cit.

47 Ellis, E. C., Klein Goldewijk, K., Siebert, S., Lightman, D., & Ramankutty, N. 2010. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. Global Ecology and Biogeography, **19**: 589-606.

48 Hooke, R. L., Martín-Duque, J. F., & Pedraza, J. 2012. Land transformation by humans: a review. GSA today, **22**: 4-10.

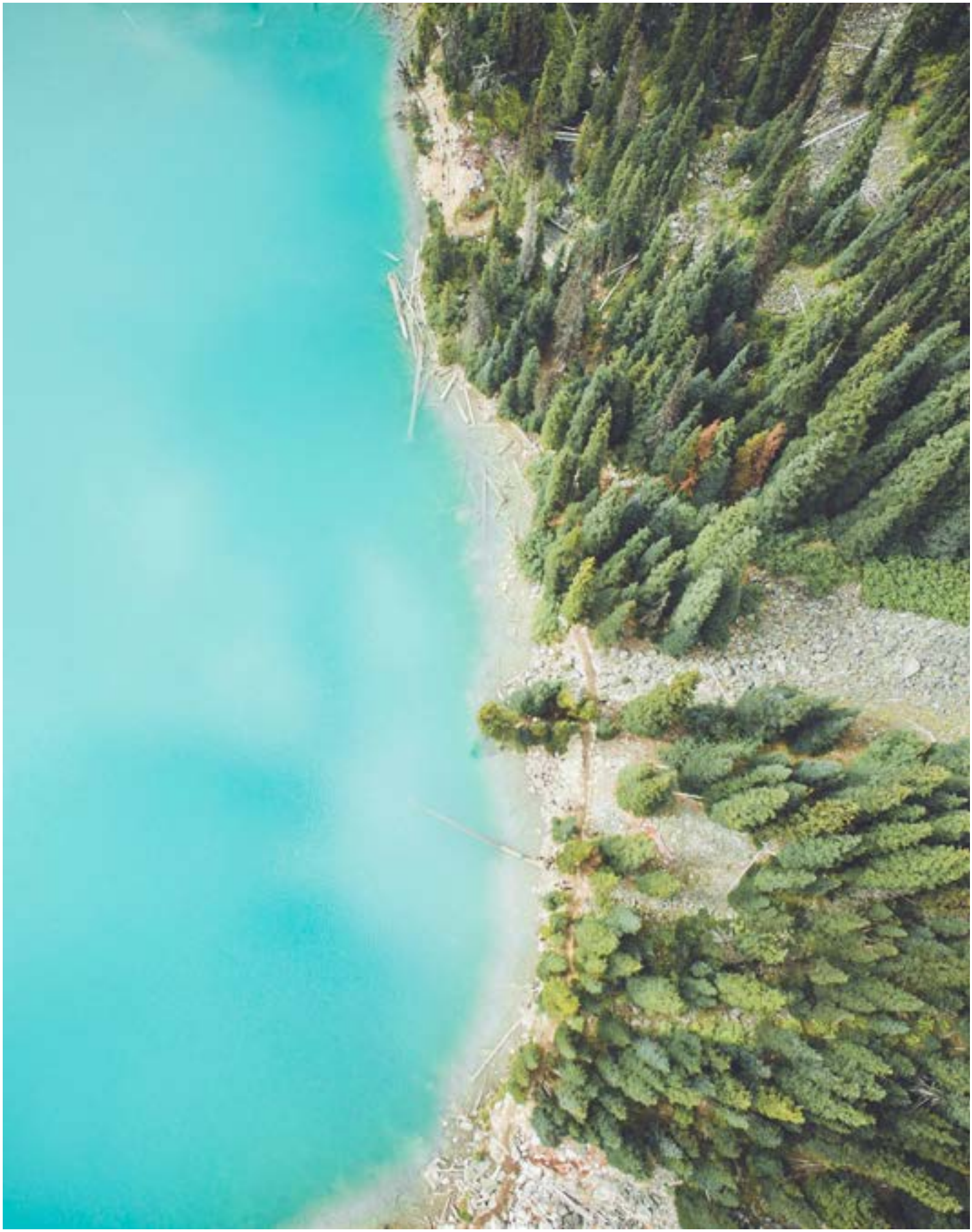
49 Posey, D. (ed.) 1999. Cultural and Spiritual Values of Biodiversity. Intermediate Technology Publications, London.

50 Badman, T., Bomhard, B., Fincke, A., Langley, J., Rosabal, P. et al. 2008. Outstanding universal value: Standards for natural world heritage. IUCN, Gland, Switzerland.

51 http://www.lpi.usra.edu/resources/apollo/frame/?AS17-148-22727

52 UNCCD. 2016. Land Degradation Neutrality: The target setting programme. UNCCD, Bonn.

53 United Nations: Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. New York.



© Chris Montgomery

CHAPITRE 3

MOTEURS DE CHANGEMENT

La demande croissante en nourriture, fourrage, carburant et matières premières augmente les pressions exercées sur les terres et la concurrence en matière de ressources naturelles. Dans le même temps, la dégradation réduit la quantité de terres productives disponibles. Les facteurs de la dégradation des sols sont principalement des facteurs externes qui affectent directement ou indirectement la santé et la productivité de la terre et ses ressources associées, telles que le sol, l'eau et la biodiversité.

Les facteurs directs sont naturels (par exemple, tremblements de terre, glissements de terrain, sécheresses, inondations) ou anthropiques (c.-à-d. induits par l'homme) ; certains de ces derniers influencent ce que l'on penserait autrefois être des événements climatiques naturels. Les facteurs induits par l'homme, tels que la déforestation, le drainage des zones humides, le surpâturage, les pratiques non durables d'utilisation des terres et l'expansion des zones agricoles, industrielles et urbaines (c.-à-d. un changement de l'utilisation des terres) continuent à être la cause la plus importante directe de la dégradation des terres.

De nombreuses pratiques modernes de gestion des cultures et de l'élevage conduisent directement à l'érosion et au compactage des sols, à la réduction de la filtration et la disponibilité de l'eau et à la baisse de la biodiversité, au-dessus et au-dessous du sol. Pendant ce temps, l'exploitation minière et les infrastructures pour le transport, l'énergie et l'industrie augmentent de plus en plus leur empreinte dans le paysage et elles affectent les ressources des sols à des échelles toujours plus grandes.

Au cours des cent dernières années, la quantité de terres utilisées pour les zones urbaines et périurbaines a doublé et elle devrait s'accroître encore au cours des prochaines décennies. Cependant, tout en étant de relativement petite envergure – environ 5 % de la superficie terrestre mondiale – les zones urbaines couvrent souvent certains des sols les plus fertiles et des terres les plus productives.

© GIZ-Andreas Knig

Les facteurs indirects sont généralement considérés comme les causes sous-jacentes d'un ou plusieurs facteurs directs de la dégradation des terres. Contrairement aux facteurs directs, ils sont complexes, interconnectés, diffus et ils interviennent à des échelles plus grandes et plus longues en se développant plus loin que la zone de dégradation. Ils comprennent la croissance démographique, le régime foncier et les tendances migratoires ; la demande des consommateurs en biens et services provenant de la terre ; les politiques macroéconomiques axées sur une croissance rapide ; et les politiques et institutions publiques encourageant l'investissement qui suppriment la coordination intersectorielle.

INTRODUCTION

La dégradation des terres est un phénomène complexe qui implique généralement la perte de tout ou partie des éléments suivants : productivité, sols, couverture végétale, biomasse, biodiversité, services écosystémiques et résilience environnementale. La dégradation est généralement causée par la mauvaise gestion ou la surexploitation des ressources terrestres, telles que le déboisement ; l'épuisement des nutriments ; le surpâturage ; l'irrigation inappropriée ; l'utilisation excessive de produits agrochimiques ; l'expansion urbaine ; la pollution ; ou d'autres conséquences directes, telles que l'exploitation minière, l'extraction, le piétinement ou les véhicules hors route. Le changement de l'utilisation des terres n'est pas identique à la dégradation et certains changements d'utilisation des terres peuvent avoir un effet positif net en matière de bénéfices pour l'humanité. Cependant, dans le contexte actuel de la diminution des écosystèmes naturels, conjuguée à une pression croissante sur les ressources terrestres, le changement d'utilisation des terres est souvent associé à une dégradation qui réduit la biodiversité et les services écosystémiques.

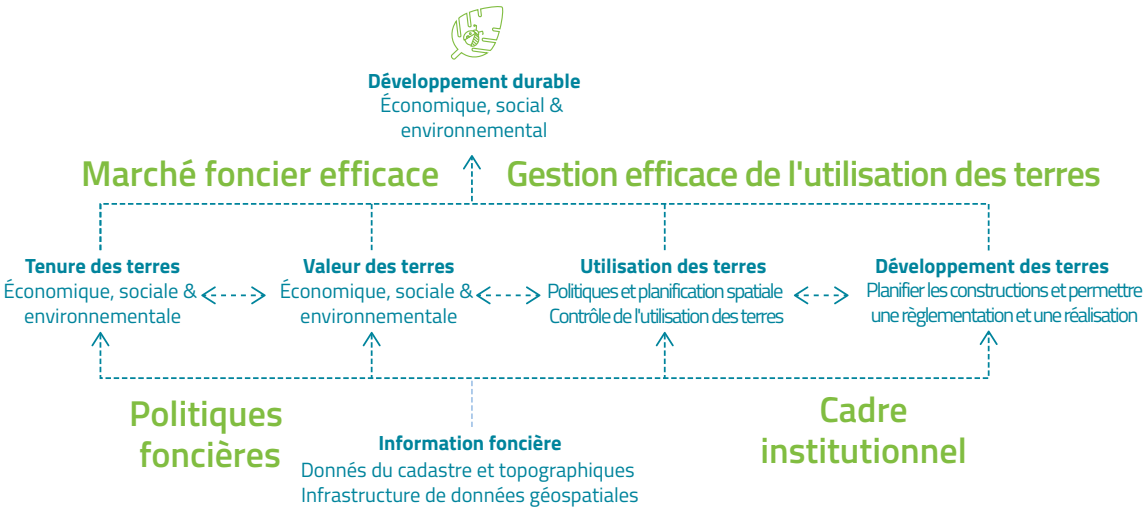
La valeur du capital naturel : les aléas de notre système économique et la recherche de l'accumulation de la richesse sont de puissants facteurs indirects qui multiplient et amplifient les facteurs directs de la dégradation des terres. Des quatre types de services écosystémiques identifiés par l'Évaluation des écosystèmes millénaires – approvisionnement, assistance, réglementation et culturel – seuls l'approvisionnement (par. ex., nourriture, carburant, fibres) et, dans une moindre mesure, les services culturels (par. ex., loisirs, tourisme) ont un prix de marché ; la majorité des services d'assistance et de réglementation n'en ont pas. Les services tels que la formation des sols, la régulation du climat et la protection des espèces et des habitats – bien qu'ils jouent un rôle essentiel dans le soutien des paysages productifs et de la sécurité humaine – ont été historiquement attribués avec peu ou pas de valeur aux systèmes de marché dominants des deux cents dernières années. Ces systèmes utilisent des taux d'actualisation élevés qui tendent à encourager les décisions axées sur le court terme et ils ignorent la valeur réelle à long terme du capital naturel, ce qui porte atteinte aux efforts visant à gérer, conserver et restaurer durablement les ressources terrestres.

Comme indiqué au Chapitre 2, cela change lentement. Depuis les années 1990, les multiples valeurs du capital naturel sont devenues essentielles au débat entourant les Objectifs du Millénaire pour le développement (2000-2015) et les Objectifs de développement durable actuels (2015-2030). Une évaluation appropriée des fonctions et des services de l'écosystème (c.-à-d. en matière d'avantages pour l'humain) pourrait réduire certaines des conséquences des facteurs directs en favorisant une approche plus holistique de la gestion des terres ; une approche où les échanges concurrents sont négociés dans un cadre social, politique et administratif par lequel les avantages directs et indirects sont évalués conjointement.

Trois grands groupes de facteurs inter-reliés influencent la dégradation des terres : les facteurs biophysiques qui déterminent la façon dont la terre est utilisée ; les facteurs institutionnels qui régissent les politiques plus larges d'utilisation des terres ; et les facteurs socio-économiques qui affectent la demande et la gestion des terres.[2] Le climat, la végétation, la topographie et la disponibilité de l'eau sont généralement le premier ensemble de facteurs déterminant l'utilisation du sol ; et la situation économique influence les décisions de gestion, y compris le moment et la mesure dans laquelle les changements sont rapides. Les facteurs institutionnels sont souvent historiquement déterminés par des pratiques culturelles de longue date, mais ils sont également influencés par des décisions politiques et économiques. Les droits de propriété et les régimes fonciers sont essentiels pour comprendre l'influence des facteurs institutionnels. Le régime foncier sécurisé peut créer des incitations à l'investissement, à la croissance économique et à la bonne gestion des ressources naturelles. Mais le régime foncier est complexe, avec des droits établis par une grande variété de moyens formels et informels, comprenant des arrangements culturels, historiques, coutumiers ou informels. Les zones rurales et urbaines dans le même pays opèrent souvent sous des formes de régime foncier juridique assez distinctes, ce qui complique davantage les droits à la terre dans

La dégradation des terres est la réduction ou la perte de productivité et de complexité biologique ou économique des terres cultivées pluviales et irriguées ou des pâturages libres, pâturages, forêts et zones boisées résultant de l'utilisation des terres ou d'un processus ou d'une combinaison de processus découlant d'activités humaines.

Figure 3.1 : Une perspective mondiale des systèmes modernes d'administration des terres : Conçu à partir de[3]



les zones périurbaines. Au fur et à mesure que la demande de terres augmente, les personnes qui n'ont pas de statut officiel de propriété ou de régime foncier sont susceptibles d'être exposées à des niveaux d'insécurité variés.

En général, le changement de l'utilisation des terres qui entraîne une dégradation des terres – et la perte associée des fonctions foncières – est lié à de multiples éléments interactifs, de l'échelle locale à l'échelle mondiale.[4] Au cours des prochaines décennies, une diminution de la disponibilité des terres productives sera aggravée par la concurrence entre les utilisations des terres.[5] Les facteurs de dégradation des terres peuvent être classés en deux types : (i) les facteurs directs ou immédiats et (ii) les facteurs indirects ou sous-jacents. Les facteurs directs sont les activités humaines influençant directement les changements dans l'utilisation des terres et leur état.[6] Les facteurs indirects sont moins facilement détectables ou quantifiables et la détermination de leur influence dépend principalement des indicateurs économiques et sociaux, ainsi que de l'analyse des tendances.[7]

FACTEURS DIRECTS DE LA DÉGRADATION DES TERRES

Les estimations mondiales de la quantité de terres dégradées varient considérablement, passant de 1 à 6 milliards d'hectares, ce qui illustre à la fois l'ampleur du problème et la nécessité de disposer de données plus précises. Les facteurs critiques, brièvement analysés ici et plus en détail dans la Partie 2 de la *Perspective*, comprennent :

- Agriculture et sylviculture
- Urbanisation
- Développement des infrastructures
- Production d'énergie
- Mines et carrières

1. Agriculture et sylviculture

L'agriculture est de loin la plus grande utilisation humaine de la terre, couvrant environ 38 % de la surface terrestre, sans compter le Groenland et l'Antarctique.[8] La superficie utilisée pour l'agriculture est encore en expansion, à l'heure actuelle principalement au détriment des forêts naturelles[9] et dans une certaine mesure des prairies. C'est, par exemple, la cause la plus importante de la conversion actuelle des terres[10] dans les tropiques,[11] entraînant la perte de la biodiversité et des services écosystémiques.[12] Les terres dégradées représentent plus d'un cinquième des terres forestières et agricoles en Amérique latine et dans les Caraïbes.[13] L'agriculture commerciale est un facteur clé,[14] en particulier la production de boeuf, de soja et d'huile de palme.[15]

Bien que la superficie nette consacrée à l'agriculture continue de se développer, cette expansion masque la perte de terrain due à la dégradation et à l'abandon des terres résultant de la perte de sol, de l'érosion, de l'épuisement des nutriments et de la salinisation.[16] Dans certains endroits, l'abandon des terres est également motivé par des facteurs politiques et économiques. L'augmentation de la mécanisation et l'utilisation des produits agrochimiques, tels que les engrais à base de nitrate et de phosphate, les pesticides et les herbicides, ont dynamisé les rendements à court terme mais elles ont également eu des effets négatifs importants sur la qualité du sol et de l'eau et sur la santé des écosystèmes et des espèces, ce qui peut compromettre la sécurité alimentaire.[17]

© Parolan Harahap

Facteurs de la dégradation des sols[18]

La dégradation des sols est un facteur clé qui porte atteinte à la sécurité alimentaire. Les sols peuvent être dégradés avec le temps, qualitativement (par. ex., la salinisation) et quantitativement (par. ex. l'érosion). Il existe plusieurs types majeurs de processus de dégradation des sols.

Dégradation physique : la détérioration structurelle du sol par la rupture des agrégats. Cela entraîne une perte de fonction des pores, ce qui entraîne une réduction de l'infiltration de surface, une augmentation du ruissellement et une diminution du drainage. Avec le temps, cela entraîne une diminution de la disponibilité des gaz pour les plantes et le biote. Les processus de dégradation physique comprennent l'érosion, le scellement et l'encroûtement , ainsi que le compactage.

Dégradation chimique : des processus menant à des déséquilibres chimiques du sol, comprenant la salinisation, la perte de nutriments, l'acidification et la contamination toxique.

Dégradation biologique : le dérèglement artificiel de la structure du sol (par. ex., par le labour) peut entraîner une activité excessive du biote du sol en raison de l'oxygénation et de la minéralisation excessives de la matière organique entraînant la perte de structure et de nutriments.

Tous ces processus peuvent être influencés par un certain nombre de facteurs directs, naturels et anthropiques, influençant les processus du sol de différentes façons, y compris la nature et la rapidité des processus. Les facteurs directs incluent le climat, les aléas naturels, la géologie et la géomorphologie et la biodiversité. Le climat a un impact significatif sur les processus du sol et la fourniture de services écosystémiques. Le climat local (par. ex., l'intensité des précipitations, la température, l'ensoleillement) influence les processus de soutien et la biodiversité en agissant sur l'humidité et la température du sol. Les risques naturels, tels que les tremblements de terre ou les éruptions volcaniques, par exemple, peuvent changer l'environnement du sol et l'origine géologique du matériau parental détermine les minéraux initiaux qui stimulent le développement et les propriétés du sol, ainsi que le type et la variété des espèces présentes. Les facteurs anthropiques, tels que l'utilisation des terres, les pratiques et technologies agricoles, influent également beaucoup sur les processus du sol. Le type d'utilisation des terres (par. ex., culture, élevage) détermine le type de perturbation (par. ex., labour, piétinement, utilisation de produits agrochimiques) ainsi que les intrants appliqués (par. ex., excréments, engrais synthétiques). Les pratiques agricoles déterminent l'intensité des perturbations (par. ex., la culture biologique par rapport à la culture conventionnelle) et la quantité d'intrants (par. ex., la quantité et le moment de la fertilisation).

L'urbanisation devrait entraîner la perte de 1,6 à 3,3 millions d'hectares de terres agricoles primaires par an entre 2000 et 2030.

Les zones agricoles abandonnées sont souvent considérées comme un type de terre dégradée[19] et le taux d'abandon des terres est traité comme un indicateur de la dégradation des terres,[20] bien qu'elles puissent également offrir d'importantes opportunités pour la restauration écologique. L'abandon peut être influencé par la perte de productivité, les migrations rurales-urbaines, le vieillissement de la population, les conflits, l'augmentation des espèces envahissantes, les changements des subventions agricoles ou d'autres facteurs qui découragent les activités agricoles.

Les activités forestières créent également des impacts majeurs sur les écosystèmes. Le déforestation est souvent un précurseur de l'établissement de plantations pour l'alimentation ou les fibres, où la vente de bois est souvent une façon de financer les opérations ultérieures. Ailleurs, des pratiques de gestion plus intensives dans les forêts naturelles ou la conversion en plantations altèrent l'écologie et l'hydrologie et, si elles sont mal planifiées, elles peuvent entraîner une érosion des sols et la perte d'autres services écosystémiques.

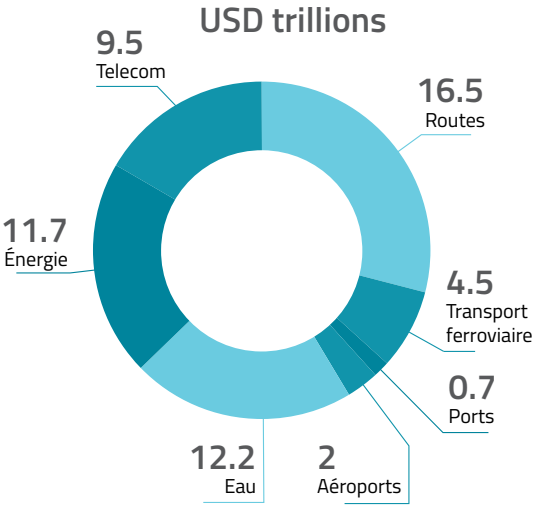
2. Urbanisation

La part de la population mondiale escomptée vivre dans les villes devrait augmenter d'environ 2,5 milliards de personnes d'ici 2050.[21] Une telle croissance aboutit souvent à une expansion urbaine, les terres construites se répandant dans certains cas sur des sols fertiles et des terres agricoles,[22] entraînant une perte permanente de terres arables. À l'échelle mondiale, environ 2 à 3 % de la superficie est actuellement urbanisée ; elle est estimée atteindre 4 à 5 % d'ici 2050.[23] Les zones aménagées dans les villes des pays en développement, quant à elles, devraient se multiplier par trois d'ici 2030.[24] L'urbanisation devrait entraîner la perte de 1,6 à 3,3 millions d'hectares de terres agricoles primaires par an entre 2000 et 2030.[25] En plus d'utiliser la terre directement (« prise de terre »), les populations urbaines ont une empreinte qui s'étend largement au-delà des limites de la ville.[26] La déforestation tropicale a, par exemple, été corrélée positivement avec la croissance de la population urbaine et les exportations agricoles.[27]

© UN Photo/Kibae Par

Figure 3.2 : Répartition des investissements d'infrastructure projetés :
Conçu à partir de[31]

© Denys Nevozhai



3. Développement des infrastructures

Au fur et à mesure que la population mondiale s'attroupe dans les centres urbains, le besoin en infrastructure, telles que les routes, les égouts et le drainage et les lignes électriques augmente également.[28] Simultanément, dans de nombreuses villes plus anciennes, une grande partie de cette infrastructure doit être améliorée ou remplacée.[29] On estime qu'environ 57 milliards de dollars américains d'investissements dans les infrastructures seront nécessaires entre 2013 et 2030. Cet investissement sera crucial dans les économies émergentes, telles que la Chine, le Brésil, l'Inde et l'Indonésie, pour le transport, l'énergie, l'eau et les télécommunications.[30]

Ensemble, l'infrastructure et le développement urbain couvrent déjà 60 millions d'hectares,[32] une zone à peu près égale à celle de l'Ukraine et elle s'étendra probablement de plus de 100 à 200 millions d'hectares au cours des quatre prochaines décennies.[33] De tels changements ont des répercussions directes et indirectes sur les terres. Les infrastructures de transport favorisent l'expansion urbaine, remplaçant les écosystèmes naturels[34] et le scellement des sols, augmentant ainsi les risques d'inondation. En outre, le ruissellement de l'eau des zones urbaines est susceptible d'être pollué, ce qui affecte négativement les eaux douces[35] et d'autres services écosystémiques en aval.[36]

Le développement des infrastructures modifie également l'albédo de surface (c'est-à-dire la réflectivité) et le taux de transfert de chaleur par évapotranspiration, ce qui modifie les conditions climatiques locales.[37] L'ampleur du développement prévu des infrastructures est susceptible de déplacer les utilisations des terres productives dans certaines régions et de contribuer à l'abandon des terres dans d'autres.

En dehors des zones urbaines, les routes et les chemins de fer traversent des écosystèmes vierges, créant des dégâts immédiats et, si mal planifiés et mis en œuvre, ils encouragent une conversion non planifiée supplémentaire.[38] Cela peut conduire à « l'effet arêtes de poisson » bien connu[39] lorsque de nombreuses routes petites et non officielles des habitants se répandent à partir d'une nouvelle route nationale traversant des forêts naturelles ou des prairies.[40] Dans l'Amazonie brésilienne, plus de 20 000 km de routes fédérales ou nationales sont complétés par près de 200 000 km de routes non officielles,[41] souvent associées à l'exploitation forestière[42] et leur développement est imprévisible.[43] Plus de 20 projets de construction de routes à travers des forêts intactes sont en cours,[44] beaucoup d'entre-elles ayant un rôle important dans la déforestation[45] et la dégradation des forêts.[46] Les projets hydroélectriques modifient également les écosystèmes, comme décrit dans le Chapitre 7, et les activités minières causent des dégâts immédiats[47] et souvent une pollution à plus long terme.

© ONU

4. Production d'énergie

Toutes les sources d'énergie renouvelable et non renouvelable exigent des ressources terrestres. Dans certains pays en développement, le bois-énergie traditionnel est un grand moteur de la déforestation, de la dégradation des forêts et de l'érosion des sols.[48] L'extraction de pétrole et de gaz – en plus de son rôle dans l'accélération du changement climatique – affecte l'état de la terre in situ, favorise d'autres modifications négatives de l'utilisation des terres et peut polluer de vastes zones. Les nouvelles activités d'extraction d'énergie, telles que la fracturation hydraulique (« fracking »), nécessitent de grandes quantités d'eau, de pipelines, de routes, de stations de compression et de bassins d'évaporation, qui exigent tous des terres ; de plus, il existe des inquiétudes documentées concernant les conséquences sanitaires et sismiques associées à la fracturation.[49] L'Union européenne subventionne le bois et les déchets de bois en tant que source importante de biocarburants durables. Les centrales électriques à charbon européennes brûlent de plus en plus de bois des États-Unis et du Canada, ce qui entraîne davantage de déforestation et de rejets de gaz à effet de serre. Les arbres nouvellement plantés peuvent absorber le CO_2, mais même avec un remplacement complet des arbres, il faut 20 à 100 ans pour que le CO_2 soit entièrement recapturé.[50]

La production d'énergie renouvelable a également une incidence sur la demande terrestre, l'utilisation des terres et la dégradation des terres. Les biocarburants nécessitent beaucoup de terres,[51] avec des cultures telles que l'huile de palme et le soja qui empiètent sur les forêts et les prairies.[52] La superficie mondiale des cultures de biocarburants a été estimée à 45 millions d'hectares en 2010,[53] et elle devrait doubler,[54] à environ 3–4,5 % de toutes les terres cultivées d'ici 2030.[55] Les aménagements hydroélectriques inondent directement de vastes zones, ils ouvrent de nouvelles zones d'exploitation et ils modifient l'hydrologie avec des impacts importants sur les rivières, les plaines inondables et les zones humides saisonnières.[56] Les fermes solaires et éoliennes nécessitent également une superficie importante et, comme pour toutes les sources d'énergie, elles ont besoin de réseaux de distribution tels que les réseaux électriques et les lignes électriques.

La production d'énergie renouvelable a également une incidence sur la demande terrestre, l'utilisation des terres et la dégradation des terres. Les biocarburants nécessitent beaucoup de terres, avec des cultures telles que l'huile de palme et le soja qui empiètent sur les forêts et les prairies.

5. Mines et carrières

Les récents changements politiques et économiques ont entraîné une augmentation des investissements dans l'extraction des minéraux,[57] entraînant directement la dégradation des terres et des sols par la déforestation,[58] la combustion de la végétation[59] et les opérations minières, parallèlement à des dégâts environnementaux et sociaux plus largement dispersés.[60] Les mines à ciel ouvert et à déplacement de sommet sont particulièrement destructrices,[61] tandis que l'effondrement des mines souterraines peut également entraîner des problèmes, tels que l'affaissement, l'érosion des sols et la contamination des ressources en eau.[62] L'extraction de minéraux de haute valeur génère de grandes quantités de déchets,[63] de l'ordre de dizaines de millions de tonnes par an,[64] causant l'envasement des plans d'eau,[65] le drainage minier acide et la lixiviation des minéraux toxiques. Ces déchets créent également une pollution de l'air,[66] qui peut affecter la santé humaine[67] et supprimer la production végétale.[68] L'exploitation minière – en particulier lorsqu'elle est illégale et donc non réglementée – crée également des niveaux de pollution élevés ; par exemple, l'utilisation du cyanure et du mercure dans l'extraction de l'or[69] conduit à la pollution des eaux de surface et souterraines.[70]

© Şükrü Ağbal

FACTEURS INDIRECTS DE LA DÉGRADATION DU SOL

Au cours des deux derniers siècles, notre demande en biens et de services provenant de la terre a augmenté de façon exponentielle. Les causes indirectes ou sous-jacentes de la dégradation des terres sont liées aux modes de vie, aux économies et aux modes de consommation, un mélange complexe de facteurs démographiques, technologiques, institutionnels et socioculturels.[71] Il s'agit notamment des marchés internationaux et des prix des produits de base, de la croissance démographique et de la migration,[72] des marchés intérieurs et de la demande des consommateurs, des politiques et de la gouvernance,[73] ainsi que d'autres tendances locales telles que des changements dans le comportement des ménages.[74]

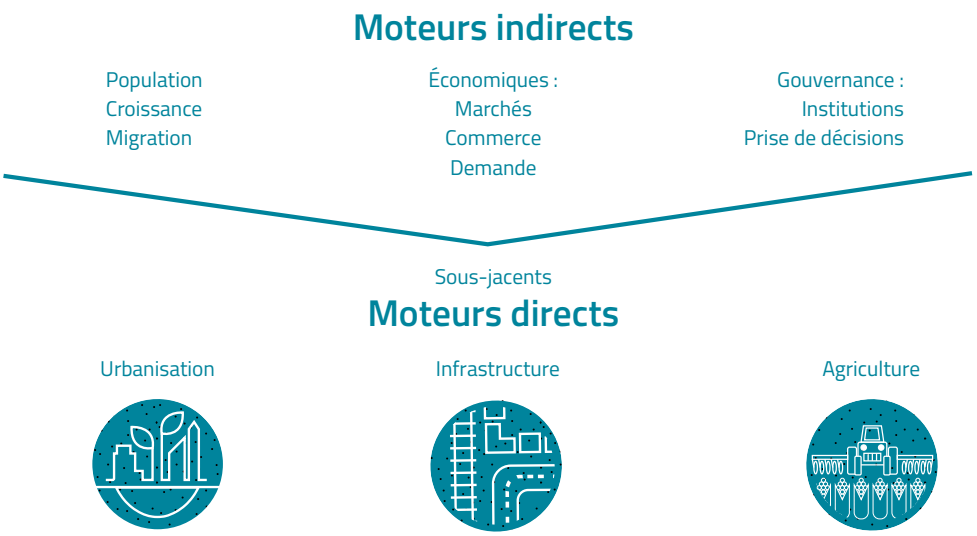
Au niveau national, la faible gouvernance et les institutions instables, le manque de coordination intersectorielle, la faible capacité des organismes publics, la corruption et les activités illégales ont tous été identifiés comme des facteurs indirects de la dégradation des forêts et des prairies. Le changement climatique joue un rôle clé en provoquant des changements dans l'utilisation des terres en réponse aux changements de l'écosystème.[75]

Depuis les années 1960, le commerce agricole mondial s'est multiplié par dix[76] et le commerce des produits en bois brut, par sept.[77] Il en résulte que la concurrence pour les cultures primaires et les pâturages a augmenté. Le commerce international comprend désormais également des échanges virtuels de ressources naturelles, telles que le sol, l'eau et la terre,[78] déplaçant ainsi les conséquences environnementales de ces activités économiques.[79] Cela a entraîné une expansion agricole à grande échelle[80] dans les pays en développement, souvent dans des conditions de gouvernance faible.

De nombreux facteurs sous-jacents sont souvent assez éloignés de leur zone d'impact. Par exemple, les changements dans le régime alimentaire en Chine, en particulier plus de consommation de viande, ont augmenté les importations de soja du Brésil pour nourrir les animaux dans le secteur du porc et de la volaille.[81] De même, la demande croissante en produits du bois, couplée aux programmes de conservation des forêts en Chine et en Finlande, a entraîné une pression accrue sur les forêts en Russie pour approvisionner les importations chinoises de bois.[82] L'abandon généralisé des terres suite à l'effondrement de l'Union soviétique a finalement abouti à une augmentation du commerce du bœuf du Brésil vers la Russie, ce qui a accéléré les changements d'utilisation des terres au Brésil.[83]

Remembrement des terres et chaînes d'approvisionnement : un facteur indirect plus récent est que les terres sont apparues comme un nouveau genre de catégorie d'actifs. En conséquence, certains investisseurs cherchent à placer leur liquidité dans des exploitations agricoles rurales, dans l'attente de loyers et de rendements élevés. Cela soulève des inquiétudes au sujet des acquisitions et du remembrement des terres à grande échelle en tant que facteur sous-jacent supplémentaire de la dégradation des terres.[84] Au cours de la dernière décennie, l'avenir des petits agriculteurs a été menacé par l'augmentation des chaînes de valeur commerciales, guidée par l'industrie alimentaire multinationale et soutenue par la demande des consommateurs. La longue portée de ces chaînes d'approvisionnement a fait baisser les prix à la consommation, ce qui est une grande aide pour les consommateurs pauvres. Toutefois, la réduction des marges des producteurs affecte les investissements futurs, augmente la probabilité d'un remembrement des exploitations et place les agriculteurs pauvres aux limites de la survie.[85] Cela pourrait avoir une influence profonde sur la dégradation des terres au cours des prochaines décennies à mesure que les petits agriculteurs et leurs communautés disparaîtront et que la migration entre les zones rurales et urbaines s'intensifie.

Figure 3.3 : Facteurs indirects sous-jacents aux facteurs directs



CONCLUSION

Les facteurs de dégradation des sols se rattachent à des facteurs qui influent directement ou indirectement la santé et la productivité des terres. Les facteurs directs sont naturels ou induits par l'homme. La déforestation, le surpâturage et l'expansion des zones agricoles, industrielles et urbaines continuent à être les causes directes les plus importantes de la dégradation des terres.

Les facteurs indirects, d'autre part, sont beaucoup plus complexes et ils fonctionnent à des échelles plus grandes et plus longues et plus loin de la zone de dégradation. Ils incluent les tendances démographiques, le régime foncier, la modification de la demande des consommateurs en biens et services provenant de la terre, les politiques macroéconomiques basées sur une croissance rapide, les systèmes de gouvernance inéquitables et les politiques et institutions publiques favorisant les investissements qui suppriment la coordination intersectorielle. Les facteurs directs et indirects interagissent, se renforcent mutuellement et, ensemble, ils forment la dégradation des terres dans de nombreuses régions du monde.

RÉFÉRENCES

1 UNCCD. 1994. Article 2 of the Text of the United Nations Convention to Combat Desertification. http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-eng.pdf.

2 Stolte, J., Tesfai, M., Øygarden, L., Kværnø, S., Keizer, J., et al. (eds.) 2016. Soil threats in Europe. European Commission, Brussels.

3 Enemark, S. 2005. Understanding the land management paradigm. In Symposium on Innovative Technology for Land Administration: FIG Commission 7 (pp. 17-27).

4 Geist, H.J. and Lambin, E.F. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. Bioscience **52**: 143-150.

5 Lambin, E. F. and Meyfroidt, P. 2011. Global land use change, economic globalization, and the looming land scarcity. Proceedings of the National Academy of Sciences **108** (9): 3465-3472.

6 Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R.S., Brockhaus, M., et al. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. Environmental Research Letters **7** (4): 044009.

7 Kissinger, G., Herold, M., and De Sy, V. 2012. Drivers of Deforestation and Forest Degradation – A Synthesis Report for REDD+ Policymakers. Vancouver, Canada.

8 Foley, J.A. 2011. Sustain the planet? Scientific American. November 2011, pp. 60-65.

9 Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Grainger, A. et al. 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. Forest Ecology and Management **352**: 9-20.

10 Lambin, E.F. and Meyfroidt, P. 2011. Op cit.

11 Gibbs, H.K., Ruesch, A.S., Achard, F., Clayton, M.K., Holmgren, P., et al. 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. Proceedings of the National Academy of Sciences **107** (38): 16732-16737.

12 Chomitz, K.M. 2007. At Loggerheads? Agricultural Expansion, Poverty Reduction, and Environment in the Tropical Forests. The World Bank, Washington, DC.

13 Vergara, W., Gallardo, L., Lomeli, G., Rios, A.R., Isbell, P., et al. 2016. The Economic Case for Landscape Restoration in Latin America. World Resources Institute, Washington, DC.

14 Boucher, D., Elias, P., Lininger, K., May-Tobin, C., Roquemore, S. et al. 2011. The Root of the Problem: What's Driving Tropical Deforestation Today? Union of Concerned Scientists. Cambridge, MA.

15 Rudel, T.K., Schneider, L., Uriarte, M., Turner II, B.L., DeFries, R., et al. 2009. Agricultural intensification and changes in cultivated areas, 1970–2005. Proceedings of the National Academy of Sciences **106** (49): 20675-20680.

16 Overseas Development Group. 2006. Global Impacts of Land Degradation. Paper for the GEF. ODG, University of East Anglia, Norwich, UK.

17 UNEP. 2014. UNEP Year Book 2014: Emerging issues in our global environment. United Nations Environment Programme, Nairobi, pp. 6-11.

18 Dominati, E., Patterson, M., and Mackay, A. 2010. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. Ecological Economics **59** (9): 1858-1868.

19 Gibbs, H.K. and Salmon, J.M. 2015. Mapping the world's degraded lands. Applied Geography **57**: 12-21.

20 Kosmas, C., Kairas, O., Karavitis, C., Ritsema, C., Salvati, L. et al. 2013. Evaluation and selection of indicators for land degradation and desertification monitoring: methodological approach. Environmental Management DOI 10.1007/s00267-013-0109-6.

21 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352).

22 UNEP. 2014. Assessing Global Land Use: Balancing Consumption with Sustainable Supply: A Report of the Working Group on Land and Soils of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Paris.

23 Ibid.

24 Ibid.

25 Lambin, E.F. and Meyfroidt, P. 2011. Op cit.

26 Rees, W.E. 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacities: what urban economics leaves out. Environment and Urbanization **4** (2): 121-130. DOI: 10.1177/095624789200400212

27 Defries, R.S. et al. 2010. Op cit.

28 Urban Land Institute and Ernst and Young. 2013. Infrastructure 2013: Global Priorities, Global Insights. Washington, DC.

29 Ibid.

30 McKinsey Global Institute. 2013. Infrastructure productivity: How to save $1 trillion a year. London, UK.

31 McKinsey Global Institute. 2013. Infrastructure productivity: How to save $1 trillion a year. London, UK.

32 Nachtergaele, F. and George, H. 2009. How much land is available for agriculture? (Unpublished paper) FAO, Rome.

33 Bettencourt, L.M., Lobo, J., Helbing, D., Kuhnert, C., and West, G.B. 2007. Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. Proceedings of the National Academy of Sciences **104** (17): 7301-7306.

34 UNEP. 2012. GEO-5 Environment for the future we want. Nairobi, Kenya.

35 UNEP. 2016. GEO-6 Regional Assessment for North America. Nairobi, Kenya.

36 European Environment Agency. 2010. The European environment — state and outlook 2010: Land Use (Vol. 196). Copenhagen. http://doi.org/10.2800/5930.

37 UNEP. 2012. Op cit.

38 Laurance W.F., Clements, G.R., Sloan, S., O'Connell, C.S., Mueller, N.D., et al. 2014. A global strategy for road building. Nature **513**: 229-232.

39 Ahmed, S.E., Souza, C.M. Jr., Riberio, J., and Ewers, R.M. 2013. Temporal patterns of road network development in the Brazilian Amazon. Regional Environmental Change **13** (5): 927-937.

40 Arima, E.Y., Walker, R.T., Sales, M., Souza, C. Jr., and Perz, S.G. 2008. The fragmentation of space in the Amazon basin. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing **74** (6): 699-709.

41 Barber, C.P., Cochrane, M.A., Souza, C.M. Jr., and Laurance, W.F. 2014. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. Biological Conservation **17**: 203-209.

42 Laurance, W.F., Goosem, M., and Laurance, S.G. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. Trends in Ecology and Evolution **24** (12): 659-669.

43 Rosa, I.M., Purves, D., Souza, C. Jr., and Ewers, R.M. 2013. Predictive modelling of contagious deforestation in the Brazilian Amazon. PloS One **8** (10): e77231.

44 Kis Madrid, C., Hickey, G.M., and Bouchard, M.A. 2011. Strategic environmental assessment effectiveness and the initiative for the integration of regional infrastructure in South America (IIRSA): A multiple case review. Journal of Environmental Assessment Policy and Management **13** (04): 515-540.

45 Ferretti-Gallon, K. and Busch, J. 2014. What drives deforestation and what stops it? Working Paper 361, Centre for Global Development, London.

46 Müller, R., Pacheco, P., and Montero, J.C. 2014. The context of deforestation and forest degradation in Bolivia: Drivers, agents and institutions. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.

47 Lees, A.C., Peres, C.A., Fearnside, P.M., Schneider, M., and Zuanon, J.A.S. 2016. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. Biodiversity and Conservation **25** (3): 451-466.

48 CBD. 2010. Global Biodiversity Outlook 3. Secretariat to the Convention on Biological Diversity, Montreal, Quebec, Canada.

49 McDermott-Levy, R., Kaktins, N., and Sattler, B. 2013. Fracking, the environment and health. American Journal of Nursing **113** (6): 45-51.

50 Vet, L., Katan, M., and Rabbinge, R. 2016. Position Paper: Biofuel and Wood as Energy Sources. Effect on Greenhouse Gas Emissions. Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, Amsterdam.

51 UNEP. 2014. Op cit.

52 Gerbens-Leenes, P.W., van Lienden, A.R., Hoekstra, A.Y., and van der Meer, Th.H. 2012. Biofuel scenarios in a water perspective: The global blue and green water footprint of road transport in 2030. Global Environmental Change **22** (3): 764-775.

53 Woods, J., Lynd, L.R., Laser, M., Batistella, M., Victoria, D., et al. 2015. Land and Bioenergy. In: Souza, G.M., Victoria, R.L., Joly, C.A., and Verdade, L.M. (eds.), Bioenergy and Sustainability: bridging the gaps. Paris: Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). pp. 259-300.

54 Lapola, D.M., Schaldach, R., Alcamo, J., Bondeau, A., Koch, J., et al. 2010. Indirect land-use changes can overcome carbon savings from biofuels in Brazil. Proceedings of the National Academy of Sciences **107** (8): 3388-3393.

55 FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Earthscan, Rome and London.

56 World Commission on Dams. 2000. Dams and Development: A new framework for decision-making. Earthscan, London.

57 Kesler, S. 2007. Mineral supply and demand into the 21st century. In: Proceedings, Workshop on Deposit Modeling, Mineral Resource Assessment, and Sustainable Development (pp. 55-62).

58 Rademaekers, K., Eichler, L., Berg, J., Obersteiner, M., and Havlik, P. 2010. Study on the evolution of some deforestation drivers and their potential impacts on the costs of an avoiding deforestation scheme. IIASA. Rotterdam, Netherlands.

59 ELAW (ed.). 2010. Guidebook for Evaluating Mining Project EIAs. Environmental Law Alliance Worldwide, Eugene, USA.

60 Mkpuma, R.O., Okeke, O.C., and Abraham, E.M. 2015. Environmental problems of surface and underground mining: a review. The International Journal of Engineering and Science **4** (12): 12-20.

61 Sadhu, K., Adhikari, K., and Gangopadhyay, A. 2012. Effect of mine spoil on native soil of Lower Gondwana coal fields: Raniganj coal mines areas, India. International Journal of Environmental Sciences **2** (3):1675-1687.

62 Meng, L., Feng, Q., Zhou, L., Lu, P., and Meng, Q-J. 2009. Environmental cumulative effects of coal underground mining. Procedia Earth and Planetary Science **1** (1): 1280-1284.

63 Katoria, D., Sehgal, D., and Kumar, S. 2013. Environment impact assessment of coal mining. International Journal of Environmental Engineering and Management **4** (3): 245-250.

64 Clean Air Task Force. 2001. Cradle to Grave: The environmental impacts from coal. Boston, MA.

65 Goswami, S. 2013. Environment management in mining areas (A study of Raniganj and Jharia coal field in India). Global Journal of Human Social Science **13** (7): 9-20.

66 Ugwu, E.I., Agwu, K.O., and Ogbu, H.M. 2008. Assessment of radioactivity content of quarry dust in Abakaliki, Nigeria. The Pacific Journal of Science and Technology **9** (1): 208-211.

67 Momo, A., Mhlongo, S.E., Abiodun, O., Muzerengi, C., and Mudanalwo, M. 2013. Potential implications of mine dusts on human health: A case study of Mukula mine, Limpopo South Africa. Pakistan Journal of Medical Sciences **29** (6): 1444-1446.

68 Rashid, H., Hossain, S., Urbi, Z., and Islam, S. 2014. Environmental impact of coal mining: A Case study on the Barapukuria coal mining industry, Dinajpur, Bangladesh. Middle-East Journal of Scientific Research **21** (1): 268-274.

69 Kissinger, G. et al. 2012. Op cit.

70 Ezeh, H.N. 2010. Assessment of Cu, Pb, Zn, and Cd in groundwater in areas around the derelict Enyigba Mines, south eastern Nigeria. Global Journal of Geological Sciences **8** (2): 67-173.

71 Geist, H.J. and Lambin, E.F. 2002. Op cit.

72 Rademaekers, K. et al. 2010. Op cit.

73 Defries, R.S., Rudel, T., Uriarte, M., and Hansen, M. 2010. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. Nature Geoscience **3**: 178-181.

74 Obersteiner, M., Huettner, M.M., Kraxner, F., McCallum, I., Aoki, K., Bottcher, H., Fritz, S., Gusti, M., Havlik, P., Kindermann, G., Rametsteiner, E., and Reyers, B. 2009. On fair, effective and efficient REDD mechanism design. Carbon Balance and Management **4** (11): 1-11.

75 HLPE. 2012. Climate change and food security. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security, Rome.

76 UNEP. 2014. Op cit.

77 FAO Statistical Databases. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Retrieved from http://faostat.fao.org

78 Hubacek, K. and Giljum, S. 2003. Applying physical input-output analysis to estimate land appropriation (ecological footprints) of international trade activities. Ecological Economics **44** (1): 137-151.

79 Srinivasan, U.T., Carey, S.P., Hallstein, E., Higgins, P.A.T., Kerr, A.C., et al. 2008. The debt of nations and the distribution of ecological impacts from human activities. Proceedings of the National Academy of Science **105** (5): 1768-1773.

© Chris Hoppel

CHAPITRE 4

CONVERGENCE DES PREUVES

Les humains dominent la planète et leur influence s'étend à toutes les parties du monde. Au cours des 20 dernières années, l'étendue de la superficie cultivée a augmenté de 16 %, la superficie d'irrigation a doublé et la production agricole a presque triplé. Pourtant, près d'un milliard de personnes reste sous-alimentées. Il y a une pression énorme sur les ressources terrestres mondiales due à la hausse de la demande alimentaire, au changement global des habitudes alimentaires, à la production de biocarburants, à l'urbanisation et à d'autres demandes concurrentes. Les enfouissements, les mines et autres activités d'extraction contribuent également à la pression sur les ressources naturelles terrestres. Par conséquent, les terres saines et productives se raréfient.

Il est clair que les activités humaines non durables mettent les terres en danger et menacent en même temps les services écosystémiques dont toute l'humanité dépend. Rien qu'en Europe, les mauvaises pratiques de gestion des terres représentent environ 970 millions de tonnes de perte de sol due à l'érosion chaque année ; dans le monde entier, la perte de sol annuelle est estimée à 24 milliards de tonnes. Les observations par satellite suggèrent que globalement entre 2000 et 2012, 2,3 millions de km^2 de forêt ont été perdus, alors que seulement 0,8 million de km^2 ont été reboisés. La perte de forêts et d'autres écosystèmes naturels affecte directement la biodiversité et les services écosystémiques tels que les cycles des nutriments, du carbone et de l'eau, et la régulation du climat.

L'agriculture fournit la nourriture, les fibres et d'autres produits qui soutiennent la vie humaine. Les terres cultivées occupent environ 14 % de la superficie totale sans glace de la planète, tandis que les pâturages en occupent environ 26 %. Près de 45 % des terres agricoles mondiales se trouvent sur des terres arides, principalement en Afrique et en Asie ; elles fournissent environ 60 % de la production alimentaire mondiale. Bien que l'augmentation de la production alimentaire soit essentielle pour alimenter une population croissante, l'expansion agricole menace les fonctions des écosystèmes locaux et régionaux et les services essentiels qu'ils fournissent à toutes les espèces.

INTRODUCTION

Mesurer l'ampleur de la dégradation des terres est difficile ; les experts ne sont pas d'accord sur le statut et les tendances, même dans des zones bien étudiées comme l'Europe et l'Amérique du Nord. L'Atlas mondial de la désertification (WAD),[1] un projet coordonné par le Centre commun de recherche (CCR) de la Commission européenne avec la collaboration de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), dépasse les analyses conventionnelles de désertification pour considérer plus généralement le statut et les tendances des processus anthropiques mondiaux de changement de terres, en mettant l'accent sur les terres cultivées et les pâturages. Le WAD est complété par la grande base de données probantes sur les forêts, les ressources en eau, la biodiversité et les caractéristiques du sol qui est résumée dans la deuxième partie de ces *Perspectives*. Après avoir résumé quelques-unes des principales conclusions du WAD, ce chapitre conclut en contrastant l'état actuel et les tendances de la dynamique de productivité foncière avec certains des biens et des services que la dégradation généralisée des terres met en danger.

Compte tenu des moteurs et des multiples facteurs qui sous-tendent la dégradation des terres et la nécessité de réponses contextuelles, l'élaboration d'un seul indicateur ou indice pour représenter ou cartographier la dégradation des terres représente un grand défi. Ainsi, le WAD s'appuie sur un cadre systématique qui fournit une « convergence des preuves » concernant les interactions homme-environnement. Cela permet d'identifier les parcours thématiques et les profils géographiquement explicites des processus coïncidents susceptibles d'entraîner une dégradation des terres.

Cette approche de la fourniture et de la combinaison d'informations géospatiales avec des indicateurs au niveau local est conforme au cadre de suivi et d'évaluation de la CNULCD[2] et à l'application d'approches au niveau du paysage pour la mise en œuvre de la cible de neutralité de la dégradation des sols (Objectif 15.3).

En évaluant une période de référence d'environ 15 à 20 ans, le temps écoulé depuis la publication du dernier Atlas, et en tenant compte des résultats de l'Évaluation des écosystèmes millénaires[3] en 2005, l'approche de cartographie mondiale du WAD est conçue pour aider à identifier les zones potentiellement affectées par la dégradation persistante des terres ainsi que les zones qui montrent des signes de récupération de leur capacité de production. Ces cartes sont recouvertes d'informations sur les causes directes et indirectes de la dégradation des terres les plus couramment documentées, et incluent aussi, lorsqu'elles sont disponibles, des informations sur l'utilisation durable des terres et les pratiques de gestion, comme l'agroforesterie et l'agriculture de conservation.

Le WAD met en place un cadre systématique et transparent pour repérer les principaux processus et interactions homme-environnement. Cette convergence géographique des preuves est instructive dans la mesure où elle met en évidence les zones et les voies possibles de la dégradation des terres ainsi que les réponses à apporter, comme la protection, la gestion durable et la restauration des ressources foncières. La troisième édition du WAD se concentre sur les ensembles de données mondiales qui donnent des modèles discernables dans des zones potentiellement touchées. La combinaison de ces facteurs de stress est ensuite filtrée à travers une variété de stratifications représentant une gamme d'intérêts des parties prenantes, telles que les perspectives des terres cultivées ou des pâturages. À titre d'exercice à l'échelle mondiale, le WAD reste limité dans sa capacité à interpréter des situations locales spécifiques, qui doivent être abordées avec des informations contextuelles et interprétées en fonction de la compréhension de leurs interactions à cette échelle. Néanmoins, le cadre de convergence du WAD peut être utile pour fournir des informations de base pour des études plus détaillées à l'échelle nationale ou régionale.

Les tendances de diminution de la productivité n'indiquent pas en soi la dégradation des terres, et leur augmentation n'indique pas une reprise. Pour une évaluation plus approfondie dans le but d'identifier les zones critiques de dégradation des terres, un cadre analytique de convergence des preuves utilisant des informations thématiques supplémentaires est nécessaire.

Encadré 4.1 : Méthodologie pour évaluer l'état de la couverture terrestre

Par le passé, les cartes de dégradation des terres étaient controversées ; leur valeur étant remise en question en raison de la nature multiforme du phénomène, de la complexité des processus impliqués et de la difficulté d'interprétation à l'échelle mondiale. Cependant, les progrès réalisés au cours des deux dernières décennies (l'émergence d'ensembles de données mondiales améliorés, une meilleure compréhension des processus sous-jacents et les progrès rapides dans le développement d'outils analytiques) ont amélioré la précision de ce type d'analyse.

L'état de la couverture végétale de la Terre et son développement au fil du temps est une représentation généralement acceptée de la productivité et de la dynamique foncière, reflétant les conditions écologiques intégrées et l'impact des changements environnementaux naturels et anthropiques. L'expression « dynamique de productivité foncière » (LPD) utilisé dans le WAD reflète le fait que la productivité primaire d'un système foncier stable n'est pas constante, mais souvent très variable selon les années et les cycles de croissance de la végétation en raison de la variation naturelle et/ou de l'intervention humaine. Cela implique que les changements de productivité foncière ne peuvent être évalués de manière significative en comparant les valeurs de productivité foncière des années de référence simples ou les moyennes de quelques années, et souligne la nécessité d'approches basées sur des tendances à plus long terme. Par conséquent, l'ensemble de données de la LPD repose sur l'évaluation multitemporelle et thématique des séries chronologiques mondiales à long terme d'indices de végétation à distance, ce qui permet de calculer les équivalents à la productivité primaire nette. Ces ensembles de données de séries temporelles couplés à des variables biophysiques dérivées de modèles sont de plus en plus fournis par les systèmes d'observation de la Terre nationaux et internationaux existants, tels que le Groupe pour l'observation de la Terre.[4,5]

La carte de la LPD utilisée ne fournit pas une mesure numérique de la productivité des terres. Elle représente plutôt la trajectoire persistante de la dynamique de la productivité foncière au cours des 15 dernières années. Elle fournit cinq classes qualitatives de trajectoires persistantes de productivité foncière de 1998 à 2013, c'est-à-dire une mesure combinatoire qualitative de l'intensité et de la persistance des tendances négatives ou positives et des changements de couverture végétale. Les principaux éléments de la chaîne de traitement des données de la LPD sont résumés dans l'annexe 2, tenant également compte des aspects de validation et d'exactitude des données du produit.

Dynamique de la productivité foncière

La productivité foncière répond à la production primaire nette (PPN) par unité de surface et par période. Elle reflète la qualité globale des terres et des sols qui résulte des conditions environnementales et de l'utilisation/la gestion des ressources foncières. Des diminutions persistantes de la productivité foncière indiquent une altération à long terme de la santé et de la capacité de production de la terre. De telles diminutions ont un impact direct et indirect sur presque tous les services de l'écosystème terrestre, à savoir les avantages qui constituent la base des moyens d'existence durables et de la croissance économique dans toutes les communautés humaines. Cet indicateur s'appuie sur une évaluation multitemporelle et thématique des séries chronologiques mondiales à long terme de mesures de productivité foncière à distance, équivalentes à la PPN, à une résolution spatiale élevée (1 km ou plus) et opérationnellement abordées par les systèmes existants d'observation de la Terre.

Tableau 4.1 : Cinq classes de dynamique de productivité foncière

Valeur de classe	Description
1	Déclin important et persistant de la productivité
2	Déclin modéré et persistant de la productivité
3	Stable, mais stressé ; fortes variations de productivité inter-annuelles persistantes
4	Productivité stable
5	Augmentation persistante de la productivité

Le message clé du WAD est que la dégradation des terres est un phénomène mondial multiforme avec des variations distinctes entre les régions et les principaux systèmes de couverture/utilisation des terres, qui ne peut être capturé par un ou un ensemble limité d'indicateurs.

Il doit être clairement compris et communiqué que la « productivité foncière » dans le contexte de l'ensemble de données de la LPD se réfère strictement à la productivité globale de la biomasse végétale sur le sol. Ce n'est ni conceptuellement identique, ni nécessairement directement lié au revenu agricole par unité de zone ou à la « productivité foncière » comme utilisée dans la terminologie agricole conventionnelle.

Le message clé du WAD est que la dégradation des terres est un phénomène mondial à multiples facettes, avec des variations distinctes entre les régions et les principaux systèmes de couverture/d'utilisation des terres, et qui ne peut être capturée par un indicateur ou un ensemble limité d'indicateurs. Un indicateur crucial dans le cadre du WAD est l'ensemble de données sur la dynamique de productivité foncière (LPD) qui se réfère à la productivité de la biomasse permanente et est dérivée des analyses phénologiques d'une série chronologique de 15 ans (1998-2013) des observations de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) par SPOT-VGT, composées en intervalles de 10 jours à une résolution spatiale de 1 km. La carte montre 5 classes indiquant des zones de changement négatif ou positif ou de stabilité, et c'est un indicateur de changement ou de stagnation de la capacité apparente de la terre à maintenir l'équilibre dynamique de la productivité primaire dans la période d'observation donnée de 15 ans.

Les indications de productivité décroissante peuvent être observées à l'échelle mondiale, avec jusqu'à 22 millions de km^2 affectés, à savoir environ 20 % de la surface terrestre végétale de la planète montrant des tendances persistantes de déclin ou de stress sur la productivité foncière. Ces tendances mondiales sont évidentes dans 20 % des terres cultivées, 16 % des terres forestières, 19 % des prairies et 27 % des pâturages (les zones de brousse, herbacées et à faible végétation). Pour les prairies et les pâturages, l'étendue globale des zones où la productivité diminue dépasse celle des zones montrant une augmentation. L'Amérique du Sud et l'Afrique sont les plus touchées par les baisses de productivité en termes absolus, l'Australie et l'Océanie affichant la plus grande proportion de zones touchées : environ 37 % pour l'Australie, 27 % pour l'Amérique du Sud et 22 % pour l'Afrique.

Étant donné que des efforts et des ressources immenses sont engagés pour maintenir et améliorer la productivité des terres arables et permanentes, ainsi que l'existence de limites claires à l'expansion des terres cultivées, ces chiffres font naître des préoccupations et des mesures. Cette analyse peut être désagrégée en fonction de la classification de couverture/d'utilisation des terres. Dans l'étape suivante de l'analyse, la distribution des classes de la LPD est encore divisée en catégories grossières de couverture/d'utilisation des terres au niveau mondial et continental :

- Terres cultivées, dont les terres arables, les cultures permanentes et les classes mixtes avec plus de 50 % de cultures
- Prairies, dont les prairies naturelles et les pâturages gérés
- Pâturages, dont les zones de brousse, herbacées et à faible végétation
- Forêts, dont toutes les catégories forestières et les classes mixtes avec une couverture arborée de plus de 40 %

Cette ventilation révèle des différences significatives dans les zones respectives (Figure 4.3) et les proportions (Figure 4.4) affectées par une dynamique de productivité foncière en déclin ou stressée (instable). L'image globale est plus nuancée lors de la désagrégation aux niveaux continental/régional et sous-régional. Ce constat est évident dans les différences substantielles entre les continents en termes de dimension et d'étendue des zones potentiellement critiques et leur association avec la couverture/l'utilisation des terres.

Figure 4.1 : Carte de la dynamique de productivité foncière mondiale de 1999 à 2013 montrant 5 classes de trajectoires persistantes de productivité foncière pendant la période d'observation. Les tendances de diminution de la productivité n'indiquent pas en soi la dégradation des terres et leur augmentation n'indique pas une reprise. Pour une évaluation plus approfondie visant à identifier les zones critiques de dégradation des terres, un cadre analytique de convergence des preuves utilisant des informations thématiques supplémentaires est nécessaire.

Légende

- Déclin
- Déclin modéré
- Stressé
- Stable
- En augmentation

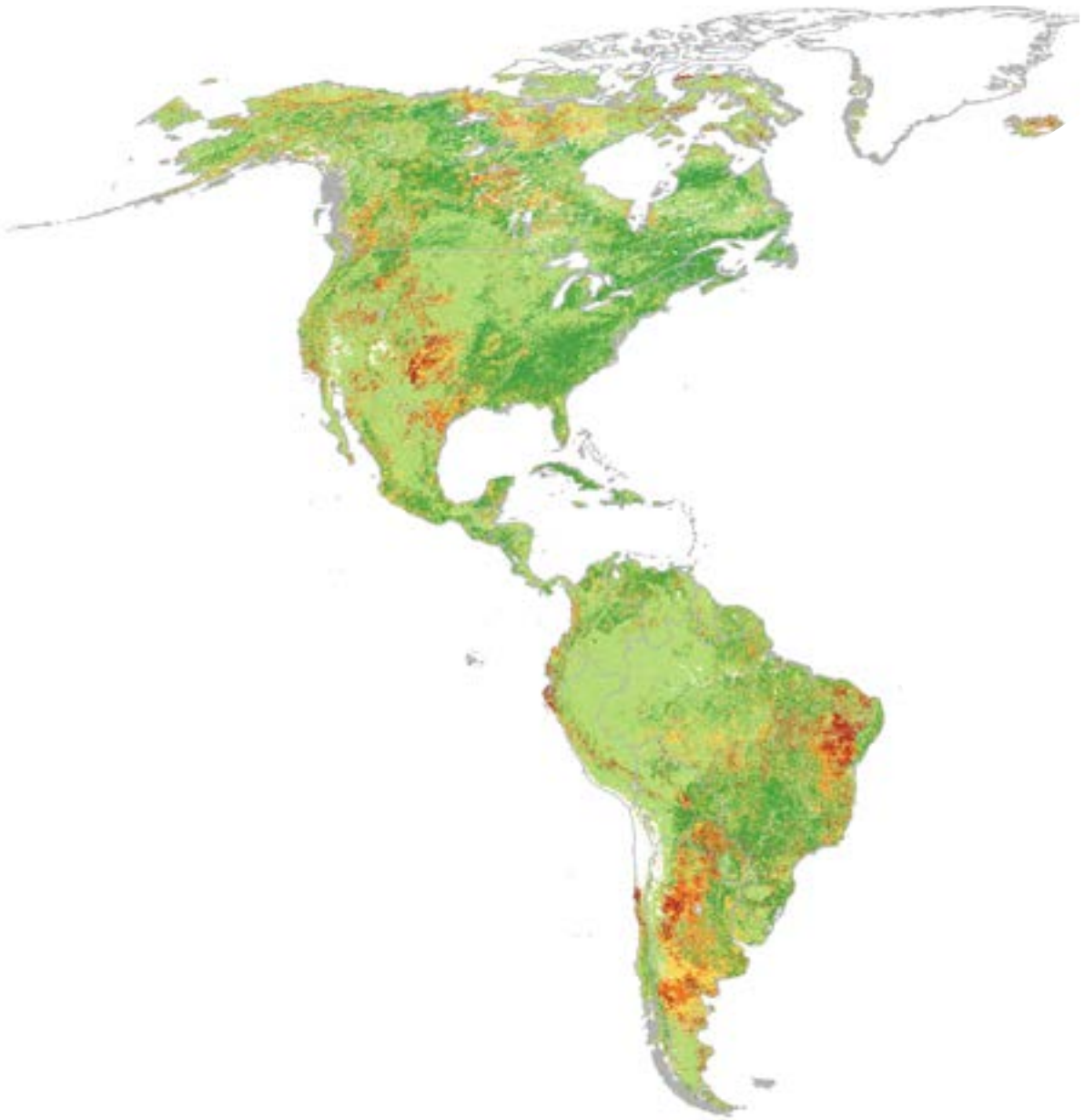
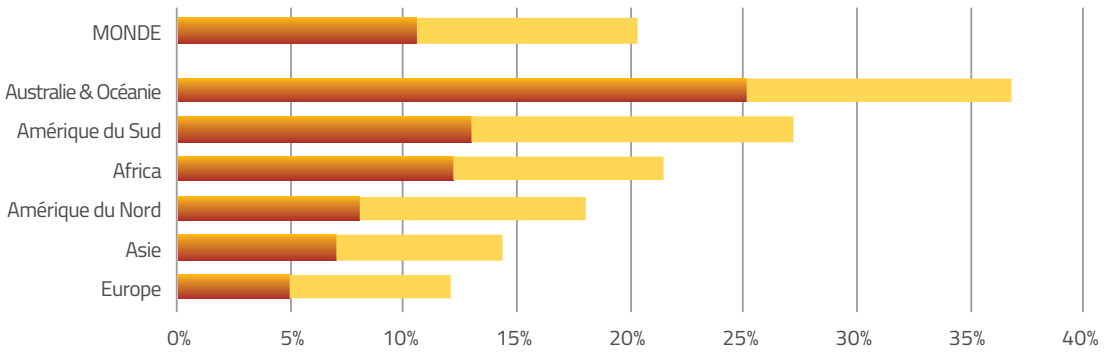


Figure 4.2 : Les groupements régionaux se réfèrent à un système de classification continental (l'Australie et l'Océanie comprennent la Nouvelle-Zélande, la Papouasie-Nouvelle-Guinée et les îles du Pacifique ; l'Amérique du Nord et centrale comprend les Caraïbes).

Légende

- Déclin et déclin modéré combinés
- Stressé



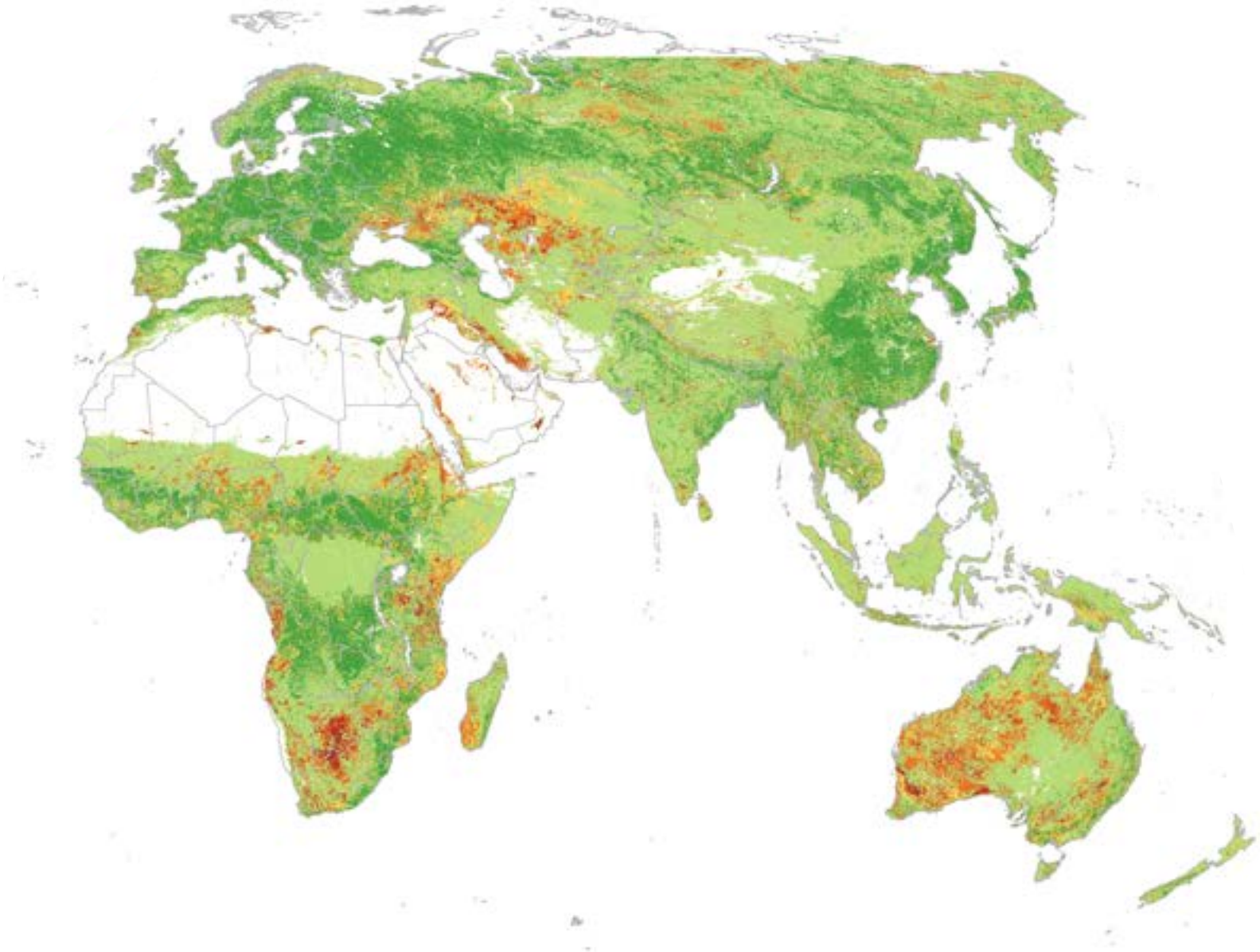


Figure 4.3 : Étendue spatiale mondiale des classes LPD dans les catégories couverture/ utilisation des terres sélectionnées

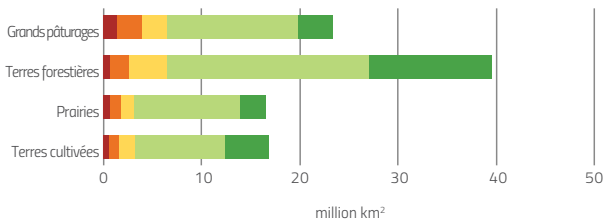


Figure 4.4 : Répartition en pourcentage des classes LPD pour 4 grandes catégories de LC/LU des terres au niveau mondial

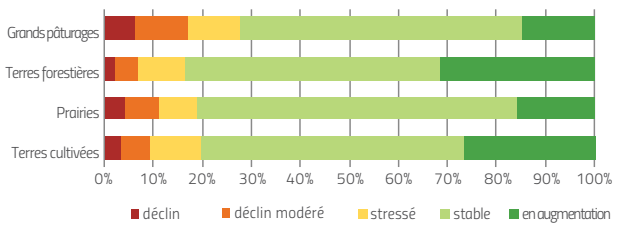


Figure 4.5 :
Carte de la dynamique de productivité foncière de 1999 à 2013 pour l'Afrique montrant 5 classes de trajectoires persistantes de productivité foncière pendant la période d'observation

Légende

- Déclin
- Déclin modéré
- Stressé
- Stable
- En augmentation

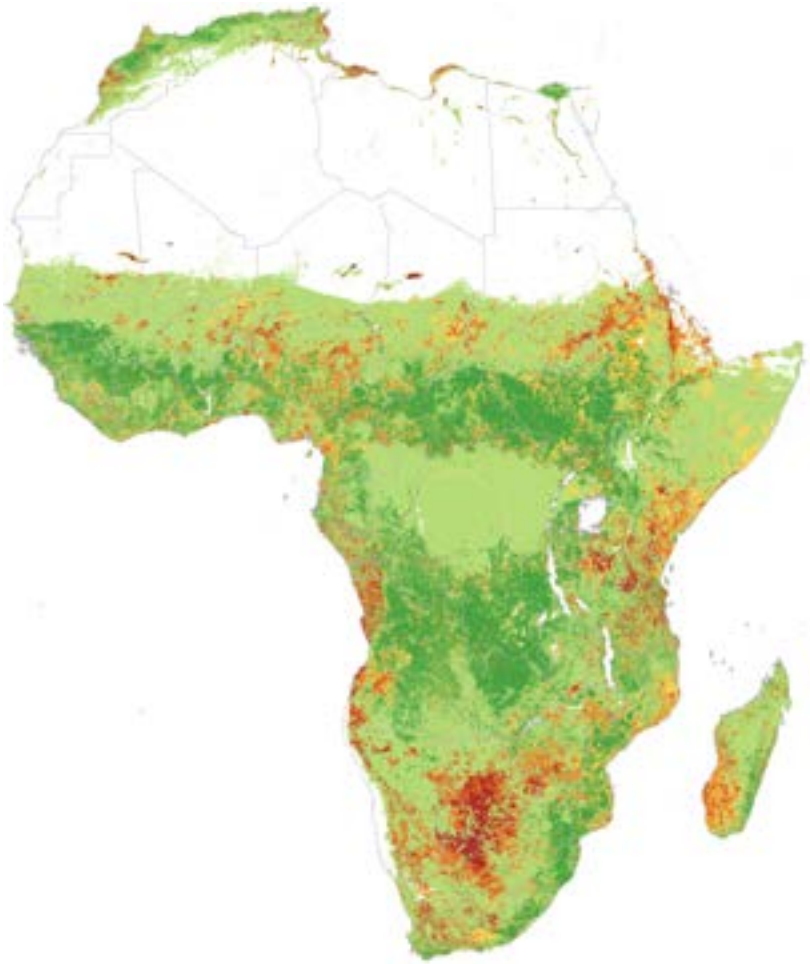


Figure 4.6 :
Étendue spatiale des classes LPD en Afrique dans les catégories de couverture/ utilisation des terres sélectionnées

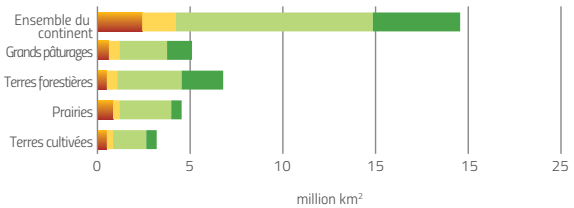
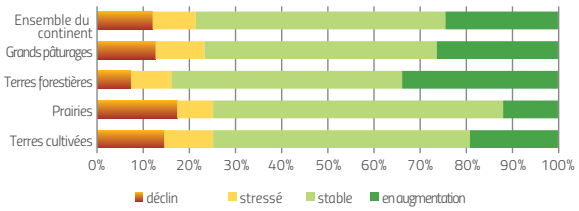


Figure 4.7 :
Répartition en pourcentage des classes LPD pour 4 catégories principales de couverture/ utilisation des terres des terres en Afrique



En **Afrique**, environ 16 % de la superficie végétale est affectée aux terres cultivées, dont environ 23-24 % présentent des signes de productivité foncière décroissante ou instable. Les pâturages et les prairies africains, une ressource essentielle pour la production animale et les moyens de subsistance d'une grande partie de la population, connaissent des déclins de productivité similaires à ceux des terres cultivées touchées. L'expansion globale du déclin de la productivité foncière semble supérieure aux moyennes mondiales et dépasse l'étendue des zones où la productivité ou la récupération augmentent, en particulier dans les terres cultivées et les prairies.

Ces tendances de productivité foncière gravement déséquilibrée dans les terres cultivées et les prairies africaines sont particulièrement préoccupantes étant donné la croissance attendue de la population. Les forêts en Afrique couvrent encore environ 7 millions de km², 16 % étant affectés par la productivité foncière décroissante ou stressée et 34 % des terres couvertes d'arbres montrant des signes de productivité croissante. Cela peut être un signe positif que les programmes stimulant la protection des forêts, le boisement et la plantation d'arbres pour des systèmes durables d'utilisation des terres agro et silvo-pastorales ont progressé au cours des 10 à 15 dernières années.

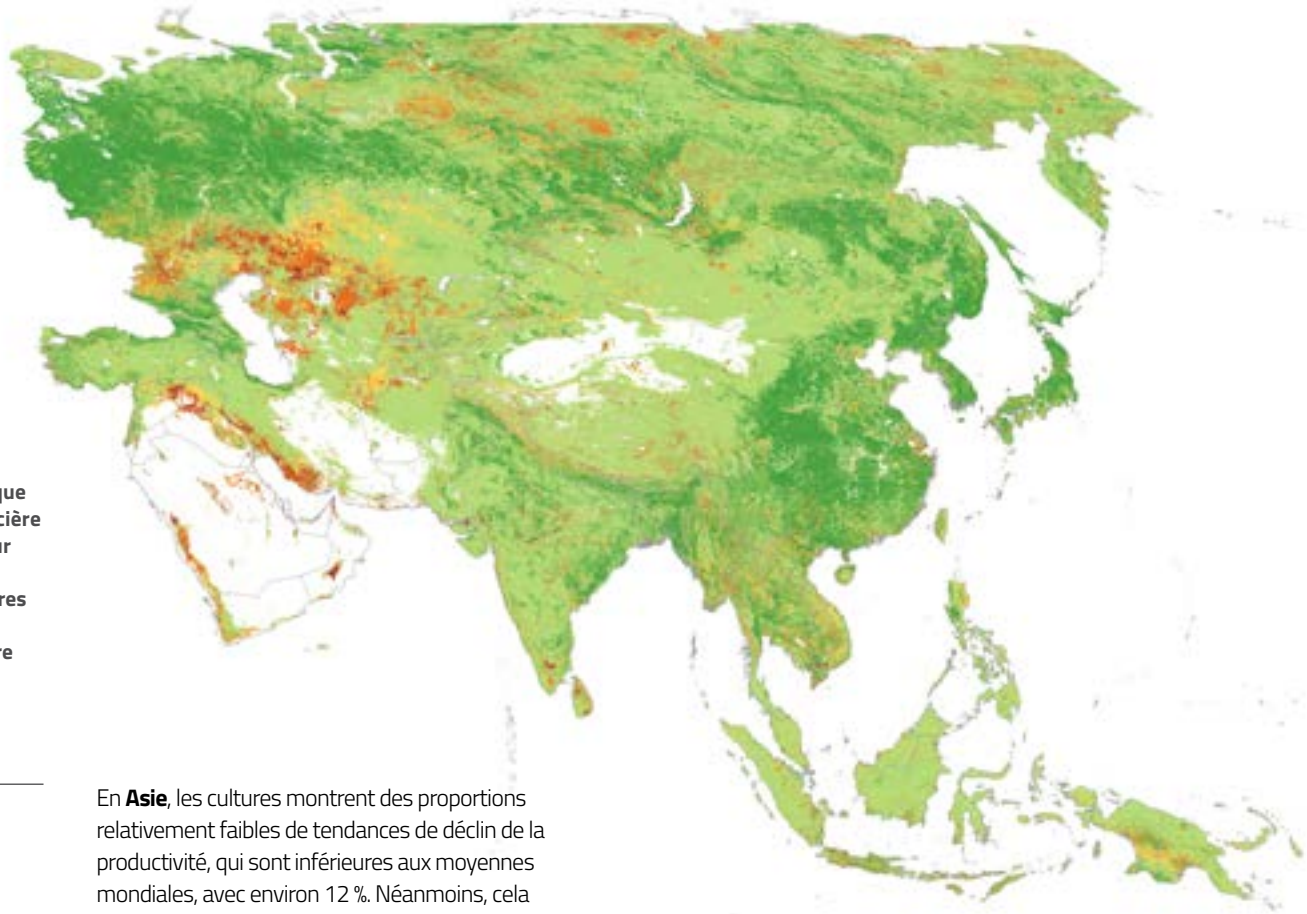


Figure 4.8 : Carte de la dynamique de productivité foncière de 1999 à 2013 pour l'Asie montrant 5 classes de trajectoires persistantes de productivité foncière pendant la période d'observation

Légende

- Déclin
- Déclin modéré
- Stressé
- Stable
- En augmentation

En **Asie**, les cultures montrent des proportions relativement faibles de tendances de déclin de la productivité, qui sont inférieures aux moyennes mondiales, avec environ 12 %. Néanmoins, cela représente jusqu'à 1 million de km² des terres cultivées qui semblent être affectées. Certaines pressions critiques susceptibles d'aboutir à une diminution de la productivité foncière au niveau de l'écosystème peuvent être masquées par les effets des changements relativement récents vers une agriculture plus intensive en intrants dans de nombreux pays asiatiques. Les zones où l'accumulation de pressions anthropiques existent sont identifiées sur la carte de convergence des preuves ci-dessous.

Figure 4.9 : Étendue spatiale mondiale des classes LPD en Asie dans les catégories de couverture/ utilisation des terres sélectionnées

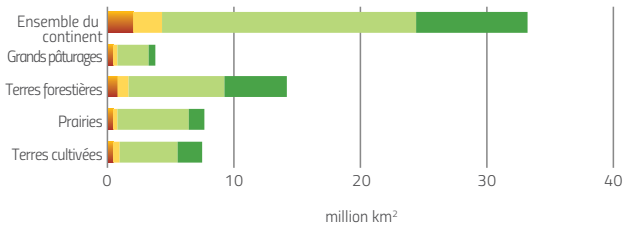
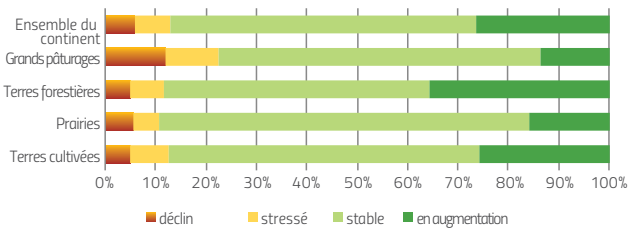


Figure 4.10 : Répartition en pourcentage des classes LPD pour 4 catégories principales de couverture/ utilisation des terres des terres en Asie



Les pâturages sont proportionnellement les plus touchés par le déclin de la productivité foncière (jusqu'à 20 %), supérieur à la proportion d'augmentation ou de récupération de la productivité foncière. C'est plus évident dans les tendances à la baisse de la productivité foncière dans la région d'Asie centrale, qui a subi des changements spectaculaires dans l'utilisation des terres après la fondation d'États indépendants au cours des années 1990. Dans de nombreux cas, des formes plus sédentaires de production animale ont entraîné le surpâturage des systèmes de pâturages vulnérables, tandis que les systèmes collectifs d'exploitation des terres arables et pour le bétail à grande échelle ont été abandonnés. Environ 12 % des terres forestières asiatiques montrent des signes de déclin persistant ou d'instabilité de la productivité primaire, tandis que plus de 35 % d'entre elles connaissent des tendances croissantes, à savoir une reprise. C'est évident dans environ 2 millions de km², avec de grandes zones de couverture émergeant en Sibérie et des modèles complexes de diminution et d'augmentation de la productivité dans le sud et le sud-est de l'Asie, qui reflètent la forte dynamique des transformations forestières dans ces régions.

Figure 4.11 : Carte de la dynamique de productivité foncière de 1999 à 2013 pour l'Australie/Océanie montrant 5 classes de trajectoires persistantes de productivité foncière pendant la période d'observation

Légende

- Déclin
- Déclin modéré
- Stressé
- Stable
- En augmentation

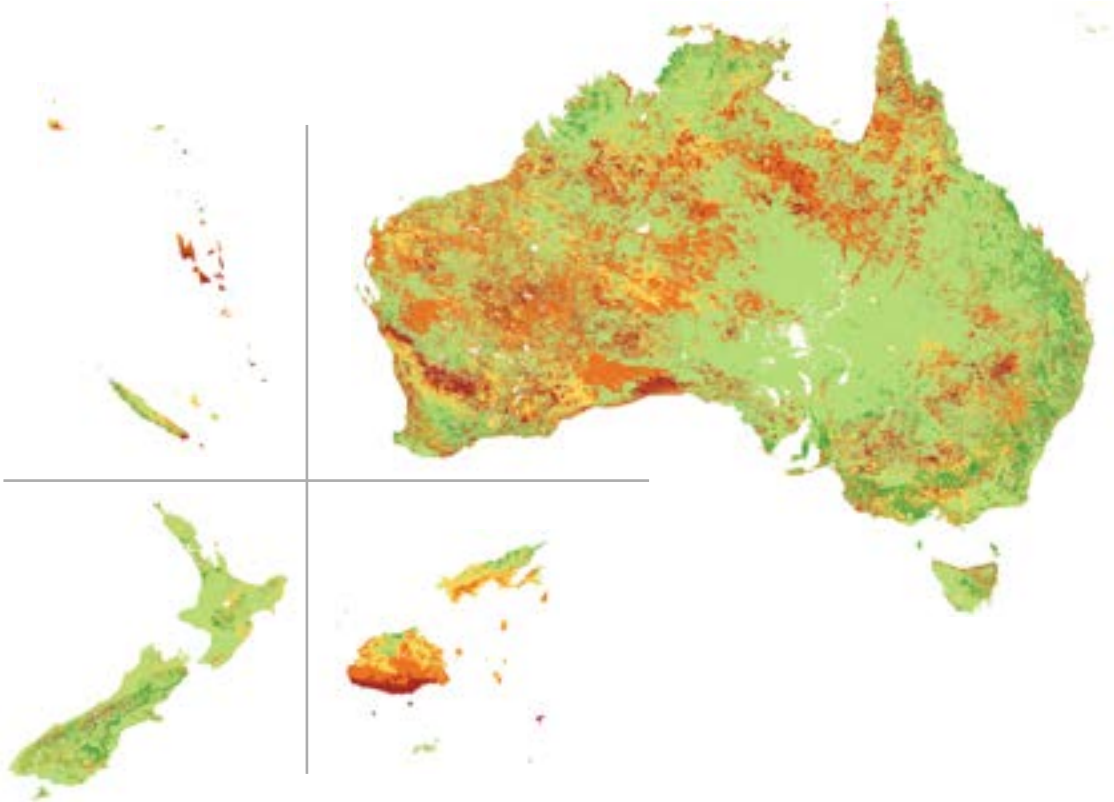


Figure 4.12 : Étendue spatiale mondiale des classes LPD en Australie/Océanie dans certaines catégories de couverture/utilisation des terres

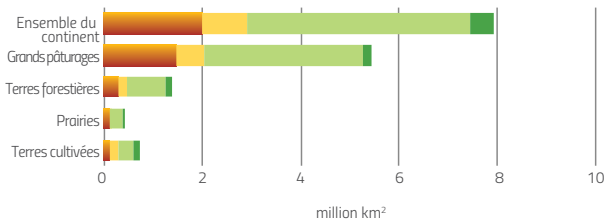
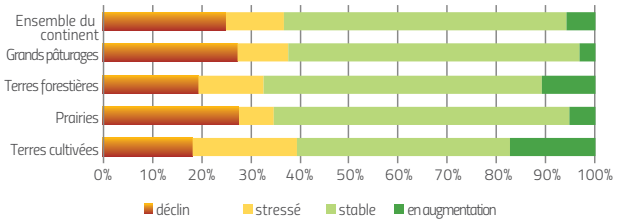


Figure 4.13 : Répartition en pourcentage des classes LPD pour 4 catégories principales de couverture/utilisation des terres en Australie/Océanie



À l'échelle mondiale, l'**Australie/Océanie** montre la plus grande proportion de superficie subissant une baisse de la productivité foncière, avec un total d'environ 37 % des terres végétales, nettement supérieur à la moyenne mondiale. Cela reflète principalement la situation sur le continent australien et cela se produit dans toutes les classes continentales de couverture/utilisation des terres ; dans toutes les classes, les secteurs où la productivité foncière a tendance à diminuer sont supérieurs à ceux qui présentent des tendances d'augmentation. Cela résulte des conditions climatiques spécifiques et de la situation de sécheresse récurrente de la masse continentale australienne pendant la période d'observation de 1999-2013.

Ces tendances sont clairement visibles sur la carte représentant une augmentation des zones touchées le long d'un gradient prononcé d'Est en Ouest suivant le gradient d'aridité général de l'Australie. La partie la plus septentrionale du Queensland tombant dans la zone tropicale humide est également apparemment affectée par les tendances de déclin de la productivité primaire, qui peuvent être découplées du gradient général de l'aridité et de la sécheresse. Il est prouvé que la couverture terrestre s'est rétablie après des périodes importantes de précipitations en 2015.[6]

Figure 4.14 : Carte de la dynamique de productivité foncière de 1999 à 2013 pour l'Amérique du Sud montrant 5 classes de trajectoires persistantes de productivité foncière pendant la période d'observation

Légende

- Déclin
- Déclin modéré
- Stressé
- Stable
- En augmentation

En **Amérique du sud,** toutes les classes de couverture/utilisation des terres ont été affectées par des tendances négatives de productivité foncière, considérablement supérieures aux moyennes mondiales, tandis que les zones de productivité foncière accrue ne dépassent généralement pas celles qui diminuent, restant inférieures aux moyennes mondiales à cet égard. L'une des principales anomalies des tendances de déclin de la productivité sur la carte globale se situe dans la vaste plaine semi-aride du Dry Chaco dans la région frontalière entre l'Argentine, le Brésil et le Paraguay.

La répartition spatiale des zones de productivité en déclin est généralement en corrélation avec l'expansion rapide de la production agricole et de l'élevage du bétail, au détriment des forêts sèches primaires à haute valeur écologique. Les modèles de déclin ou d'instabilité de la productivité dans les zones de forêt tropicale sont plus diffus. La zone de terres arides du nord-est du Brésil montre l'effet des graves conditions de sécheresse vers la fin de la période d'observation. Les effets à long terme de cette anomalie, maintenant visible comme productivité en déclin, ne peuvent pas encore être estimés.

Figure 4.15 : Étendue spatiale des classes LPD en Amérique du Sud dans les catégories de couverture/utilisation des terres sélectionnées

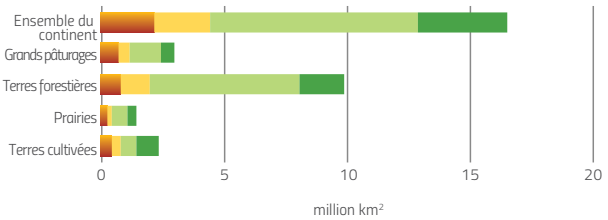
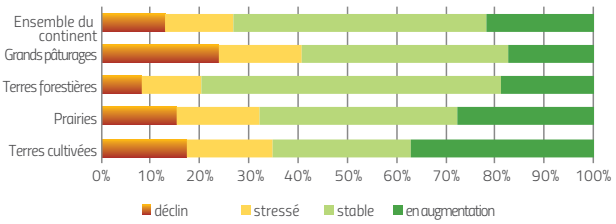


Figure 4.16 : Répartition en pourcentage des classes LPD pour 4 catégories principales de couverture/utilisation des terres en Amérique du Sud



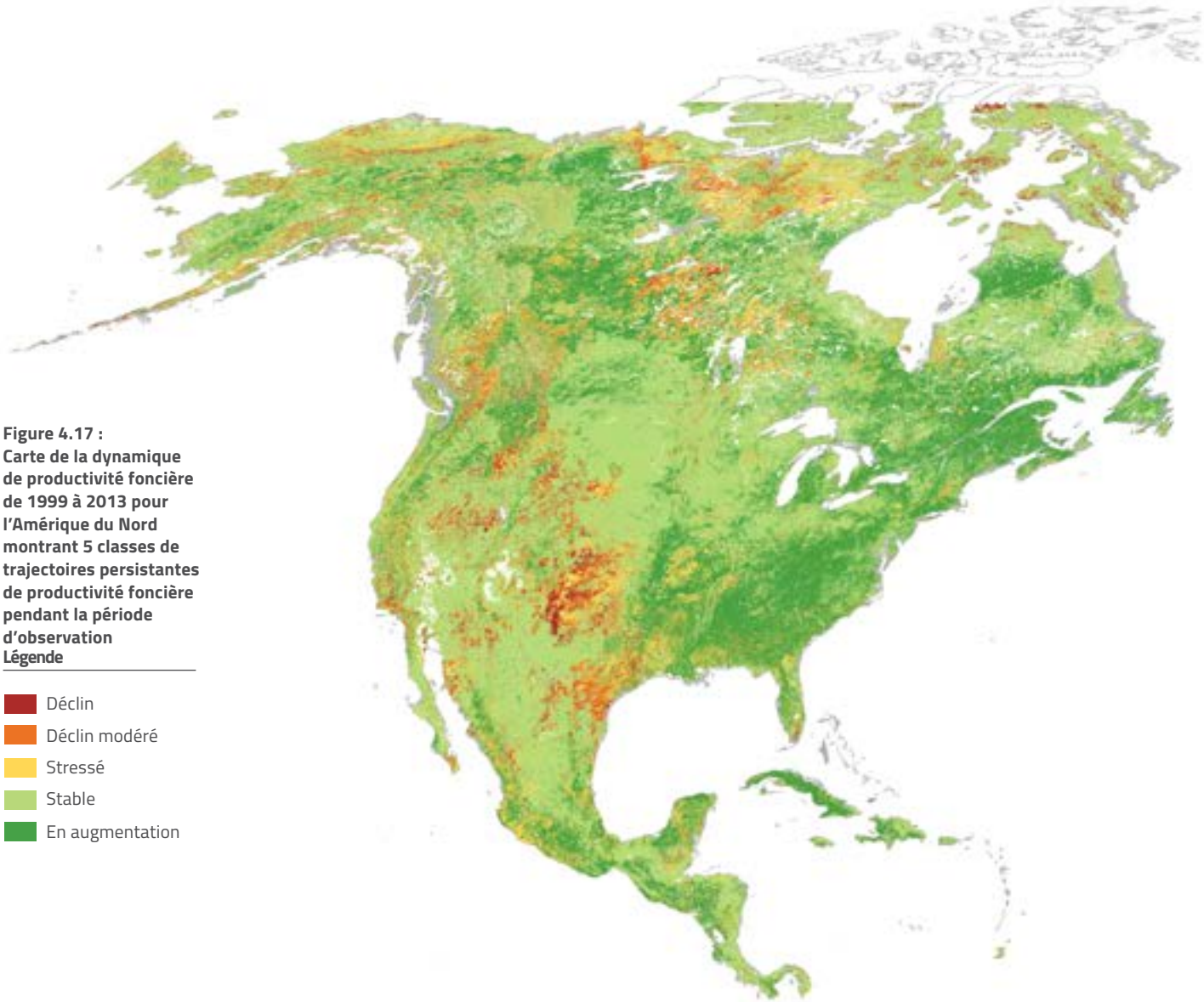


Figure 4.17 :
Carte de la dynamique de productivité foncière de 1999 à 2013 pour l'Amérique du Nord montrant 5 classes de trajectoires persistantes de productivité foncière pendant la période d'observation

Légende

- Déclin
- Déclin modéré
- Stressé
- Stable
- En augmentation

Figure 4.18 :
Étendue spatiale des classes LPD en Amérique du Nord dans les catégories de couverture/utilisation des terres sélectionnées

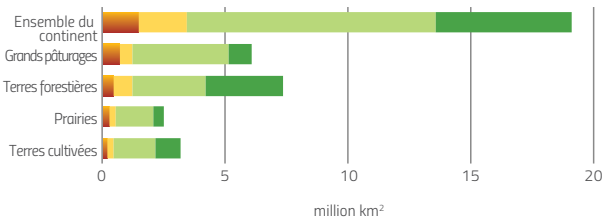
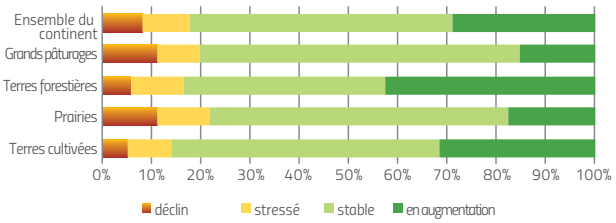


Figure 4.19 :
Répartition en pourcentage des classes LPD pour 4 catégories principales de couverture/utilisation des terres en Amérique du Nord



En **Amérique du Nord**, les tendances de déclin de la productivité dans les 4 types de couverture/utilisation des terres sont généralement similaires ou inférieures aux moyennes mondiales. Les prairies et les pâturages semblent être les plus touchés où l'étendue de la zone avec des tendances de déclin est estimée entre 20 et 22 % dans les deux classes, nettement supérieure aux zones présentant des signes d'augmentation ou de reprise de la productivité primaire.

Seulement 13 % des terres cultivées se caractérisent par des tendances de déclin ou une instabilité persistante, représentant toutefois environ 500 000 km². L'anomalie de déclin la plus importante se situe dans la partie méridionale des Grandes Plaines semi-arides, dans la région frontalière entre le Nouveau-Mexique, le Texas, l'Oklahoma et le Kansas, où de vastes zones sont consacrées à des cultures irriguées intenses en intrants (ex. coton dans le nord-ouest du Texas) qui dépendent principalement des eaux souterraines fossiles.

Figure 4.20 : Carte de la dynamique de productivité foncière de 1999 à 2013 pour l'Europe montrant 5 classes de trajectoires persistantes de productivité foncière pendant la période d'observation

Légende

- Déclin
- Déclin modéré
- Stressé
- Stable
- En augmentation

En **Europe**, les tendances de déclin de la productivité au sein des classes de couverture/utilisation des terres sont généralement inférieures aux moyennes mondiales. Cependant, étant le continent avec la proportion relativement plus élevée de terres cultivées, les terres agricoles européennes sont proportionnellement les plus affectées par rapport aux autres types de couverture terrestre considérés. On estime que 18 % des terres cultivées peuvent subir des facteurs importants conduisant à des baisses de productivité, en particulier dans le sud de l'Europe de l'Est où, comme en Asie centrale, les cultures collectives à grande échelle et les systèmes d'utilisation des terres pour le bétail ont été substantiellement transformés à la suite de la crise économique.

Certains points névralgiques de productivité foncière en déclin en Europe occidentale, en particulier dans la région méditerranéenne, se caractérisent par une intensification de l'agriculture souvent mêlée à l'expansion rapide de l'infrastructure et des zones bâties dans les terres cultivées. Dans de nombreuses cultures européennes, les impacts de la dégradation des terres et des sols sur la productivité peuvent être masqués par la capacité soutenue de compenser les pertes de fertilité des sols, mais à un coût important pour la biodiversité et la qualité des ressources en eau douce.

Lorsqu'elle est désagrégée et considérée selon les catégories larges de couverture/utilisation des terres, la LPD permet d'identifier des modèles significatifs de transformations foncières se produisant au niveau continental et national. Ainsi, la LPD fournit une première approximation et comparaison de différentes régions ou même de pays selon leur capacité à soutenir la productivité primaire dans les systèmes d'utilisation des terres. Afin de corroborer ce type d'information dans le contexte des causes sous-jacentes et des facteurs de dégradation des terres, le WAD favorise le concept de convergence des preuves.

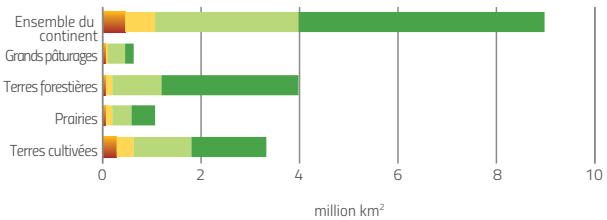


Figure 4.21 : Étendue spatiale mondiale des classes LPD en Europe dans certaines catégories de couverture/ utilisation des terres

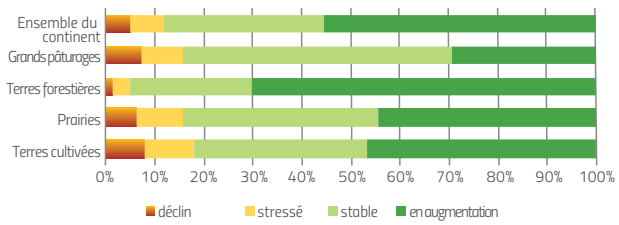


Figure 4.22 : Répartition en pourcentage des classes LPD pour 4 catégories principales de couverture/ utilisation des terres en Europe

Encadré 4.2 : Élaboration de cartes mondiales sur la convergence des preuves

Pour tenir compte des interactions complexes et de la dynamique qui déclenche le changement de couverture/utilisation des terres, l'Atlas mondial de la désertification (WAD) repose sur le concept de « convergence des preuves » : lorsque des sources de preuve multiples s'accordent, des conclusions solides peuvent être tirées même si aucune des sources de preuves individuelles n'est significative en soi. Les cartes de convergence sont compilées en combinant des jeux de données globaux sur les processus clés, en utilisant une période de référence de 15 à 20 ans. Les combinaisons sont faites sans hypothèse préalable en l'absence de connaissance exacte des processus de changement des terres dans des emplacements variables. Les modèles indiquent des domaines où un stress important est à prévoir sur les ressources foncières.[8]

Les cartes de convergence qui en résultent démontrent une approche par laquelle ces données peuvent être combinées, vues et analysées pour de multiples couches d'utilisation/de couverture des terres. La convergence s'effectue en deux étapes : (i) une désagrégation mondiale de couverture/d'utilisation des terres est compilée représentant les parts de terres cultivées et de pâturages,[9] et de couverture par les arbres en 2007[10] (d'autres désagrégations préliminaires pourraient être basées sur le climat, le sol ou les services écosystémiques, selon les données disponibles) ; et elle est divisée en classes (classification non surveillée) ; et (ii) pour chaque classe, les statistiques de zone ou de classe sont calculées pour chaque jeu de données ou problème potentiel. Les problèmes sont reclassés comme étant au-dessus ou en-dessous d'un seuil statistiquement dérivé, compte tenu de leur effet attendu en termes de dégradation des terres (positif ou négatif). Les couches résultantes ont des valeurs de 0 (sans contrainte) et 1 (contrainte potentielle) et elles sont additionnées pour fournir le nombre de problèmes coexistants dans n'importe quelle position géographique. La méthode est flexible et elle peut être appliquée à toutes les échelles. Sur la base de la littérature,[11] les jeux de données relatifs aux différents problèmes ont été regroupés comme suit :

Relatif à l'environnement humain
- évolution des densités de population
- migration et expansion urbaine

Relatif à l'utilisation du sol
- expansion de l'agriculture
- industrialisation agricole
- densité et pratiques du bétail
- déforestation, fragmentation et incendies

Relatif à l'environnement naturel
- productivité des terres
- disponibilité et utilisation de l'eau
- condition du sol
- aridité et sécheresse modifiées

Les jeux de données globaux sont maintenant disponibles pour la plupart de ces problèmes et l'analyse du WAD illustre la convergence basée sur 13 jeux de données uniformes et géographiquement continus sur les problèmes socio-économiques et biophysiques. Étant donné que la dégradation des terres en elle-même est un processus, les jeux de données dynamiques sont idéalement utilisés, mais seul un nombre limité fournit actuellement une couverture globale cohérente et harmonisée :

Couches de données dynamiques :
- Changement de population (2000-2015)
- Changement de zone aménagée (2000-2014)
- Dynamique de la productivité de la biomasse terrestre (1999-2013)
- Perte d'arbres (2000-2014)

Couches de données de l'État :
- Densité de population en 2015
- Revenu national brut par habitant en 2015
- Zone équipée pour l'irrigation (2005)
- Bilan de l'azote au niveau du paysage (2000)
- Densité de l'élevage (2006)
- Événement d'incendie (pendant la période 2000 à 2013)
- Stress hydrique élevé (2010)
- Aridité (indice d'aridité 1981 à 2000)
- Anomalies des tendances du climat et de la végétation (1982 à 2011)

Cartes globales sur la convergence des problèmes clés

Avec l'utilisation du sol et les histoires environnementales, une gamme de variables influence l'occurrence et le taux de dégradation des terres, tels que les taux d'intérêt, les prix de l'élevage et les politiques de soutien agricole. La progression de ce changement est guidée par des variables lentes ou rapides.[7] Cependant, les voies de dégradation et les interactions variables qui les orientent sont nombreuses, volatiles et généralement inconnues, ce qui rend difficile la modélisation de la dégradation des terres à l'échelle mondiale. Les résultats physiquement mesurables qui peuvent être observés grâce à l'utilisation de données satellitaires, telles que les observations de la LPD ou terrestres (diminution de la biomasse, de la biodiversité, du carbone organique du sol ou augmentations de l'érosion des sols ou des espèces végétales indésirables) ne peuvent être interprétés de manière significative sans comprendre les conditions sociales et économiques à toutes les échelles considérées.

Les cartes de la convergence des preuves montrent que les processus de changement de terres dus aux humains ou à l'environnement ont une incidence sur les terres cultivées (Figure 4.23) et les pâturages (Figure 4.24). Elles montrent des modèles distincts suggérant des zones sous différents niveaux de pression ; cependant, le nombre plus ou moins élevé de problèmes concurrents n'implique pas nécessairement un impact ou un résultat supérieur ou inférieur en termes de dégradation des terres. Dans les terres cultivées et les pâturages où d'autres pressions potentielles sont présentes, une attention accrue est généralement requise en termes de gestion des terres et de suivi de la situation, bien que l'analyse ne signifie pas que la dégradation des terres soit actuellement en cours partout. Dans la mesure du possible, l'interprétation doit tenir compte des connaissances et des preuves contextuelles auxiliaires. Les cartes papier sont limitées et elles ne peuvent pas représenter toute la profondeur des données ; ainsi, un portail numérique est développé pour permettre une recherche plus complète des données et des informations.

L'état du sol dans les terres cultivées

L'analyse montre qu'environ 9 % (soit 1,38 million de km²) de la zone mondiale avec plus de 50 % de terres cultivées subissent la pression potentielle de 8 à 143 problèmes coïncidents, qui déclenchent des processus de changement de la terre pertinents pour la dégradation des terres, dont la grande majorité se produit sur les zones arides. Lorsqu'un certain nombre de problèmes liés aux terres cultivées se combine avec un déclin de la productivité foncière, cela suggère qu'une transformation observable s'est produite ou est en cours. On l'observe pour 2 % de la superficie (0,3 million de km²) et cela peut être une bonne approximation de la dégradation continue dans ces zones. Plus de la moitié, ou environ 60 % (8,9 millions de km²) de la zone mondiale avec plus de 50 % de terres cultivées subit la pression potentielle de 4 à 7 problèmes simultanés qui déclenchent des processus de changement de la terre pertinents pour la dégradation des terres, répartis uniformément sur des terres arides et non arides. Sur 12 % de la superficie (12,4 millions de km²), ils sont en accord avec les signes de déclin de la productivité foncière. Seuls 2 % des terres cultivées mondiales, toutes dans des zones non arides, ne subissent aucune pression liée aux 13 problèmes évalués. Dans les régions où les terres agricoles couvrent 10 à 50 % du terrain, la proportion des terres qui subit plus de 8 des 13 problèmes concurrents tombe à 3 % (ou 0,6 million de km²), alors que 69 % (11,7 km²) de la zone subit 4 à 7 problèmes coïncidents.

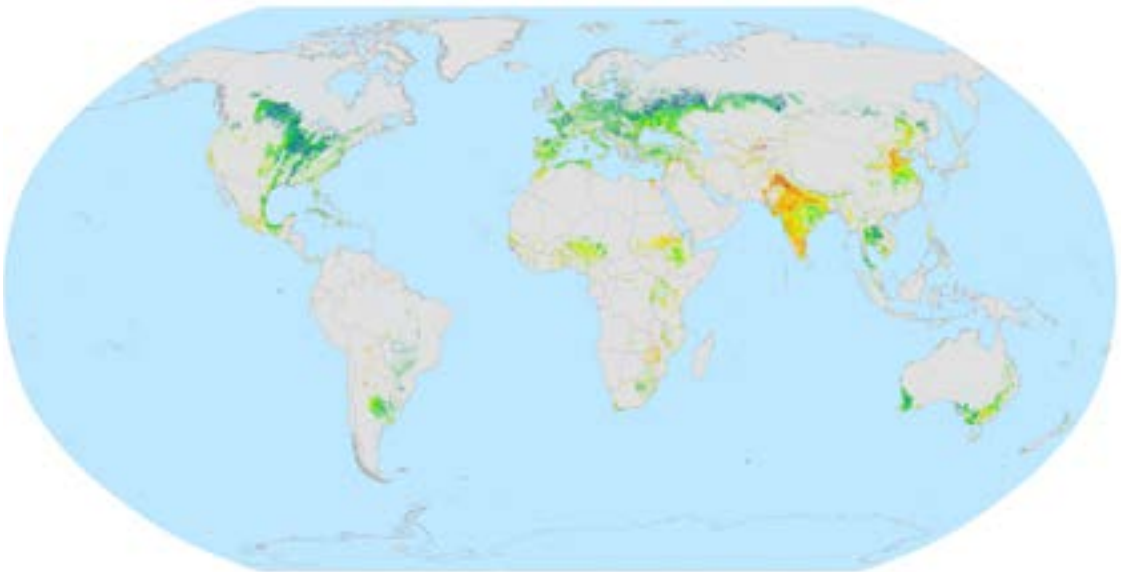
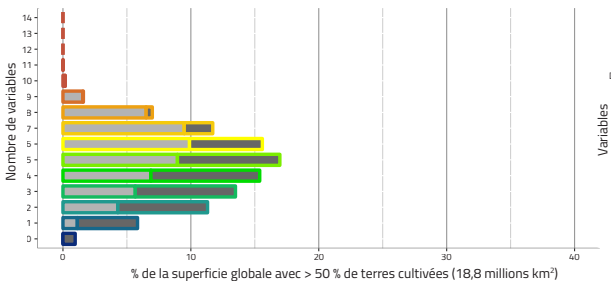


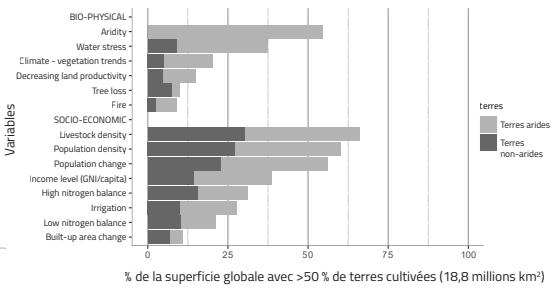
Figure 4.23 : Convergence des preuves de 14 processus anthropiques induits et/ou biophysiques de changement des terres ou de problèmes sur la zone des terres cultivées

Légende

Nombre de variables simultanées

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13





Les principales zones de cultures confrontées à de multiples pressions comprennent, sans s'y limiter :

- Asie, dont les terres cultivées indiennes et pakistanaises, les zones d'expansion agricole dans le nord-ouest de la Chine et les points névralgiques aux Philippines et à Java ;
- Sud-est de l'Australie et petites régions dans le sud-ouest de l'Australie ;
- Afrique subsaharienne, dont le Burkina Faso, le nord du Nigeria, l'est du Soudan, le sud du Kenya, le Malawi et le Zimbabwe ;
- Afrique du Nord et Moyen-Orient, dont le nord du Maroc, la région égyptienne du Nil, la région du Tigre-Euphrate ;
- zones d'agriculture intensive en Méditerranée et en Europe centrale ;
- Asie centrale autour de la mer d'Aral et terres cultivées dans l'est du Kazakhstan, en Ouzbékistan, au Kirghizistan et au Tadjikistan ;
- points névralgiques en Amérique latine et dans les Caraïbes, dont les zones arides du nord-est du Brésil, les zones d'expansion agricole dans la région argentine du Chaco, le Chili central, les terres cultivées du sud du Mexique et des parties de Cuba et d'Haïti ; et zones irriguées dans l'ouest des États-Unis.

L'état de la terre dans les pâturages

Environ 5 % (0,5 million de km²) des pâturages dans le monde subissent la pression potentielle de 8 à 13 problèmes concurrents qui déclenchent des processus de changement des terres pertinents pour la dégradation des terres, dont la grande majorité se produit sur des zones arides. Environ 52 % (13,1 millions de km²) des pâturages mondiaux subit la pression potentielle de 5 à 8 problèmes concurrents qui déclenchent des processus de changement des terres pertinents pour la dégradation des terres, dont plus des deux tiers se produit sur des terres arides. Encore une fois, seulement 2 % des pâturages, tous sur des terres non arides, ne subissent aucune pression de ces problèmes

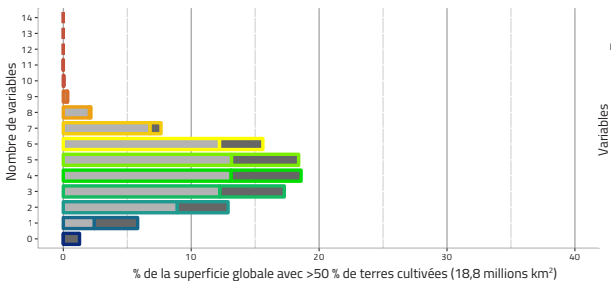
Les principales zones de pâturage confrontées à de multiples pressions comprennent, sans toutefois s'y limiter : Inde ; Asie centrale ; région de Mongolie intérieure en Chine ; régions de l'est de l'Australie ; franges du Sahel ; Afrique orientale et certaines parties de l'Afrique australe ; Sud-ouest de Madagascar ; centre-nord du Chili et sud de l'Équateur ; Mexique central ; et centre-sud des États-Unis.

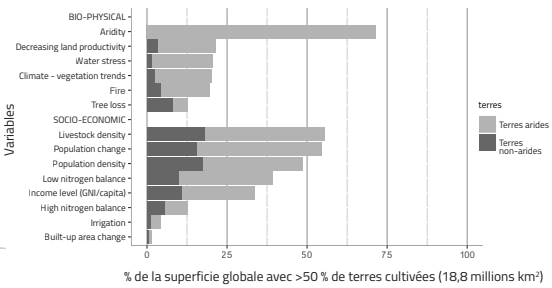
Figure 4.24 : Convergence des preuves de 14 processus anthropiques induits et/ou biophysiques de changement des terres ou de problèmes sur la zone des pâturages

Légende

Nombre de variables simultanées

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13





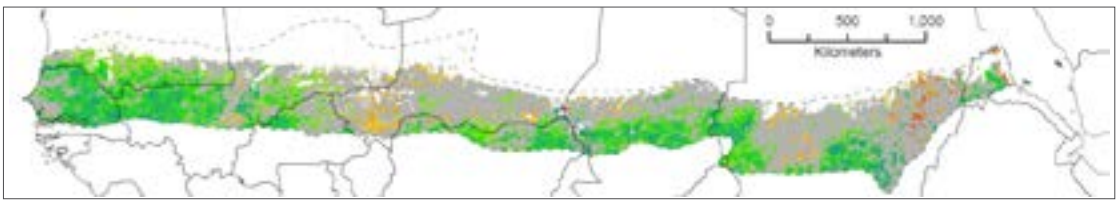
Faits marquants régionaux et nationaux

Moyen-Orient et Asie centrale Une question fondamentale dans ce domaine est la rareté et la gestion des ressources en eau. Plus de 70 % de la perte nette globale permanente d'eau de surface a eu lieu au Moyen-Orient et en Asie centrale.[12] Les demandes d'irrigation combinées à l'agriculture intensive font subir des pressions insoutenables aux ressources terrestres. Les effectifs d'élevage restent élevés et les pâturages productifs sont réduits ou fragmentés par l'augmentation de la population et l'expansion de l'agriculture.[13]

Inde Depuis les années 1700, la forte densité de population a représenté une pression majeure dans toute l'Inde.[14] L'Inde compte 18 % de la population mondiale et 15 % de son bétail, mais seulement 2,4 % de la superficie terrestre mondiale.[15] Depuis les années 1960, la superficie des terres cultivables disponibles par personne a été divisée par trois, atteignant 0,12 ha par personne ; 53 % de l'Inde sont constitués des terres agricoles, utilisant en moyenne 157 kg/ha d'engrais dont plus de 36 % sous irrigation ; le retrait annuel d'eau douce est l'un des plus élevés au monde, avec 761 milliards[3]. Cela suggère une pression importante sur les terres cultivées. La dynamique de productivité foncière, cependant, montre un état stable au cours des 15 dernières années. Certaines zones, mais pas toutes, coïncident avec l'évaluation nationale détaillée de la dégradation continue qui repose sur l'identification des processus biophysiques observés par données satellitaires.[16]

Chine Le statut de la productivité de la biomasse, observé par satellite de 1999 à 2014, est cartographié comme stable ou en augmentation sur la majeure partie de la Chine. Cependant, dans la région de Beijing-Hebei-Shandong, une population dense combinée à une agriculture intensive, principalement irriguée, entraîne un stress hydrique et une mauvaise qualité des terres. L'introduction de l'agriculture dans les terres marginales utilisées pour le pâturage du mouton et du bétail a rendu les surfaces érodables, un processus connu sous le nom de « sablification », dans de vastes régions du nord de la Chine, en particulier la Mongolie intérieure et l'ouest du Xinjiang.[17] En Mongolie intérieure, les politiques gouvernementales visant à installer des pasteurs nomades et à privatiser les prairies collectives ont augmenté la pression sur les pâturages, entraînant une dégradation à grande échelle.[18] À partir de 1980, la privatisation des terres agricoles et l'introduction d'incitations de l'État ont augmenté la productivité dans le nord de la Chine, principalement grâce à l'irrigation par les eaux souterraines et l'utilisation d'engrais. Avec la réglementation et les restrictions en matière d'accès légal, l'expansion des terres cultivées dans les pâturages respectueux de l'environnement a été ralentie et les dunes mouvantes et les couches de sable se sont partiellement stabilisées. Cependant, cela s'est accompagné de l'épuisement rapide des ressources en eaux souterraines, les systèmes d'irrigation des petits exploitants étant de plus en plus remplacés par des systèmes d'irrigation pivot à grande échelle. Ces schémas ont tendance à abaisser les nappes phréatiques et de nombreux lacs et zones humides ont disparu, comme on le voit sur les images satellites.

Sahel Au cours des 50 dernières années, une augmentation de la présence et des activités humaines sédentaires, ainsi que la variabilité climatique, ont provoqué des changements environnementaux majeurs dans la zone semi-aride du Sahel. L'accumulation de processus de changement des terres sur de vastes étendues des terres cultivées du Sahel est importante, étant donné que les ressources en eau sont limitées,[19] la population continue de croître, les demandes



Sahel (150-700 mm/ an d'isohyètes de précipitation)

Valeur de pente : Changements du NDVI (unités de NDVI) sur la période totale

-0,05 <	-0,02 — -0,01 <	> 0,03 — 0,04
-0,05 — -0,04 <	-0,01 — 0,01	> 0,04 — 0,05
-0,04 — -0,03 <	> 0,01 — 0,02	> 0,05
-0,03 — -0,02 <	> 0,02 — 0,03	Insignifiant

Figure 4.25 : Des études récentes d'observation de la Terre montrent une tendance positive de l'indice de précipitations et de végétation au cours des dernières décennies pour la majorité du Sahel ; appelée re-verdissement du Sahel.[24] Cela a été interprété comme une augmentation de la biomasse et contredit les récits dominants de dégradation généralisée causée par la surexploitation humaine et le changement climatique. Pourtant, des zones observables de productivité décroissante, par exemple au Niger et au Soudan, indiquent que le processus de re-verdissement n'est pas uniforme dans l'ensemble du Sahel.

alimentaires domestiques augmentent et les ressources agricoles sont rares et gérées par de petits exploitants aux moyens et aux revenus limités. La culture est principalement pluviale (sauf dans certaines parties de l'Éthiopie) et, en général, sur des sols plutôt pauvres avec une matière organique moyenne ou faible. Les systèmes de petits exploitants sont principalement des systèmes agricoles à faible intrusion, mélangés à une forte densité de bétail et à une pression accrue de la population sédentaire croissante.

La dégradation des terres arables est une préoccupation majeure pour les moyens de subsistance et la sécurité alimentaire au Sahel, mais malgré des décennies de recherches intensives sur les systèmes humains et environnementaux, il n'existe pas de consensus général sur la gravité de la dégradation des terres.[20] Les données d'observation de la Terre suggèrent une augmentation globale de la verdure, confirmée par des observations au sol. Cependant, des doutes subsistent quant aux tendances positives observées si elles constituent une amélioration environnementale avec des effets positifs sur les moyens de subsistance des populations.[21] Bien qu'il n'y ait pas eu de diminution généralisée de la productivité de la biomasse au cours des 15 dernières années, on observe des poches de déclin de la biomasse.[22] Les évaluations à long terme de la biodiversité à des échelles plus fines mettent en évidence une tendance négative de la diversité des espèces dans certains cas.[23] Le Sahel souligne la nécessité de surveiller la dynamique foncière en combinant les informations à long terme de l'observation de la Terre avec des observations in situ qui améliorent la compréhension de l'impact spécifique du site sur les changements de l'utilisation des terres et les tendances de couverture terrestre observées.

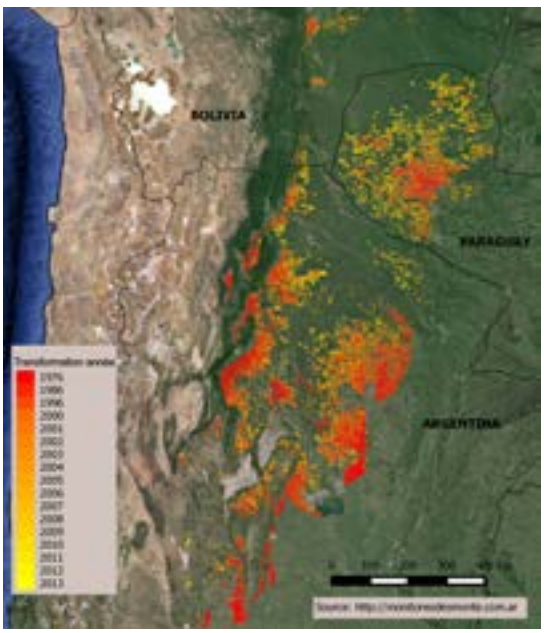


Figure 4.26 : Entre 1976 et 2012, 20 % de l'écorégion entière a été transformée, avec un taux de transformation annuel en croissance exponentielle au Paraguay. Les zones colorées du rouge (transformées en 1976) au jaune (transformées en 2013) montrent l'ampleur et le rythme rapide de la transformation du Chaco sec en cultures ou pâturages.

Brésil/Argentine Les programmes agricoles intensifs en intrants sur des terres de première qualité, utilisant de grandes quantités d'eau et d'engrais pour des gains économiques à court terme, mettent en danger les ressources terrestres en appauvrissant et/ou polluant le sol et l'eau.[25,26] La déforestation suivie d'une agriculture irriguée est, par exemple, une menace pour les ressources foncières dans la vaste région du Chaco en Argentine, au Paraguay et en Bolivie, où la végétation indigène, en particulier les forêts sèches, subit l'un des taux de déforestation les plus élevés au monde (voir Figure 4.26). Ceci est attribué à l'expansion et à l'intensification agricole rapide, en particulier pour la production végétale (soja, maïs) et l'élevage bovin.[27] Les transformations foncières dues à la culture ont entraîné d'importantes pertes de biodiversité, la fragmentation du paysage et une réduction des services écosystémiques essentiels,[28] ce qui entraînera probablement une nouvelle dégradation des terres.[29] Le suivi est essentiel pour identifier les facteurs biophysiques, sociaux, politiques et économiques des changements et pour élaborer des politiques de planification et de gestion de l'utilisation des terres qui atténuent ou inversent les tendances de dégradation des sols.

Comme dans d'autres pays où le climat tropical et subtropical prédomine, l'agriculture au Brésil a d'abord été développée à l'aide du travail traditionnel en inversion, basé sur les expériences acquises par les agriculteurs dans les régions tempérées de l'hémisphère Nord.[30] Dans ce climat, le potentiel de dégradation des sols provient d'une combinaison de sols très vulnérables à l'érosion, d'une forte pression sur l'utilisation des terres et de précipitations intenses lorsque les sols sont les plus sensibles à l'érosion.[31] Les pertes annuelles de sol ont été estimées à 0,8 milliard de tonnes dans les zones cultivées et les pâturages.[32] Les coûts hors-exploitation de l'érosion ont été estimés à 1,3 milliard de dollars.[33]

États-Unis et Europe Les systèmes de production d'aliments à forte intensité d'intrants reposent sur la mécanisation et les applications importantes d'engrais qui ont rendu les terres agricoles dépendantes de l'apport continu de nutriments pour assurer des récoltes élevées. Il s'agit d'un équilibre risqué, mais des situations économiques favorables ont jusqu'à présent permis de préserver en grande partie l'équilibre de la ressource terrestre. Les pratiques agricoles locales entraînent souvent une érosion par l'eau et le vent et d'autres phénomènes de dégradation qui, cependant, ne peuvent être capturés universellement à l'échelle d'analyse avec les ensembles de données actuellement disponibles.

© Dorin Vancea

CE QUE NOUS RISQUONS DE PERDRE : L'IMPORTANCE DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

L'état de la terre, y compris sa productivité, joue un rôle clé dans le potentiel d'une zone donnée de fournir de multiples biens et services ; il est clair que les baisses de LPD entravent directement leur quantité et leur qualité. Le rôle clé qu'une base terrestre saine joue dans la prestation des services écosystémiques est un principe fondamental des *Perspectives territoriales mondiales*, mais l'analyse précédente soutient d'autres études qui suggèrent que la qualité des services écosystémiques est en déclin. Pour mettre cela en perspective, dans cette section, nous décrivons les principaux services écosystémiques terrestres, dont nous tenons la plupart pour acquis et qui sont menacés par la dégradation des terres et/ou la baisse de productivité.

Les services écosystémiques sont les biens et les services produits par ou en conjonction avec un capital naturel pour le bénéfice direct ou indirect des êtres humains. La dégradation des sols et la perte subséquente de biodiversité entraînent une réduction de nombreux services écosystémiques vitaux et donc une plus grande insécurité alimentaire et de l'eau.[34] Les impacts de la dégradation des terres peuvent être observés dans des récoltes plus faibles, la capacité réduite des systèmes agricoles à résister aux ravageurs exotiques et aux agents pathogènes[35] et une baisse générale de la résilience des fonctions de l'écosystème.[36] Cela a des conséquences négatives pour tout le monde, mais cela affecte généralement les personnes les plus vulnérables et les plus pauvres.[37]

Les écosystèmes naturels sont de plus en plus reconnus comme des lieux importants qui favorisent la santé physique et mentale et le bien-être.

Les services écosystémiques sont définis et classés de plusieurs façons. Par exemple, l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire suggère une simple typologie pour résumer les différents services du capital naturel, en les divisant en services de soutien, d'approvisionnement, de réglementation et culturels.[38] Il existe d'innombrables services écosystémiques associés à des milliers d'espèces et d'interactions écologiques. Certains ne sont connus que par un petit groupe de personnes qui reconnait leur valeur, comme les avantages médicinaux d'une plante particulière. Du fait que nos sociétés deviennent plus homogènes, une grande partie de ce savoir écologique traditionnel est perdu. D'autres valeurs écosystémiques sont beaucoup plus largement reconnues, touchant des communautés entières, des villes, des pays ou agissant à l'échelle mondiale. Certains des principaux services écosystémiques terrestres affectés par la dégradation des terres sont les suivants :

- Sécurité alimentaire
- Sécurité de l'eau
- Santé physique et mentale
- Réduction des risques de catastrophe
- Atténuer et s'adapter au changement climatique
- Valeurs culturelles
- Tourisme, notamment l'écotourisme
- Matières premières

De nombreux services seront discutés plus en détail dans la deuxième partie de ces *Perspectives* (nourriture, eau, énergie et climat) et ils ne sont que brièvement abordés ici ; d'autres seront discutés en détail. Le concept de gestion active des ressources foncières pour assurer la prestation des services écosystémiques (c.-à-d. les avantages pour les humains) est de plus en plus reconnu, souvent sous le terme générique de « solutions basées sur la nature ».[39]

1. Sécurité alimentaire

L'agriculture dépend d'une gamme de services écosystémiques (voir le chapitre 7) : services de soutien, tels que le cycle nutritif et la formation des sols ; et des services de réglementation, tels que la purification de l'eau, la régulation atmosphérique et la pollinisation.[40] En outre, environ 150 millions de personnes dépendent directement d'aliments sauvages récoltés, dont les plantes, le fourrage, le gibier et le poisson.[41] En Afrique australe, on a estimé la valeur de la consommation de ressources sauvages à 800 millions de dollars par an en 2005.[42] Les services écosystémiques contribuent directement à la sécurité alimentaire et nutritionnelle. Les insectes et les oiseaux fournissent des services de pollinisation essentiels à l'agriculture dont la valeur économique totale est actuellement estimée à 160 milliards de dollars par an,[43] bien qu'ils soient menacés.[44]

Un large éventail de variations génétiques est nécessaire pour l'amélioration des cultures afin d'aider les espèces à s'adapter à l'évolution des conditions environnementales, dont les nouveaux ravageurs et maladies. Les agronomes s'appuient sur deux sources pour le matériel génétique afin de développer la résilience et l'adaptabilité des cultures : la variation des variétés traditionnelles de cultures, appelées races locales, et celle d'espèces sauvages étroitement apparentées, appelées *espèces sauvages apparentées à des plantes cultivées* (ESPC). Étant donné la multitude de menaces pour les récoltes, les races locales et les ESPC sont des ressources vitales qui permettront d'assurer la sécurité alimentaire future.[45] Il y a quelque temps, on a estimé que l'introduction de nouveaux gènes provenant d'ESPC a contribué à l'augmentation des récoltes avec environ 20 milliards par an uniquement aux États-Unis et 115 milliards de dollars dans le monde.[46] Pourtant, ces valeurs sont souvent mal reconnues et de nombreux centres de diversité des cultures – des endroits où un nombre disproportionné des

espèces de cultures mondiales sont originaires – sont mal conservés.[47]

2. Sécurité de l'eau

Les écosystèmes résistants et fonctionnels jouent un rôle essentiel dans la sécurité de l'eau, en maintenant la qualité et, dans certains cas, la quantité de l'eau ainsi que la régulation des flux. Une végétation naturelle et des sols sains peuvent aider à maintenir la qualité de l'eau et, dans certains cas, augmenter la quantité d'eau disponible (voir chapitre 8).[48] Aujourd'hui, la majeure partie de la population mondiale vit en aval de bassins hydrographiques forestiers :[49] ils offrent un approvisionnement en eau de qualité supérieure à celui des bassins versants sous utilisation alternative des terres, qui ont tendance à être plus perturbés, présentant une érosion accrue des sols et ils sont probablement pollués par des pesticides, des engrais ou des déchets toxiques.[50]

Certains écosystèmes, tels que les forêts nuageuses et la végétation *paramos* du centre de l'Amérique du Sud absorbent les gouttelettes d'eau des nuages et augmentent le débit d'eau net. Par exemple, les forêts nuageuses du parc national La Tigra au Honduras fournissent plus de 40 % de l'approvisionnement en eau à Tegucigalpa et, en Équateur, 80 % de la population de Quito reçoit de l'eau potable provenant de deux zones protégées.[51] Plus d'un tiers des 100 plus grandes villes du monde tirent une proportion importante de leur eau potable de forêts protégées.[52] Dans certains cas, les effets peuvent être ressentis à des centaines ou à des milliers de kilomètres de l'écosystème fournissant le service. La vapeur d'eau de l'Amazonie parcourt des milliers de kilomètres au sud pour fournir des précipitations dans certaines des régions agricoles les plus riches du continent, qui sans ces « rivières volantes » seraient beaucoup plus arides.[53]

3. Santé physique et mentale

Les écosystèmes naturels sont de plus en plus reconnus comme des lieux importants qui favorisent la santé physique et mentale et le bien-être. Une grande partie des médicaments modernes est dérivée ou reproduite synthétiquement à partir de sources naturelles. Les médicaments traditionnels collectés localement constituent une ressource majeure pour les besoins de santé primaires en Asie, en Amérique latine et en Afrique,[54] avec plus d'espèces de plantes médicinales récoltées que tout autre produit naturel.[55] L'Inde et la Chine récoltent respectivement 90 % et 80 % de leurs plantes médicinales dans la nature sauvage.[56] Les médicaments naturels sont commercialisés à l'international, avec un marché estimé à plus de 50 milliards de dollars annuellement.[57] Les espèces sauvages fournissent également des matières premières pour le développement pharmaceutique ; les forêts sont des sources particulièrement importantes de composés médicinaux[58] et certaines entreprises paient le droit d'explorer dans les zones protégées ou d'autres régions de haute biodiversité.

Plus fondamentalement, passer du temps dans la nature est reconnu comme un facteur critique dans le maintien de la santé mentale et physique. On a calculé qu'aux États-Unis, chaque dollar investi dans l'activité physique entraîne une économie de coûts médicaux de 3,2 dollars[59] et les personnes ayant accès à des espaces publics attrayants sont susceptibles de marcher plus.[60] Un nombre croissant de pays encourage les randonneurs, coureurs et cyclistes à utiliser les réserves naturelles comme lieu d'exercice, également connu comme le concept de « green gym ». En Écosse, les avantages des forêts pour la santé ont été estimés entre 17,6 et 23,6 millions de dollars par an (prix en 2006), puisqu'elles aident à éviter les décès et la morbidité prématurés grâce à l'augmentation de l'exercice physique et là a réduction de la pollution atmosphérique, des coûts liés à la santé mentale et des absences au travail.[61] Les environnements naturels aident les personnes à se rétablir de la fatigue mentale et ils peuvent améliorer la capacité de convalescence après une maladie et des blessures et à faire face au stress.[62]

4. Prévention des catastrophes

Des écosystèmes naturels et bien gérés sont importants pour atténuer les effets des phénomènes météorologiques extrêmes et la progression vers des catastrophes totales. Les pires catastrophes, en termes de perte de vies humaines et de coûts économiques, ont souvent lieu dans des endroits où les défenses naturelles ont été dégradées ou détruites.[63] Les forêts protègent contre les inondations, les avalanches, les typhons et les ouragans, la désertification, la sécheresse et les glissements de terrain ; les zones humides peuvent atténuer les inondations ; et les récifs coralliens et mangroves contribuent à protéger contre les ondes de tempête, les tsunamis et les inondations.[64,65]

Certains avantages clés des services écosystémiques en termes de réduction des risques de catastrophe (RRC) sont décrits dans le tableau 4.2. Les écosystèmes sains, fonctionnels et diversifiés sont plus résistants à ces dangers. Après le tsunami asiatique de 2004, une étude au Sri Lanka a révélé qu'une zone avec un paysage varié fait de sable, de lagunes bordées de mangroves, de plantations de noix de coco, de forêts et de jardins familiaux était beaucoup moins affectée que les zones où la végétation naturelle avait été défrichée, car ces écosystèmes ont absorbé une grande partie de l'énergie des vagues.[75] La conservation des écosystèmes naturels est de plus en plus considérée comme un moyen de protection contre les dangers liés aux intempéries ou aux événements graves.[76]

Encadré 4.3 : Services écosystémiques dans le delta du Mékong

Les pêches continentales dans le bassin versant du Mékong produisent environ 2 millions de tonnes de poisson par an,[66] par exemple en contribuant à près de 80 % des protéines animales pour les personnes au Cambodge.[67] L'augmentation des populations humaines met ces ressources en danger. Les zones protégées aident à réglementer la prise en charge : 60 % des poissons capturés dans la région proviennent du lac Tonle Sap, une réserve de l'UNESCO pour l'homme et la biosphère,[68] et le parc national Ream au Cambodge fournit environ 1,2 million de dollars par an aux habitants grâce à la pêche.[69] Dans la République démocratique populaire du Lao, les zones de conservation des poissons sont co-gérées pour la pêche ; les villageois signalent une augmentation significative des stocks de plus de 50 espèces de poissons.[70]

Les services écosystémiques constituent une forme importante de réduction des risques de catastrophe. Les terres à basse altitude et les orages fréquents rendent le delta du Mékong vulnérable aux dégâts côtiers, une situation susceptible d'augmenter en cas de changement climatique. Les barrières naturelles, telles que les mangroves et les coraux, sont de plus en plus estimées. Au Sri Lanka et en Thaïlande, on a déterminé que les espèces de mangrove étaient des barrières efficaces.[71] La valeur de la protection contre les tempêtes des mangroves en Thaïlande a été estimée entre 27 264 et 35 921 dollars par hectare.[72] La restauration des mangroves peut être une option rentable pour améliorer la protection côtière. Un système de restauration de la mangrove de 1,1 million de dollars dans le nord du Vietnam a permis une protection efficace pendant les typhons et des économies d'environ 7,3 millions par an pour l'entretien des digues maritimes.[73]

Les personnes les plus pauvres dépendent toujours de la collecte de produits naturels de la forêt. Dans la zone de conservation de la biodiversité naturelle Nam Et en RDP Lao, 81 communautés villageoises dépendent de produits forestiers non ligneux dont la valeur est estimée à 1,88 million de dollars par an (30 % en revenu disponible et le reste en subsistance), fournissant aux villageois de la région un revenu par habitant supérieur à la moyenne.[74]

5. Atténuation des changements climatiques et adaptation à leurs effets.

Les forêts, prairies et zones humides saines et le sol et la sédimentation qu'elles recouvrent, contiennent des réserves de carbone et séquestrent le carbone atmosphérique, jouant un rôle clé dans l'atténuation des changements climatiques (voir chapitre 10) : par exemple, les zones humides contiennent environ 33 % du carbone de la planète.[78] À l'inverse, leur destruction et la libération de carbone constituent l'un des facteurs qui conduisent à l'accélération du changement climatique. La gestion du flux de carbone est un argument important pour persuader les gouvernements de conserver les écosystèmes naturels, bien que les programmes de compensation actuels dans le cadre de la réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation des forêts (REDD+) ne soient pas suffisants pour compenser les valeurs perdues dans le développement. Les valeurs d'atténuation climatique des écosystèmes naturels sont également reflétées dans le rôle des zones protégées.[79]

Les écosystèmes naturels et bien gérés aident également la société à s'adapter à l'évolution du climat en maintenant les services écosystémiques essentiels à la survie : la protection des rives contre la montée des mers, les bassins hydrographiques contre les inondations causées par de fortes pluies et les sources de nourriture sauvage permettent souvent aux communautés de survivre aux périodes d'urgence créées par les sécheresses ou d'autres événements météorologiques.[80]

6. Valeurs culturelles

Les écosystèmes naturels ne sont pas dépourvus d'influence humaine. Beaucoup contiennent des sites archéologiques importants, des bâtiments historiques, des chemins de pèlerinage et des usages traditionnels ou sacrés des terres. Tout comme les bâtiments emblématiques, écrivains et équipes de football, les paysages patrimoniaux et leurs espèces peuvent incarner le cœur d'une nation ou d'une région. Les zones naturelles contiennent souvent des sites sacrés ou des paysages chéris par les communautés locales, tels que les bosquets, les cascades et les montagnes sacrés. Des parcs nationaux emblématiques, tels que Yellowstone, les Blue Mountains à l'extérieur de Sydney, le Lake District au Royaume-Uni et les Alpes japonaises ont inspiré des artistes et des écrivains depuis des générations. Sur une échelle plus locale, ces habitats naturels fournissent de riches sources d'idées et d'énergie pour les poètes, les peintres, les musiciens et d'autres artistes.

© Adriel Kloppenburg

Tableau 4.2 : Rôle des écosystèmes naturels dans l'atténuation des catastrophes[77]

Événement	Rôle des écosystèmes
Inondation	Fournir de l'espace pour que les eaux de crue se dissipent sans causer de dommages majeurs Absorber les impacts des inondations avec la végétation naturelle
Glissement de terrain	Stabiliser le sol Tasser la neige Ralentir le mouvement de la terre, de la roche et de la neige et limiter l'étendue des dégâts
Tempête, tsunamis, érosion	Les coraux et les mangroves créent une barrière naturelle à la force des vagues Les racines stabilisent les zones humides
Sécheresse et désertification	Réduction de la pression (en particulier sur le pâturage) réduisant ainsi la formation du désert Maintien des populations de plantes résistantes à la sécheresse qui servent de nourriture pendant les sécheresses
Incendies	Limiter l'empiétement dans les zones les plus propices aux incendies Maintenir les systèmes de gestion traditionnels qui contrôlent les incendies Protéger les systèmes naturels intacts plus aptes à résister aux incendies
Ouragans et typhons	Atténuer les inondations et les glissements de terrain Protéger les communautés contre les impacts des tempêtes (onde de tempête)
Séismes	Prévenir ou atténuer les risques associés, dont les glissements de terrain et les chutes de roche

7. Tourisme

Le tourisme est une source majeure de revenus**,** générant 7,2 billions de dollars (soit 9,8 % du PIB mondial) et 284 millions d'emplois (1 sur 11) pour l'économie mondiale en 2015.[81] Pour de nombreux pays, les paysages naturels ou semi-naturels ont permis de développer l'écotourisme, défini comme « *Voyage responsable dans des espaces naturels qui préserve l'environnement et améliore le bien-être des populations locales* ».[82] Les dépenses globales consacrées à l'écotourisme ont augmenté de 20 % par an, soit environ six fois le taux de croissance de l'industrie.[83] Au Kenya, environ 80 % du marché du tourisme est centré sur la faune, l'industrie touristique globale générant un tiers des revenus de devises étrangères du pays.[84] L'écotourisme dépend du maintien de la qualité des ressources foncières ; un paysage dégradé ou une faune disparue ne seront plus attrayants pour les visiteurs.

8. Matières premières

De nombreuses matières premières sont collectées dans la nature, souvent en quantités énormes, dont le bois de construction, le bois de chauffage, la résine, le caoutchouc, l'herbe, le rotin et les minéraux et de nombreuses communautés dépendent de ces moyens de subsistance. Des exemples sont présentés dans le tableau 4.3 ci-dessous.

Estimation de la valeur des écosystèmes naturels

Tandis que les services d'approvisionnement, tels que les aliments, les carburants et les fibres, ont des valeurs de marché, la valeur des autres avantages des écosystèmes naturels peut être évaluée à trois niveaux : *qualitatif*, *quantitatif*et *monétaire*.[85] L'évaluation qualitative se concentre sur des valeurs non numériques, par exemple en décrivant le rôle d'une montagne ou d'un paysage particulier dans la définition de la culture et de l'identité locales. Les indicateurs quantitatifs de la valeur se concentrent sur les données numériques, telles que le nombre de visiteurs ou la quantité de carbone stockée dans un parc national. L'évaluation monétaire reflète les valeurs des services en termes monétaires, par exemple en calculant les revenus générés par les poissons capturés dans un système fluvial ou la valeur du carbone stocké dans une tourbière en supposant qu'il existe des marchés pour ces services. Ce sont avant tout les services d'approvisionnement qui peuvent être estimés par des indicateurs monétaires. Par conséquent, une

Tableau 4.3 : Exemples de matériaux collectés dans les écosystèmes naturels.

Typologie	Valeur	Exemple
Matériaux pour la construction ou la protection physique (dont le bois, les roseaux, le bambou et les graminées)	Logement	Dans la péninsule du Yucatan au Mexique, la valeur du chaume de palmier pour les matériaux de toiture est estimée à 137 millions de dollars par an.[85]
Matériaux pour le pâturage du bétail (graminées, plantes)	Alimentation (bétail)	Un pourcentage significatif des 471 millions d'animaux indiens est alimenté par le pâturage forestier ou le fourrage prélevé dans les forêts.[86]
Combustibles (bois de construction, bois de chauffage)	Combustible (cuisson et chauffage)	Dans les pays en développement, 2,4 milliards de personnes – plus d'un tiers de la population mondiale – dépendent du bois ou d'autres combustibles à biomasse pour la cuisine et le chauffage.[87]
Matériaux pour l'artisanat (dont les graminées, roseaux, graines, bois, bambou, etc.)	Revenus	Dans la réserve naturelle de Caprivi en Namibie, l'une des rares sources de revenus pour les femmes locales est la vente de paniers en feuilles de palmiers aux touristes. En 2001, ces producteurs étaient passés de 70 dans les années 80 à plus de 650.[88]
Matériaux collectés et **vendus** (en tant que tels ou comme intrants dans d'autres produits) pour générer des revenus (dont les coraux, les coquilles marines, le caoutchouc, le liège, le miel, etc.)	Revenus	Les champignons Matsutake collectés dans la réserve naturelle chinoise de Baimaxueshan ont permis de multiplier les revenus par 5 à 10 dans 70 villages.[89] Un kilogramme de ces champignons peut générer plus de revenus que le salaire annuel moyen dans la province de Yunnan.[90]
Matériaux à valeur traditionnelle, culturelle ou spirituelle	Culturel/ spirituel	Dans la région nordique, les PFNL, tels que les champignons, les herbes et les baies, sont extrêmement importants sur le plan culturel et économique.[91]

évaluation complète des avantages est susceptible de s'établir sur une combinaison des trois.

Une estimation de l'ensemble des services écosystémiques en 2011 était de 125 à 145 billions de dollars par an.[86] Le défi est de savoir comment intégrer ces valeurs dans la prise de décision : pour un propriétaire de terrain individuel ou quelqu'un qui utilise une ressource naturelle, il est souvent plus rentable à court terme de dégrader la ressource même si le coût pour la société dans son ensemble est beaucoup plus élevé. Les systèmes de Paiement pour services écosystémiques (PSE) tentent d'aborder ces problèmes en effectuant des paiements directs à ceux qui maintiennent et restaurent les services écosystémiques. La façon dont ces valeurs profitent aux personnes les plus pauvres est une question plus complexe et dépend de questions, telles que la qualité de la gouvernance, l'état de droit, le degré de corruption et la volonté des décideurs de soutenir les programmes de réduction de la pauvreté.[87]

Encadré 4.4 : Évaluation de la valeur des systèmes de parcs nationaux en Europe de l'Est

Dans la région de l'Arc Dinarique d'Europe (pays de l'ex-Yougoslavie et de l'Albanie), une évaluation a été réalisée en 2013 et 2014, en utilisant une méthodologie standardisée,[88] des services écosystémiques dans tous les parcs nationaux de la région. Les ateliers ont permis de mieux connaître les cultures et les traditions locales et de sensibiliser à la gamme des avantages offerts par le parc. Certains modèles clairs ont émergé dans la région, de la façon dont les aires protégées peuvent mieux promouvoir la conservation, protéger la culture locale et élaborer des stratégies de financement durable : dans 96 % des aires protégées, les intéressés reçoivent des avantages économiques du tourisme et l'utilisation commerciale de l'eau a une grande valeur économique dans plus de la moitié, tandis que 60 % des aires protégées ont des valeurs alimentaires locales. Il existe un potentiel de développement de la valorisation des marques pour les produits locaux/régionaux des aires protégées (miel, champignons, plantes médicinales, fromage). Les zones protégées étaient un employeur important dans les régions qui avaient subi un déclin rural, rendant leur avenir important pour les politiciens locaux. Un système d'évaluation ascendant impliquant plus d'un millier de personnes dans 58 parcs nationaux fournit des informations claires sur les valeurs des services écosystémiques, même si beaucoup n'ont pas été calculées en termes économiques.[89]

CONCLUSION

Le maintien ou l'amélioration de la capacité de production de la terre et de ses ressources associées nous oblige à maintenir et à dépasser une position basée sur « aucune perte nette » de la qualité de la terre. Il s'agit de préserver ou d'améliorer la capacité du sol, de l'eau et de la biodiversité à soutenir les fonctions et services nécessaires à l'écosystème afin de répondre aux exigences actuelles et aux besoins du futur.

Une gestion plus durable des ressources foncières peut aider à combler les écarts de récolte, à accroître la résilience au stress et aux chocs et propices à la santé humaine, au bien-être et à la sécurité à long terme. Le WAD fournit un aperçu global utile de l'état et des tendances de la condition de nos ressources foncières ainsi que des impacts humains potentiels. En identifiant les zones sous pression, les décideurs peuvent être habilités à prendre des mesures correctives et à créer un environnement encourageant les parties prenantes à faire de même.

RÉFÉRENCES

1 Joint Research Centre of the European Commission. Forthcoming. World Atlas of Desertification. 3rd edition. Ispra, Italy.

2 http://www.unccd.int/en/programmes/Science/Monitoring-Assessment/Documents/Decision22-COP11.pdf

3 http://www.millenniumassessment.org/en/index.html

4 Yengoh, G.T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A.E., and Tucker III, C.J. 2015.Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales. Springer.

5 GEO. 2017. Earth Observations in support of the 2030 Agenda for Sustainable Development. Geneva. http://www.earthobservations.org/documents/publications/201703_geo_eo_for_2030_agenda.pdf

6 Metcalfe, D.J. and Bui, E.N. 2017. Australia State of the Environment 2016: Land. Australian Government Department of the Environment and Energy, Canberra.

7 Geist, H.J. and Lambin, E.F. 2004. Dynamic causal patterns of desertification. Bioscience **54**: 817-829.

8 Craglia, M. and Shanley, L. 2015. Data democracy – increased supply of geospatial information and expanded participatory processes in the production of data. International Journal of Digital Earth **8-9**: 1-15.

9 Ramankutty, N., Evan, A.T., Monfreda, C., and Foley, J.A. 2008. Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000. Global Biogeochemical Cycles **22** doi:10.1029/2007GB002952.

10 Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., et al. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. Science **342**: 850-853.

11 For example Geist, H. 2005. The Causes and Progression of Desertification. Gower Publishing, London.

12 Pekel, F., Cottam, A., Gorelick, N., and Belward, A.S. 2016. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. Nature **540**: 418-422.

13 Thornton, P.K. 2010. Livestock production: Recent trends, future prospects. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences **365**: 2853-2867.

14 Eswaran, H., Reich, P., and Vearasilp, T. 2004. Perspectives on desertification during the Anthropocene. In: Faz Cano, A., Ortiz, R., and Garcia, G. (eds.) Fourth International Conference on Land Degradation, Cartagena, Murcia, Spain, September 2004. ISBN 84-95781-42-5.

15 Mythili, G. and Goedecke, J. 2015. Economics of land degradation in India. In: Nkonya, E.M., Mirzabaev, A., and von Braun, J. (eds.) Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development. Springer International Publishing, Cham. pp. 431-469.

16 Indian Space Research Organisation. 2016. Desertification and Land Degradation Atlas of India. Government of India, Delhi.

17 PR China State Forestry Administration. 2008. Atlas of Desertified and Sandified Land in China.

18 Conte, T.J. 2015. The effects of China's grassland contract policy on Mongolian herders' attitudes towards grassland management in northeastern Inner Mongolia. Journal of Political Ecology **22**: 79-97.

19 Pekel, J.F., et al. 2016. Op. Cit.

20 Rasmussen, K., D'haen, S., Fensholt, R, Fog, B., Horion, S., et al. 2016. Environmental change in the Sahel: reconciling contrasting evidence and interpretations. Regional Environmental Change **16** (3): 673-680.

21 Herrmann, S.M., Sall, I., and Oumar, S. 2014. People and pixels in the Sahel: A study linking coarse-resolution remote sensing observations to land users' perceptions of their changing environment in Senegal. Ecology and Society **19** (3): http://dx.doi.org/10.5751/ES-06710-190329.

22 Fensholt, R., Langanke, T., Rasmussen, K., Reenberg, A., Prince, S.D., et al. 2012. Greenness in semi-arid areas across the globe 1981-2007 — an Earth observing satellite based analysis of trends and drivers. Remote Sensing of Environment **121**: 144-158.

23 Brandt, M., Hiernaux, P., Tagesson, T., Verger, A., Rasmussen, K., et al. 2016. Woody plant cover estimation in drylands from Earth observation based seasonal metrics. Remote Sensing of Environment **172**: 28-38.

24 Fensholt, R., Rasmussen, K., Kaspersen, P., Huber, S., Horion, S., et al. 2013. Assessing land degradation/recovery in the African Sahel from long-term Earth observation based primary productivity and precipitation relationships. Remote Sensing **5** (2): 664-686.

25 Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P.H., Rosales, M., Ibrahim, M., et al. 2007. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. Global Environmental Change **17**: 86-104.

26 Zak, M.R., Cabido, M., Cáceres, D., and Díaz, S. 2008. What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic, and technological factors. Environmental Management 42: 181-189.

27 Vallejos, M., Volante, J.N., Moscario, M.J., Vale, L.M., Bustamante, M.L., et al. 2015. Transformation dynamics of the natural forest cover in the Dry Chaco ecoregion: A plot level geo-database from 1976-2012. Journal of Arid Environments **123**: 3-11.

28 REDAF. 2012. Monitoreo de Deforestación en los Bosques Nativos de la Región Chaqueña. Red Agroforestal Chaco Argentina, 1-34.

29 Grau, H.R., Tortres, R., Gasparri, N.I., Blendinger, P.G., Marinaro, S, et al. 2015. Natural grassland in the Chaco: A neglected ecosystem under threat by agriculture expansion and forest-orientated conservation policies. Journal of Arid Environments **123**: 40-46.

30 De Freitas, P.L. de and Landers, J.N. 2014. The transformation of agriculture in Brazil through development and adoption of Zero Tillage Conservation Agriculture. International Soil and Water Conservation Research **2** (1): 35-46.

31 Ramalho-Filho, A., de Freitas P.L., and Claessen, M.E.C. 2009. Land degradation and the zero-tillage system in Brazil. Advances in GeoEcology **40**: 311-324.

32 Hernani, L.C., de Freitas, P.L., Pruski, F.F., de Maria, I.C., Castro-Filho, C., et al. 2002. A Erosão e seu Impacto (Water Erosion and its impact). In: Manzatto, C.V., Freitas-Júnior, E. and Peres, J.R.R. (eds.) Uso agrícola dos solos Brasileiros (Agricultural use of Brazilian Soils). Embrapa, Rio de Janeiro, pp. 47-60.

33 Landers, J.N., Barros, G S., de Rocha, M.T., Manfrinato, W.A., and Weiss, J. 2001. Environmental impacts of zero tillage in Brazil: A first approximation. Proceedings of the World Congress on Conservation Agriculture. Conservation agriculture: A worldwide challenge. FAO-ECAF, Madrid, pp. 317-326.

34 Díaz, S., Fargione, J., Chappin III, S.F., and Tilman, D. 2006. Biodiversity loss threatens human wellbeing. PLoS Biology **4** (8): 1300-1305.

35 Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., et al. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. Nature **486**: 59-67.

36 Oliver, T.H., Isaac, N.J.B., August, T.A., Woodcock, B.A., Roy, D.B, et al. 2015. Declining resilience of ecosystem functions under biodiversity loss. Nature Communications. DOI: 10.1038/ncomms10122.

37 Agrawal, A. and Redford, K. 2006. Poverty, Development, and Biodiversity Conservation: Shooting in the Dark? Working Paper number 26. Wildlife Conservation Society, New York.

38 Millennium Ecosystem Assessment. 2003. Ecosystems and Human Wellbeing: A framework for assessment, Millennium Ecosystem Assessment, Island Press, Covelo, California and New York.

39 Cohen-Sacham, E., Walters, G. Janzen, C., and Maginnis, S. (eds.) 2016. Nature-based solutions to address societal challenges. IUCN, Gland, Switzerland.

40 Zhang, W., Ricketts, T.H., Kremen, C., Carney, K., and Swinton, S.M. 2007. Ecosystem services and disservices to agriculture. Ecological Economics **56** (2): 253-260. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.02.024

41 Elliott, J., Grahn, R., Sriskanthan, G., and Arnold, C. 2002. Wildlife and Poverty Study, Department for Environmental Development, London, UK.

42 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. General Synthesis Report. Island Press, Washington, DC.

43 Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J., and Vaissière, B.E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecological Economics **68**: 810-821.

44 Goulson, D., Nicholls, E., Botias, C., and Rotheray, E.L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides and lack of flowers. Science, **347** (6229): 1255957.

45 Hunter, D. and Heywood, V.H. (eds.) 2011. Crop Wild Relatives: A Manual of In Situ Conservation. Earthscan, London.

46 Pimentel, D., Wilson, C., McCullum, C., Huang. R., Dwen, P., et al. 1997. Economic and environmental benefits of biodiversity. BioScience **47**: 747-757.

47 Stolton, S., Boucher, T., Dudley, N., Hoekstra, J., Maxted, N., et al. 2008. Ecoregions with crop wild relatives are less well protected, Biodiversity **9** (1-2): 52-55.

48 Hamilton, L. 2008. Forests and Water. FAO Forestry paper 155. FAO, Rome.

49 Reid, W.V. 2001. Capturing the value of ecosystem services to protect biodiversity. In: Chichilenisky, G., Daily, G.C., Ehrlich, P., Heal, G., et al. (eds.) Managing human-dominated ecosystems, Monographs in Systematic Botany 84, Missouri Botanical Garden Press. St Louis, USA.

50 Stolton, S. and Dudley, N. (eds.) 2010. Arguments for Protected Areas. Earthscan, London.

51 http://www.un-page.org/countries/page-exchange/ecuador

52 Dudley, N. and Stolton, S. 2003. Running Pure: The importance of forest protected areas to drinking water, WWF, Gland.

53 Nobre, A.D. 2014. The Future Climate of Amazonia: Scientific Assessment Report. ARA: CCST-INPE: INPA. São José dos Campos, SP, Brazil.

54 World Health Organization. 2002. WHO Traditional Medicine Strategy 2002-2005. WHO, Geneva.

55 Hamilton, A., Dürbeck, K., and Lawrence, A. 2006. Towards a sustainable herbal harvest: A work in hand. Plant Talk, **43**: January.

56 Alves, R.R.N. and Rosa, L.M.L. 2007. Biodiversity, traditional medicine and public health: Where do they meet? Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine **3**: 14. doi:10.1186/1746-4269-3-14.

57 Cunningham, A.B., Shanley, P., and Laird, S. 2008. Health, habitats and medicinal plant use. In: Colfer, C.J.P. (ed.), Human health and forests: A global overview of issues, practice and policy. Earthscan, London.

58 Pierce Colfer, C.J., Sheil, D., and Kishi, M. 2006. Forests and human health: Assessing the evidence. CIFOR Occasional Paper 45. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia.

59 Bird, W. 2004. Natural Fit: Can Green Space and Biodiversity Increase Levels of Physical Activity? RSPB and The Faculty of Public Health, UK.

60 Giles-Corti, B., Broomhall, M.H., Knuiman, M., Collins, C., Douglas, K., et al. 2005. Increasing walking – How important is distance to, attractiveness, and size of public open space? American Journal of Preventative Medicine **28**: 2.

61 RPA and Cambridge Econometrics. 2008. The Economic Impact of Scotland's Natural Environment. Scottish Natural Heritage Commissioned Report No. 304, Scotland.

62 Maller, C., Townsend, M., Pryor, A., Brown, P., and St. Leger, L. 2006. Healthy nature – healthy people: 'Contact with nature' as an upstream health promotion intervention for populations. Health Promotion International **21** (1): 45-54.

63 Abramovitz, J. 2001. Unnatural Disasters. Worldwatch Paper 158, Worldwatch Institute, Washington, DC.

64 Stolton, S., Dudley, N., and Randall, J. 2008. Natural Security: Protected areas and hazard mitigation. WWF, Gland, Switzerland.

65 Renaud, F.G., Sudmeier-Rieux, K., and Estrella, M. (eds.) 2013. The Role of Ecosystems in Disaster Risk Reduction. United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris.

66 Welcomme, R.L., Cowx, I.G., Coates, D., Béné, C., Funge-Smith, S., et al. 2010. Inland capture fisheries. Philosophical Transactions of the Royal Society B **365**: 2881-2896.

67 Hortle, K.G. 2007. Consumption and the yield of fish and other aquatic animals from the Lower Mekong Basin. MRC Technical Paper 16, Mekong River Commission: Vientiane, Laos.

68 ICEM. 2003. Regional Report on Protected Areas and Development: Review of Protected Areas and Development in the Lower Mekong River Region. ICEM, Indooroopilly, Queensland, Australia.

69 Emerton, L. (ed.) 2005. Values and Rewards: Counting and Capturing Ecosystem Water Services for Sustainable Development. IUCN, Ecosystems and Livelihoods Group Asia, Sri Lanka.

70 Baird, I. 2000. Integrating Community-Based Fisheries Co-Management and Protected Areas Management in Lao PDR: Opportunities for Advancement and Obstacles to Implementation. Evaluating Eden Series. International Institute for Environment and Development, London, UK.

71 Tanaka, N., Sasaki, Y. Mowjood, M.I.M., Jinadasa, K.B.S.N., and Homchuen, S. 2007. Coastal vegetation structures and their functions in tsunami protection: Experience of the recent Indian Ocean tsunami. Landscape and Ecological Engineering **3**: 1. DOI:10.1007/s11355-006-0013-9

72 Sathirathai, S. and Barbier, E.B. 2001. Valuing mangrove conservation in Southern Thailand. Contemporary Economic Policy **19**: 109-122.

73 Brown, O., Crawford, A., and Hammill, A. 2006. Natural Disasters and Resource Rights: Building resilience, rebuilding lives. International Institute for Sustainable Development, Manitoba, Canada.

74 ICEM. 2003. Lessons learned in Cambodia, Lao PDR, Thailand and Vietnam. ICEM, Indooroopilly, Queensland, Australia.

75 Caldecott, J. and Wickremasinghe, W.R.M.S. 2005. Sri Lanka: Post-Tsunami Environmental Assessment. United Nations Environment Programme, Nairobi.

76 Murti, R. and Buyck, C. (eds.) 2014. Safe Havens: Protected areas for disaster risk reduction and climate change adaptation. IUCN, Gland, Switzerland.

77 Drawn from Stolton, S., et al. 2008. Op cit.

78 Pritchard, D. 2009. Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in developing countries (REDD) - the link with wetlands. A background paper for Foundation for International Environmental Law and Development, London.

79 Dudley, N., Stolton, S., Belokurov, A., Krueger, L., Lopoukhine, N., et al. (eds.) 2009. Natural Solutions: Protected areas helping people cope with climate change, IUCN-WCPA, TNC, UNDP, WCS, The World Bank and WWF, Gland, Switzerland, Washington, DC, and New York.

80 Andrade Pérez, A., Herrera Fernandez, B., and Cazzolla Gatti, R. (eds.) 2010. Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field. IUCN, Gland, Switzerland.

81 http://www.wttc.org/research/economic-research/economic-impact-analysis/#undefined accessed January 16, 2017.

82 TIES website : www.ecotourism.org

83 TEEB. 2009. The Economics of Ecosystems and Biodiversity, Summary for Policy Makers. UNEP and EC, Nairobi and Brussels.

84 The International Ecotourism Society, 2000 Ecotourism Statistical Fact Sheet.

85 Kettunen, M. and ten Brink, P. (eds.) 2013. Social and Economic Benefits of Protected Areas: An assessment guide. Routledge, UK.

86 Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., et al. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002.

87 Dudley, N., Mansourian, S., Stolton, S., and Suksuwan, S. 2008. Safety Net: Protected areas and poverty reduction, WWF International, Gland, Switzerland.

88 Stolton, S. and Dudley, N. 2009. The Protected Areas Benefits Assessment Tool. WWF International, Gland, Switzerland.

89 Ivanić, K.Z., Štefan, A., Porej, D., and Stolton, S. 2017. Using a participatory assessment of ecosystem services in the Dinaric Arc of Europe to support protected area management. PARKS **23** (1): 61-74.

CHAPITRE 5

RESSOURCES TERRESTRES ET SÉCURITÉ HUMAINE

Ce chapitre examine certains des problèmes de sécurité humaine plus vastes liés à l'état de la terre. De nombreuses pressions sous-jacentes sur les ressources foncières ne sont pas immédiatement évidentes. Des éléments de preuve considérables suggèrent que les personnes sont plus susceptibles d'utiliser la terre de manière durable si elles ont un droit d'occupation. Pourtant, l'insécurité reste élevée dans de nombreux pays et le phénomène croissant d'« accaparement des terres » aggrave la situation.

Les inégalités entre les sexes mettent beaucoup de femmes et leurs familles en danger croissant, les laissant parmi les plus vulnérables. Pourtant, dans la pratique, on s'attend à ce qu'elles assument la responsabilité de la gestion des terres alors qu'un nombre croissant d'hommes migre à la recherche d'un emploi.

La croissance des revenus crée simultanément de grandes classes moyennes avec de nouveaux modes de consommation qui entraînent une utilisation insoutenable des terres et qui augmente les inégalités massives existantes en termes de richesse. Les conflits liés à des ressources limitées peuvent engendrer des pressions locales et parfois mondiales. Un résultat a été une augmentation de la migration rurale vers les villes, principalement dans les états ou entre états voisins. De plus en plus, la migration à plus longue distance contribue aux tensions sociales et politiques avec des ramifications dans le monde entier.

INTRODUCTION

L'interaction de l'écologie, du climat et de la gestion humaine des ressources terrestres façonne le monde depuis des millénaires. Cela fait près de 9 000 ans que le début de la colonisation d'Ain Ghazal, maintenant Amman, en Jordanie, a été partiellement abandonné, en raison de la dégradation des terres causée par l'abattage d'arbres et par l'élevage intensif de chèvres.[1] De même, le refroidissement périodique du climat a causé des ravages dans les communautés agricoles, entraînant leur désintégration et l'abandon de zones autrefois fertiles. En Grande-Bretagne, les zones de hautes terres cultivées pendant des milliers d'années ont été désertées pendant les périodes plus froides à la fin de l'âge du bronze et seules quelques-unes ont été réinvesties.[2] Même si le climat reste stable, la mauvaise gestion des ressources naturelles peut entraîner la perte de services écosystémiques essentiels, potentiellement suivie par l'effondrement des sociétés humaines qui en dépendent.[3] Les humains n'ont pas toujours une fière histoire de gestion des terres, avec des exemples de pratiquement toutes les parties du monde, depuis l'histoire la plus ancienne jusqu'à nos jours.[4] La vague de colonisation originaire d'Europe au 16e siècle a conduit à la surexploitation massive des ressources foncières par ceux qui avaient peu d'intérêt pour leur statut à long terme.[5]

Il est simpliste et généralement inexact de supposer que la dégradation des terres est la principale cause de bouleversements sociaux importants, des migrations, de la discorde ou des conflits. Les cultures humaines sont complexes et les sociétés évoluent en raison de multiples facteurs sociaux, politiques, économiques et environnementaux qui interagissent. Mais il est de plus en plus reconnu que la disponibilité et l'accès aux ressources foncières contribuent à certains de ces bouleversements sociaux.[6,7] Il existe des liens entre la santé et la stabilité des écosystèmes gérés et naturels, par exemple la mesure dans laquelle ils assurent la sécurité alimentaire et de l'eau et la sécurité générale des communautés humaines, leur résilience au stress et aux chocs et, finalement, aux problèmes de migration ou aux risques de conflit.

Encadré 5.1 : Île de Pâques – écocide, génocide ou épidémie ?

Rapa Nui ou Île de Pâques est l'une des îles inhabitées les plus reculées au monde, au milieu de l'océan pacifique, à mille miles de son voisin le plus proche et célèbre pour ses centaines de têtes de pierre massive (moai) sculptées par les habitants pour des raisons qui ne sont pas entièrement comprises. Rapa Nui a souffert d'un collapsus écologique avec l'extinction de nombreuses espèces indigènes (y compris tous les oiseaux terrestres) ; la destruction de ce qui a pu être l'une des plus grandes colonies d'oiseaux de mer au monde ; la déforestation presque complète et l'extinction de plusieurs espèces d'arbres ; ainsi que l'érosion généralisée des sols. Mais qui en est responsable ?

Les débats sur Rapa Nui montrent la difficulté d'identifier les causes et les effets, ainsi que les dangers des explications simplistes. Les Polynésiens se sont installés sur l'île il y a longtemps[8] et l'on pense qu'ils ont graduellement dégagé les forêts sur une période de 400 ans. Une hypothèse est que l'introduction de rats peut avoir augmenté le taux de perte,[9] bien que les données du pollen ne montrent aucune preuve d'une invasion de rats.[10] Certains chercheurs affirment qu'ils ont littéralement manqué d'espace et de sol fertile et qu'ils ont subi un déclin de leur civilisation, entraînant des conflits inter-tribaux et le cannibalisme ; au moment où les colons européens sont arrivés, seuls des restes de la population subsistaient.[11] D'autres soutiennent que, tandis que les Polynésiens avaient définitivement causé des dégâts écologiques généralisés, leur société était viable jusqu'à l'arrivée des Européens et qu'ils ont ensuite été décimés par des maladies contre lesquelles ils avaient peu de résistance.[12] D'autres encore soulignent les répercussions des commerçants d'esclaves péruviens, qui ont capturé beaucoup de personnes dans les années 1860.[13] L'élevage d'ovins généralisé a conduit à la phase finale de la dégradation[14] provoquant l'extinction de certaines espèces au 20e siècle. La société était-elle en train de s'autodétruire quand les Européens sont arrivés ou auraient-ils pu stabiliser le sol et préserver l'agriculture ? L'agriculture dans certaines parties de l'île avait apparemment été abandonnée bien avant l'arrivée des Européens.[15] Les Européens ont-ils aggravé ou précipité l'effondrement de la société ? Quel rôle a joué le climat ? Voici quelques-unes des questions récurrentes lorsque l'on cherche à comprendre les interactions exactes entre l'homme et l'environnement.

Ce chapitre examine certaines des questions de sécurité humaine plus larges, liées à la dégradation des terres et la convergence des preuves décrites au chapitre 4 :

1. **Régime foncier :** l'utilisation durable est fortement influencée par la sécurité des droits des populations sur les ressources foncières
2. **Égalité des sexes :** les sociétés traditionnelles, habituellement patriarcales, désavantagent les femmes
3. **Pénuries de ressources :** elles aggravent l'insécurité mondiale, en termes de quantité de ressources foncières et de matériaux nécessaires
4. **Inégalité croissante :** la tendance à une croissance économique rapide désavantage les plus démunis, qui sont souvent contraints à des approches de gestion des terres non durables
5. **Migration et sécurité :** partiellement attribuées aux changements écologiques dans de nombreuses régions du monde

1. RÉGIME FONCIER

Qui possède la terre, qui a le droit d'utiliser les terres et les ressources naturelles et la sécurité de ces droits influent de manière significative sur la façon dont la terre est gérée. Les changements entre diverses formes de gouvernance publique, privée et communautaire sont motivés par des changements sociaux et politiques plus larges qui vont souvent bien au-delà du contrôle des personnes vivant dans un seul endroit. La propriété est distincte du régime d'occupation et la plupart des États finissent par « posséder » les terres, dans la mesure où ils se réservent le droit de supplanter les droits individuels.

La cible 2.3 de l'Objectif de développement durable vise à « *doubler la productivité agricole et les revenus des petits producteurs alimentaires, en particulier les femmes, les autochtones, les exploitants familiaux, les éleveurs et les pêcheurs, y compris en assurant l'égalité d'accès aux terres, aux autres ressources productives et intrants, au savoir, aux services financiers, aux marchés et aux possibilités d'ajout de valeur et d'emplois autres qu'agricoles* ».

©Albert Gonzalez Farran

Encadré 5.2 : Types de titulaires

Régime foncier nationalisé : l'État a la pleine propriété et les individus ne disposent que de droits d'utilisation. Le gouvernement central peut déléguer son autorité aux gouvernements régionaux.

Régime foncier en pleine propriété : considéré comme conférant un droit de propriété fort, impliquant le droit de posséder, de contrôler, de gérer, d'utiliser et de disposer de la propriété, bien que la plupart des États aient également des contrôles sur ce qui peut être fait sur des terres en pleine propriété. Les droits peuvent également être annulés par l'expropriation de l'État. La propriété en pleine propriété peut être conditionnelle, par exemple lorsque les paiements ou les développements ont été achevés.

Droit foncier au bail : fondé sur la notion de location pour des périodes variées. Les terres appartenant à une entité – soit à l'État soit à un particulier – sont, par accord contractuel, louées à une autre entité. Ces baux peuvent être longs ou courts. Dans la pratique, les baux de 99 ans sont considérés aussi sécurisés que le régime foncier en pleine propriété.

Location : occupation locative de terres appartenant à l'État ou appartenant à un particulier.

Régime foncier coopératif : les terres appartiennent à une coopérative ou à un groupe dans lequel les membres sont copropriétaires.

Régime foncier coutumier : les terres appartiennent à des communautés autochtones ou locales et elles sont administrées conformément à leurs coutumes. La propriété appartient à la tribu, au groupe, à la communauté ou à la famille. La terre est souvent attribuée par les autorités coutumières telles que les chefs. Les droits fonciers coutumiers sont spécifiques à l'emplacement et souvent flexibles, ils se chevauchent et ils comprennent des mécanismes de règlement des différends et des droits individuels et collectifs afin d'utiliser les ressources foncières locales.[19]

Le régime d'occupation – les conditions dans lesquelles les terres sont détenues et occupées – est plus important que la propriété. Un régime d'occupation et un accès à la terre et à d'autres ressources naturelles clairement définis et sûrs constituent la base de l'intendance à long terme, ainsi que des mécanismes pour concilier les revendications concurrentes faites par différents utilisateurs et groupes d'intérêt. Un régime foncier sûr est reconnu comme un facteur important dans la gestion durable des terres et dans la réduction du risque de dégradation de l'environnement ; un régime foncier sûr est lié à une déforestation réduite.[16] Cependant, la dégradation des terres peut parfois continuer à se dérouler dans des conditions de régime d'occupation sûr, comme dans de nombreuses régions d'Europe, ce qui renforce le fait que le régime doit être soutenu par des politiques et des règlements clairs si l'on veut éviter la dégradation.

Les systèmes de régime foncier diffèrent largement entre les pays et à l'intérieur de ceux-ci. Ils sont le produit de facteurs historiques et culturels, composés des droits coutumiers et/ou légaux sur la terre et de ses ressources connexes, ainsi que des relations sociales qui en résultent entre les membres de la société.[17] Le régime d'occupation peut être défini comme la façon dont les terres sont détenues ou acquises par des individus et des groupes, ou l'ensemble des relations définies de façon légale ou coutumière entre les personnes par rapport à la terre.[18] Les systèmes d'occupation ont évolué progressivement et ils continuent souvent à changer avec le temps. Dans certains cas, ils ont été influencés par des processus révolutionnaires, tels que le renouvellement des systèmes fonciers existants grâce à une réforme foncière redistributive ou à une collectivisation forcée des terres, comme dans les diverses révolutions du 20e siècle. Dans certains pays, les décideurs politiques ont renforcé le rôle de l'État dans l'attribution et la gestion des terres, souvent par la nationalisation de terres non enregistrées détenues dans le cadre d'un régime coutumier ou inversement par un régime plus formalisé qui donne aux individus et aux communautés un plus grand contrôle de leurs terres. Bien que de nombreux pays aient réorganisé leurs cadres juridiques et réglementaires liés à la terre et, dans certains cas, harmonisé le droit légal avec les arrangements coutumiers, des régimes fonciers et des droits de propriété instables continuent de prévaloir, notamment dans le monde en développement.

Au cours du 19e siècle, le colonialisme a introduit de nouvelles dimensions de la propriété foncière et le titrage dans de nombreuses régions du monde, fondées sur la propriété et le bail et qui ignorent ou remplacent généralement les formes existantes de régime foncier coutumier. La tendance d'établissement de la propriété privée s'est poursuivie tout au long du 20e siècle et elle été adoptée par la suite par de nombreux gouvernements au moment de l'indépendance. En conséquence, les systèmes de régime foncier reposent de plus en plus sur des droits formels et statutaires qui incluent les droits de propriété privée franche et les droits locatifs, ainsi que des règles et arrangements plus informels et coutumiers.

Cette gamme de possibilités de régime foncier forme un continuum, chacun offrant un ensemble différent de droits et différents degrés de sécurité et de responsabilité. Il existe diverses formes de régime foncier religieux ainsi que des systèmes temporaires ou informels, dont l'occupation illégale.[20] En outre, une étude menée auprès de 64 pays a révélé que 10 % des terres appartiennent à des populations autochtones et à des communautés locales et 8 % ont été

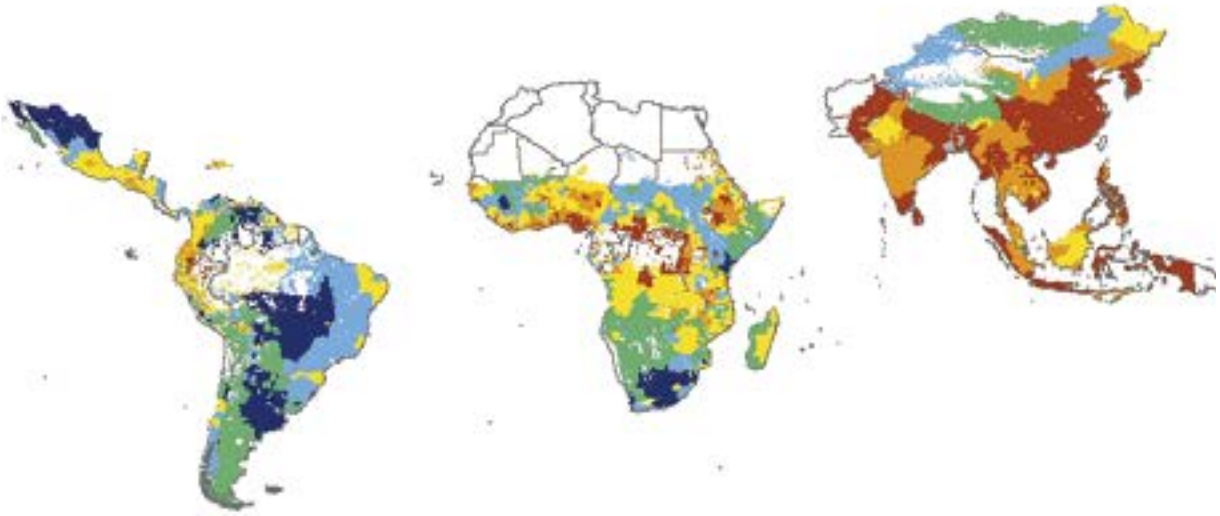


Figure 5.1: Taille des préoccupations agricoles dans les pays en développement : Utilisé avec permission[23]

Légende

- Pâturage
- extensif urbain (moyenne > 15 ha, > 90 % de pâturage)
- Très grand (c'est-à-dire > 50 ha)
- Grand (c'est-à-dire 15- 50 ha)
- Moyen (c'est-à-dire 5- 15 ha)
- Petit (c'est-à-dire 2-5 Ha)
- Très petit (c'est-à-dire < 2 ha)

désignées comme « contrôlées par » ces groupes.[21] Certaines formes de régime foncier peuvent ne concerner que certains types d'utilisations ou des périodes particulières de l'année.

Le rôle dominant que joue l'agriculture dans l'utilisation des terres rurales signifie que les agriculteurs contrôlent et gèrent une grande partie de la terre. On estime qu'il existe 570 millions de fermes dans le monde, dont la grande majorité sont petites ; 410 millions font moins d'un hectare et 475 millions moins de 2 hectares. En dépit de ces chiffres, les petits exploitants qui cultivent moins de 2 hectares occupent seulement 12 % des terres agricoles totales, le reste étant détenu par des fermes beaucoup plus importantes.[22]

Bien que certains gouvernements aient, à des degrés divers, reconnu une gamme d'arrangements d'occupation comme légitimes, le « régime d'occupation sûr » tend toujours à être strictement défini en termes de conditions légales et statutaires, comme les titres fonciers individuels. Cependant, cela ne reflète pas les réalités sur le terrain et réduit considérablement le nombre de personnes qui peuvent se permettre ou avoir accès à un régime d'occupation « formel », en particulier les femmes et les pauvres en milieu rural des pays en développement. La formalisation peut également avoir des répercussions perverses en ce sens que les personnes pauvres peuvent être tentées de vendre des terres pour joindre les deux bouts ou elles peuvent éroder et déplacer les réseaux et arrangements sociaux existants qui offrent potentiellement une plus grande sécurité.[24] Les problèmes sont particulièrement graves en Afrique subsaharienne, où la majorité de la population reste sans terre. En Afrique du Sud, par exemple, 80 % des terres agricoles appartenaient toujours à la minorité blanche en 2013.[25] Globalement, en Afrique, seulement 10 % des terres rurales sont enregistrées, laissant 90 % administrées de façon informelle.[26] Des problèmes de régime foncier semblables s'étendent dans le monde entier ; l'Inde possède la plus grande population de personnes sans terre sur la planète.[27]

Aujourd'hui, les systèmes de régime foncier et les droits de propriété changent rapidement, comme en témoignent les incidents croissants d'expropriation foncière et les conflits liés à la terre,[28] en partie à cause de la spéculation et de la valeur élevée accordée aux bonnes terres agricoles.

Régime foncier, enregistrement et règlement des différends

Dans les pays où les systèmes de régime d'occupation restent informels ou sont variables, une réponse commune a été d'introduire une initiative d'enregistrement foncier : enregistrer les droits sur les terres sous la forme d'actes ou par l'enregistrement de titres. Dans ces cas, il existe deux éléments importants à considérer : le registre, qui enregistre les droits de propriété et le cadastre qui fournit des informations sur l'emplacement, les limites, l'utilisation et les valeurs des parcelles. Cette approche est mise en place par de nombreux gouvernements de pays en développement afin de fournir aux utilisateurs de la terre une plus grande sécurité,[29] dans le but d'améliorer les investissements liés aux terres[30] et de favoriser le développement des marchés financiers ; les efforts consentis à ce jour ont rencontré des taux de succès variés. Bien que parfois utiles pour résoudre les problèmes de régime d'occupation à long terme, les nouveaux systèmes d'enregistrement des terres institutionnalisent souvent les inégalités inhérentes.

La plupart des systèmes de titrage ont été conçus en termes d'individus et ils ignorent souvent ceux qui ont des droits d'utilisation informels, comme les femmes, les enfants, les migrants, les personnes déplacées à l'intérieur du pays, les éleveurs, les chasseurs et cueilleurs et d'autres groupes minoritaires. En outre, les droits fonciers collectifs, tels que les droits fonciers familiaux, n'ont pas été traités de manière adéquate, ni les problèmes liés à la situation juridique des terres communautaires, dont les forêts, les zones humides et les pâturages, qui sont habituellement gérés de façon coutumière. Le titrage des terres peut être un processus long et coûteux, surtout si les propriétaires

communautaires de terres ne sont pas clairement définis et si de nouvelles entités formelles doivent être établies.

Les conflits fonciers se concentrent souvent sur la démarcation, la propriété, la garde et l'héritage des terres ou proviennent de la violation des droits détenus de façon coutumière. Les différends fonciers ont entraîné des tensions sociales et des conflits ouverts dans de nombreux pays. En Amérique latine, les conflits éclatent principalement entre les paysans sans terre et les grands propriétaires fonciers et entre les communautés sans terre et les communautés autochtones. Les principaux moteurs des conflits fonciers comprennent une combinaison d'accès et de contrôle inéquitables des terres, la dégradation des ressources naturelles, les griefs historiques et les pressions démographiques, exacerbés par la faiblesse de la gouvernance et la corruption politique.

La répartition inéquitable et le manque d'accès/de contrôle des terres et de ses ressources peuvent être des facteurs clés de la pauvreté, de l'insécurité alimentaire et de la dégradation des terres. La réaffectation des droits afin de établir une répartition plus équitable des terres peut être une stratégie puissante pour promouvoir le développement économique et la durabilité environnementale, mais il n'y a pas de lien direct entre la formalisation des droits fonciers, la sécurité des régimes d'occupation, le développement économique et la paix.

Comme on l'a mentionné, les approches standard de formalisation du régime foncier, axées uniquement sur les droits de propriété privés et/ou individuels, peuvent créer des problèmes parce qu'elles ne tiennent pas compte des droits collectifs. D'autres approches visent à créer des régimes de gouvernance foncière qui encouragent la coopération entre l'administration centrale, le gouvernement local et les autorités coutumières. Les éléments des processus réussis comprennent la réconciliation entre la légalité et la légitimité ; l'élaboration d'un consensus ; la définition d'une stratégie de mise en œuvre réaliste et adaptable ; et l'assurance de la viabilité financière pour la gestion des services fonciers.[31]

Un certain nombre de mécanismes ont été élaborés pour résoudre les différends au niveau national ou local. Au Ghana, un conseil des anciens et des comités d'allocation des terres devraient aider les fiduciaires coutumiers.[32] En Tanzanie, la Commission des terres a recommandé la participation des aînés (Wazee) aux tribunaux pour assurer un règlement équitable des différends fonciers.[33] En Colombie, un quart de la terre est devenu un territoire indigène lorsqu'une nouvelle constitution est entrée en vigueur en 1991.[34]

Bien qu'il existe un consensus général sur la nécessité de redistribuer les terres dans de nombreux pays, il existe souvent des controverses sur la façon de le faire de manière pacifique, équitable et légale, sans invoquer la corruption rampante, l'ingérence politique, la recherche de loyer ou les conflits sociaux.[35] Il existe de fréquentes contradictions entre les règles formelles et informelles et les institutions, ce qui entraîne des conflits et des inefficacités. L'un des objectifs des politiques de réforme agraire est de trouver des moyens de combiner ces différents systèmes, afin d'assurer que l'égalité des droits entre les femmes et les hommes pour détenir et utiliser les biens soit la pierre angulaire du progrès social et économique.

Bien qu'il existe un consensus général sur la nécessité de redistribuer les terres dans de nombreux pays, il existe souvent des controverses sur la façon de le faire de manière pacifique, équitable et juridique, sans invoquer la corruption endémique, l'ingérence politique, la recherche de loyer ou les conflits sociaux.

Accaparement de terres et terres virtuelles

Les « accaparement de terres » sont un phénomène croissant en Amérique centrale et du Sud, en Afrique, dans le Pacifique et en Asie du Sud-Est[36] qui se réfère à l'acquisition par des intérêts extérieurs des droits de récolte de bois ou d'établissement de fermes commerciales, de plantations ou d'activités de bétail à grande échelle sur les terres dans des pays en développement où le régime d'occupation est historiquement collectif, communal ou coutumier.[37] Bien que les cas les plus connus impliquent des grandes sociétés d'investissement basées au Moyen-Orient, en Asie, en Amérique du Nord et en Europe qui acquièrent des terres agricoles en Afrique subsaharienne, les accaparements de terre sont plus communément lancés par des investisseurs nationaux soutenus par leurs propres gouvernements.[38] De tels changements abrupts dans le contrôle de vastes étendues de terre sont le reflet moderne d'un phénomène historique, dont les guerres territoriales chroniques, la colonisation, la collectivisation socialiste et la dépossession des peuples indigènes.

Les accaparements de terres sont souvent illégaux, en ce sens qu'ils contreviennent à la loi, ou irréguliers, en ce sens qu'ils exploitent les lacunes de la loi, les incohérences entre les lois et les systèmes fonciers ou qu'ils profitent de la corruption ou de la coordination et de la capacité réduites du gouvernement. Cependant, les accaparement de terres totalement légaux peuvent présenter plusieurs des mêmes problèmes.

Les pays riches incapables de répondre à leurs propres besoins en matière d'alimentation et d'eau ont acquis des terres dans les pays en développement avec de nombreuses terres arables et des ressources en eau, dans certains cas pour se prémunir contre les pénuries alimentaires et d'eau chez eux. En 2004-2009, les investisseurs étrangers ont acquis des terres dans 81 pays ;[40,41] cependant, de nombreuses transactions sont effectuées sans avis public. On estime que durant la période 2000-2011, environ 200 millions d'hectares ont changé de mains, la taille moyenne des terres se situant autour de 40 000 hectares. On estime qu'environ deux tiers de ces acquisitions ont

Encadré 5.3 : Déclaration de Tirana[39]

Les acquisitions ou les concessions de terres à grande échelle sont définies comme des expropriations de terre si elles sont caractérisés par un ou plusieurs des éléments suivants :

- Violations des droits de l'homme, en particulier l'égalité des droits des femmes ;
- Non fondées sur le consentement gratuit, préalable et éclairé des utilisateurs des terres concernées ;
- Non basées sur une évaluation approfondie ou ne tiennent pas compte des impacts sociaux, économiques et environnementaux, y compris les identités sexuelles
- Non basées sur des contrats transparents qui précisent des engagements clairs et contraignants concernant les activités, l'emploi et le partage des avantages ;
- Non basées sur une planification démocratique efficace, un contrôle indépendant ou une participation significative.

Des exemples de Tanzanie, du Kenya et de Madagascar confirment que les expropriations de terre se produisent souvent contre la volonté des habitants existants, que la corruption est répandue et que les divisions socio-économiques locales augmentent après la mise en place d'une expropriation des terres.

eu lieu en Afrique subsaharienne, où plus de 2 milliards de dollars ont été investis. Près de 10 % de la superficie totale cultivée et de 35 % des terres cultivables potentiellement disponibles en Afrique ont été acquises par de grandes entités, avec plus de 70 millions d'hectares attribués aux biocarburants.

On estime que plus de 12 millions de personnes dans le monde font face à la conséquence directe d'une perte de revenus du ménage, avec des impacts significatifs au Gabon, au Liberia, en Malaisie, au Mozambique, en Papouasie-Nouvelle-Guinée, en Sierra Leone, au Soudan du Sud et au Soudan.[42] Des scientifiques ont également exprimé de sérieuses inquiétudes concernant le volume d'eau capturé et utilisé par ces nouvelles préoccupations puissantes dans des pays de zones arides et les taux élevés de déforestation dans les zones de terres accaparées dans le sud-est asiatique et au Brésil.[43] Les accaparements de terres ont tendance à représenter un faible pourcentage du total des terres agricoles disponibles, mais ils se regroupent dans des endroits où la fertilité, le transport et l'accès à l'eau et aux marchés sont particulièrement favorables.[44] Bien que peu de données empiriques soient disponibles, il semble probable que cela cause des déplacements et migrations involontaires considérables.[45]Des exemples de la Tanzanie, du Kenya et de Madagascar[46] confirment que les accaparements de terres se produisent souvent contre la volonté des habitants existants, que la corruption est répandue et que les divisions socio-économiques locales augmentent après la mise en place d'un accaparement de terres[47] Les accaparements de terre peuvent également accroître les tensions et le potentiel de conflit au sein des communautés et entre les groupes concernés et les gouvernements.[48]

Les préoccupations en matière de sécurité alimentaire sont des facteurs importants qui obligent les pays à externaliser les ressources foncières à l'étranger, soit indirectement, soit par des investissements directs étrangers grâce à des acquisitions de terres à grande échelle[49] La plus grande expansion des terres cultivées à l'échelle mondiale peut être liée à la production de cultures destinées à l'exportation, en particulier les cultures vivrières dans les pays tropicaux. D'autres facteurs importants incluent la récente récession économique et les cibles de biocarburants liées aux stratégies d'atténuation du climat. Une analyse de 1 204 accords conclus, couvrant plus de 42,2 millions d'hectares de terres, a montré que les cultures alimentaires et non alimentaires jouent le rôle le plus important, tant en termes de nombre d'accords fonciers que de superficie, de même que la demande croissante de biocarburants liquides par l'UE et de nombreux autres pays.[50] La Malaisie, les États-Unis, le Royaume-Uni, Singapour et l'Arabie saoudite constituent les cinq principaux pays investisseurs et représentent 45 % des terres mondiales sous contrat et 37 % de toutes les transactions foncières mondiales.[51] Cependant, il existe des preuves de l'augmentation des acquisitions à grande échelle grâce à des investissements transnationaux dans les régions des pays en développement : les investissements de la Libye au Mali ; ceux de l'Île Maurice au Mozambique ; et ceux de l'Égypte en Éthiopie.[52] En Afrique, les gouvernements agissent souvent comme partenaires de coentreprise dans certaines de ces transactions foncières. En outre, les politiques gouvernementales peuvent stimuler le capital privé afin d'investir dans l'acquisition de terres étrangères et les accords ont été stimulés par l'Organisation mondiale du commerce, les politiques nationales en matière d'alimentation, d'agriculture et de commerce et le déploiement des marchés fonciers commerciaux.[53,54]

L'insécurité persistante des régimes d'occupation exacerbe les problèmes créés par l'accaparement des terres. Les petits agriculteurs et les éleveurs ne possèdent souvent aucun titre formel sur la terre, même s'ils possèdent un régime foncier coutumier[55] et une indemnité n'est versée que dans un tiers des cas aux personnes ou aux communautés qui perdent l'accès à la terre.[56] Les partisans des investissements fonciers à grande échelle soutiennent qu'ils offrent des possibilités d'accroître la productivité sur des terres qui n'ont pas encore été intensivement cultivées. En même temps, ceux qui s'opposent à ces investissements soutiennent que si ces investissements offrent des possibilités de développement, les pauvres des zones rurales sont expulsés ou perdent l'accès à la terre, à l'eau et à d'autres ressources connexes[57] ou ils sont piégés dans des accords de passation de marchés mal payés. Près de la moitié des accords fonciers existants analysés concernaient des terres anciennement détenues par des communautés,[58] poussant les gens vers les villes, les zones marginales ou les forêts naturelles restantes.[59] En République démocratique

du Congo, les investissements agricoles à grande échelle ont apparemment poussé les agriculteurs locaux dans un parc national.[60]

Une critique plus fondamentale de la manifestation moderne de l'accaparement des terres est qu'il repose sur l'hypothèse que l'agriculture monoculture à grande échelle est la seule voie réaliste, fermant les portes à d'autres approches.[61] Les terres agricoles mixtes qui fournissent des services écosystémiques et qui soutiennent la biodiversité ainsi que de nombreuses familles sont remplacées par des monocultures qui ne fournissent aucun de ces avantages supplémentaires.[62] Olivier de Schutter, le Rapporteur spécial de l'ONU sur le droit à l'alimentation, a soutenu que « ce dont nous avons besoin, ce n'est pas de réglementer l'accaparement des terres comme si cela était inévitable, mais de proposer un autre programme d'investissement agricole ».[63]

Régime d'occupation plus sûr et plus équitable

La gestion des problèmes de régime foncier nécessite un certain nombre d'étapes claires, qui varieront selon le stade de développement dans un pays donné. La FAO a établi les Directives volontaires pour une gouvernance responsable des régimes fonciers, qui fournit un cadre d'action solide.[64] Certains des éléments clefs sont les suivants :

1. Cadres de décision et juridiques : des politiques et des réformes légales sont souvent nécessaires afin d'assurer la sécurité du régime foncier pour les petits agriculteurs, les communautés rurales et les populations autochtones. Cela implique l'élaboration de politiques et de lois foncières favorables aux pauvres, ainsi que des programmes de renforcement des capacités qui permettent aux détenteurs de droits traditionnels d'utiliser la loi et de prendre des décisions éclairées sur leurs terres.
2. Règlement des conflits ou des différends : des mécanismes de résolution des conflits respectés sont indispensables à l'échelle locale et nationale. La nature et la portée des conflits fonciers doivent être bien comprises avant toute intervention. Les décisions et les jugements doivent être appliqués et les mécanismes de résolution considérés comme légitimes par les citoyens.
3. Redistribution : les sources de terres disponibles doivent être identifiées si la redistribution doit être une option, bien qu'elle soit controversée et souvent difficile à réaliser. L'achat et la redistribution des terres par les gouvernements, directement par les bénéficiaires ou par des fonds fiduciaires fonciers devraient soutenir les moyens de subsistance des groupes marginalisés. Des fonds sont nécessaires pour l'indemnisation et la fourniture d'infrastructures rurales.
4. Administration des terres : des améliorations de l'efficacité sont nécessaires pour les systèmes d'enregistrement et de titrage, formalisant et sécurisant les transactions foncières et la réglementation des marchés fonciers, dont la création d'organes administratifs locaux afin de définir les règles et de maintenir les systèmes d'information et l'évaluation régulière des terres.

© ELD Initiative

5. Aménagement du territoire et conservation des ressources naturelles : élaboration d'une nouvelle approche intégrée à long terme de l'aménagement du territoire et de la conservation des ressources naturelles, dont le renforcement de la résilience des communautés vulnérables à la dégradation de l'environnement et au changement climatique.[65] La planification devrait être intergénérationnelle, motivante, participative, impliquant tous les acteurs concernés et basée sur une collecte et un traitement de données efficaces et complets.
6. Protection des terres : la question de l'accaparement des terres est complexe et elle nécessite une vision territoriale qui
1) reconnaît les droits des communautés locales à utiliser, gérer et contrôler les terres et autres ressources naturelles en tant que base pour le développement axé sur la communauté et la construction de sociétés équitables et justes ; et
2) qui encourage des modèles d'investissement dans l'agriculture et d'autres activités terrestres rurales qui sont durables sur le plan social économique et environnemental.

La proportion de femmes agricultrices augmente progressivement dans de nombreux endroits et une féminisation de l'agriculture est en cours dans de nombreux pays qui continueront à changer la perception du rôle agricole des femmes.

2. QUESTIONS D'ÉGALITÉ DES SEXES

Les rapports entre hommes et femmes et les relations communautaires avec l'environnement déterminent la capacité des femmes et des hommes à gérer les moyens de subsistance et les terres. Les femmes, dans de nombreux pays en développement, n'ont souvent pas de propriété, de droit d'occupation ou de contrôle sur les terres, les ressources naturelles ou la production commerciale. Les femmes, dont les droits sont facilités par leurs maris, leurs frères ou leurs pères, deviennent encore plus vulnérables car elles peuvent perdre leurs droits de propriété ou d'occupation après la migration, le veuvage, le divorce ou la désertion.[66] Le régime d'occupation est souvent considéré comme un élément positif contribuant à des pratiques solides de gestion des terres, une production agricole plus élevée et une plus grande influence dans la prise de décision communautaire.[67] Au fur et à mesure que les sociétés évoluent, plus d'hommes migrent à la recherche de travail ou connaissent des taux de mortalité plus élevés, ce qui peut faire des femmes les responsables des ménages.[68]

Les femmes jouent un rôle important dans de nombreuses formes de gestion des terres, dont la production alimentaire, mais elles sont souvent très désavantagées en raison des droits, des rôles et des responsabilités spécifiques au genre, réduisant leur qualité de vie et celle de leurs enfants. On pense que les femmes représentent 43 % de la main-d'œuvre agricole mondiale, avec des différences régionales importantes (en moyenne moins en Amérique latine et plus en Afrique).[69] De nombreuses femmes travaillent comme travailleuses non rémunérés dans les fermes familiales plutôt que comme agricultrices. En Europe, les femmes représentent 41 % des travailleurs agricoles, mais cela masque de grandes différences entre les pays.[70] Aux États-Unis, moins de 3 % des agriculteurs « commerciaux » qui exploitent des entreprises stables et prospères sont des femmes et l'agriculteur moyen gagne 17 fois plus que l'agricultrice moyenne.[71] Il n'existe toujours pas d'estimation précise de la proportion d'aliments produits par les femmes[72] et certains chercheurs pensent que le nombre de femmes agricultrices a été exagéré,[73] mais l'importance de leur rôle ne fait aucun doute.

Les agricultrices ont généralement une production plus faible par unité de terre[74] et elles sont moins susceptibles d'être impliquées dans des activités commerciales[75] que les agriculteurs. C'est le résultat de la tendance des femmes à avoir des fermes plus petites sur des terres plus marginales ; à moins d'accès aux informations techniques et aux institutions de crédit ; à faire face à des contraintes sociales et des responsabilités familiales qui entravent la productivité ; et souvent plus de parents dépendants et relativement moins de main-d'œuvre pour aider au travail. Les services de vulgarisation visent normalement les hommes et, dans certaines sociétés, les normes culturelles présentent des obstacles supplémentaires pour les fournisseurs de services de vulgarisation masculins dans leur travail avec les agricultrices. Pourtant, si ces obstacles sont supprimés, les agricultrices sont en moyenne aussi productives voire plus productives que les hommes.[76] La réduction de l'écart entre les sexes dans l'utilisation des intrants et des technologies pourrait augmenter les rendements pour les agricultrices de 20 à 30 pour cent et augmenter la production agricole totale dans les pays en développement de 2,5 à 4 pour cent.[77]

Des différences de genre existent également en ce qui concerne l'élevage, bien que l'on connaisse moins la productivité relative des femmes et des hommes dans ce domaine.[78] Selon des estimations, les femmes constituent les deux tiers des éleveurs pauvres et sont susceptibles d'élever la volaille et d'autres animaux à la maison.[79] Cependant, au fur et à mesure que la taille des entreprises d'élevage augment, le rôle des femmes diminue souvent.[80]

Cependant, les rôles liés au genre dans l'agriculture changent. L'émigration des hommes des zones rurales à la recherche d'emplois est un facteur important non seulement pour l'accroissement de la charge de travail chez les agricultrices, mais elle entraîne également de nouveaux rôles pour les femmes. L'émigration oblige les femmes à mener à bien une partie du travail précédemment accompli par les hommes, tels que l'élevage des animaux de ferme[81] et l'engagement dans des activités génératrices de revenus, en plus de leur production agricole et de leurs activités ménagères.[82] La proportion de femmes agricultrices augmente progressivement dans de nombreux endroits

© Petteri Kokkonen/UNDP

Encadré 5.4 : Comprendre les rôles de genre et la terre

Différents cadres théoriques existent pour examiner les rôles de genre. *L'écofeminisme* couvre une « variété de différentes perspectives féministes sur la nature des liens entre la domination des femmes (et d'autres humains opprimés) et la domination de la nature ... » de même que « les théories et pratiques concernant les humains et l'environnement naturel qui ne sont pas réservées aux hommes. »[93] *L'analyse de la vulnérabilité humaine* peut être appliquée, par exemple, au positionnement des parties en faveur de la dégradation des terres et au rôle que l'État peut jouer en conférant un privilège et une faveur aux hommes au détriment des femmes. *L'analyse de la vulnérabilité* met l'accent sur l'importance d'adopter une approche axée sur le cycle de vie pour les problèmes sociétaux, en accordant une attention particulière aux besoins découlant des rôles, des responsabilités et du stade de la vie.[94] Alors que l'écofeminisme se concentre sur l'approche patriarcale vis-à-vis de la nature, l'analyse de la vulnérabilité examine comment les gouvernements pourraient répondre de manière utile. L'analyse de la vulnérabilité appelle à la reconnaissance des tâches cachées liées à la reproduction et à la prise en charge dans la famille, principalement réalisées par les femmes ; ce rôle de prise en charge s'étend à la terre, où les rôles de subsistance des agricultrices ne sont pas évalués et ils sont donc exclus du Produit Intérieur Brut. Dans le contexte de la dégradation des terres, l'approche consiste à examiner comment l'inégalité entre les sexes place les agricultrices dans une position socio-économique moins résiliente, en ce qui concerne le maintien ou l'augmentation de la productivité des terres et répondant au changement climatique.

Dans le cadre du programme de réforme agraire aux Philippines, plus de la moitié des certificats fonciers délivrés ne comprennent toujours pas le nom de la femme, malgré une ordonnance de longue date d'inclure les noms des deux conjoints.

et une féminisation de l'agriculture est en cours dans de nombreux pays qui continueront à changer la perception du rôle agricole des femmes.[83]

En particulier, dans les pays en développement, les rôles traditionnels des femmes les rendent responsables de nombreux autres aspects de l'utilisation et de la gestion des terres, y compris la collecte et la préparation du bois de chauffage, de l'eau, du fourrage, des herbes médicinales, des fruits et des graines.[84] On a estimé que les femmes, dans certaines parties du Kenya, peuvent brûler jusqu'à 85 pour cent de leur apport calorique quotidien pour aller chercher de l'eau.[85] Les femmes sont principalement responsables de la collecte du bois de chauffage dans les forêts tropicales sèches, sauf où il existe des contraintes sociales telles que lePurdah (réclusion féminine).[86] La dégradation de l'environnement augmente le fardeau pour les femmes : par exemple, le temps nécessaire à la collecte du bois de chauffage dans l'Himalaya a augmenté d'environ 60 pour cent au cours du dernier quart de siècle en raison de la baisse de la productivité de la forêt ; les femmes et les enfants assument pratiquement tout ce travail.[87]

Les femmes rurales sont en première ligne des groupes marginalisés touchés par la dégradation des terres, rendant les politiques de neutralité responsables de la dégradation des terres en tenant compte de l'égalité des sexes et de sa mise en œuvre impérative aux niveaux local et national. Si les terres des ménages ruraux se dégradent, le fardeau des femmes augmente parce qu'elles doivent trouver d'autres façons de compléter la diminution de la production alimentaire tout en conservant leurs rôles reproductifs et de garde. Ces activités incluent généralement la vente de leur main-d'œuvre à des agriculteurs plus riches ou à un petit commerce uniquement pour acheter suffisamment de nourriture pour leur propre famille.[88]

Une façon dont les femmes gèrent de multiples rôles est la formation de groupes de femmes où elles s'entraident pour les tâches de production (par ex., labourage, semis, récolte), la garde des enfants et d'autres formes de coopération, comme l'aide aux services financiers. Ces groupes existent dans de nombreux pays d'Afrique,[89] en Asie,[90] et aux États-Unis.[91] Le changement climatique et ses conséquences amplifient les inégalités de genre existantes, exerçant une pression supplémentaire sur « les rôles des sexes déjà fragiles, sous-évalués et précaires au niveau communautaire, qui façonnent la nature et l'étendue de l'exposition, de la sensibilité et des conséquences. »[92] Le rôle essentiel que jouent les femmes en tant que productrices de biens et de services en fait un partenaire stratégique important à la fois dans la réalisation des SDG et de l'agenda du changement climatique.

Les systèmes traditionnels d'héritage et de transferts de propriété, en particulier des terres agricoles, sont principalement patrilinéaires ; cependant, un nombre croissant de pays reconnaissent désormais les droits fonciers des femmes dans leurs constitutions et leurs lois. Au Laos, une femme mariée a droit à la moitié de tout bien acquis pendant le mariage ;[95] Le Rwanda a reconnu les droits fonciers des femmes en vertu de la loi.[96] Lorsque les agricultrices disposent déjà de droits fonciers informels ou coutumiers, le titre formel peut parfois être acquis par la conversion du titre coutumier en titre de propriété libre enregistré auprès de l'État ou par la reconnaissance légale et la codification du titre coutumier dans le registre du gouvernement.[97] Cependant, dans la plupart des pays en développement, les femmes n'ont encore accès à la terre et aux ressources naturelles connexes que par leurs maris ou les proches de sexe masculin. Ceci est particulièrement important pour une femme si elle devient la chef de famille de facto en raison de la migration masculine, de l'abandon, du divorce ou d'un décès. Dans les milieux urbains et ruraux, les droits de propriété indépendants dans ces circonstances peuvent signifier la différence entre la dépendance à l'égard du

Encadré 5.5 : Stratégies de genre pour la neutralité de la dégradation des sols

L'objectif de développement durable 5.c stipule « *Adopter et renforcer de bonnes politiques et une législation exécutoire pour la promotion de l'égalité des sexes et l'autonomisation de toutes les femmes et de toutes les filles à tous les niveaux.* » Ces stratégies devraient viser à assurer l'égalité entre les sexes, ce qui peut atténuer les effets injustes des normes et attitudes patriarcales qui prévalent encore dans de nombreuses communautés rurales du monde entier, y compris :[100]

- Reconnaissance et engagement des femmes en tant que gestionnaires de terres dans différents aspects, y compris en tant qu'agricultrices et pas seulement comme aides agricoles[101]
- Veiller à ce que toutes les initiatives prises pour réhabiliter et restaurer les terres dégradées soient sensibles au genre et répondent aux intérêts et aux besoins des agricultrices et des gestionnaires de terres
- Partager les meilleures pratiques et, le cas échéant, modifier la législation afin de permettre aux femmes de surmonter les obstacles auxquels elles sont confrontées pour sécuriser les droits fonciers et les droits relatifs aux ressources
- S'attaquer aux lois perverses et aux incitations politiques qui entravent l'efficacité et le développement des femmes dans les activités de production alimentaire
- Veiller à ce que les services de vulgarisation agricole incluent les femmes et répondent aux besoins spécifiques à chaque sexe des femmes et des hommes,[102] par exemple en formant des femmes vulgarisatrices, en changeant les pratiques d'enseignement, les initiatives par les pairs, la formation continue, etc.[103]
- S'assurer que les femmes agricultrices aient un accès direct aux apports de ressources et aux services financiers, tels que les programmes de microfinance qui ne dépendent pas de leurs maris[104]
- Renforcer les voix des femmes utilisatrices de terres à tous les niveaux dans les processus politiques grâce à des réformes, au renforcement des capacités et aux incitations
- Accroître la participation des femmes à la recherche agricole et au développement[105]

soutien familial ou de la charité et la capacité de former un ménage viable, autonome et dirigé par une femme.[98]

Le changement vient lentement et les réformes juridiques ne sont pas toujours égales aux changements de réalité sur le terrain pour les communautés confrontées à la plus grave dégradation des terres. Même lorsque des réformes sont faites, les coutumes et la tradition peuvent ralentir l'adoption et le rythme du changement. Dans le cadre du programme de réforme agraire aux Philippines, plus de la moitié des certificats fonciers délivrés ne comprennent toujours pas le nom de la femme, malgré une ordonnance de longue date d'inclure les noms des deux conjoints.[99]

3. MANQUE DE RESSOURCES

Les conflits sur les ressources limitées peuvent engendrer des pressions locales et parfois mondiales. Depuis que le Club de Rome a publié son rapport Limites de la croissance en 1972,[106]des préoccupations concernant l'épuisement éventuel des ressources naturelles de la Terre ont suscité une attention croissante. La volatilité des prix et la concurrence localisée sur les ressources naturelles limitées peuvent être les signes précurseurs de l'instabilité et des conflits futurs. Bien que bon nombre des premières études aient été exactes en reconnaissant que le monde atteignait des limites en termes de ressources disponibles, le calendrier était souvent trop pessimiste ; le monde a déjà survécu à plusieurs des points de basculement prévus pour la disponibilité des aliments, des minéraux et de l'énergie. Mais pour combien de temps encore ?

Jusqu'à présent, lorsque des pénuries sont apparues, elles ont souvent été des questions de politique concernant[107] l'énergie et la nourriture,[108] ou une combinaison de facteurs[109] plutôt que de la pénurie réelle de ressources. Les erreurs passées soulignent également combien il est difficile d'estimer les ressources à l'échelle mondiale.

Les estimations des stocks restants de minéraux et d'autres matériaux distinguent les réserves et les ressources : les réserves sont raisonnablement connues et accessibles à l'aide de la technologie actuelle, alors que les ressources sont moins connues (y compris leurs quantités) et elles sont peut-être non viables en raison des coûts économiques ou environnementaux élevés qu'implique l'extraction. Certains analystes comprennent une troisième catégorie de réserves « non découvertes », qui sont déduites d'une compréhension générale de la géologie et des reliefs. Notre connaissance des stocks de ressources mondiales est moins exacte qu'on ne le suppose souvent. En 2004, la compagnie pétrolière Shell a choqué le marché financier en réduisant ses propres réserves de pétrole d'environ un tiers, une « perte » de plus de 4 milliards de barils. Le tableau 5.1 résume l'état des connaissances sur certaines ressources importantes tandis que le taux de consommation augmente. L'extraction mondiale annuelle des matières premières est passée de 22 milliards de tonnes en 1970 à environ 70 milliards de tonnes en 2010, avec les matériaux non métalliques utilisés pour les bâtiments présentant l'augmentation la plus forte ; au cours de cette période, il y a eu également une baisse globale de l'efficacité de l'utilisation des matériaux, entraînant une extraction encore plus importante que ce que suggèrent les statistiques.[110]

Tableau 5.1 : Perspectives mondiales pour les ressources naturelles clés

Ressources naturelles	Disponibilité estimée
Terres	La disponibilité de bonnes terres agricoles par habitant diminue en raison de la croissance des populations, de l'urbanisation, de la demande croissante de cultures alimentaires et non alimentaires et de la dégradation des terres, ce qui a conduit à l'utilisation de zones marginales et à la conversion continue des écosystèmes naturels. Voir la deuxième partie.
Alimentation	La plupart des analyses concluent que l'augmentation de la population et des niveaux de consommation nuira à la capacité des agronomes et des agriculteurs à maintenir l'augmentation de la productivité à un niveau suffisamment important pour maintenir le rythme. Dans ces conditions, les pénuries mondiales pourraient être résolues en réduisant les déchets et en modifiant les régimes alimentaires, en particulier en réduisant la proportion de produits animaux consommés. Voir chapitre 7.
Eau	La quantité d'eau est constante, mais sa disponibilité dans différentes parties du monde change et l'accroissement des problèmes de pénurie d'eau est attendu dans de nombreux endroits. Voir chapitre 8.
Pétrole et gaz naturel	Certains analystes croient que l'approvisionnement en pétrole a atteint un sommet et que le monde sera confronté à une pénurie d'énergie ;[111] d'autres ne sont pas d'accord.[112] Beaucoup pensent qu'il y a suffisamment de pétrole et de gaz naturel pour voir une transition vers des sources d'énergie renouvelables ; ils évaluent les approvisionnements comme étant suffisants, mais la plupart sont classés comme des ressources plutôt que comme des réserves, ce qui signifie qu'ils ne sont pas complètement connus ou présentent des difficultés techniques pour les extraire de manière économiquement ou écologiquement rationnelle.[113] Voir chapitre 10.
Charbon	En théorie, il existe des centaines d'années stocks, mais ils sont concentrés dans quelques pays ; certains analystes prédisent la fin du charbon bon marché et un pic vers le milieu du siècle en raison de divers facteurs, y compris de la pollution et des préoccupations climatiques.[114]
Bois	Il existe suffisamment de stocks de bois industriel. À l'heure actuelle, 1,2 milliard d'hectares de forêts sont gérés pour la production, la moitié dans les pays à revenu élevé, mais seulement 8 % dans les pays à faible revenu : les abattages en 2011 ont été d'environ 3 milliards de m^3, moins d'un pour cent du stock croissant.[115] La gestion durable des forêts est encore très insuffisante dans de nombreux pays tropicaux, bien que la zone reconnue comme gérée de manière durable augmente.[116] L'accès à certaines espèces d'arbres indigènes de grande valeur, en particulier les feuillus tropicaux, diminue et entraîne des effets néfastes sur les forêts naturelles restantes. En 2004, environ la moitié du bois tropical commercialisé était estimé illégal.[117]
Bois de chauffage	Il existe des pénuries localisées qui ont d'importantes conséquences sociales et écologiques.[118]
Azote	La synthèse de l'ammoniac industriel par le procédé Haber-Bosch convertit l'azote et l'hydrogène atmosphérique , habituellement depuis le gaz naturel, vers l'ammoniac, facilitant ainsi la production à grande échelle et illimitée d'engrais nitrés, à condition que le coût de l'énergie reste faible.
Phosphate	Principalement extrait de la roche de phosphate ; les réserves mondiales actuelles seront épuisées dans 50 à 100 ans, avec des projections d'un pic vers 2030.[119] Les stocks mondiaux sont incertains et reposent fortement sur de très importantes réserves présumées au Maroc.[120] En même temps, les technologies de recyclage des phosphates augmentent.[121]
Potassium	Les réserves de potassium restent importantes, bien que concentrées dans quelques pays, en particulier au Canada (Saskatchewan) et en Russie.[122]
Fer	L'US Geological Service estime les réserves mondiales de fer à 800 milliards de tonnes de minerai brut, contenant 230 milliards de tonnes de fer ; suffisantes pour 200 ans de production aux niveaux actuels.[123]
Cuivre	Les réserves de cuivre sont estimées à 680 millions de tonnes[124] et les ressources en cuivre sont actuellement estimées à 2 100 millions de tonnes connues avec environ 3 500 millions de tonnes non découvertes.[125]

© Photo ONU/Mark Garten

Encadré 5.6 : Exploitation minière de sable[126]

Le sable et le gravier représentent la plus grande quantité de matériaux, par volume, extraits dans le monde. La production mondiale en 2000 a été estimée à plus de 15 milliards de tonnes. Le sable côtier à haute teneur en silice a été utilisé dans la fabrication du verre, mais en raison des fonctions réglementaires écologiques et des risques de formation de dunes, son élimination est désormais généralement interdite. Le sable de la dérive fluvio-glaciaire et des canaux fluviaux, lacs, lagunes et bras morts est utilisé pour la construction de bâtiments. Le sable dragué marin constitue une composante importante de l'offre globale, en particulier dans le nord-ouest de l'Europe. Le sable de rivière a été tellement exploité dans certaines zones qu'il vient à manquer dans de nombreuses régions du monde. L'extraction de sable continuelle et systématique peut causer des dommages irréversibles à l'écologie et aux économies en transformant les habitats et la biodiversité associée, en abîmant les bâtiments civils liés aux environnements fluviaux, en réduisant d'importants services écosystémiques, en restreignant les approvisionnements en eau souterraine et en impactant la qualité de l'eau potable. Les coûts environnementaux du sable extrait apparaissent rarement dans l'analyse coût-bénéfice ou l'évaluation de l'impact environnemental des industries extractives, ce qui rend l'extraction plus rentable que d'autres alternatives.

Le manque d'informations sur les effets négatifs représente un problème majeur lorsqu'il s'agit d'élaborer des systèmes réglementaires sur un usage approprié. Bien que certains pays aient des mécanismes pour traiter l'extraction du sable in situ (p. ex. l'Australie et la Malaisie) qui réussissent à protéger les rivières et les autres systèmes de production de sable, de nombreux pays en développement doivent renforcer leur politique pour amener l'extraction légale à des niveaux plus durables et lutter contre l'extraction de sable illicite.

Rendre l'usage du sable plus durable exige, en bref :

- D'utiliser le sable de rivière pour la construction et non pour le remblayage et la remise en état du terrain.
- De nouvelles technologies de construction utilisant moins de sable.
- De nouvelles technologies pour l'utilisation de toutes les qualités de sable dans la construction.
- Des alternatives au béton et au mélange ciment-sable dans les technologies du bâtiment.
- Des pénalités pour abus illégal et abusif de sable.

4. INÉGALITÉ DES REVENUS ET MODES DE CONSOMMATION NON DURABLES

La croissance et l'inégalité des revenus affectent l'assise territoriale de deux manières principales. Tout d'abord, l'augmentation générale des classes moyennes dans de nombreux pays amène un plus grand nombre de personnes à disposer d'un revenu disponible, ce qui génère des niveaux de consommation plus élevés et, dans certains cas, une demande pour des ressources qui sont insuffisantes ou qui nécessitent un usage des terres excessivement intensif. Ensuite, on observe une augmentation sans précédent de l'inégalité des revenus, forçant les personnes les plus pauvres à occuper des terres marginales où des dégradations sont plus probables, tout comme les risques de conflits civils.[127]

L'objectif 10 de développement durable vise à « *réduire les inégalités à l'intérieur et entre les pays* », et l'objectif 10.1 encourage les pays à « *assurer progressivement et durablement une croissance des revenus des 40 % de la population les plus pauvres à un rythme plus rapide que celle du revenu moyen national* ».

L'énorme développement de l'industrie de la mode et le renouvellement rapide des vêtements ont entraîné un essor de la production de coton, qui est l'un des utilisateurs de pesticides les plus importants, responsable de près d'un quart de l'utilisation mondiale de pesticides.

L'augmentation des modes de consommation pèse sur les ressources naturelles : sol, eau, biodiversité et minéraux. L'économie mondiale s'appuie sur une population qui consomme davantage, un phénomène reconnu il y a une génération[128] et qui s'accélère encore. Les niveaux de consommation ont des impacts plus complexes qu'une simple augmentation des quantités de produits utilisés. Par exemple, l'énorme développement de l'industrie de la mode et le renouvellement rapide des vêtements ont entraîné un essor de la production de coton, qui est l'un des utilisateurs de pesticides les plus lourds, responsable de près d'un quart de l'utilisation mondiale de pesticides.[129] La demande débridée d'aliments riches en protéines et coûteux en ressources agraires, abordée au chapitre 7, a provoqué, entre autres, d'énormes pertes forestières pour cultiver du soja et créer des pâturages pour le bétail. L'évolution des classes moyennes dans certains pays en développement finance également l'augmentation du commerce de la viande de brousse,[130] le braconnage et la vente d'animaux sauvages, particulièrement pour les grands prédateurs comme le tigre, mais aussi de nouveaux marchés pour les mammifères, les oiseaux et les reptiles sauvages, ce qui menace des espèces entières d'extinction. D'autres marchés de produits naturels, tels que l'ivoire d'éléphant[131] ou la corne de rhinocéros utilisée comme remède,[132] créent également une crise dans la gestion de la conservation.[133]

L'inégalité des revenus est encore plus complexe. Un pour cent de la population mondiale la plus riche possède maintenant davantage que tout le reste d'entre nous ; huit hommes détiennent les mêmes richesses que la moitié la plus pauvre du monde. Au cours des 30 dernières années, la croissance des revenus de la moitié la plus pauvre du monde a été nulle alors que les revenus des un pour cent les lus riches ont augmenté de 300 %.[134] Les liens de causalité directe entre la pauvreté et la dégradation des terres sont contestés, bien que des indices concordants suggèrent que l'inégalité sociale est mauvaise pour l'environnement, ce qui peut expliquer à son tour pourquoi les sociétés les plus inégalitaires apparaissent en moins bonne santé.[135]

5. MIGRATION ET SÉCURITÉ

On estime que 244 millions de personnes vivent et travaillent à l'extérieur de leur pays natal ;[136] beaucoup plus migrent à l'intérieur de leur propre pays. Ces migrations s'expliquent par de nombreuses raisons, dont le désir d'une vie meilleure, d'échapper à des régimes répressifs ou de fuir des conditions environnementales difficiles. Lorsque la situation devient difficile, les gens ont deux options : rester sur place et essayer de régler les problèmes, ou déménager ailleurs. Beaucoup de gens optent pour la seconde, bien que les plus pauvres et les plus vulnérables puissent en être incapables. La mobilité et la capacité de migrer sont des stratégies de subsistance importantes, en particulier parmi les populations rurales qui dépendent des biens et des services terrestres, mais aussi parmi les gens riches et éduqués qui sont prêts à déménager pour des opportunités professionnelles ou économiques.

L'objectif 10.7 de développement durable encourage les pays à « *faciliter la migration et la mobilité de façon ordonnée, sûre, régulière et responsable, notamment par la mise en œuvre de politiques migratoires planifiées et bien gérées* ».

On distingue trois formes de mobilité humaine : les migrations de personnes qui se déplacent à l'intérieur ou hors de leur pays pour des raisons socio-économiques ; le déplacement, signifiant habituellement un mouvement forcé en raison d'un conflit ou d'une catastrophe ; et la réinstallation planifiée, le mouvement de communautés vers un endroit plus sûr en réponse à des changements environnementaux irréversibles. Alors que la migration peut être une stratégie d'adaptation positive, les déplacements risquent d'accroître la vulnérabilité et la réinstallation planifiée a souvent des résultats mitigés, éloignant les personnes de souffrances immédiates mais menant parfois à de nouvelles vulnérabilités.[137]

En réponse aux pressions pesant sur les ressources terrestres, certaines migrations sont dues au fait que les régions sont surpeuplées, alors que dans d'autres endroits, ce sont le dépeuplement et la dégradation des terres les facteurs prédominants. La migration est une stratégie plus probable contre le changement climatique dans les écosystèmes vulnérables, tels que les zones arides, les montagnes et les zones côtières à faible altitude.[138] La migration rurale-urbaine, lorsque les gens se déplacent de la campagne vers les villes, est le mouvement le plus commun. Dans certains pays, les gouvernements encouragent la

La plupart des migrations se déroulent à l'intérieur des frontières et les migrations internationales se produisent principalement entre pays voisins.

migration des zones périurbaines surpeuplées vers des frontières naturelles moins développées, favorisant la déforestation et augmentant la dégradation des terres dans de nouvelles zones : le programme de transmigration indonésien est unexemple bien connu de cette approche aux résultats très mitigés.[139]

La plupart des migrations se déroulent à l'intérieur des frontières, et les migrations internationales se produisent principalement entre pays voisins. Les migrations internationales lointaines, depuis des pays à faible revenu vers d'autres à revenu élevé, représentent en moyenne un peu plus de 4 millions de personnes par an, ce qui est une contribution relativement faible aux plus de 200 millions de migrants internationaux dans le monde,[140] bien que le nombre de « migrants forcés » augmente actuellement.[141] Les migrants ont tendance à se rendre en des lieux où leurs semblables sont déjà allés, en utilisant des réseaux familiaux ou sociaux pour les aider dans leur voyage et à s'établir à leur destination.[142] Les préférences de migration changent au cours de la vie, les jeunes adultes étant typiquement les plus mobiles dans toute société, bien que les retraités migrent également, revenant souvent à leur lieu d'origine.[143]

La migration peut être temporaire ou permanente, et peut s'effectuer de manière ordonnée ou soudaine, suite à une catastrophe naturelle, une répression politique ou un conflit. Les liens entre la dégradation des terres et les migrations sont complexes, soumis à des processus sociaux, économiques, politiques, démographiques et environnementaux qui fonctionnent à l'échelle locale et à l'échelle mondiale. La plupart des migrations liées à la dégradation des terres ne se déroulent pas dans des conditions de détresse absolue, mais les ménages profitent de certaines occasions pour générer de nouvelles sources de revenus et réduire leur exposition aux risques et dangers associés aux productions agraires. Bien que la migration puisse être volontaire ou forcée, le plus souvent la décision de migrer résulte d'une combinaison des deux.

Le nombre total de migrants forcés (c.-à-d. les réfugiés et les personnes déplacées) et d'apatrides est estimé à 65 millions,[144] dont les deux tiers sont des personnes déplacées à l'intérieur de leur propre pays.[145] Les migrants volontaires sont parfois attirés par des avantages économiques, tels que les marchés du travail, les prix des produits de base, les coûts du logement et la valorisation des compétences,[146] mais aussi par l'opportunité de réduire et de diversifier leur exposition à l'incertitude économique et aux difficultés imprévues.[147] Par exemple, les populations rurales en Afrique de l'Ouest utilisent la migration de manière stratégique pour faire face à la saisonnalité inhérente au climat,[148] en envoyant des jeunes adultes en ville en saison sèche, afin de réduire la demande alimentaire des ménages et dans l'espoir qu'ils puissent gagner de l'argent.[149] Dans de nombreux pays plus pauvres, l'argent envoyé par les migrants de l'étranger représente une proportion importante des revenus des ménages ;[150] mais comme les personnes les plus pauvres sont souvent incapables de migrer, cela peut encore accroître l'inégalité. La migration peut être une solution clé dans des stratégies de subsistance durable, en particulier dans les zones arides.[151]

Comment les changements environnementaux affectent la migration

Le terme « réfugié environnemental » a été inventé pour décrire les personnes déplacées par les famines et autres catastrophes,[152] y compris les personnes déplacées de force pour ouvrir la voie à la construction de barrages ou d'autres infrastructures.[153] Les prévisions faisaient état de millions de réfugiés environnementaux.[154] Les Nations Unies ont fortement contribué à établir un lien entre les mouvements, les conflits humains et les problèmes de ressources, en réalisant notamment une analyse des guerres civiles des 70 dernières années qui indique qu'au moins 40 % de ces conflits sont liés au contrôle ou à l'utilisation contestée de ressources naturelles, comme la terre, l'eau, les minéraux ou le pétrole.[155] Cependant, de nombreux analystes sont prudents quant à octroyer à l'environnement le statut de vecteur direct des mouvements humains,[156] et se divisent en deux catégories : les « alarmistes » et les « sceptiques ».[157] Les chercheurs ont hésité à établir des liens entre les changements environnementaux et les migrations humaines, craignant d'être accusés de géodéterminisme,[158] et prétendent que les estimations sont exagérées ;[159] pourtant, les décideurs, les militaires et les gouvernements considèrent de plus en plus ce phénomène comme une réalité concrète.

Les expressions *réfugié environnemental* et *réfugié climatique*, utilisées par les militants sociaux, n'ont pas de statut dans le droit international, ce qui limite l'utilisation du terme de réfugié à ceux qui traversent les frontières nationales pour échapper à des persécutions politiques ou religieuses. De ce fait, l'environnement et le climat se retrouvent souvent négligés dans les discussions sur les migrations. Le droit international reste limité dans sa capacité à aborder les mouvements de population induits par le climat et l'environnement, bien que le fait que les accords de Cancún reconnaissent la migration, le déplacement et la réinstallation comme stratégies d'adaptation soit une nouveauté encourageante.[160] Plus récemment, la vulnérabilité aux changements climatiques a été reconnue comme un moteur de la migration,[161]considérée comme une façon pour les gens d'affronter et de s'adapter aux changements environnementaux.[162,163]

Dégradation des terres et migration

La hausse des populations humaines pèse sur la capacité maximale des terres. Parfois, ces pressions peuvent être compensées, au moins pendant un certain temps, par l'innovation, l'intensification et/ou la collaboration dans la production alimentaire :[164] dans la région de Machakos au Kenya, une

© Olivier Chassot

zone ayant subi une grave érosion des sols a été réhabilitée par des pratiques de conservation qui ont été stimulées en partie par une augmentation de la population.[165] Cependant, dans d'autres cas, un déséquilibre entre la population et la capacité de la terre peut entraîner de grands déplacements, comme en Afrique subsaharienne dans les années 1980 et au début des années 1990.[166] L'innovation est une solution plus probable lorsque les gens bénéficient d'un régime foncier sécurisé ou qu'ils ont un intérêt à demeurer sur place,[167] ou en présence de ces deux facteurs, comme le montrent de nombreux exemples.[168]

La dégradation des terres peut provoquer une migration et vice versa ; les deux phénomènes se déroulent parfois simultanément. La dégradation des terres et la migration sont donc souvent des processus étroitement interconnectés, également influencés par la croissance de la population et la disparition des droits fonciers traditionnels ou communaux au profit de la propriété privée. Il n'existe actuellement pas de statistiques fiables sur le nombre de personnes dans le monde qui ont été directement ou indirectement poussées à migrer en raison de la dégradation des terres.

La migration hors des zones rurales a généralement été une stratégie de dernier recours pour les ménages ayant perdu des cultures ou du bétail à cause de la sécheresse.

Des estimations approximatives suggèrent qu'aujourd'hui, ce nombre se compte en millions, voire en dizaines de millions de personnes chaque année, dont la plupart vivent dans les zones rurales.[169] Certains estiment que pas moins de 200 millions de personnes seront déplacées pour des raisons environnementales d'ici 2050.[170,171] D'autres reconnaissent les facteurs environnementaux comme des vecteurs secondaires importants[172] ou multiplicateurs de menaces,[173] avec des points chauds identifiés au Sahel, au Moyen-Orient, en Asie centrale et dans les régions côtières de l'est, du sud et du sud-est de l'Asie.[174]

Les petits agriculteurs des zones arides se livrent stratégiquement aux migrations saisonnières pour faire face à la variabilité générale des précipitations.[175] Les processus de migration à plus long terme à l'intérieur des pays, en particulier la tendance à l'accélération de la migration rurale-urbaine, reposent principalement sur des facteurs sociaux et économiques,[176] mais la dégradation progressive des terres est également un motif déterminant. Un élément clé de la dégradation des terres dans les régions pastorales traditionnelles est le clôturage des terres et la disparition des droits fonciers traditionnels ou communaux au profit de la propriété privée en vue de faciliter le développement commercial et l'intensification de la production agricole et bovine. En Afrique de l'Est, certains éleveurs, de plus en plus confinés dans des zones plus petites, sont obligés de laisser plus d'animaux dans des pâturages dégradés et doivent acheter du fourrage en supplément ou faire paître leurs troupeaux dans des zones qui les mettent en conflit avec d'autres exploitants des terres.[177,178] Les pressions sont aggravées par des cheptels plus importants et peuvent être exacerbées par les tentatives du gouvernement de sédentariser les agriculteurs nomades.

Cette combinaison de facteurs crée un besoin croissant de liquidités qui favorise l'émigration des jeunes vers les centres urbains.[179] Un processus similaire se déroule dans les Andes, où le modèle collectif campesino de gestion des terres est fragilisé par les gouvernements,[180] qui fragmentent les pâturages et obligent à avoir des densités de bétail plus élevées,[181] par la dégradation des terres et l'émigration.[182] Un processus d'implantation qui se renforce de lui-même, une migration pour un emploi rémunéré et une plus grande intégration des anciens peuples pastoraux dans l'économie de marché ont émergé.

Une grande partie de cette migration peut être temporaire. En Éthiopie, la plupart des migrations traditionnelles ont eu lieu dans les zones rurales sujettes à la sécheresse, notamment les migrations temporaires, saisonnières et indéfinies.[183] La migration hors des zones rurales a généralement été une stratégie de dernier recours pour les ménages ayant perdu des cultures ou du bétail à cause de la sécheresse.[184] Au Mex-

Encadré 5.7 : Caractéristiques communes de la migration associée à la dégradation des sols

- La plupart des migrations liées à la dégradation des sols, comme toutes les formes de migration, se déroulent à l'intérieur des frontières ou entre des pays voisins
- La variabilité des précipitations, les températures extrêmes, la déforestation, le surpâturage et la sécheresse sont très influents sur la migration dans de nombreuses zones arides
- Le type de migration le plus important est la migration de main-d'œuvre, utilisée stratégiquement pour surmonter les risques liés à la vie dans un environnement difficile
- La migration en général, mais pas toujours, tend à s'effectuer de zones où les taux de dégradation des terres sont plus élevés vers des zones à taux plus bas
- Les taux de migration sont élevés dans les zones où les gouvernements sont incapables ou peu disposés à remédier à la dégradation des terres
- Les réseaux sociaux facilitent la migration, la rendant moins coûteuse et canalisant la migration vers des destinations particulières
- La migration est sexuée, généralement avec un nombre disproportionné de femmes, d'enfants et de personnes âgées laissés derrière
- La dégradation des terres et la migration peuvent aggraver les tensions sociétales existantes
- Le changement climatique aura une incidence sur les migrations, particulièrement dans les zones exposées à la sécheresse et les zones dégradées
- La mesure et la surveillance des migrations s'améliorent, mais les données fiables restent rares, en particulier pour lamigration interne

ique, une proportion de la migration est liée à la sécheresse, bien qu'une autre motivation importante soit la quête d'un revenu supplémentaire à envoyer à la famille.[185] Alors que la plupart des migrations se produisent à l'intérieur du Mexique, une certaine proportion de jeunes hommes migrent aussi vers les États-Unis,[186] avec une augmentation qui survient habituellement quelques années après la sécheresse,[187] soulignant l'importance de la migration en tant que stratégie d'adaptation pour les agriculteurs des terres arides.[188] À l'inverse, lorsque les précipitations sont supérieures à la moyenne et que la productivité agricole est meilleure que d'habitude, la migration vers les États-Unis diminue fortement.[189] La Chine a une population flottante d'environ 120 millions de migrants sans papiers, vivant principalement dans les villes côtières aux économies en plein essor, et dont beaucoup sont issus de familles pauvres vivant dans les régions arides et dégradées.[190]

Parallèlement aux discussions sur les origines des migrants, la question de leur destination est tout aussi importante ;[191] un afflux soudain de personnes dans une autre zone peut entraîner une dégradation accrue de l'environnement. En Éthiopie, les migrations humaines sont à la fois cause et effet de la détérioration des conditions environnementales.[192] Dans les régions tropicales, la déforestation est causée de plus en plus par l'exploitation des forêts à la solde des intérêts commerciaux étrangers adoptant des pratiques de récolte non durables,[193] ce qui entraîne souvent des taux de dégradation plus élevés que dans des zones où la sylviculture à petite échelle est pratiquée.[194] Les zones déboisées sont souvent vouées à l'agriculture intensive ou au pâturage, déplaçant les communautés locales et indigènes. Les entreprises forestières commerciales évitent souvent d'employer les autochtones, préférant amener des travailleurs migrants.[195]

Dans de nombreuses régions rurales de l'Amérique centrale et du Sud, du sud et du sud-est de l'Asie et de l'Afrique subsaharienne, l'exploitation minière artisanale attire les migrants vers des zones où l'activité est non réglementée ou pratiquée de manière clandestine.[196] On estime que 10 à 20 millions de personnes dans le monde travaillent dans l'exploitation minière artisanale.[197] L'exploitation minière artisanale est un vecteur important de la dégradation de l'environnement, qui peut provoquer la déforestation,[198] l'érosion,[199] la pollution de l'eau et la contamination des sols et des eaux souterraines par le mercure.[200]

Lorsque la migration résulte de la perte de terres agricoles, elle peut parfois être délibérée ou forcée par une catastrophe majeure. En 2000, on a estimé que 20 à 40 millions de personnes dans le monde avaient été déplacées par des projets de barrages.[206] Le projet du barrage des Trois Gorges en Chine, achevé en 2012, a déplacé à lui seul environ 1,3 million de personnes.[207] Beaucoup de nouvelles terres où les agriculteurs ont été réinstallés se trouvaient sur des pentes raides sujettes à l'érosion,[208] provoquant leur migration vers les villes.[209]

Encadré 5.8 : Migration en Chine

La Chine dispose de contrôles de l'utilisation des terres et d'un système d'enregistrement des ménages (*Hukou*) qui rend les modèles de migration distinctifs. L'utilisation des terres agricoles est réglementée par l'État et ces dernières décennies ont connu une intensification croissante ainsi que la consommation de vastes étendues de terres agricoles pour des projets d'infrastructure et l'expansion urbaine, avec environ 50 millions de personnes directement déplacées de cette façon.[201] En Chine occidentale et centrale, de vastes étendues de forêts sèches et de prairies ont été dégradées par le surpâturage et la conversion en terres cultivées.[202] Dans les provinces du Xinjiang et du Gansu, les gouvernements ont activement encouragé l'expansion agricole dans les zones arides marginales.[203] Dans les prairies de la Mongolie-Intérieure et du Tibet, les gouvernements ont activement déménagé et réinstallé des éleveurs et les populations rurales dans des villes ou d'autres zones rurales, citant souvent le surpâturage comme raison, avec des résultats mitigés en matière de bien-être pour les personnes déplacées.[204] Les ménages utilisent la migration comme moyen d'adaptation, soit légalement dans le cas des familles plus riches, soit illégalement en tant que migrants sans-papiers vivant principalement dans des villes côtières.[205] La nature des arrangements institutionnels en Chine signifie que le gouvernement a un rôle disproportionné dans la gestion des taux de dégradation des sols et des flux de population par rapport à d'autres pays. Les résultats sont mitigés ; parfois, les allocations logement des migrants contribuent à faire pression sur les terres, alors que d'autres terres dépeuplées subissent une confiscation des terres domestiques et la production est intensifiée.

Parmi les catastrophes gigantesques qui ont entraîné une migration à grande échelle, on trouve l'assèchement et la salinisation de la mer d'Aral suite à des projets d'irrigation mal planifiés,[210] qui étaient clairement voulus mais qui ont eu des conséquences imprévues. La mer d'Aral a considérablement rétréci, exposant des sédiments lourdement chargés en produits chimiques agricoles et autres toxines, et la population locale a souffert en conséquence de maladies respiratoires chroniques et de problèmes rénaux nettement supérieurs aux moyennes nationales.[211] Les terres agricoles sont devenues de plus en plus improductives et les eaux souterraines contaminées, entraînant une migration et un appauvrissement généralisés de la population restante,[212] des problèmes qui prendront au mieux des décennies à être réglés.[213]

À l'avenir, le changement climatique influencera les interactions dynamiques de la dégradation des terres et de la

migration en aggravant les phénomènes naturels qui ont des répercutions sur le sol, l'eau et la biodiversité, comme la variabilité des précipitations, les sécheresses et les phénomènes météorologiques extrêmes, et en affectant la productivité agricole, qui influera à son tour sur les revenus des ménages et le prix de la nourriture. Certaines zones traditionnellement productives le deviendront moins, tandis que la productivité augmentera dans d'autres ; le solde net en termes de sécurité alimentaire est difficile à prévoir.

Sécheresse, dégradation des terres, conflits et migration

Il existe une relation complexe et mal comprise entre la dégradation des terres, les sécheresses, les migrations et les conflits violents. Tandis que les universitaires continuent de débattre des liens entre la dégradation des terres, les migrations et les conflits, les affaires se règlent tranquillement. Tandis que les politiciens discutent encore de la réalité du changement climatique, ceux qui ont la responsabilité de la sécurité, comme les militaires, analysent ses implications et planifient des réponses depuis des années.[214] Les conflits, en particulier entre factions rivales au sein des États, par exemple en Afrique, ont été exacerbés par la sécheresse, la migration, la concurrence subséquente avec d'autres groupes et les tensions sociales qui en découlent.[215,216]

Les catastrophes à évolution lente, telles que celles liées à la sécheresse et à la désertification, peuvent accroître les tensions entre les utilisateurs de ressources comme les éleveurs et les agriculteurs, ce qui peut entraîner des conflits violents, bien que généralement locaux.[217] Au Soudan, les agriculteurs ont brûlé des prairies et détruit des sources d'eau pour dissuader les éleveurs nomades ;[218] les tensions peuvent également augmenter entre les éleveurs si un groupe est forcé de se déplacer dans le territoire d'un autre.[219]

Cependant, les processus menant à des conflits violents sont invariablement complexes[220] et, dans certains cas, la dégradation des sols et la sécheresse mènent à l'inverse à une plus grande coopération et à un partage des ressources.[221] Le consensus actuel est que la pénurie de ressources, la dégradation des terres et les changements climatiques brutaux ne provoquent pas de conflits par eux-mêmes,[222] mais que ce sont des « multiplicateurs de menaces » qui augmentent le risque de violence dans des régions où les tensions sont déjà fortes.[223] Les régions d'Éthiopie enclines à la rébellion et aux conflits communaux connaissent une reprise de l'activité pendant les sécheresses et les précipitations extrêmes,[224] tandis que dans la Corne de l'Afrique, la pénurie de végétation peut exacerber les conflits existants entre les groupes pastoraux, surtout lorsque d'autres influences non environnementales pèsent simultanément.[225] Cependant, il convient de noter que des conflits persistants se produisent également dans des zones sans contraintes environnementales particulières.

Dans la majorité des cas, la pénurie de ressources est gérée de manière pacifique, où des règles largement acceptées produisent des résultats coopératifs d'un genre ou d'un autre.[226,227,228] Cela dit, il est prouvé qu'une bonne gouvernance et une gestion des terres adéquate peuvent contribuer à réduire les tensions et à éviter les conflits.[229,230] De telles formes de gouvernance peuvent potentiellement être initiées dans des régions où l'État ne parvient pas à atténuer les conflits à travers ses propres institutions. Par exemple, l'instauration de « parcs de la paix » transnationaux (c.-à-d. de sites protégés dans d'anciennes zones de conflit) est une manière avérée de réinstaurer une communauté stable après des périodes de troubles et de violences.[231] Dans le même ordre d'idées, des témoignages en Éthiopie ont montré que, si un grand afflux de réfugiés et des pressions démographiques ont provoqué des conflits localisés au sujet des ressources naturelles, des régimes de gestion efficaces ont permis d'améliorer ces tensions.[232]

Les migrations devraient se poursuivre voire augmenter dans un proche avenir. Le débat actuel qui ébranle l'Europe, autour des bateaux chargés de migrants d'Afrique et du Moyen-Orient qui traversent quotidiennement les eaux dangereuses de la Méditerranée, se reflète dans les politiques de plus en plus protectionnistes émergeant dans un certain nombre de puissances économiques. Certains pays pratiquent des politiques d'exclusion des autres nationalités depuis de nombreuses années. D'autres, y compris certains de ceux où ces problèmes créent le plus de polémiques, dépendent fortement du travail des migrants pour faire croître leur économie. En général, les politiques de migration ont été moins restrictives.[233] La présence d'une infime proportion de terroristes parmi les migrants crée des craintes conduisant au rejet des personnes qui fuient les guerres et les persécutions, aggravant ainsi les catastrophes humanitaires existantes.

Il est aujourd'hui absolument nécessaire d'adopter une nouvelle approche de la migration qui soit étroitement liée à la plupart des autres questions abordées ici. Les gens migrent souvent parce qu'ils estiment qu'ils doivent le faire. D'un point de vue strictement lié à la terre, c'est probablement parce que les cultures périclitent, et que les populations n'ont pas suffisamment accès aux terres et aux ressources, qu'elles n'ont aucune garantie quant à leur droit d'occuper et d'utiliser des terres, ou parce que le climat évolue et qu'elles ne peuvent plus produire de nourriture ou de revenus en quantités suffisantes. La plupart de ces questions ne peuvent être abordées que par des décideurs éloignés des zones affectées, bien que vivant souvent dans le même pays. Un changement d'échelle des zones rurales vers les zones urbaines est en cours avec un changement moindre, mais plus visible des pays pauvres vers les pays riches. Les migrants doivent être de nouveau accueillis pour la diversité et les compétences qu'ils apportent à leurs nouveaux foyers, mais en même temps, la migration par désespoir nécessite des réponses politiques et environnementales de plus grande échelle.

CONCLUSION

Les humains ont toujours eu une relation intime avec la terre et les colonies ont diminué et coulé, elles sont apparues et elles ont disparu, en partie à cause de l'interaction entre la gestion des ressources naturelles et les conditions climatiques. Ces relations sont compliquées et les explications faciles sont en général trompeuses.

Aujourd'hui, de nombreux problèmes écologiques sont aggravés par une série de problèmes sociaux, économiques et politiques. Trop de personnes sont sans terre ou n'ont pas de sécurité foncière, elles sont désespérément pauvres et sans filet de sécurité pour résister aux changements climatiques ou à d'autres facteurs de stress. Les relations sociales et les inégalités entre les sexes entravent davantage les progrès vers la nourriture, l'eau et la sécurité humaine dans sa globalité. La plupart des problèmes qui créent les plus grands défis pour les membres les plus pauvres et les plus vulnérables de la société sont complètement hors de leur contrôle. En même temps, tout le monde, riche ou pauvre, est vulnérable aux pénuries futures sur une planète de ressources épuisables. La concurrence pour diminuer les ressources risque de déstabiliser les communautés et les pays. Un résultat est une augmentation rapide de la migration, avec des millions de personnes en déplacement. Certains des résultats ont été positifs, tandis que d'autres augmentent la pression et s'ajoutent aux tensions régionales.

Il en résulte une augmentation générale de l'insécurité économique, politique et sociale, les ordres sociaux et politiques établis s'effondrent en laissant souvent un vide. Les gens se sentent anxieux, effrayés et à la recherche de boucs émissaires. Bien que nous ayons souligné que le fait d'établir un lien simpliste entre la dégradation des terres et l'insécurité humaine est précaire, l'effet catalytique de ces facteurs devient de plus en plus clair. Le fait que la paix et la sécurité soient souvent exprimées dans d'autres termes – tels que l'intolérance religieuse ou ethnique – ne devrait pas nous distraire des impacts déstabilisants massifs de la perte de sol, des baisses de récoltes, de la désertification et de la pénurie d'eau. S'attaquer à ces problèmes fonciers fondamentaux peut aider à soulager une foule de tensions sociétales et politiques.

RÉFÉRENCES

1 Cunliffe, B. 2015. Beyond Steppe, Desert and Ocean: The birth of Eurasia. Oxford University Press, Oxford, p. 44.

2 Pennington, W. *The* History of the British Vegetation. 1974 2nd edition. The English Universities Press, London.

3 Diamond, J. 2005. Collapse: How societies choose to fail or survive. Allen Lane, London.

4 Flannery, T. 1994. The Future Eaters. Reed Books, Sydney.

5 Crosby, A.W. 1986. Ecological Imperialism: The biological expansion of Europe, 900-1900.

6 Paul, A.J. and Røskaft, E. 2013. Environmental degradation and loss of traditional agriculture as two causes of conflicts in shrimp farming in southwestern coastal Bangladesh: Present status and probable solutions. Ocean and Coastal Management **85**: 19-28.

7 van Schaik, L. and Dinnissen, R. 2014. Terra incognita: Land degradation as underestimated threat amplifier. Netherlands Institute of International Relations. Clingendael, The Hague.

8 Hunt, T.L. and Lipo, C.P. 2008. Evidence for a shorter chronology on Rapa Nui (Easter Island). *J*ournal of Island and Coastal Archaeology **3**:140-148.

9 Hunt, T.L. 2007. Rethinking Easter Island's ecological catastrophe. Journal of Archaeological Science **34**: 485-502.

10 Mann, D., Edwards, J., Chase, J., Beck, W., Reanier, R., et al. 2008. Drought, vegetation change and human history on Rapa Nui (Isla de Pascua, Easter Island). *Quaternary Research* **69**: 16-28.

11 Diamond, J. 2005. Op cit.

12 Hunt, T.L. 2007. Op cit.

13 Peiser, B. 2005. From genocide to ecocide: the rape of Rapa Nui. Energy and Environment **16** (3 and 4): 513-539.

14 Mieth, A. and Bork, H.R. 2003. Diminution and degradation of environmental resources by prehistoric land use on Poike Peninsula, Easter Island (Rapa Nui). Rapa Nui Journal **17** (1): 34-41.

15 Mieth, A. and Bork, H.R. 2005. History, origin and extent of soil erosion on Easter Island (Rapa Nui). Catena **63**: 244-260.

16 Robinson, B.E., Holland, M.B. and Naughton-Treves, L. 2014. Does secure land tenure save forests? A meta-analysis of the relationship between land tenure and tropical deforestation. Global Environmental Change **29**: 281-293.

17 Kuhnen, F. 1982. Man and Land: An introduction into the problems of agrarian structure and agrarian reform. Breitenbach, Saarbrücken and Fort Lauderdale.

18 UN-HABITAT. 2008. Secure Land Rights for All. UN-Habitat, Nairobi.

19 Ostrom, A. 2001. The puzzle of counterproductive property rights reforms: A conceptual analysis. In: de. Janvry, A., Gordillo, G., Platteau, J.P., and Sadoulet, E. (eds.) Access to Land, Rural Poverty and Public Action. UNU/WIDER Studies in Development Economics. Oxford University Press, Oxford.

20 UN Habitat. 2008. op cit.

21 Rights and Resources Initiative. 2015. Who Owns the Land? A global baseline of formally recognized indigenous and community land rights. RRI, Washington, DC.

22 Lowder, S.K., Skoet, J., and Raney, T. 2016. The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide. World Development **87**: 16-29.

23 Samberg, L. H., Gerber, J. S., Ramankutty, N., Herrero, M., and West, P.C. 2016. Subnational distribution of average farm size and smallholder contributions to global food production. Environmental Research Letters, **11** (12): 124010.

24 Bromley, D.W. 2009. Formalising property relation in the developing world: The wrong prescription for the wrong malady. Land Use Policy **26** (1): 20-27.

25 Byamugisha, F.F.K. 2014. Introduction and overview of agricultural land redistribution and land administration case studies. In: Byamugisha, F.F.K. (ed.) Agricultural Land Redistribution and Land Administration in Sub-Saharan Africa: *Case Studies of Recent Reforms.* Directions in Development. World Bank, Washington, DC.

26 Cheremshynskyi, M. and Byamugisha, F.F.K. 2014. Developing land information systems in Sub-Saharan Africa: Experiences and lessons from Uganda and Ghana In: Byamugisha, F.F.K. (ed.) 2014. Agricultural Land Redistribution and Land Administration in Sub-Saharan Africa: Case Studies of Recent Reforms. Directions in Development. World Bank, Washington, DC.

27 Hanstad, T., Nielsen, R., Vhugen, D., and Haque, T. 2009. Learning from old and new approaches to land reform in India. In: Bnswanger-Mkhize, H.P., Bourguignon, C. and van den Brink, R. (eds.) Agricultural Land Distribution: Towards greater consensus. The World Bank, Washington, DC. pp. 241-266.

28 De Schutter, O. 2016. Tainted Lands: Corruption in large-scale land deals. Global Witness and International Corporate Accountability Roundtable.

29 Besley, T. 1995. Property rights and investment incentives: theory and evidence from Ghana. Journal of Political Economy 103 (5): 903-936.

30 Brasselle, A.S., Gaspart, F., and Platteau, J.P. 2002. Land tenure security and investment incentives: Puzzling evidence from Burkina Faso. Journal of Development Economics **67** (2): 373-418.

31 Land Tenure and Development Technical Committee. 2015. Formalising Land rights in developing countries: moving from past controversies to future strategies. Ministère des Affaires étrangères et du Développement international (Maedi), Agence française de développement, Paris.

32 Kasanga, K. and Kotey, N.A. 2001. Land Tenure and Resource Access in West Africa. International Institute for Environment and Development, London.

33 Shivji, I., Moyo, S., Ncube, W., and Gunby, D., 1998. National Land Policy for the Government of Zimbabwe. Discussion Paper, Harare.

34 Hammen, C. M. van der 2003. The Indigenous Resguardos of Colombia: their contribution to conservation and sustainable forest use. Netherlands Committee for IUCN, Amsterdam.

35 Binswanger-Mkhize, H.P., Bourguignon, C., and van den Brink, R. (eds.) 2009. Agricultural Land Redistribution: Toward Greater Consensus. The World Bank, Washington, DC.

36 Li, T.M. 2011. Centring labor in the land grab debate. *J*ournal of Peasant Studies **38** (2): 281-298.

37 Cotula, L., Vermeulen, S., Mathieu, P., and Toulmin, C. 2011. Agricultural investment and international land deals: evidence from a multi-country study in Africa. Food Security **3** (1): 99-113.

38 Ibid.

39 International Land Coalition. 2011. Tirana Declaration: Securing land access for the poor in times of intensified natural resources competition, http://www.landcoalition.org/sites/default/files/documents/resources/aom_2011_report_web_en.pdf

40 Toulmin, C., Borras, S., Bindraban, P., Mwangi, E., and Sauer, S. 2011. Land Tenure and International Investments in Agriculture: A Report by the UN Committee on Food Security High Level Panel of Experts. FAO, Rome.

41 Rulli, M.C., Saviori, A., and D'Odorico, P. 2013. Global land and water grabbing. Proceedings of the National Academy of Sciences USA **110**: 892-897.

42 Davis, K.F., D'Odorico, P., and Rulli, M.C. 2014. Land grabbing: a preliminary quantification of economic impacts on rural livelihoods. Population and Environment **36** (2): 180-192.

43 Oliveira, G.d.L.T. 2013. Land Regularization in Brazil and the global land grab. Development and Change **44** (2): 261-283.

44 Cotula, L., et al. 2014. Op cit.

45 Li, T.M. 2011. Op cit.

46 Franchi, G., Rakotondrainibe, M., Hermann, E., Raparison and Randrianarimanana, P. 2013. Land grabbing in Madagascar: echoes and testimonials from the field. ReCommon, Rome.

47 Galaty, J.G. 2013. The collapsing platform for pastoralism: Land sales and land loss in Kajiado County, Kenya. Nomadic Peoples **17** (2): 20-39.

48 Peters, P.E., 2013. Conflicts over land and threats to customary tenure in Africa. African Affairs **112** (449): 543-562.

49 von Braun, J. and Meinzen-Dick, R. 2009. "Land Grabbing" by Foreign Investors in Developing Countries: Risks and Opportunities. IFPRI Policy Brief 13, April 2009. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.

50 Nolte, K., Chamberlain, W., and Giger, M. 2016. International Land Deals for Agriculture. Fresh insights from the Land Matrix: Analytical Report II. Bern, Montpellier, Hamburg, Pretoria.

51 Ibid.

52 Zerfu Gurara, D. and Birhanu, D. 2012. Large scale land acquisitions in Africa. Africa Economics Brief 3 (5). African Development Bank, Abidjan, Côte d'Ivoire.

53 Peluso, N.L. and Lund, C. 2011. New frontiers of land control: introduction. Journal of Peasant Studies **38**: 667-681.

54 McMichael P. 2012. The land grab and corporate food regime restructuring. Journal of Peasant Studies **39**: 681-701.

55 Borras Jr, S.M., Fig, D., and Suárez, S.M. 2011. The politics of agrofuels and mega-land and water deals: insights from the ProCana case, Mozambique. Review of African Political Economy *3***8**: 215-234.

56 Nolte, K., et al. 2016. Op cit.

57 UNEP. 2014. Assessing Global Land Use: Balancing consumption with sustainable supply. Nairobi, Kenya.

58 Nolte, K., et al. 2016. Op cit.

59 Aide, T. M., Montoro Jr, J. A., Borras Jr, S.M., del Valle, H.F., Devisscher, T., et al. 2012. Chapter 3: Land. Geo 5 Environment for the future we want. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

60 Deininger, K., Hilhorst, T., and Songwe, V. 2014. Identifying and addressing land governance constraints to support intensification and land market operation: Evidence from 10 African countries. *Food Policy* **48**: 76-87.

61 Report of the Special Rapporteur on the right to food to the Thirty-fourth session of the Human Rights Council. February 27 - March 24, 2017, A/HRC/34/48, January 24, 2017.

62 Nkonya, E. 2012. Sustainable Land Use for the 21st Century. Sustainable Development in the 21st century (SD21). UN Department of Economic and Social Affairs, Rome.

63 Report of the Special Rapporteur on the right to food to the Thirty-fourth session of the Human Rights Council. February 27 - March 24, 2017, A/HRC/34/48, January 24, 2017.

64 FAO and Committee on World Food Security. 2012. Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security. Rome.

65 Schade, J. 2016. Land matters: The role of land policies and laws for environmental migration in Kenya. Migration, Environment and Climate Change: Policy brief series Issue *1*, volume 2, International Organization for Migration, Geneva.

66 Lastarria-Cornhiel, S., Behrman, J.A., Meinzen-Dick, R., and Quisumbing, A.R. 2014. Gender equity and land: towards secure and effective access for rural women. In: Quisumbing, A.R., Meinzen-Dick, R., Raney, T.L., Croppenstedt, A., Behrman, J.A., et al. (eds.) Gender in Agriculture: Closing the knowledge gap. Springer, FAO and IFPRI, Dordrecht: 117-144.

67 Goldstein, M. and Udry, C. 2008. The profits of power: Land rights and agricultural investment in Ghana. *J*ournal of Political Economy **116** (6): 981-1022.

68 Williams, A. 2003. Ageing and Poverty in Africa: Ugandan Livelihoods in a Time of HIV/AIDS. Ashgate Publishing, Farnham, UK.

69 FAO. 2011. The State of Food and Agriculture 2010–11. Women in Agriculture: Closing the Gender Gap for Development. FAO, Rome.

70 Shortall, S. 2014. Farming, identity and well-being: managing changing gender roles within Western European farm families. Anthropological Notebooks **20** (3): 67-81.

71 Rosenberg, N. 2016. The endangered female farmer. National Resources Defense Council. https://www.nrdc.org/experts/nathan-rosenberg/endangered-female-farmer accessed January 12, 2016.

72 FAO. 2011. The role of women in agriculture. SOFA Working Paper 11-02. FAO, Rome.

73 Palacios-Lopez, A., Christiensen, L., and Kilic, T. 2015. How much of the labor in African agriculture is provided by women? Policy Research Working Paper 7282. The World Bank, Washington, DC.

74 Croppenstedt, A., Goldsetin, M., and Rosas, N. 2013. Gender and agriculture: inefficiencies, segregation and low productivity traps. The World Bank Research Observer, published January 20, 2013.

75 Vargas Hill, R. and Vigneri, M. 2009. Mainstreaming gender sensitivity in cash crop market supply chains. Background report for SOFA 2010. Overseas Development Institute, London.

76 Agarwal, B. 2015. Food security, productivity and gender inequality. In: Herring, R.J. (ed.) The Oxford Handbook of Food, Politics and Society. Oxford University Press, Oxford: 273-301.

77 FAO. 2011. T*he State of Food and Agriculture 2010–11*. Women in Agriculture: Closing the Gender Gap for Development. FAO, Rome.

78 Kristjanson, P., Waters-Bayer, A., Johnson, N., Tipilda, A., Njuki, J., et al. 2010. Livestock and Women's Livelihoods: A Review of the Recent Evidence. Discussion Paper No. 20. International Livestock Research Institute, Nairobi.

79 Thornton P.K., Kruska R.L., Henninger N., Kristjanson P.M., Reid R.S., et al. 2002. Mapping poverty and livestock in the developing world. International Livestock Research Institute, Nairobi.

80 FAO. 2011. Op cit.

81 Asamba, I. and Thomas-Slayter, B. 1995. From cattle to coffee: Transformation in Mbusyani and Kyvaluki. In: Thomas-Slayter, B. and Rocheleau, D. (eds.) Gender, Environment and Development in Kenya, A Grassroots Perspective. Lynne Rienner Publishers, Boulder, CO and London, UK: p.116.

82 Speranza, C.I. 2011. Promoting Gender Equality in Responses to Climate Change. Discussion paper 2/2011. German Development Institute, Bonn.

83 Agarwal, B. 2015. Op cit.

84 Belobo Belibi, M., van Eijnatten, J., and Barber, N. 2015. Cameroon's community forests program and women's income generation from non-timber forest products. In: Archambault, C. and Zoomers, A. (eds.) Gender Trends in Land Tenure Reforms. Routledge, London, pp. 74-92.

85 UNDP, Gender and Poverty Reduction. http://www.undp.org/content/undp/en/home/ourwork/povertyreduction/focus_areas/focus_gender_and_poverty.html accessed January 12, 2017.

86 Colfer, C.J.P., Elias, M., and Jamnadass, R. 2015. Women and men in tropical dry forests: a preliminary review. *I*nternational Forestry Review **17** (s2): 70-90.

87 Baland, J.M. and Mookherjee, D. 2014. Deforestation in the Himalayas: myths and reality. SANEE Policy Brief, Kathmandu.

88 Verma, R. 2001. Gender, Land and Livelihoods in East Africa: Through Farmers' Eyes. International Development Research Center, Ontario, Canada.

89 The World Bank. 2014. *L*evelling the Field: Improving opportunities for women farmers in Africa. The World Bank, Washington, DC.

90 Women's UN Report Network. 2016. In Asia, supporting women farmers is crucial to fighting poverty, hunger and climate change. http://www.wunrn.com/2016/02/asia-women-farmers-in-asia-supporting-women-farmers-is-crucial-to-fighting-poverty-hunger-climate-change/ accessed January 12, 2017.

91 Women Food and Agriculture Network: https://www.wfan.org/, accessed January 12, 2017.

92 UNEP 2016. Global Gender and Environment Outlook: The Critical Issues. United Nations Environment Programme, Nairobi.

93 Warren, K. 1996. Ecological feminist philosophies: An overview of the issues. In: Warren, K. (ed.) Ecological Feminist Philosophies. Indiana University Press, Bloomington, Indiana, USA.

94 Alberston Fineman, M. 2008. The vulnerable subject: Anchoring equality in the human condition, Yale Journal of Law and Feminism **20** (1): 1-23.

95 Park, C.M.Y. and Daley, E. 2015. Gender, land and agricultural investments in Lao PDR. In: Archambault, C. and Zoomers, A. (eds.). Gender Trends in Land Tenure Reforms. Routledge, London, pp. 17-34.

96 Daley, E., Dore-Weeks, R., and Umuhoza, C. 2010. Ahead of the game: land tenure reform in Rwanda and the process of securing women's land rights. *J*ournal of Eastern African Studies **4** (1): 131-152.

97 Lawry, S., Samii, C., Hall, R., Leopold, A., Hornby, D., et al. 2014. The Impact of Land Property Rights Interventions on Investment and Agricultural Productivity in Developing Countries: A Systematic Review. Campbell Systematic Reviews 2014:1. DOI: 10.4073/csr.2014.1.

98 Fafchamps, M. and Quisumbing, A. R. 2002. Control and ownership of assets within rural Ethiopian households. *J*ournal of Development Studies **38** (2): 47-82.

99 Illo, J. and Pineda-Ofreneo, R. 1995. Land rights for Filipino women, the view from below, Canadian Woman Studies **15** (2-3): 114-116.

100 UNCCD. 2017. Turning the Tide: The gender factor in achieving land degradation neutrality, Bonn.

101 Agarwal, B. 2015. Op cit.

102 Meinzen-Dick, R., Quisumbing, A.R., and Behrman, J.A. 2014. A system that delivers: Integrating gender into agricultural research, development, and extension. In: Quisumbing, A.R., Meinzen-Dick, R., Raney, T.L., Croppenstedt, A., Behrman, J.A., et al. (eds.) *Gender* in Agriculture: Closing the knowledge gap. Springer, FAO and IFPRI, Dordrecht: 373-392.

103 Ragasa, C. 2014. Improving gender responsiveness of agricultural extension. In: Quisumbing, A.R., Meinzen-Dick, R., Raney, T.L., Croppenstedt, A., Behrman, J.A., et al. (eds.) *G*ender in Agriculture: Closing the knowledge gap. Springer, FAO and IFPRI, Dordrecht: 411-430.

104 Fletschner, D. and Kenney, L. 2011. Rural women's access to financial services: credit, savings and insurance. ESA Working Paper number 11-07. FAO, Rome.

105 Beintema, N. 2014. Enhancing female participation in agricultural research and development: Rationale and evidence. In: Quisumbing, A.R., Meinzen-Dick, R., Raney, T.L., Croppenstedt, A., Behrman, J.A. and Peterman, A. (eds.) Gender in Agriculture: Closing the knowledge gap. Springer, FAO and IFPRI, Dordrecht: 393-409.

106 Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. and Behrans, W.W. III. 1972. The Limits to Growth. Universe Books, New York.

107 Odell, P.R. 1983. Oil and World Power. 7th edition. Penguin Books, Harmondsworth, UK.

108 Dugo, H. and Eisen, J. 2016. Famine, genocide and media control in Ethiopia. Africology: The Journal of Pan Africa Studies **9** (10): 334-357.

109 Sen, A. 1980. Famine. World Development **8**: 613-621.

110 UNEP 2016. Global Material Flows and Resource Productivity. An Assessment Study of the UNEP International Resource Panel. United Nations Environment Programme, Nairobi.

111 Leggett, J. 2005, Half Gone: Oil, gas, hot air and the global energy crisis. Portobello Books, London.

112 Clarke, D. 2007. The Battle for Barrels: Peak oil myths and World oil futures. Profile Books, London.

113 International Energy Agency. 2013. Resources to Reserves 2013: Oil, gas and coal technologies for the energy markets of the future. IEA, Paris.

114 Höök, M., Zittel, W., Schindler, J., and Aleklett, K. 2010. Global coal production outlooks based on a logistic model. Fuel **89** (11): 3546-3558.

115 FAO. 2015. Global Forest Resource Assessment 2015: How are the world's forests changing? Rome.

116 Blaser, J., Sarre, A., Poore, D., and Johnson, S. 2011. Status of Tropical Forest Management 2011. ITTO Technical Series No 38. International Tropical Timber Organization, Yokohama, Japan.

117 Lawson, S. and L. MacFaul. 2010. Illegal Logging and Related Trade: Indicators of global response. Chatham House, London.

118 Kissinger, G., Herold, M., and De Sy, V. 2012. Drivers of Deforestation and Forest Degradation: A Synthesis Report for REDD+ Policymakers. Lexeme Consulting, Vancouver, Canada.

119 Cordell, D., Drangert, J.O., and White, S. 2009. The story of phosphorous: global food security and food for thought. Global Environmental Change **19** (2): 292-305.

120 Edixhoven, J.D., Gupta, J., and Savenije, H.H.G. 2013. Recent revisions of phosphate rock reserves and resources: reassuring or misleading? An in-depth literature review of global estimates of phosphate rock reserves and resources. Earth Systems Dynamics Discussion **4**: 1005-1034.

121 Hermann, L. and Reuter, M. 2013. Environmental footprint of thermo-chemical phosphate recycling. Journal of Earth Science and Engineering **3**: 744-747.

122 Roberts, T.L. 2008. Global potassium reserves and potassium fertilizer use. International Plant Nutrition Institute Symposium on Global Nutrient Cycling, October 6, 2008. http://www.ipni.net/ipniweb/portal.nsf/0/9c5cff1af71db2ce852574e8004ecc00/%24FILE/Roberts%20-%20ASA%20Nutrient%20Cycling%20Symposium%20Potash.pdf accessed January 9, 2017.

123 Tuck, C. 2017. Iron ore. Information sheet, US Geological Service: https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iron_ore/mcs-2017-feore.pdf accessed May 13, 2017.

124 International Copper Association. 2013. Long Term Availability of Copper. New York.

125 US Geological Service. 2013. Estimate of Undiscovered Copper Resources of the World *2013*. Washington, DC.

126 Padmalal, D. and Maya, K. 2014. Sand Mining, Environmental Impacts and Selected Case Studies. Springer Science and Business Media, Dordrecht.

127 Cramer, C. 2003. Does inequality cause conflict? Journal of International Development **15**: 397-412.

128 Durning, A.T. 1992. How Much is Enough? The consumer society and the future of the Earth. Worldwatch Environmental Alert Series, Earthscan, London.

129 Myers, D. and Stolton, S. (eds.) 1999. Organic Cotton: From field to final product. Intermediate Technology Publications, Rugby.

130 Brashares, J.S., Arcese, P., Sam, M.K., Coppolillo, P.B., Sinclair, A.R.E., et al. 2004. Bushmeat hunting, wildlife declines, and fish supply in West Africa. Science **306**: 1180-1183.

131 Wittemyer, G., Northrup, J.M., Blanc, J., Douglas-Hamilton, I., Omondi, P. et al. 2014. Illegal killing for ivory drives global decline in African elephants. Proceeding of the National Academy of Sciences **111** (36): 13117-13121.

132 Shepherd, C.R. and Nijman, V. 2008. The trade in bear parts from Myanmar: an illustration of the ineffectiveness of enforcement of international wildlife trade regulations. Biodiversity Conservation **17**: 35-42.

133 Nasi, R., Brown, D., Wilkie, D., Bennett, E., Tutin, C., et al. 2008. Conservation and use of wildlife-based resources: the bushmeat crisis. Secretariat of the Convention on Biological Diversity and Center for International Forestry Research, Montreal and Bogor, Indonesia.

134 Oxfam. 2017. *A*n economy for the 99 per cent. Briefing, Oxford. (Full references within).

135 Cushing, L., Morello-Frosch, R., Wander, M., and Pastor, M. 2015. The haves, the have-nots, and the health of everyone: The relationship between social inequality and environmental quality. Annual Review of Public Health 36: 193-209.

136 Office of the UN High Commission on Human Rights: http://www.ohchr.org/EN/Issues/Migration/Pages/MigrationAndHumanRightsIndex.aspx accessed May 13, 2017.

137 International Organization for Migration. 2017. Making Mobility Work for Adaptation to Environmental Changes. IOM's Global Migration Data Analysis Centre, Geneva.

138 Banerjee, S., Black, R., and Kniveton, D. 2012. Migration as an effective mode of adaptation to climate change. Foresight paper for the European Commission, HM Government, London.

139 Whitten, A.J. 1987. Indonesia's transmigration program and its role in the loss of tropical rain forests. Conservation Biology **1** (3): 239-246.

140 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2015. World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. Available at: https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf.

141 UNHCR, 2016. Global trends: Forced displacement in 2015, Geneva. Available at: http://www.unhcr.org/576408cd7.

142 Massey, D.S. 1990. Social structure, household strategies, and the cumulative causation of migration. Population Index 56: pp.3-26.

143 Plane, D. 1993. Demographic Influences on Migration. *Regional Studies* **27** (4): pp. 375-383.

144 UNHCR, 2016. Op cit.

145 http://www.internal-displacement.org/globalreport2016/ accessed April 6, 2017.

146 Rabe, B. and Taylor, M.P. 2012. Differences in opportunities? Wage, employment and house-price effects on migration. Oxford Bulletin of Economics and Statistics **74** (6): pp. 831-855.

147 Stark, O. and Bloom, D.E. 1985. The new economics of labor migration. The American Economic Review 75 (2): 173-178.

148 Barbier, B., Yacouba, H., Karambiri, H., Zoromé, M., and Somé, B. 2009. Human vulnerability to climate variability in the Sahel: Farmers' adaptation strategies in northern Burkina Faso. Environmental Management **43** (5): pp. 790-803.

149 Rain, D. 1999. Eaters of the dry season: circular labor migration in the West African Sahel. Westview Press, Boulder, Colorado.

150 World Bank, 2016. Migration and Remittances Data. Available at: http://www.worldbank.org/en/topic/migrationremittancesdiasporaissues/brief/migration-remittances-data

151 Abdelali-Martini, M. and Hamza, R. 2014. How do migration remittances affect rural livelihoods in drylands? Journal of International Development **26** (4): 454-470.

152 El-Hinnawi, E. 1985. Environmental Refugees. United Nations Environmental Program, Nairobi.

153 Cernea, M.M. 1995. Understanding and preventing impoverishment from displacement: Reflections on the state of knowledge. Journal of Refugee Studies **8** (3): pp. 245-264.

154 Myers, N. 2002. Environmental refugees: a growing phenomenon of the 21st century. Philosophical Transactions of the Royal Society London: Biological sciences: Series B **357** (1420): 609-613.

155 UNEP. 2009. From Conflict to Peacebuilding: the role of natural resources and the environment. United Nations Environment Program, Geneva.

156 Hartmann, B. 1998. Population, environment and security: a new trinity. Environment and Urbanization **10** (2): 113-127.

157 Morrissey, J. 2012. Rethinking the 'debate on environmental refugees': from 'maximilists and minimalists' to 'proponents and critics'. Journal of Political Ecology **19** (2): 36-49.

158 Greiner, C., Peth, S.A., and Sakdapolrak, P. 2015. Deciphering migration in the age of climate change. Towards an understanding of translocal relations in social-ecological systems. TransRe Working Paper No. 2, Department of Geography, University of Bonn, Bonn. DOI: 10.13140/2.1.4402.9765.

159 Bettini, G. 2013. Climate barbarians at the gate? A critique of apocalyptic narratives on 'climate refugees'. Geoforum 45: 63-72.

160 Gromilova, M. 2016. Finding opportunities to combat the climate change migration crisis: the potential of the "adaptation approach." Pace Environmental Law Review 33 (2).

161 McLeman, R.A. 2014. Climate and human migration: Past experiences, future challenges. Cambridge University Press, Cambridge.

162 Tacoli, C. 2009. Crisis or adaptation? Migration and climate change in a context of high mobility. Environment and Urbanization **21** (2): 513-525; Black, R. 2011. Climate change: Migration as adaptation. Nature 478: 447-449.

163 Melde, S., Laczko, F., and Gemenne, F. (eds.) 2017. Making Mobility Work for Adaptation to Environmental Changes. International Organization for Migration, Geneva.

164 Boserup, E. 1965. The Conditions of Agricultural Growth: The Economics of Agrarian Change under Population Pressure. Aldine, Chicago.

165 Tiffen, M., Mortimore, M., and Gichuki, F. 1994. More people, less erosion: Environmental Recovery in Kenya. John Wiley and Sons, Chichester.

166 Westing, A.H. 1994. Population, desertification and migration. Environmental Conservation **21** (2): 110-114.

167 Kabubo-Mariara, J. 2007. Land conservation and tenure security in Kenya: Boserup's hypothesis revisited. Ecological Economics **64** (1): 25-35.

168 Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., et al. 2001. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. Global Environmental Change **11** (4): 261-269.

169 McLeman, R. 2016. Migration and land degradation: recent experience and future trends. Working paper for the Global Land Outlook.

170 Brown, O. 2008. 'The Numbers Game'. In: Forced Migration Review: Climate Change and Displacement. Refugee Studies Centre, Oxford.

171 Ionesco, D., Mokhnacheva, D., and Gemenne, F. 2017. The Atlas of Environmental Migration. Earthscan Oxford. Pp. 12-15.

172 Werz, M. and Hoffman, M. 2016. Europe's twenty-first century challenge: climate change, migration and security. *European View*. DOI 10.1007/s12290-016-0385-7.

173 van Schaik, L. and Dinnissen, R., 2014. Terra incognita: Land degradation as underestimated threat amplifier. Netherlands Institute of International Relations. Clingendael, The Hague.

174 Behrend, H. 2015. Why Europe should care more about environmental degradation triggering insecurity. Global Affairs **1** (1): 67-79.

175 Quaye, W. 2008. Food security situation in northern Ghana, coping strategies and related constraints. African Journal of Agricultural Research 3 (5): 334-342.

176 Neumann, K., Sietz, D., Hilderink, H., Janssen, P., Kok, M., et al. 2015. Environmental drivers of human migration in drylands – A spatial picture. Applied Geography **56**: 116-126.

177 Wario, H.T., Roba, H.G., and Kaufmann, B. 2016. Responding to mobility constraints: Recent shifts in resource use practices and herding strategies in the Borana pastoral system, southern Ethiopia. Journal of Arid Environments **127**: 222-234.

178 Goldman, M.J. and Riosmena, F. 2013. Adaptive Capacity in Tanzanian Maasailand: Changing strategies to cope with drought in fragmented landscapes. Global Environmental Change **23** (3): 588-597.

179 McCabe, J.T., Smith, N.M., Leslie, P.W., and Telligman, A.L. 2014. Livelihood diversification through migration among a pastoral people: Contrasting case studies of Maasai in Northern Tanzania. Human Organization **73** (4): 389-400.

180 Vergara, E.P. and Barton, J.R. 2013. Poverty and dependency in indigenous rural livelihoods: Mapuche experiences in the Andean foothills of Chile. Journal of Agrarian Change **13** (2): pp. 234-262.

181 López-i-Gelats, F., Contraras Paco, J.L., Huilcas Huayra, R., Siguas Robles, O.D., Quispe Peña, E.C., et al. 2015. Adaptation strategies of Andean pastoralist households to both climate and non-climate changes. Human Ecology **43** (2): 267-282.

182 McDowell, J.Z. and Hess, J.J. 2012. Accessing adaptation: Multiple stressors on livelihoods in the Bolivian highlands under a changing climate. Global Environmental Change **22** (2): 342-352.

183 Gray, C. and Mueller, V. 2012. Drought and population mobility in rural Ethiopia. World Development **40** (1): 134-145.

184 Meze-Hausken, E. 2000. Migration caused by climate change: how vulnerable are people in dryland areas? Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change **5** (4): 379-406.

185 de Janvry, A. and Sadoulet, E. 2001. Income strategies among rural households in Mexico: The role of off-farm activities. World Development **29** (3):467-480.

186 Kaestner, R. 2014. Self-selection and international migration: New evidence from Mexico. The Review of Economics and Statistics **96** (1): 78-91.

187 Hunter, L.M. Nawrotzki, R., Leyk, S., Laurin, G.J., Twine, W., et al. 2014. Rural outmigration, natural capital, and livelihoods in rural South Africa. Population, Space and Place **20** (5): 402-420.

188 Nawrotzki, R.J., Riosmena, F., and Hunter, L.M. 2013. Do rainfall deficits predict US-bound migration from rural Mexico? Evidence from the Mexican census. Population Research and Policy Review **32** (1): 129-158.

189 Puente, G.B., Perez, F., and Gitter, R.J. 2015. The effect of rainfall on migration from Mexico to the US. *I*nternational Migration Review: DOI: 10.1111/imre.12116.

190 Hu, F., Xu, Z., and Chen, Y. 2011. Circular migration, or permanent stay? Evidence from China's rural–urban migration. *C*hina Economic Review **22** (1): 64-74.

191 Findlay, A.M. 2011. Migrant destinations in an era of environmental change. Global Environmental Change **21** (Supplement 1): S50-S58.

192 Harmans-Neumann, K., Priess, J., and Herold, M. 2017. Human migration: climate variability, and land degradation: hotspots of socio-ecological pressure in Ethiopia. Regional Environmental Change: DOI: 10.1007/s10113-017-1108-6

193 Hosonuma, N., Herold, M., De Sye, V., De Fries, R.S., Brockhaus, M., et al. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. Environmental Research Letters 7 (4). doi:10.1088/1748-9326/7/4/044009.

194 Rudel, T. 2015. Land-use change: Deforestation by land grabbers. *Nature Geoscience* **8**: 752-753.

195 Mulley, B.G. and Unruh, J.D. 2004. The role of off-farm employment in tropical forest conservation: labor, migration, and smallholder attitudes toward land in western Uganda. Journal of Environmental Management **71** (3): 193-205.

196 Banchirigah, S.M. and Hilson, G. 2010. De-agrarianization, re-agrarianization and local economic development: Re-orientating livelihoods in African artisanal mining communities. Policy Sciences **43** (2): 157-180.

197 Seccatore, J., Veiga, M., Origliasso, C., Marin, T. and De Tomi, G. 2014. An estimation of the artisanal small-scale production of gold in the world. Science of the Total Environment **496**: 662-667.

198 GFC and Pöyry 2011. Interim Measures Report. Guyana REDD+ Monitoring Reporting and Verification System (MRVS). Guyana Forestry Commission and Pöyry Management Consulting (NZ) Limited.

199 Mol, J.H. and Ouboter, P.E. 2004. Downstream effects of erosion from small-scale gold mining on the instream habitat and fish community of a small neotropical rainforest stream. Conservation Biology **18**: 201-214.

200 Ouboter, P.E., Landburg, G.A., Quik, J.H.M., Mol, J.H.A., and F. van der Lugt. 2012. Mercury levels in pristine and gold mining impacted aquatic systems in Suriname, South America. Ambio **41**: 873-882.

201 Siciliano, G. 2014. Rural-urban migration and domestic land grabbing in China. Population, Space and Place **20** (4):333-351.

202 Hao, H. and Ren, Z., 2009. Land use/land cover change (LUCC) and eco-environment response to LUCC in farming-pastoral zone, China. Agricultural Sciences in China **8** (1): 91-97.

203 Chen, R., Ye, C., Cai, Y., Xing, X., and Chen, Q. 2014. The impact of rural out-migration on land use transition in China: Past, present and trend. Land Use Policy **40**: 101-110.

204 Foggin, J.M. 2008. Depopulating the Tibetan grasslands. Mountain Research and Development **28** (1): 26-31.

205 Shen, J. 2013. Increasing internal migration in China from 1985 to 2005: *I*nstitutional versus economic drivers. Habitat International **39**: 1-7.

206 World Commission on Dams, 2000. Dams and Development: A new framework for decision making. Earthscan, London.

207 Xi, J. 2016. Land degradation and population relocation in Northern China. Social Science and Medicine **157**: 79-86.

208 Tan, Y., Hugo, G., and Potter, L. 2003. Government-organized distant resettlement and the Three Gorges Project, China. Asia Pacific Population Journal **18** (3): 5-26.

209 Wilmsen, B., Webber, M., and Duan, Y. 2011. Involuntary rural resettlement: Resources, strategies, and outcomes at the Three Gorges Dam, China. Journal of Environment and Development 20 (4): 355-380.

210 Micklin, P. 2007. The Aral Sea disaster. *A*nnual Review of Earth and Planetary Sciences **35**: 47-72.

211 O'Hara, S.L., Wiggs, G.F.S., Marnedov, B., Davidson, G., and Hubbard, R.B. 2000. Exposure to airborne dust contaminated with pesticide in the Aral Sea region. The Lancet **355** (9204): 627-628.

212 Small, I., Meer, J. van der, and Upshaw, R.E.G. 2001. Acting on an environmental health disaster: The case of the Aral Sea. *E*nvironmental Health Perspectives **109** (6): 547-549.

213 Lioubimtseva, E. 2015. A multi-scale assessment of human vulnerability to climate change in the Aral Sea basin. Environmental Earth Sciences **73** (2):719-729.

214 Pumphrey, C. (ed.) 2008. Global Climate Change: National security implications. Strategic Studies Institute, US Army War College, Carlisle, PA.

215 Brown, O. and McLeman, R. 2009. A recurring anarchy? The emergence of climate change as a threat to international peace and security. Conflict, Security and Development **9** (3): 289-305.

216 Homer-Dixon, T. and Deligiannis, T. 2009. Environmental scarcities and civil violence. In: Brauch, H.G., Behera, N.C., Kameri-Mbote, P., Grin, J., Oswald Spring, U., et al. (eds.) Facing Global Environmental Change. Springer, Berlin, pp. 309-323.

217 Kumssa, A. and Jones, J.F. 2010. Climate change and human security in Africa. International Journal of Sustainable Development and World Ecology **17** (6): 453-461.

218 Adelphi International Alert, Woodrow Wilson International Center for Scholars, European Union Institute for Security Studies. 2015. A new climate for peace: Taking action on climate and fragility risks. An independent report commissioned by members of the G7. https://www.newclimateforpeace.org/

219 CARE Danmark. 2016. Fleeing climate change: Impacts on migration and displacement. http://careclimatechange.org/wp-content/uploads/2016/11/FleeingClimateChange_report.pdf p. 19/20**.**

220 Barnett, J. 2000. Destabilizing the environment-conflict thesis. Review of International Studies **26** (2): 271-288.

221 Rønnfeldt, C.F. 1997. Three generations of environment and security research. Journal of Peace Research **34** (4): 473-482.

222 Raleigh, C. and Urdal, H. 2007. Climate change, environmental degradation and armed conflict. Political Geography **26** (6): 674-694.

223 van Schaik, L. and Dinnissen, R. 2014. Op cit.

224 Raleigh, C. and Kniveton, D. 2012. Come rain or shine: An analysis of conflict and climate variability in East Africa. *J*ournal of Peace Research **49** (1): 51-64.

225 Meier, P., Bond, D., and Bond, J. 2007. Environmental influences on pastoral conflict in the Horn of Africa. Political Geography **26** (6): 716-735.

226 Martin, A. 2005. Environmental conflict between refugee and host communities. Journal of Peace Research **42** (3): 329-346.

227 Wolf, A.T 1998. Conflict and cooperation along international waterways. Water Policy **1** (2): 251-265.

228 Adger, W.N. 2003. Social capital, collective action and adaptation to climate change. Economic Geography **79** (4): 387-404.

229 Unruh J. and Williams R.C. 2013. Land: A foundation for peacebuilding. In Unruh J. and Williams R.C. (eds.) Land and post-conflict peacebuilding. Earthscan, London.

230 Bruch C., Jensen, D., Nakayama, M., Unruh, J. Gruby, R., et al 2009. Post-conflict peace building and natural resources. Yearbook of International Environmental Law **19** (1): 58-96.

231 IUCN. 1998. Parks for Peace: International conference on transboundary protected areas as a vehicle for international cooperation. IUCN, Gland, Switzerland.

232 Martin, A. 2005. Op. cit.

233 De Haas, H., Natter, K., and Vezzoli, S. 2014. Growing Restrictiveness or Changing Selection? The Nature and Evolution of Migration Policies. Working Paper 96. International Migration Institute, University of Oxford, Oxford.

© Massimo Mancini

Partie 2
LES PERSPECTIVES

Une perspective est un point de vue, une plate-forme, une perception ; elle élargit notre horizon et nous permet d'examiner nos attentes, présentes et futures. C'est dans ce cadre de pensée plus large que les *Perspectives territoriales mondiales* visent à présenter un point de vue unique sur l'un des atouts les plus précieux de la planète : la terre. Alors que nous saisissons l'état actuel de nos ressources foncières – un rappel consternant de l'utilisation abusive et de la mauvaise gestion passées – la deuxième partie présente à la fois des causes de préoccupation et des possibilités d'action. Elle fournit un bref aperçu de la façon dont les ressources foncières sont utilisées aujourd'hui et elle évalue les scénarios probables sur la façon dont nous pouvons répondre durablement à la demande de terres, de ses biens et services, à l'avenir. Elle se concentre sur des politiques et des pratiques plus larges, les questions fondamentales nécessitant de l'attention et les préoccupations émergentes qui doivent être prises en compte dans l'agenda de la politique publique mondiale.

6. Scénarios de changement 106
7. Sécurité alimentaire et agriculture 124
8. Ressources en eau 160
9. Biodiversité et sol 190
10. Énergie et climat 212
11. Urbanisation 226
12. Zones arides 246

Partie 2

CHAPITRE 6

SCÉNARIOS DE CHANGEMENT

Compte tenu de la demande croissante de terres et des nouveaux défis liés à la dégradation des sols et au changement climatique, les décideurs exigent des informations sur les conséquences possibles. Ce chapitre explore les tendances jusqu'en 2050, grâce aux scénarios de Shared Socio-Economic Pathways, sur la base du rapport '*Exploring the impact of changes in land-use and land condition on food, water, climate change mitigation and biodiversity: Scenarios for the UNCCD Global Land Outlook*'.[1]

Des scénarios différents indiquent de grandes différences dans l'utilisation future des terres, mais l'Afrique subsaharienne, le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord, l'Asie du Sud et, dans une moindre mesure, l'Asie du Sud-Est sont les régions qui subiront le poids de la croissance de la population et de la consommation globale, ainsi que la pression croissante sur les ressources foncières restantes. Dans tous les scénarios, on prévoit que le changement régional d'utilisation des terres le plus important aura lieu en Afrique subsaharienne ; cependant, les meilleures terres sont déjà utilisées et l'expansion s'étendra de plus en plus sur des terres moins productives, entraînant des récoltes plus faibles. Plusieurs régions ont peu de terres restantes pour l'expansion agricole ou uniquement des terres marginales, comme en Asie du Sud.

Les changements futurs dans l'état des ressources foncières devraient également être étendus en raison de l'évolution continue de l'utilisation des terres et de la détérioration des sols, de la couverture terrestre et de la biodiversité. La perte de biodiversité, en termes d'abondance moyenne des espèces, devrait se poursuivre de 4 à 12 % jusqu'en 2050, selon le scénario et elle se poursuivra dans la seconde moitié du 21e siècle. Les changements de couverture terrestre et de la qualité du sol affectent la probabilité d'inondation et de sécheresse. Les effets sont amplifiés dans les zones arides, qui font également face à une croissance démographique supérieure à la moyenne. Près de 20 % de la superficie des terres d'Afrique subsaharienne montre une baisse de productivité lorsqu'elle est corrigée pour les effets climatiques, contre 5 à 10 % dans la plupart des autres régions. Au niveau mondial, d'ici 2050, il y aura peut-être une expansion

supplémentaire de 5 % des terres cultivées pour compenser ces pertes de productivité.

À ce jour, le carbone organique du sol mondial a été réduit de 176 Gt par rapport à l'état naturel et non perturbé. Si les tendances actuelles se poursuivent, les émissions de carbone anthropiques à base terrestre du sol et de la végétation ajouteront à peu près 80 Gt de carbone à l'atmosphère au cours de la période 2010-50, ce qui équivaut à environ 8 ans d'émissions de carbone mondiales actuelles provenant des combustibles fossiles. L'abattement de ces émissions terrestres projetées laisserait intacte une plus grande partie du budget global de carbone de 170-320 Gt C (c.-à-d. la quantité d'émissions de CO_2 qui peuvent encore être émises sans compromettre l'objectif de maintien d'une augmentation moyenne de la température mondiale inférieure à 2 °C). Le potentiel mondial de stockage du carbone dans les sols est considérable, mais il nécessite le développement de systèmes agricoles combinant des récoltes élevées avec des niveaux de carbone biologique des sols proches de la nature.

INTRODUCTION

Les scénarios mondiaux sur le changement d'utilisation et la dégradation des terres représentent des histoires potentielles, des descriptions et des évaluations de la façon dont l'avenir pourrait se dérouler ; l'état futur potentiel de l'utilisation, la demande et la condition des ressources foncières. Les scénarios présentés ici sont un outil afin d'explorer les incertitudes associées aux éventuelles trajectoires de développement futures axées sur les dimensions humaines et environnementales pertinentes.[2] La demande croissante en alimentation, en eau, en énergie, en logement et autres biens et services terrestres, et les impacts qui en résultent sur la qualité et la productivité de la terre, sont au cœur de ces scénarios.

L'objectif principal d'un scénario dans ce contexte est d'aider les décideurs à explorer et à façonner l'avenir, ainsi qu'à réaliser une vision à long terme du développement durable pour tous. Dans la troisième partie de ces *Perspectives*, des scénarios réduisant la pression sur nos ressources foncières sont traduits en principes et trajectoires de réponse largement compris.
En analysant les différentes pressions et forces qui stimulent le changement de l'utilisation et de la dégradation des terres, les scénarios permettent également à une gamme d'acteurs à différentes échelles de tester la mesure dans laquelle la demande prévue et la gestion des ressources foncières aideront à réaliser les Objectifs de développement durable (ODD) et leurs cibles, en particulier la cible 15.3 des ODD sur la neutralité de la dégradation des terres.

Trajectoires socio-économiques communes

La modélisation mondiale nécessite une méthodologie convenue, qui repose sur le développement d'histoires cohérentes, suivie d'une modélisation transparente.[3] Plus récemment, les Trajectoires socio-économiques communes (SSP) ont été développées pour fournir un cadre pour l'analyse de scénarios, tenant compte de multiples forces motrices du développement économique, de la population, du développement technologique, de l'utilisation des terres et de la coopération internationale.

Les SSP représentent des caractérisations alternatives de futurs sociétaux possibles à utiliser par différentes communautés de recherche, dont des descriptions narratives des tendances futures et des informations quantitatives pour certains des éléments clés. Ce chapitre est basé sur l'analyse de scénarios[4] entreprise par l'Agence néerlandaise d'évaluation environnementale PBL, en coopération avec l'Université Wageningen, l'Université d'Utrecht et le Centre commun de recherche de la Commission européenne, avec le soutien de nombreux experts de différents domaines et organisations. Il montre les résultats de trois scénarios exploratoires (SSP1-3) et une variante sur le scénario SSP2 (le scénario de déclin de la productivité SSP2) pour estimer l'ordre de grandeur des changements mondiaux dans l'utilisation et la condition des terres jusqu'en 2050 pour différentes trajectoires de développement sociétal.

Tableau 6.1 : Hypothèses intégrées dans les trois scénarios SSP.

	SSP1 Développement durable	SSP2 Juste milieu	SSP3 Fragmentation
Mondialisation du commerce	Élevée	Moyenne	Faible
Consommation de viande	Faible	Moyenne	Élevée
Réglementation des changements d'utilisation des terres	Stricte	Modérée	Faible
Amélioration du rendement agricole	Élevée	Moyenne	Faible
Efficacité du système d'élevage	Élevée	Moyenne	Faible

Ces scénarios quantitatifs intègrent un ensemble d'hypothèses cohérentes au sein d'une histoire cohérente. Le scénario « Juste milieu » (SSP2) se caractérise par la poursuite des tendances actuelles ; le scénario « Développement durable » (SSP1) représente un monde plus équitable et prospère qui vise le développement durable ; et le scénario « Fragmentation » (SSP3) représente un monde divisé avec un faible développement économique, une forte croissance démographique et des préoccupations environnementales limitées.

Afin d'explorer l'impact des changements sur l'état du sol, une variante du scénario SSP2 a été créée. Le scénario « déclin de la productivité SSP2 » comprend, en plus de SPP2, l'impact d'une diminution de la productivité, de la couverture terrestre et/ou de la qualité du sol due à une mauvaise gestion des terres. Il suppose la poursuite du déclin net de la productivité primaire entre 1982-2010, tel qu'observé par les techniques de télédétection et corrigé pour les effets climatiques, jusqu'en 2050. Afin de discerner l'ampleur des changements de l'état du sol dus à une mauvaise gestion des terres plutôt qu'à celle du changement climatique, les données ont été corrigées pour les effets du changement climatique au cours de la même période.

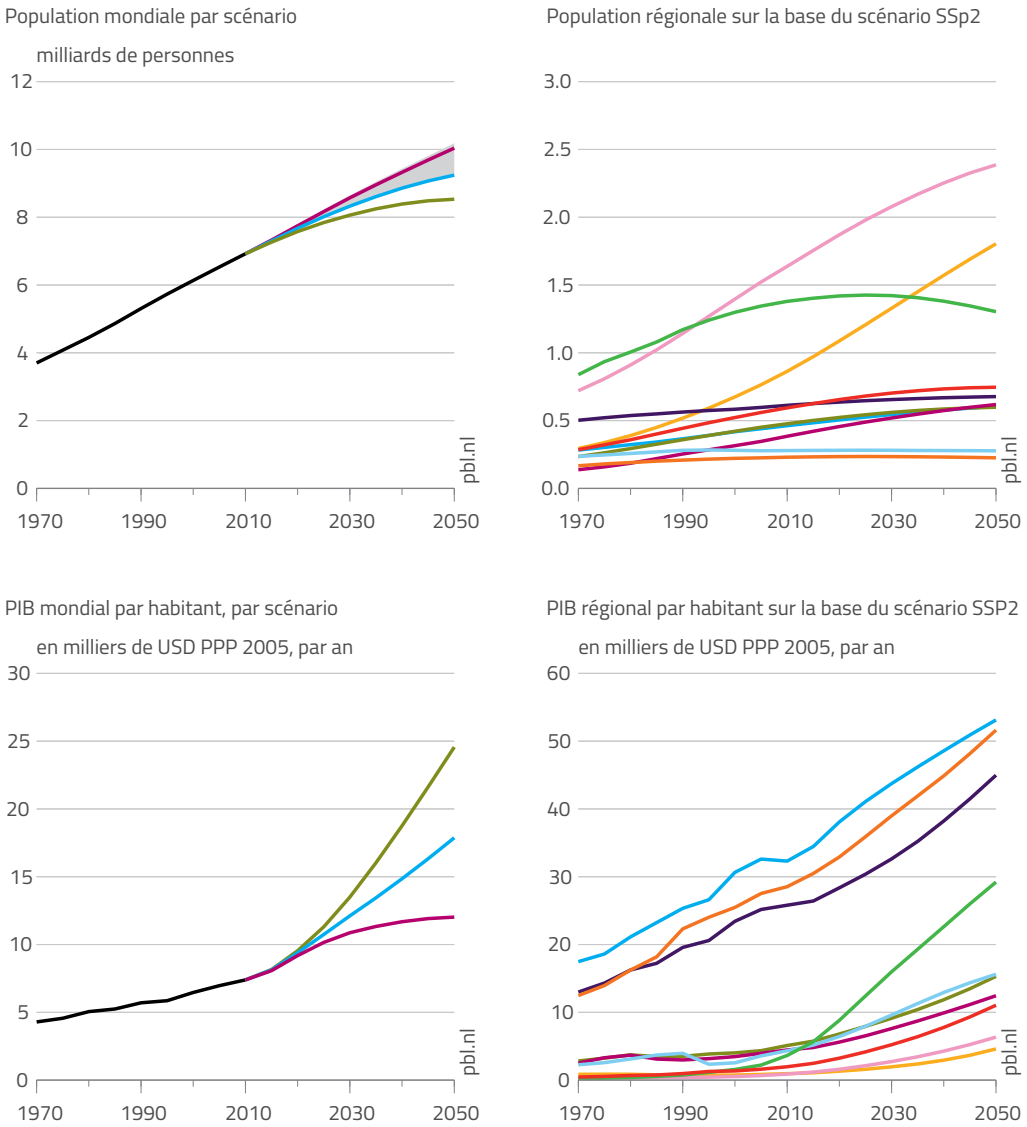
Alors que tous les scénarios sont des futurs potentiels, leurs histoires diffèrent largement. Cela aide à explorer la gamme potentielle de développements futurs en termes d'utilisation, de demande et de condition des terres. Ces gammes donnent aux décideurs une fourchette suffisante dans laquelle ils peuvent s'attendre à ce que des changements se produisent et à ce que des défis se concrétisent. Le tableau 6.1 présente les principales différences dans les hypothèses faites pour chacun des trois scénarios SSP. Ces scénarios sont élaborés avec le modèle IMAGE,[5] en appliquant des projections quantitatives pour les populations,[6] l'urbanisation[7] et le développement économique[8] et en quantifiant les paramètres du modèle afin de refléter les récits décrits ci-dessus. Les résultats des scénarios couvrent le système énergétique, la production alimentaire, l'utilisation des terres, les émissions de gaz à effet de serre, les changements climatiques, la biodiversité et les impacts sur les propriétés de l'eau et du sol. En évaluant les tendances de la biodiversité, des propriétés des sols et des systèmes hydrologiques, les changements de l'utilisation des terres et les changements climatiques sont des facteurs importants pris en compte dans la modélisation. Pour les habitudes d'utilisation des terres et le système agro-économique, les impacts du changement climatique ne sont pas inclus en raison des grandes incertitudes et de la conception expérimentale.[9] Les changements des propriétés du sol, de la biodiversité et des systèmes hydrologiques sont élaborés respectivement avec le modèle S-World,[10,11] le modèle GLOBIO[12] et le modèle PCR GLOB WB[13,14] .

Les trajectoires socio-économiques communes (SSP) décrivent des tendances alternatives plausibles dans l'évolution de la société et des systèmes naturels au cours du 21e siècle au niveau du monde et des grandes régions mondiales. Elles se composent de deux éléments : un récit narratif et un ensemble de mesures quantifiées du développement.

Figure 6. 1: Facteurs socio-économiques (PIB et population) quantifiés pour les scénarios SSP (PPA est la parité de pouvoir d'achat).
Source : PBL/IMAGE

Légende

- Historique
- Scénario SSP1
- Scénario SSP2
- Scénario SSP3
- Projections de la population par les Nations Unies (éventail 95 %)
- Amérique du Nord
- Amérique centrale et Amérique du Sud
- Moyen-Orient et Afrique du Nord
- Afrique sub-saharienne
- Europe occidentale et Europe centrale
- Russie et Asie centrale
- Asie du Sud
- Région de la Chine
- Asie du Sud-Est
- Japon et Océanie



Croissance démographique et économique

Dans les trois scénarios, les modèles de croissance démographique passée se poursuivront jusqu'en 2050, mais à des vitesses différentes (Figure 6.1). La croissance démographique mondiale devrait commencer à se stabiliser dans SSP2. La population mondiale atteindra environ 9 milliards de personnes en 2050, mais elle continuera à croître rapidement en Afrique subsaharienne, la population ayant doublé en 40 ans ; des taux de croissance élevés sont également prévus pour l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient et l'Asie du Sud. D'autres régions montrent des signes clairs de nivellement voire de déclin démographique. Dans SSP1, la croissance démographique est plus lente, atteignant environ 8 milliards en 2050, principalement en raison de la baisse des taux de croissance en Afrique subsaharienne, en Asie du Sud et du Sud-Est. Dans SSP3, la croissance démographique continuera à son rythme actuel et atteindra plus de 10 milliards en 2050, principalement en raison des taux de croissance plus élevés dans toutes les régions, mais surtout en Afrique subsaharienne, en Asie du Sud et du Sud-Est.

La croissance économique suit les tendances historiques dans SSP2, elle est supposée supérieure aux tendances historiques dans SSP1 et inférieure aux tendances historiques dans SSP3, en particulier dans les régions moins développées. En conséquence, les tendances de croissance démographique et économique se compensent en partie dans SSP3 par rapport à la demande alimentaire, en raison d'une population plus importante mais moins riche. Dans SSP1, malgré des revenus plus élevés, la population et l'attention aux préoccupations environnementales moins élevées maintiennent la demande alimentaire inférieure aux niveaux de SSP2.

Figure 6.2 : Terres actuellement utilisées (ligne pointillée), en 2050, et les chances pour qu'elles restent appropriées pour l'agriculture dans le scénario SSP2.
Source : PBL/IMAGE

Légende

Superficie de terre utilisée en 2050

- Cultures
- Pâturage

Potentiel des terres à rester appropriées pour l'agriculture

- Très élevé
- Élevé
- Modéré
- Faible
- Superficie de terre utilisée en 2010

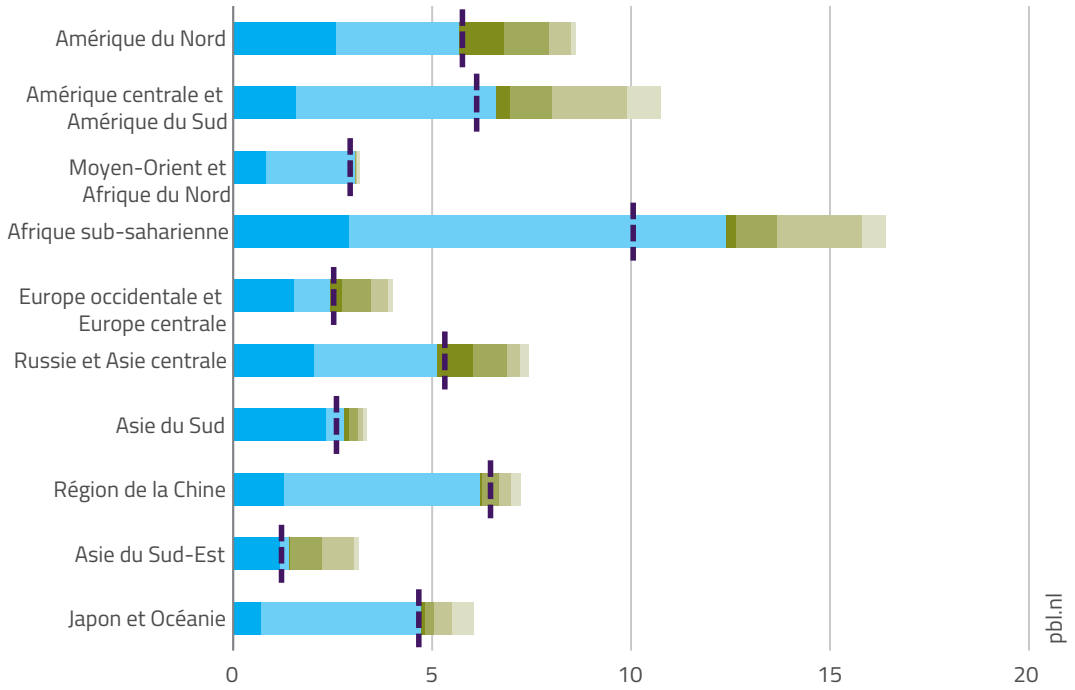
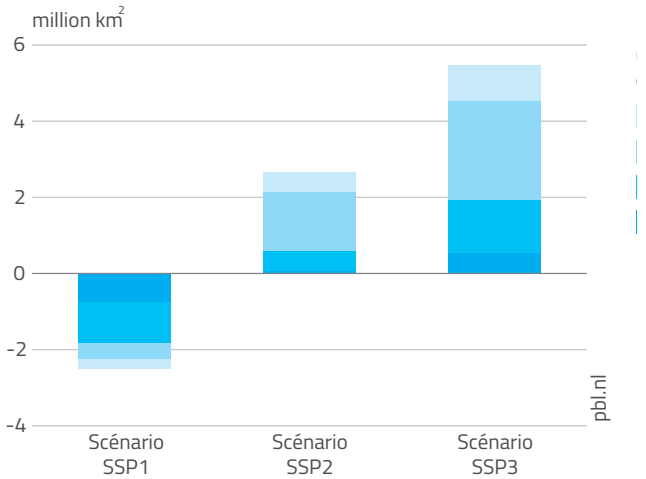


Figure 6.3 : Potentiel de productivité foncière de l'aire agricole nouvellement convertie.
Source : PBL/IMAGE

Légende

Classe de productivité des cultures de terres converties

- Faible
- Modérée
- Élevée
- Très élevée



Résultats de l'analyse des scénarios de PBL

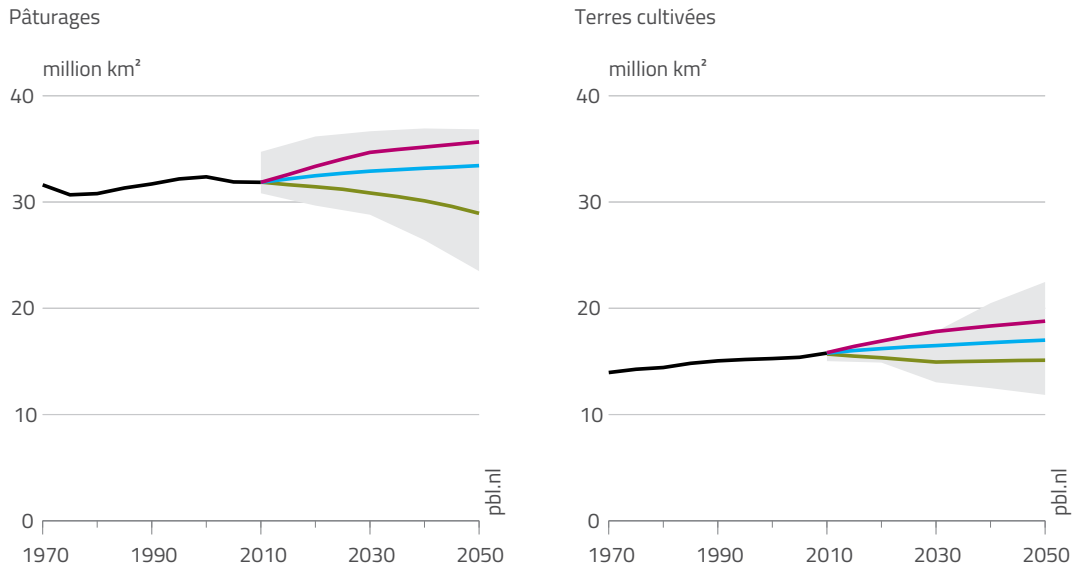
Dans les trois scénarios, la demande de biens et de services terrestres continuera à croître rapidement dans les prochaines décennies.[15] Cela comprend les produits agricoles (aliments et fourrage), les fibres (coton et bois pour la construction et le papier) et le carburant (bois d'alimentation, biomasse, biocarburants liquides). En plus de la demande de produits de la terre, les villes, les villages et les infrastructures sont construits sur les terres et la conservation des forêts et d'autres zones naturelles pour la biodiversité, les services écosystémiques et l'atténuation et l'adaptation au climat nécessitent tous cette terre.

Dans l'ensemble, les résultats des scénarios sont solides car les liens généraux entre les aliments, le fourrage et leurs utilisations foncières respectives sont bien compris et reposent sur une large base empirique. Les principales incertitudes dans les futures dynamiques d'utilisation des terres sont la variation de la demande pour les produits agricoles et les tendances de récolte des cultures et des systèmes de production animale. Tous les modèles mondiaux indiquent pour le scénario moyen SSP2 de poursuite des tendances, et plus encore pour SSP3, que la tendance centenaire à transformer les zones boisées en terres agricoles se poursuivra au moins jusqu'en 2050. Non seulement les forêts seront affectées par les futures demandes d'utilisation des terres de l'agriculture, mais les savanes et les prairies le seront également. En

Figure 6.4 : Tendances mondiales de l'utilisation des terres pour les SSP (lignes colorées) et la fourchette dans d'autres modèles[16] (zone grise) pour 2010-2050.
Source : PBL/IMAGE

Légende

- Historique
- Scénario SSP1
- Scénario SSP2
- Scénario SSP3
- Plage de modèle IAM pour les scénarios SSP1, SSP2 et SSP3



conséquence, nous pouvons nous attendre à une perte continue d'habitat et aux impacts associés sur la biodiversité. Les sections suivantes reflètent les chapitres suivants de la deuxième partie des Perspectives qui présentent plus en détail les éléments de preuve et les futurs problèmes politiques potentiels.

Agriculture

Les terres naturelles aptes à l'agriculture restantes sont limitées, avec une expansion croissante sur des terres plus marginales. Avec une grande partie des terres potentiellement disponibles pour l'agriculture déjà utilisée, pour les cultures et l'élevage, ou pour les zones urbaines, des terres supplémentaires pour l'agriculture doivent s'étendre à des zones moins productives (Figure 6.2). L'utilisation de terres moins productives nécessite plus de superficie et/ou d'intrants pour la même production. En outre, les terres marginales sont souvent plus difficiles à gérer et plus sujettes à la dégradation : elles peuvent être sur des pentes, avoir des sols minces et moins fertiles, être plus difficiles à travailler ou restreintes par des pénuries d'eau ou des facteurs climatiques. Les agriculteurs doivent donc fournir plus d'efforts et d'intrants, en plus d'avoir des conditions moins favorables qu'ailleurs. Dans diverses régions, les petits exploitants sont plus susceptibles d'être poussés dans des zones marginales alors que les grands producteurs maintiennent le contrôle de terres plus fertiles.

Deux des trois scénarios projettent une augmentation de l'utilisation des terres agricoles : on estime qu'environ 50 % (SSP3) et 80 % (SSP2) de cette augmentation aura lieu sur des terres à productivité faible ou modérée (Figure 6.3) . En revanche, dans le scénario SSP1, la superficie agricole nette mondiale diminuera en raison de la combinaison d'une faible croissance démographique, d'une plus grande attention à la consommation et la productiondurable (ex. réduction de la consommation de viande et des déchets alimentaires) et d'une efficacité accrue des systèmes de culture et d'élevage. En Europe et en Russie, représentant une grande partie des terres les plus fertiles du monde, même des terres très productives seront confrontées au changement ou à l'abandon de l'utilisation des terres. Du point de vue de l'efficacité mondiale de l'utilisation des terres, un plus grand commerce de produits de la terre aiderait à allouer la production aux régions selon leur avantage comparatif. Pourtant, il existe de nombreuses autres préoccupations, telles que l'autosuffisance alimentaire domestique et le coût du transport et les émissions de CO_2 dues au transport longue distance.

Le changement mondial de l'utilisation des terres devrait continuer dans le scénario SSP2, avec l'expansion des terres cultivées de 15 millions de km² en 2010 d'environ 0,9 million de km² en 2030 et 1,2 million de km² en 2050, avec 1,4 million de km² supplémentaires pour les cultures énergétiques en 2050. La superficie des pâturages (dont celle des prairies pour le bétail) devrait augmenter d'environ 1,6 million de km² d'ici 2050 (Figure 6.4).

Le scénario SSP3 montre des extensions plus importantes pour les terres cultivées, la bioénergie et les pâturages que SSP2, principalement en raison du développement technologique lent. Dans le scénario SSP1, une diminution nette de la superficie agricole est projetée dans le monde en raison du faible accroissement démographique, de la consommation et de la production plus durables et de

Figure 6.5 : Changement dans l'utilisation des terres et zones naturelles, à l'échelle mondiale (gauche) et régionale (à droite)
Source : PBL/IMAGE

Légende

- Autres terres
- naturelles
- Forêt
- Pâturage
- Cultures énergétiques
- Aliments et cultures vivrières
- Agglomération
- Plage entre les scénarios SSP1 et SSP3

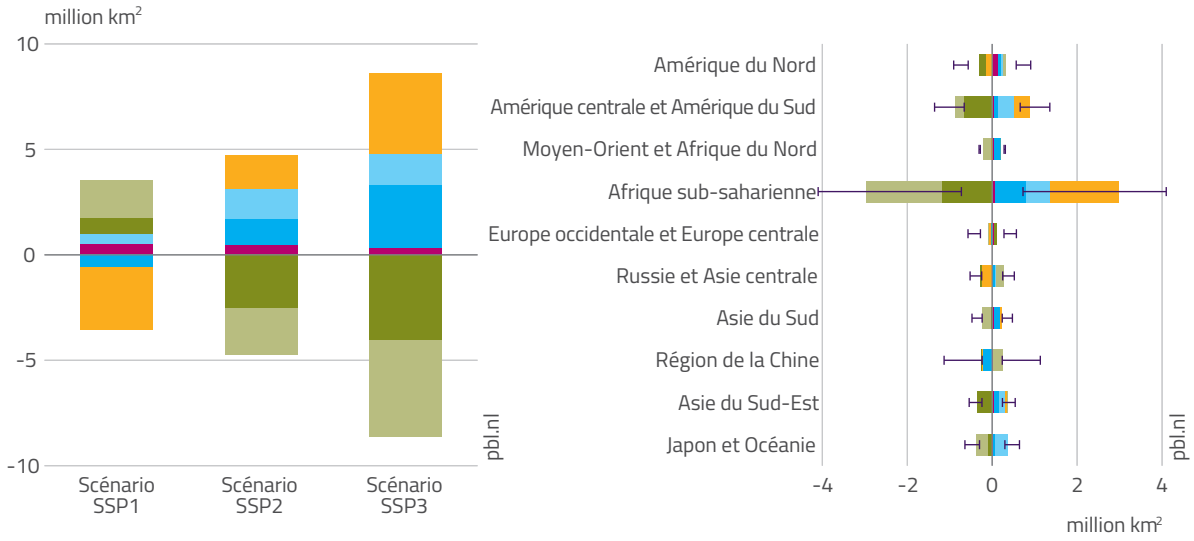


Figure 6.6 : Changement d'utilisation des terres au cours de la période 2010-2050 : vert indique l'expansion des zones naturelles ; violet indique l'expansion des terres agricoles/agglomérations.
Source : PBL/IMAGE

Légende

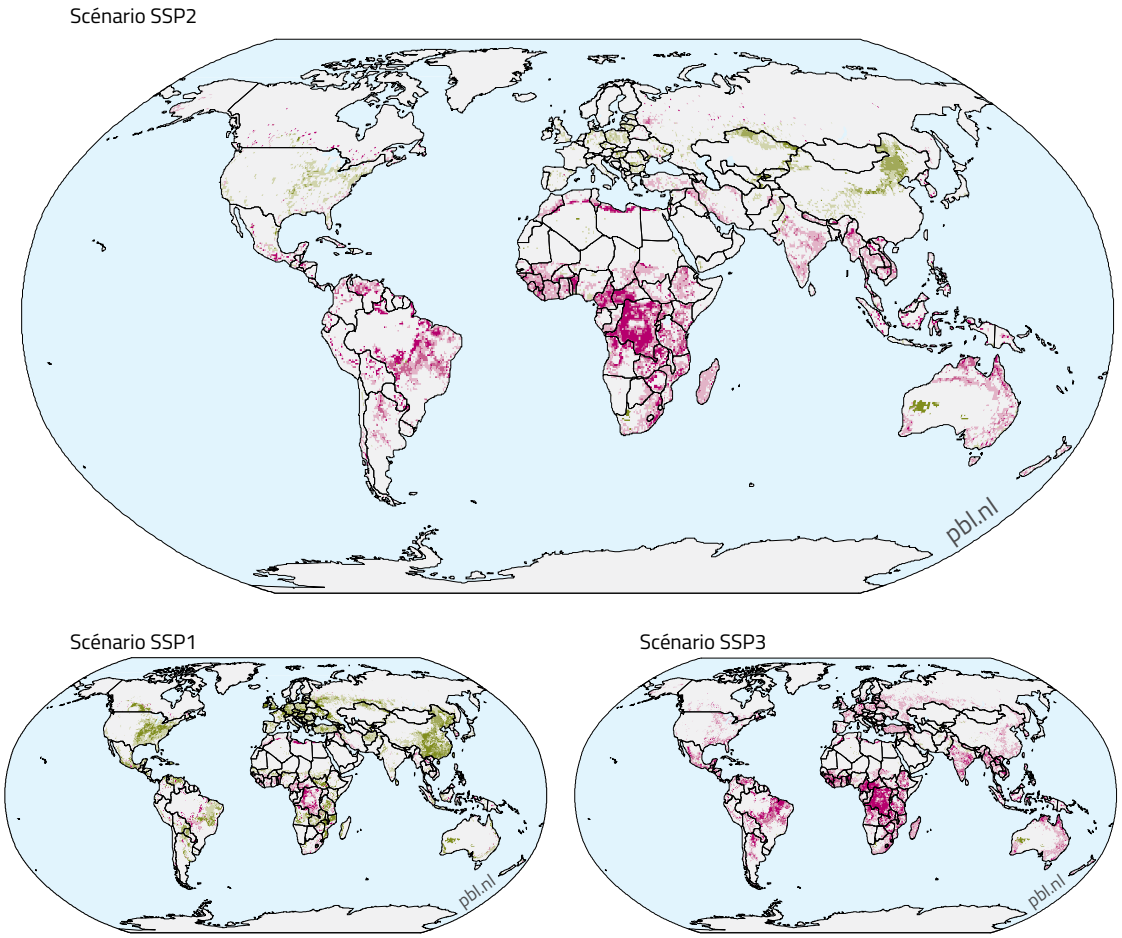
Déforestation et conversion d'autres terres naturelles (% de changement par cellule de grille)

5 30 50 100

Reboisement et abandon de terres agricoles en terres naturelles (% de changement par cellule de grille)

5 30 50 100

Changement nul ou léger (moins de 5 %)



l'efficacité accrue des systèmes de culture et d'élevage, nécessitant moins de terres. L'expansion des terres agricoles est plus importante en Afrique subsaharienne en raison de la forte croissance démographique et de la demande croissante de nourriture et de fourrage, qui ne peut être totalement satisfaite par une augmentation de l'efficacité. Toujours dans SSP1, malgré une baisse nette au niveau mondial, l'utilisation des terres agricoles se développe en Afrique subsaharienne ; dans SSP3, l'expansion est environ 40 % plus élevée que dans SSP2 en raison de l'amélioration lente des récoltes des cultures et de l'efficacité du système d'élevage (Figures 6.5 et 6.6).

Le changement de l'utilisation des terres s'explique par l'augmentation continue de la demande de nourriture, de carburant et de fibres. La demande mondiale entraîne une augmentation de la production agricole et forestière de 27 à 77 % jusqu'en 2050, selon les différents scénarios et en fonction des projections en termes de population et de revenus. Cela correspond à la fourchette citée dans la littérature.[17] Dans les régions en développement, l'augmentation de la production est modérée, car la croissance de la demande se stabilise, mais on s'attend à de fortes augmentations en Afrique subsaharienne (plus de 150 %), en Asie du Sud et en Asie du Sud et en Amérique latine (plus de 70 %), ce qui entraîne un changement de l'utilisation des terres agricoles. Une partie de la demande régionale croissante est également assurée par la production dans d'autres régions et le commerce.

Dans le scénario SSP1, l'augmentation de la demande est beaucoup plus faible dans la plupart des régions, voire constante. Les changements dans la demande alimentaire dans SSP3 sont souvent similaires à SSP2 aux niveaux mondial et régional, car une population plus élevée et une croissance économique plus faible se compensent : SSP3 a une population plus élevée, ce qui entraînerait une plus grande demande, mais aussi un moindre revenu et donc une demande moindre par rapport à SSP2. En entraînant le changement de l'utilisation des terres, l'intensité agricole (cultures et bétail) constitue la différence entre ces deux scénarios. La production de bois reste à des niveaux élevés dans les régions développées dans tous les scénarios et elle montre une certaine augmentation en Amérique latine, en Afrique et en Asie du Sud-Est, souvent due à l'augmentation des plantations forestières.

L'utilisation d'engrais azoté et du phosphore devrait augmenter rapidement dans les pays où l'utilisation est actuellement faible, améliorant l'efficacité de l'utilisation des terres, mais risquant des effets environnementaux négatifs. Une grande partie de la production agricole actuelle axée sur le marché est devenue dépendante des engrais artificiels, les nutriments naturels du sol étant incapables de maintenir les niveaux de récolte actuels dans de nombreuses régions. Dans le scénario SSP2, l'augmentation rapide de la production alimentaire entraînera une augmentation de l'utilisation de l'azote et du phosphore, surtout dans les régions où l'utilisation d'engrais est actuellement faible. Les projections antérieures de scénarios comparables estiment une augmentation de 36 % de l'utilisation mondiale d'engrais azotés et de 44 % de celle du phosphore entre 2005 et 2050, mais avec un quadruplement de l'utilisation des engrais au phosphore en Afrique subsaharienne.[18]

Tous les scénarios SSP montrent une expansion significative de l'agriculture sur les sols tropicaux vulnérables à l'érosion. Les sols sous les forêts tropicales sont généralement pauvres et altérés par les intempéries, avec une longue histoire de pluie abondante et de fortes températures qui ont lessivé la plupart des éléments nutritifs. La forte productivité de la végétation naturelle est soutenue par un cycle presque fermé dans lequel la majorité des nutriments se trouve dans la biomasse et dans la couche de matière morte et en décomposition sur le sol de la forêt. La plus grande expansion de terres cultivées est prévue dans le bassin du Congo à la suite d'une forte augmentation de la demande en Afrique subsaharienne, même avec l'hypothèse relativement optimiste d'une augmentation d'environ 200 % de la productivité agricole dans cette région dans le scénario SSP2. Sans des systèmes de gestion des sols soutenus et efficaces, le défrichement de ces terres pour l'agriculture pourrait entraîner une baisse rapide de la production agricole due au manque de nutriments et à l'exposition à l'érosion hydrique.

À l'échelle mondiale, la perte de productivité continue dans des zones particulières peut nécessiter une expansion supplémentaire des terres agricoles à titre de compensation d'ici 2050. Supposer des tendances négatives locales pour la productivité primaire nette en tant que proxy de la baisse de productivité foncière dans les terres cultivées permet une première estimation des terres agricoles supplémentaires nécessaires afin de compenser cette perte. Selon ce scénario de déclin de la productivité SSP2, cela se traduirait par une superficie de terres cultivables 5 % plus importante d'ici 2050, en plus de l'expansion de 8 % dans le scénario SSP2 qui était basée uniquement sur la croissance de la demande alimentaire. Les régions qui montrent l'expansion supplémentaire la plus importante selon ces hypothèses sont l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord, le Russie et l'Asie centrale, l'Afrique subsaharienne, le Japon et l'Océanie.

Ressources en eau

La sécurité future de l'eau fait face à une multitude de risques dans une perspective de pénurie. Ces risques se rapportent à la forte augmentation de la demande en eau, aux incertitudes liées à l'épuisement des eaux souterraines non renouvelables, à la réduction de la qualité de l'eau et à l'évolution des précipitations, ainsi qu'à l'évolution de la profondeur du sol, de sa texture et de son carbone organique. Avec le déclin de la condition des sols, leur capacité à retenir l'eau diminue. La capacité de rétention d'eau est particulièrement pertinente pour la production agricole pluviale dans les zones arides, où les précipitations peuvent être erratiques et la fonction de tampon des sols pour stocker l'eau est utilisée par les plantes pour survivre à des périodes de sécheresse plus longues. Les faibles récoltes dans les systèmes de terres arides sont souvent attribuées à une évaporation excessive de l'eau à partir de la surface du sol, où des quantités plus élevées de paillis organique peuvent, bien que cela ne soit pas possible dans toutes les situations, améliorer l'infiltration et le stockage de l'eau, augmentant ainsi la productivité.[19] Lorsque plus d'eau peut être stockée dans le sol (par exemple, grâce au paillage), la libération retardée de l'humidité dans les eaux souterraines peut avoir un effet de lissage sur le débit fluvial.

Dans le scénario SSP2, la demande mondiale en eau augmente de 2 056 km^3 à 2 445 km^3. L'Asie du Sud-Est et l'Afrique subsaharienne montrent la plus forte augmentation de la demande en eau, due en grande partie à la demande de l'industrie et des ménages. La disponibilité de l'eau fait référence à sa disponibilité limitée compte tenu de la demande totale de différents utilisateurs. La pénurie d'eau, maintenant et à l'avenir, est répandue dans des régions densément peuplées comme l'Inde, l'Asie, l'ouest des États-Unis et l'Espagne (Figure 6.7). Ces régions se composent de grandes zones arides et semi-arides. La figure 6.7 montre également les régions qui connaîtront une augmentation de la pénurie d'eau. Entre autres, sur la côte du centre-est de l'Afrique, dans les Grandes Plaines des États-Unis, autour de la Méditerranée et dans certaines parties du bassin du Yangtsé, la pénurie d'eau peut ralentir la croissance économique.

La mesure dans laquelle la pénurie d'eau locale deviendra problématique dépend également du stockage local, du pompage des eaux souterraines des aquifères ou des mesures en amont pour éviter les pénuries en aval. Les scénarios explorés ici ne représentent que les risques et n'incluent pas ces mesures potentielles d'atténuation et d'adaptation.

Dans le scénario SSP2, de nombreux bassins fluviaux avec des niveaux de précipitations plus élevés en raison des changements climatiques montrent une augmentation du ruissellement qui est plus importante que prévu seulement en fonction de l'augmentation des précipitations; le changement de couverture terrestre semble réduire la

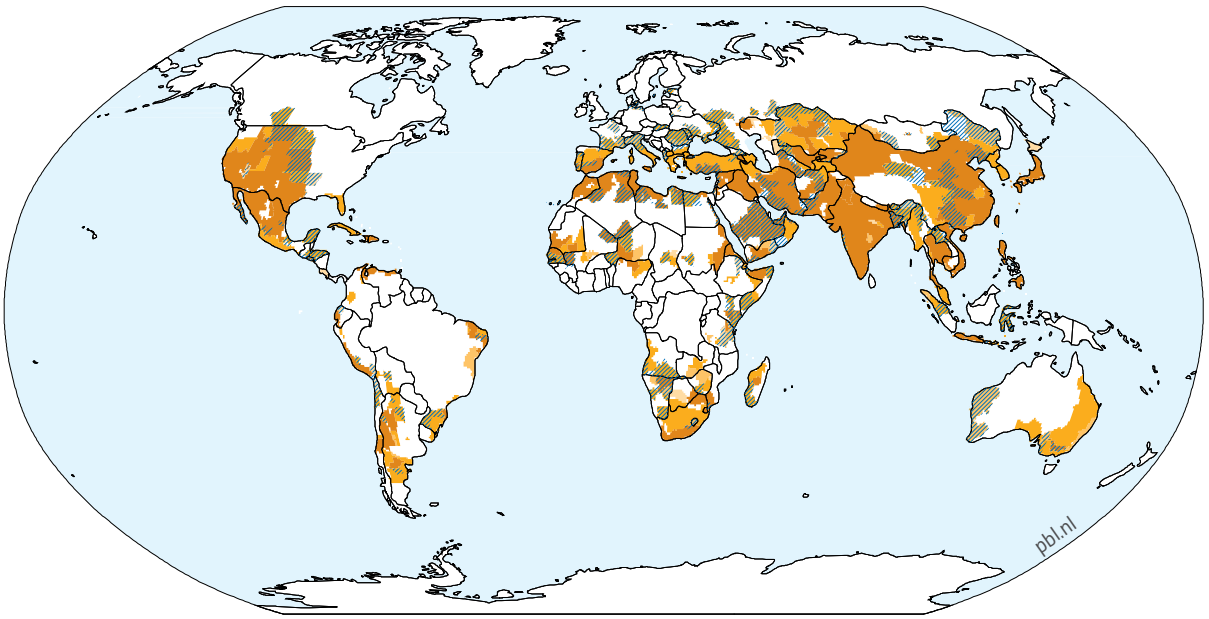


Figure 6.7 : Projections mondiales de la pénurie d'eau dynamique, entre 2010 et 2050, dans le scénario SSP2 : la carte de l'indice de pénurie d'eau dynamique est basée sur un calendrier mensuel et explique la fréquence et la persistance des conditions de pénurie d'eau dans une année**.** *Source : UU*

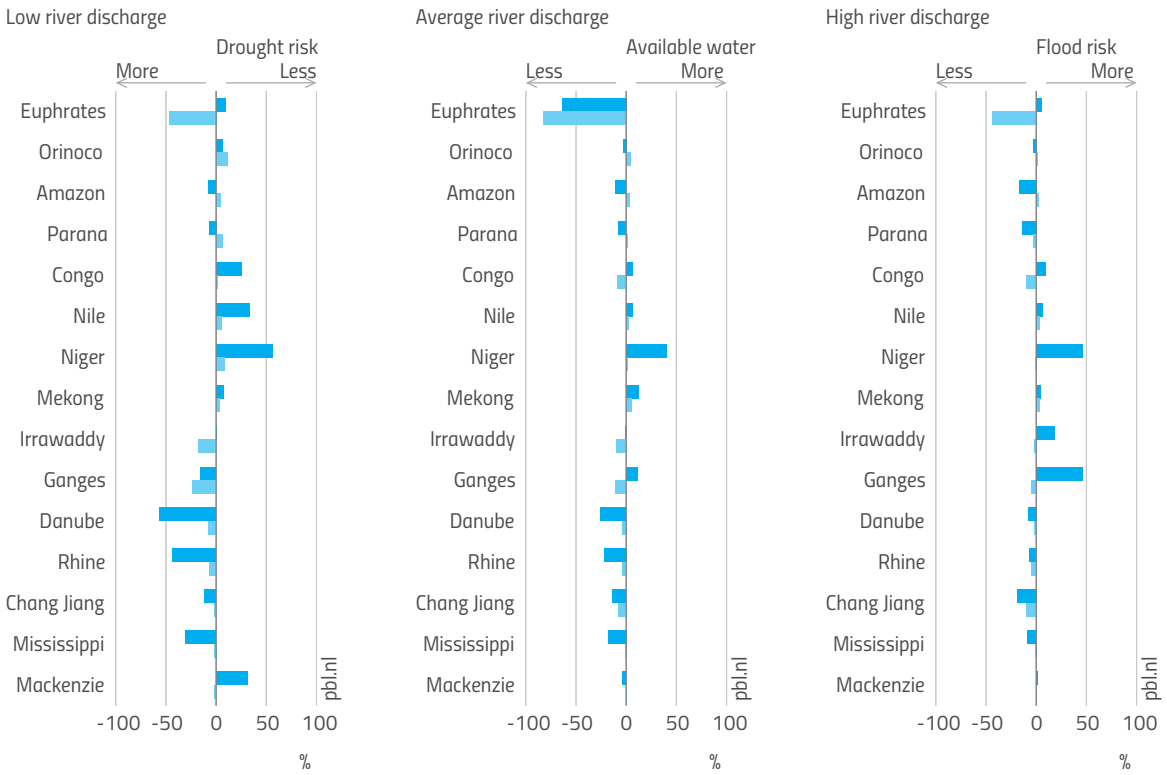
Légende

- Faible (0,1-0,2)
- Modéré (0,2-0,4)
- Élevé (0,4-0,8)
- Très élevé (0,8 ou plus)
- Aucun stress hydrique (moins de 0,1)
- Augmentation projetée du stress hydrique par rapport à 2010

Figure 6.8 : Changements des taux de débit moyen, élevé et faible pour les grands bassins fluviaux entre 2010 et 2050 dans le scénario SSP2 et SSP2 sans changement climatique. Notez que les changements dans les propriétés du sol, comme dans le scénario du déclin de la productivité SSP2, ne sont pas pris en compte dans le scénario SSP2 sans changement climatique (montrant ainsi uniquement l'effet du changement d'utilisation des terres). *Source : UU ; PBL*

Légende

- Scénario SSP2
- Scénario SSP2 sans changement climatique



capacité des écosystèmes à amortir les débits d'eau et entraîne donc un taux de ruissellement plus élevé. Les effets sont amplifiés dans les régions arides, où, pour de nombreux petits bassins, une légère intensification de l'utilisation des terres peut entraîner une modification importante du ruissellement.

Les changements climatiques et le changement de couverture du sol entraînent des changements de ruissellement qui influencent les volumes de débit fluvial. Selon le débit moyen, les bassins fluviaux peuvent être plus humides ou plus secs. Mais du fait que les débits fluviaux montrent généralement une grande variabilité naturelle, les volumes de débit élevés et faibles plutôt que les niveaux moyens fournissent plus d'informations sur les dangers des inondations et de la sécheresse. La figure 6.8 montre la variation relative des volumes de débit faible, moyen et élevé pour le scénario SSP2, avec et sans changement climatique, pour certains des plus grands bassins fluviaux du monde. Plusieurs développements peuvent s'amplifier ou se modérer et l'étendue varie selon le bassin hydrographique, en fonction de la situation locale. Un changement négatif dans les faibles débits signifie que leurs volumes diminueront, indiquant qu'un bassin hydrographique sera plus sensible à la sécheresse hydrologique. C'est l'inverse pour les débits élevés.

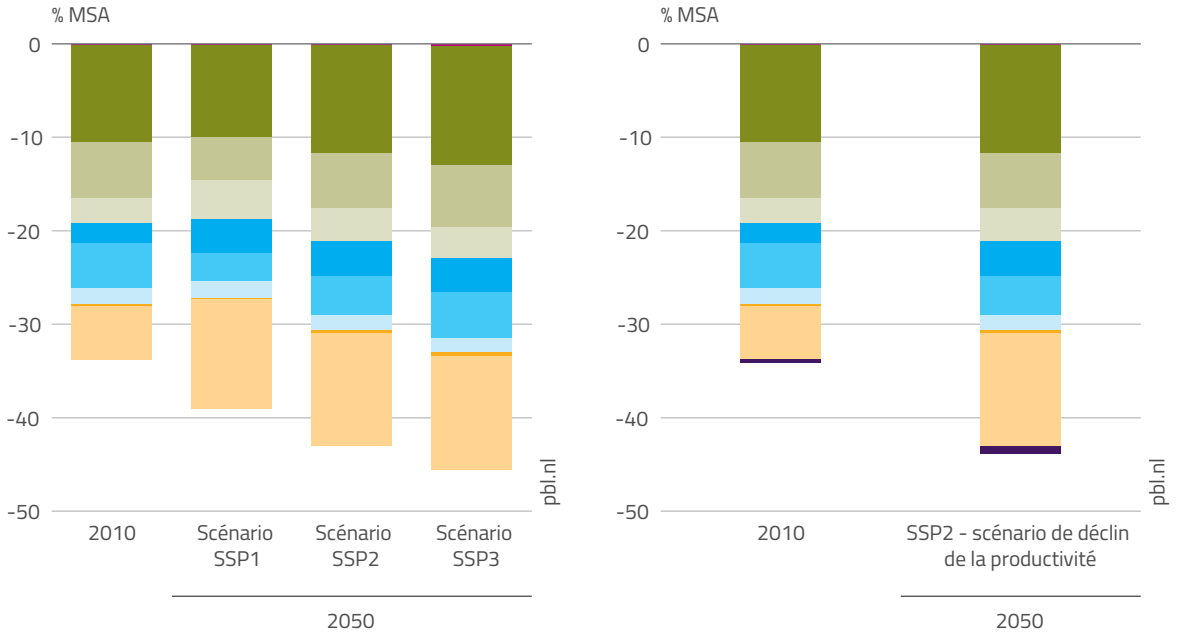
Biodiversité

La perte de biodiversité, mesurée par l'abondance moyenne des espèces (MSA), devrait passer de 34 % en 2010 à 38, 43 et 46 % dans les scénarios SSP1, 2 et 3 respectivement (Figure 6.9). Dans SSP1, le taux de perte est ralenti en arrêtant l'expansion des terres cultivées bien que cela entraîne un impact plus important de la foresterie. C'est un exemple typique de compromis entre les différents développements sectoriels ; la zone forestière doit se développer plus que dans SSP2 et SSP3 afin de compenser l'absence de production de bois provenant des forêts défrichées pour l'expansion des terres cultivées. SSP2 et SSP3 montrent les plus grandes pertes de biodiversité comme un effet cumulatif de l'augmentation des terres cultivées, dont les cultures biologiques, l'infrastructure et l'empiétement des établissements humains, de la foresterie et du changement climatique. Ces scénarios poursuivraient ou accéléreraient même le taux de perte enregistré au 20e siècle. Dans tous les scénarios, la perte de biodiversité continue bien au-delà de 2050 alors que les impacts du changement climatique s'accélèrent dans tous les scénarios.

Figure 6.9 : Perte de biodiversité mondiale par rapport à la situation naturelle en 2010 et en 2050 dans les scénarios SSP1, SSP2 et SSP3 (à gauche), et pour 2010 et 2050 dans le scénario du déclin de la productivité SSP2 (à droite).
Source : PBL/IMAGE

Légende

- Urbanisation
- Cultures
- Biocarburants
- Pâturage
- Sylviculture
- Infrastructure
- Empiétement
- Fragmentation
- Dépôt d'azote
- Changement climatique
- Déclin de la productivité



Le scénario de déclin de la productivité SSP2 montre une perte de biodiversité additionnelle d'environ 1 % d'ici 2050 (Figure 6.9). La plus grande part provient de la perte de productivité des terres cultivées, qui entraîne une expansion supplémentaire des terres cultivées afin de compenser la perte. Une partie moindre provient de l'ancienne utilisation des terres, désormais abandonnées et de l'utilisation informelle et extensive des terres, telles aue le pâturage et le fourrage extensif et la collecte du bois. Le point d'un pour cent peut être perçu comme relativement faible, mais en termes absolus, il s'agit d'une quantité considérable. Comme référence, 1 % de la perte de l'abondance moyenne des espèces (MSA) équivaut à une perte totale de biodiversité dans une zone vierge d'environ 2,4 fois la taille de la France métropolitaine.

Sol, végétation et carbone

La perte anthropique historique totale de carbone organique du sol (COS), principalement due à la conversion des écosystèmes naturels en cultures agricoles, a entraîné une perte estimée à 176 Gt de COS, équivalant à 8 % du bassin de COS d'environ 2 200 Gt dans des conditions naturelles.[19,20] Ceci correspond aux estimations dans la littérature.[21,22,23] On estime qu'une grande partie de ces pertes a eu lieu en Europe, dans le sous-continent indien, dans le Sahel, dans la partie sud-est de l'Amérique du Sud et dans une grande partie de la Chine (Figure 6.10, au milieu).

Dans le scénario de déclin de la productivité SSP2, les émissions cumulatives provenant du COS sont estimées à environ 27 Gt C au cours de la période 2010-2050 (Figure 6.11). De ce total, 16 Gt C proviennent de la conversion future des terres naturelles en terres agricoles et 11 Gt C de la baisse continue de la couverture terrestre et de la productivité, qui n'est pas due à la conversion des terres. La plus grande partie de ces pertes à venir est attendue dans les régions de l'hémisphère sud, en particulier l'Afrique subsaharienne (Figure 6.10, en bas). Les sols à productivité moyenne et faible, souvent à faible teneur en carbone, peuvent perdre une part relativement élevée de leur bassin de carbone total (déjà réduit) dans un court laps de temps lorsqu'ils sont transformés en terres cultivées.

On estime que le drainage continu des sols tourbeux et les feux de tourbe subséquents contribueront de manière cumulative à des émissions d'environ 9 Gt C (± 2) entre 2010 et 2050. Cette quantité est basée sur les projections des émissions en Asie du Sud-Est[24] et l'extrapolation des émissions actuelles en Europe, y compris dans la Russie européenne.[25] Les émissions cumulatives de carbone provenant de la perte de végétation sont estimées à environ 45 Gt C d'ici 2050 ; il s'agit de la perte de biomasse due à l'expansion agricole, à la dégradation des forêts et à la gestion forestière (Figure 6.11). Il s'agit du solde net, en particulier, du boisement dans les régions du Nord et de la déforestation continue dans les régions du Sud.[26]

Les émissions anthropiques terrestres ci-dessus s'élèveront à environ 80 Gt C d'ici 2050, soit environ huit ans d'émissions annuelles de carbone provenant des combustibles fossiles égales à 9,9 Gt C/an[27] (Figure 6.11). Ces estimations n'incluent pas les répercussions des changements climatiques (température et précipitations)

Figure 6.10 : Contenu de COS actuel (en haut) ; perte historique de COS en tant que fraction de COS à l'état naturel (milieu) ; perte future de COS en tant que fraction de l'état actuel dans le scénario de déclin de la productivité SSP2 (en bas).

Source : Stoorvogel et al. 2017 ; Schut et al. 2015 ; PBL

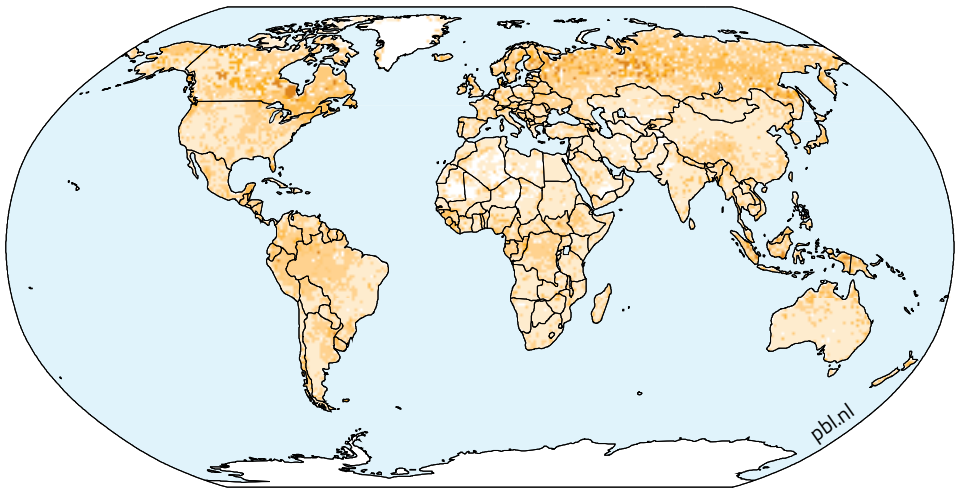
Légende

- Faible (1,5 % ou moins)
- Modéré (1,5-3,0 %)
- Élevé (3,0-5,0 %)
- Humus (5,0-12,0 %)
- Organo-minéral (12,0-35 %)
- Biologique (plus de 35 %)

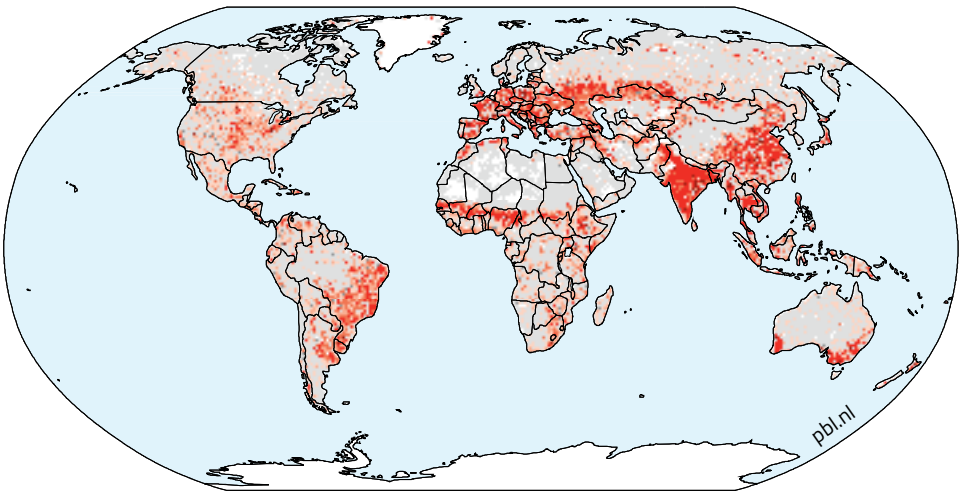
- 50 et plus
- 30-50
- 20-30
- 10-20
- 2-10
- Perte de 2 % - croissance de 2 %
- Plus de 2 % de croissance

- Aucune donnée

2010



Changement comparé à la situation naturelle, 2010



Changement sur la base du scénario SSP2 de déclin de la productivité

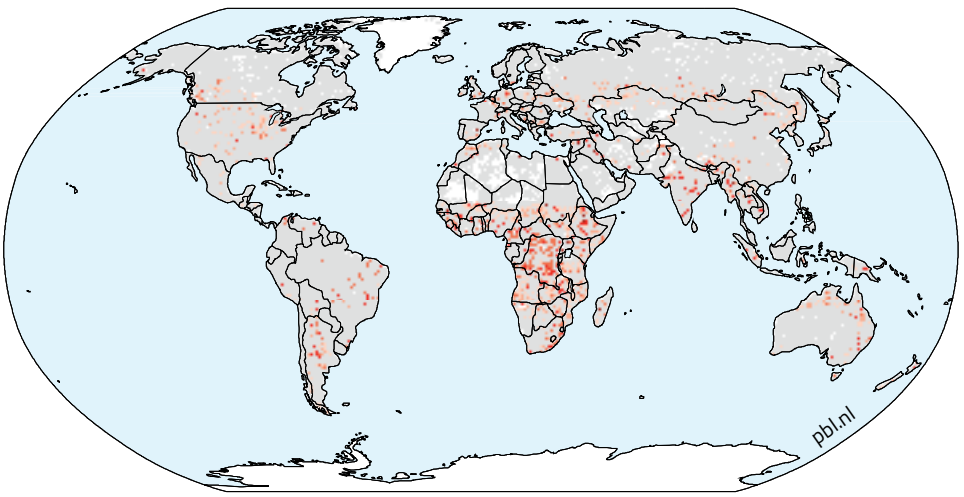
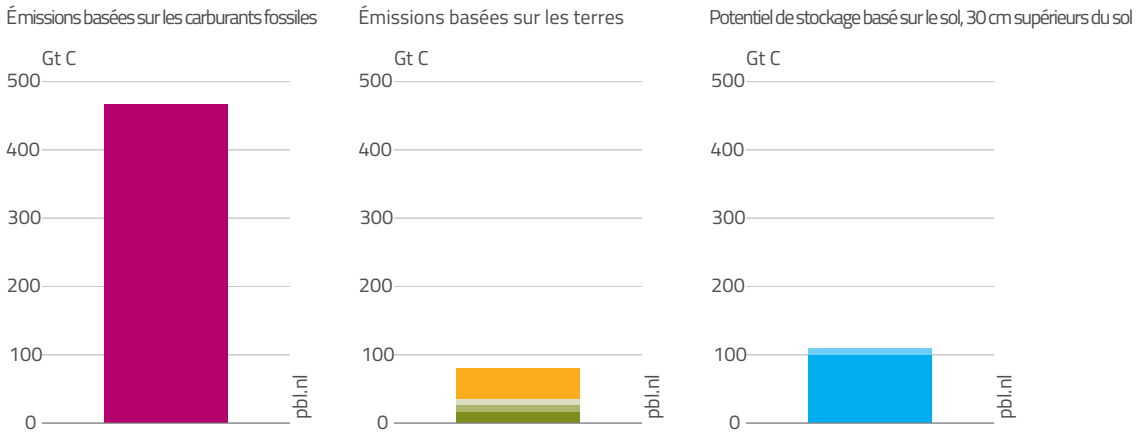


Figure 6.11 : Émissions cumulatives de carbone provenant des combustibles fossiles du secteur de l'énergie et de l'industrie (à gauche) ; émissions cumulatives de la végétation terrestre (changement d'utilisation des terres) et des sols (milieu) ; potentiel de capture du carbone dans la couverture du sol (< 30 cm) dans les terres agricoles et naturelles (à droite).
Source : PBL



Légende

- Total
- Végétation

Carbone organique du sol

- Tourbières (drainage, combustion)
- Déclin de la productivité
- Changement d'utilisation
- Zone naturelle
- Zone agricole

sur les stocks de COS, ni les impacts de la fertilisation au CO2 sur les stocks de carbone dans la végétation.

Étant donné que la plus grande partie de la perte historique de COS provient des 30 cm supérieurs du sol des terres agricoles, le plus grand potentiel de restauration se trouve dans les terres agricoles actuelles. Ce potentiel mondial est considérable, mais nécessite le développement de systèmes agricoles qui combinent des rendements élevés avec des niveaux de COS proches de la nature (Figure 6.11).

Les futures émissions de carbone terrestre sont relativement faibles par rapport aux émissions provenant des combustibles fossiles (Figure 6.11). Néanmoins, la réduction des émissions terrestres futures et l'utilisation du potentiel de capture du carbone dans les terres agricoles seraient significatives du point de vue de l'atténuation du changement climatique. Les scénarios présentant une probabilité de maintien de la hausse de la température mondiale en-dessous de 1,5-2 °C nécessitent que les futures émissions cumulatives de CO_2 soient limitées à 170-320 Gt C.[28,29,30]

Changement climatique

L'impact du changement climatique sur l'agriculture est susceptible de diminuer les rendements et la disponibilité de terres agricoles appropriées dans certaines régions, tout en augmentant les rendements dans d'autres pour des niveaux modérés de réchauffement. Cela entraînera vraisemblablement à la fois des modifications du commerce et l'expansion des zones agricoles, mais le degré d'incertitude concernant l'impact des changements climatiques sur l'utilisation des terres agricoles est très important.[31] L'impact diffère largement entre les régions : alors que certaines régions tempérées sont susceptibles de bénéficier d'une température plus élevée et de périodes de végétation plus longues, des régions comme l'Afrique subsaharienne et l'Inde devraient voir des baisses de rendement en raison d'une limitation accrue de l'eau et, plus important encore, des températures plus élevées.[32]

Les zones arides sont particulièrement vulnérables. La figure 6.12 montre une carte globale de l'aridité actuelle et des changements futurs dans le scénario SSP2. La hausse de la productivité due à la fertilisation au CO_2 peut compenser certains des effets néfastes, mais la mesure dans laquelle ces avantages peuvent être concrétisés en pratique n'est toujours pas claire. À l'échelle mondiale, les récoltes sur les terres agricoles existantes pourraient diminuer de 10 à 15 %, alors que la superficie adaptée aux terres cultivées pourrait augmenter d'environ 10 %, notamment dans l'hémisphère nord. Cela entraînerait un déclin de quelques points de la production mondiale d'ici 2050 par rapport à une situation sans changement climatique, mais l'image est nettement plus diversifiée à l'échelle régionale et modérée par le commerce.

En plus des impacts sur l'adéquation des terres pour la production alimentaire, les changements climatiques affecteront également la disponibilité de l'eau et peuvent donc avoir des conséquences plus larges, tels que les conflits, en particulier dans les zones arides où de fortes augmentations de population sont attendues et où la pénurie d'eau est déjà une question litigieuse.[33,34,35,36] Enfin, le réchauffement peut également accélérer la décomposition de la matière organique du sol, exercer une pression sur l'état de la terre dans les régions déjà chaudes et accroître davantage les émissions de carbone[37] ainsi que la migration des nuisibles et des maladies.

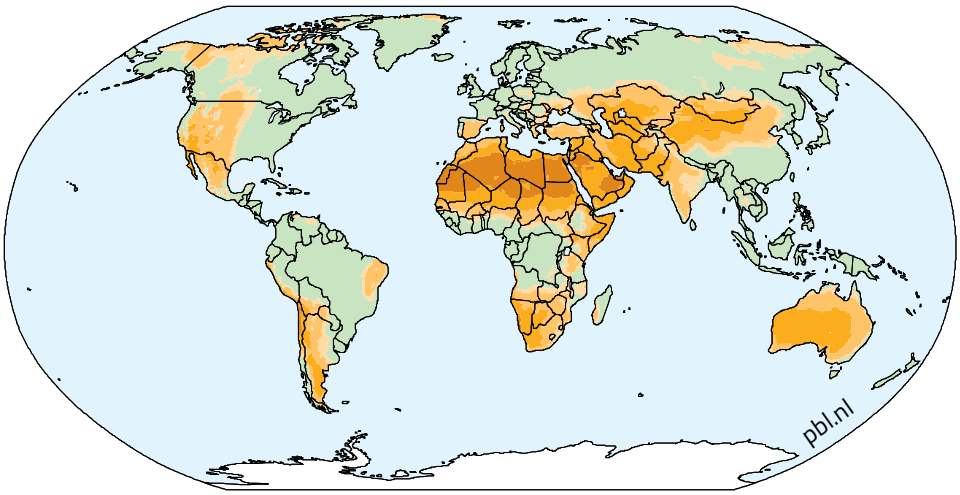
Figure 6.12 : L'indice d'aridité en 2010 et la variation dans le scénario SSP2
Source : PBL/IMAGE

Légende

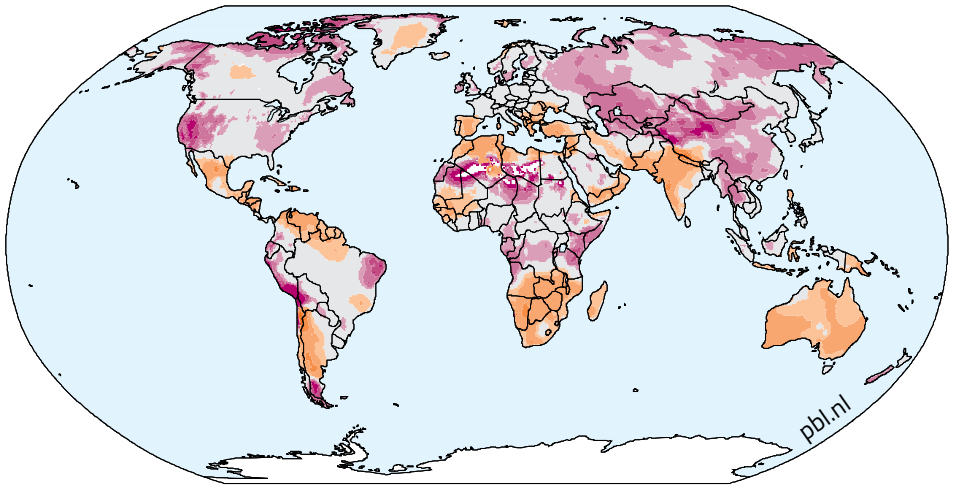
Indice d'aridité

- Hyper aride (< 0,03)
- Aride (0,03-0,2)
- Semi-aride (0,2-0,5)
- Subhumide sec (0,5-0,65)
- Humide (> 0,65)

Indice d'aridité, 2010



Changement de l'aridité sur la base du scénario SSP2, 2010 - 2050



- Plus aride
- Aucun changement
- Plus humide

Urbanisation

L'expansion des zones et infrastructures urbaines, bien que faible par rapport à la conversion des terres en agriculture, déplace de plus en plus les terres agricoles fertiles. Le monde devient de plus en plus urbanisé, ce qui affecte directement et indirectement l'utilisation des terres. Les points d'installation des hommes se sont développés historiquement dans les zones les plus fertiles et sur les terres accessibles. Leur taille croissante commence à déplacer de manière significative les terres agricoles fertiles. Dans une région de la Chine, plus de 70 % de l'augmentation de terres urbaines a eu lieu sur des terres précédemment cultivées.[38]

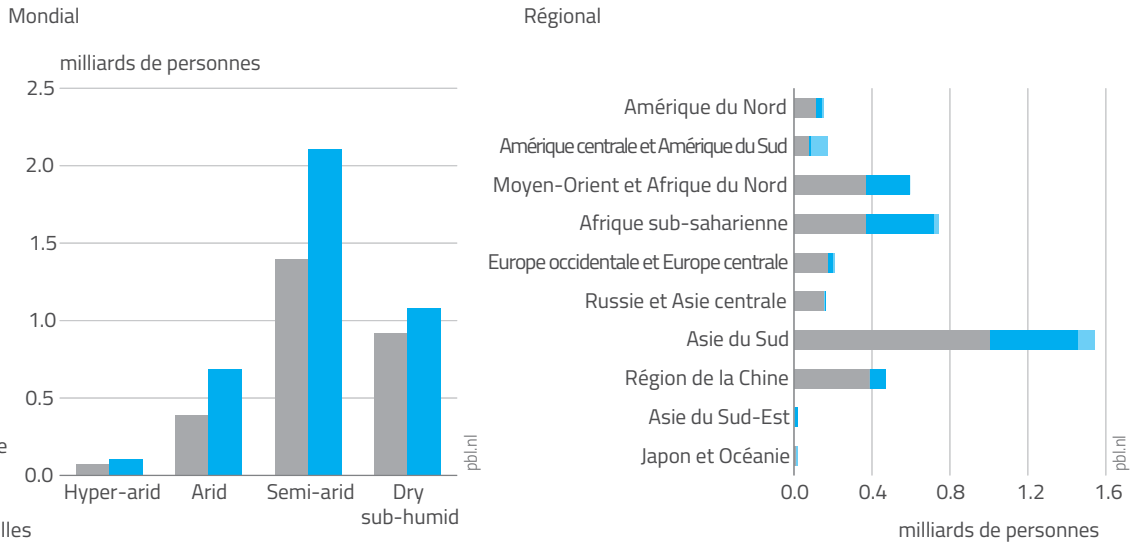
L'expansion urbaine se déroule principalement dans les zones périurbaines, fragmentant et occupant lentement des paysages agricoles et naturels. L'agriculture est souvent déplacée vers d'autres sites, parfois moins productifs. Les populations urbaines sont de plus en plus déconnectées des zones rurales et de la manière dont les aliments et autres ressources issues de la terre sont produits. L'étendue de l'agglomération devrait augmenter de 0,4 million de km^2 selon le scénario SSP2. Une grande partie de cette augmentation se produit sur des zones agricoles très productives (voir le chapitre 11), ce qui entraîne le déplacement de l'agriculture vers des régions moins productives et nécessite plus d'espace pour générer la même production. Cette constatation est généralement conforme à d'autres publications, bien que certaines projettent la plus grande expansion de la zone urbaine dans d'autres régions, comme la Chine.[39]

Figure 6.13 : Population dans les terres arides par catégorie (à gauche) et par région (à droite) en 2010 et 2050 dans le scénario SSP2.
Source : PBL/IMAGE

Légende

Mondiale
- 2010
- 2050

Régionale
- Population en 2010
- Croissance démographique dans les zones arides existantes, 2010-2050
- Population dans les nouvelles zones arides 2050



Zones arides

La population dans les zones arides devrait augmenter de 43 % d'ici 2050 dans le scénario SSP2, soit une augmentation beaucoup plus importante que le taux de croissance de la population mondiale d'environ 33 %. Dans l'ensemble, la population des zones arides devrait passer de 2,7 milliards d'habitants en 2010 à 4,0 milliards en 2050 (Figure 6.13).

Dans les zones arides, l'eau est généralement le facteur limitant pour la croissance des plantes. Avec l'augmentation de la population dans le scénario SSP2, la pénurie d'eau devrait devenir une question encore plus urgente dans beaucoup de ces régions. On prévoit que les plus fortes augmentations de population se produiront dans les zones semi-arides et arides. À l'échelle régionale, l'Asie du Sud devrait voir la plus forte augmentation du nombre de personnes dans les zones arides, avec plus de 500 millions d'individus, et on estime qu'en Afrique subsaharienne le nombre de personnes vivant dans les zones arides doublera. Bien que plus petit en termes absolus, un tel doublement est également prévu en Amérique centrale et en Amérique du Sud. Alors qu'en Afrique subsaharienne l'augmentation est principalement due à la croissance démographique, en Amérique centrale et en Amérique du Sud, la principale cause est l'expansion des zones arides due aux changements climatiques. Par conséquent, bien que de nombreuses régions deviennent un peu plus sèches et que certaines deviennent plus humides, les défis mondiaux dans les zones arides seront aggravés par les demandes accrues des populations plus nombreuses, plutôt que par les changements climatiques. Cependant, les effets du changement climatique, comme les conditions météorologiques de plus en plus irrégulières, en particulier les sécheresses, affecteront beaucoup plus de personnes dans les zones arides à l'avenir.

Perspectives régionales

Lorsqu'on examine les changements d'utilisation des terres et des fonctions de l'écosystème d'un point de vue régional, l'Afrique subsaharienne, l'Asie du Sud, le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord seront confrontés aux plus grands défis. Ces régions se caractérisent par une combinaison des facteurs suivants : niveau élevé de croissance démographique (surtout dans les zones arides), faible PIB par habitant, niveaux élevés de sous-alimentation, fortes augmentations du stress hydrique, consommation limitée de protéines, taux d'autosuffisance plus faibles, expansion de la zone agricole, réductions rapides des terres cultivables potentiellement disponibles, faible rendement agricole continu, perte de productivité continue et pertes de biodiversité élevées. Parallèlement, les moyens économiques et institutionnels pour faire face à ces changements sont actuellement limités et, bien que le développement puisse les améliorer à l'avenir, cela pourrait conduire à des problèmes et à des risques de conflits ingérables, et à des migrations de masse à l'intérieur et à l'extérieur de la région.

L'Asie du Sud-Est fait face à de nombreux défis similaires, mais dans une moindre mesure. Cela se caractérise par une augmentation relativement forte de la demande en eau, une faible autosuffisance, une expansion agricole continue, des diminutions supplémentaires de terres cultivables potentiellement disponibles et des pertes de biodiversité élevées. Les régions restantes devront faire face à relativement moins de défis, qui restent toutefois diversifiés, tout en disposant de meilleurs moyens économiques et institutionnels pour contrebalancer à ces changements.

© Mehmet Özdemir

CONCLUSION

Cette analyse des scénarios démontre que dans de nombreuses régions, on peut s'attendre à des changements importants de l'utilisation, de la demande et des caractéristiques des terres dans les décennies à venir, principalement en raison de l'augmentation de la population et de la richesse, entraînant une demande croissante de nourriture, d'une demande accrue en viande et en aliments nécessitant un usage intensif des terres, d'une demande accrue en fibres et en énergie, de l'urbanisation, de l'accélération du changement climatique et du déclin continu au niveau local de la couverture terrestre, de la productivité et du carbone organique des sols.

Ces facteurs influenceront les débits fluviaux élevés et faibles, les pénuries d'eau, l'aridité, les rendements agricoles, l'expansion des terres agricoles, les terres comme source et puits de carbone, et la biodiversité. L'Afrique subsaharienne, le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord, l'Asie du Sud et, dans une moindre mesure, l'Asie du Sud-Est font face à une combinaison alarmante de défis environnementaux et socio-économiques qui accroîtront la pression sur les biens et services fonciers à l'avenir. En conséquence, les impacts multidimensionnels sur la sécurité humaine (voir chapitre 5) peuvent entraîner des problèmes et des risques impossibles à gérer.

Les réponses potentielles (voir la troisième partie) doivent aider à atténuer les pressions sur les terres et à parvenir à un équilibre plus équitable entre les compromis environnementaux et socio-économiques. C'est la somme de nos décisions individuelles ,en tant que chefs de famille, consommateurs, producteurs, propriétaires d'entreprises et décideurs, qui aboutit à un échec mondial de la sécurité d'approvisionnement en nourriture, en eau et en énergie pour tous, alors que tout sera fait pour atténuer les changements climatiques et stopper les pertes de biodiversité. Comme pour faire face au changement climatique, une approche qui n'altère en rien nos pratiques courantes est insuffisante pour relever un défi de cette ampleur. De telles réponses doivent aborder la croissance démographique, les niveaux de consommation, les régimes alimentaires, les écarts de rendement pour tous les produits, l'utilisation efficace de l'espace, de l'eau, des matériaux et de l'énergie, la déforestation, les déchets alimentaires, les pertes après récolte, les changements climatiques et la conversion des zones naturelles. La gouvernance des terres à l'échelle locale, nationale et internationale, associée à une planification de l'aménagement du territoire, et des systèmes de gestion des terres pertinents seront essentiels pour faire face à une telle transition.

© Juan Carlos Huayllapuma/CIFOR

RÉFÉRENCES :

1 PBL Netherlands Environmental Assessment Agency (2017). Exploring the impact of changes in land-use and land condition on food, water, climate change mitigation and biodiversity; Scenarios for the UNCCD Global Land Outlook. PBL Report. Den Haag.

2 Van Vuuren, D.P., Kriegler, E., O'Neill, B.C., Ebi, K.L., Riahi, K., et al. 2014. A new scenario framework for climate change research: Scenario matrix architecture. Climatic Change **122** (3): 373-386.

3 Alcamo, J. and Ribeiro, T. 2001. Scenarios as tools for international environmental assessments. Environmental Issues Report number 24. European Environment Agency, Copenhagen.

4 O'Neill, B.C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K.L., Hallegatte, S., et al. 2014. A new scenario framework for climate change research: The concept of shared socioeconomic pathways. Climatic Change **122** (3): 387-400.

5 Stehfest, E., van Vuuren, D., Bouwman, L., and Kram, T. 2014. Integrated assessment of global environmental change with IMAGE 3.0: Model description and policy applications. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.

6 Lutz, W., Butz, W.P., and Samir, K.E. (eds.). 2014. World population and human capital in the twenty-first century. OUP, Oxford.

7 Jiang, L. and O'Neill, B.C. 2015. Global urbanization projections for the Shared Socioeconomic Pathways. Global Environmental Change **42**: 192-199.

8 Dellink, R., Chateau, J., Lanzi, E., and Magné, B. 2015. Long-term economic growth projections in the Shared Socioeconomic Pathways. Global Environmental Change **42**: 200-214.

9 O'Neill, B.C., et al. 2014. Op. cit.

10 Stoorvogel, J.J., Bakkenes, M., Temme, A.J., Batjes, N.H., and Brink, B.J.E. ten. 2017a. S World: A global soil map for environmental modelling. Land Degradation and Development **28**: 22-33.

11 Stoorvogel, J.J., Bakkenes, M., Brink, B.J.E ten, and Temme, A.J. 2017b. To what extent did we change our soils? A global comparison of natural and current conditions. Land Degradation and Development. DOI: 10.1002/ldr.2721.

12 www.globio.info

13 Sutanudjaja, E.H., van Beek, L.P., Wada, Y., Wisser, D., de Graaf, I.E., et al. 2014. Development and validation of PCR-GLOBWB 2.0: A 5 arc min resolution global hydrology and water resources model. Geophysical Research Abstracts **16**: EGU20149993.

14 De Graaf, I.E.M., Sutanudjaja, E.H., van Beek, L.P.H., and Bierkens, M.F.P. 2014. A high resolution global scale groundwater model. Hydrology and Earth System Sciences Discussions **11** (5): 5217-5250.

15 Doelman, J.C., Stehfest, E., Tabeau, A., Van Meijl, H., Lassaletta, L., et al. (forthcoming). Exploring SSP land-use dynamics using the IMAGE model: Regional and gridded scenarios of land-use change and landbased climate change mitigation. Global Environmental Change.

16 Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S., Havlik, P., Humpenöder, F., et al. 2017. Land-use futures in the shared socio-economic pathways. Global Environmental Change **42:** 331-345.

17 Ibid.

18 PBL. 2012. Roads from Rio+ 20: Pathways to achieve global sustainability goals by 2050. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague, The Netherlands.

19 Jägermeyr, J., Gerten, D., Schaphoff, S., Heinke, J., Lucht, W., and Rockström, J. 2016. Integrated crop water management might sustainably halve the global food gap. Environmental Research Letters **11 (2):** 025002.

20 The numbers are derived by applying Stoorvogel et al. 2017a and Stoorvogel et al. 2017b in the IMAGE model.

21 Houghton, R.A. 2003. Revised estimates of the annual net flux of carbon to the atmosphere from changes in land-use and land management 1850–2000. Tellus B **55 (2): 378-390.**

22 Levy, P., Friend, A., White, A., and Cannell, M. 2004. The influence of land-use change on global-scale fluxes of carbon from terrestrial ecosystems. Climatic Change **67 (2-3): 185-209.**

23 Kaplan, J.O., Krumhardt, K.M., Ellis, E.C., Ruddiman, W.F., Lemmen, C., and Goldewijk, K.K. 2011. Holocene carbon emissions as a result of anthropogenic land cover change. The Holocene **21** (5): 775-791.

24 Hooijer, A., Page, S., Canadell, J.G., Silvius, M., Kwadijk, J., et al. 2010. Current and future CO2 emissions from drained peatlands in Southeast Asia. Biogeosciences 7: 1505-1514.

25 Drösler, M., Freibauer, A., Christensen, T.R., and Friborg, T. 2008. Observations and status of peatland greenhouse gas emissions in Europe. In: Dolman, A.J., Valentini, R., and Freibauer (eds.) The Continental-Scale Greenhouse Gas Balance of Europe. Springer, New York, pp. 243-261.

26 PBL. 2017. Op. cit.

27 Olivier, J.G.J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M., and Peters, J.A.H.W. 2015. Trends in global CO2 emissions: 2013/2014/2015 Report: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency and European Commission Joint Research Centre, The Hague and Ispra, Italy.

28 Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014. Climate Change 2014. Mitigation of Climate Change Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Table 6.3, p. 431.

29 See also UNFCCC Paris agreement art. 2 p.: Holding the increase in the global average temperature to well below 2°C above pre-industrial levels and to pursue efforts to limit the temperature increase to 1.5°C above pre-industrial levels. Scenarios with a likely (>66%) probability to keep global temperature change below 2°C should limit future cumulative CO2 emissions to 630-1180 GtCO2 (170-320 Gt C).

30 Rogelj, J., Den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., et al. 2016. Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2°C. Nature **534** (7609): 631-639.

31 Nelson, G.C., Valin, H., Sands, R.D., Havlík, P., Ahammad, H., et al. 2014. Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. Proceedings of the National Academy of Sciences 111 (9): 3274-3279.

32 Joint Research Centre of the European Commission. 2017. Challenges of Global Agriculture in a Climate Change Context by 2050; Authors: Van Meijl, H., Lotze-Campen, H., Havlik, P., Stehfest, E., Witzke, P., Pérez-Domínguez, I., Levin-Koopman, J., Fellmann, T., and Tabeau, A.; Editors: Pérez-Domínguez, I. and Fellmann, T.; JRC Technical Reports.

33 Burke, M.B., Miguel, E., Satyanath, S., Dykema, J.A., and Lobell, D.B. 2009. Warming increases the risk of civil war in Africa. Proceedings of the National Academy of Sciences 106 (49): 20670-20674.

34 Gleditsch, N.P. 2012. Whither the weather? Climate change and conflict. Journal of Peace Research **49** (1): 3-9.

35 Kelley, C.P., Mohtadi, S., Cane, M.A., Seager, R., and Kushnir, Y. 2015. Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought. Proceedings of the National Academy of Sciences 112 (11): 3241-3246.

36 Van Schaik, L. and Dinnissen, R. 2014. Terra Incognita: Land degradation as underestimated threat amplifier. Clingendael, Netherlands Institute of International Relations, The Hague.

37 Crowther, T., Todd-Brown, K., Rowe, C., Wieder, W., Carey, J., et al. 2016. Quantifying global soil carbon losses in response to warming. Nature **540** (7631): 104-108.

38 Hao, P., Sliuzas, R., and Geertman, S. 2011. The development and redevelopment of urban villages in Shenzhen. Habitat International 35 (2): 214-224.

39 d'Amour, C.B., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., et al. 2016. Future urban land expansion and implications for global croplands. Proceedings of the National Academy of Sciences 201606036.

Partie 2

CHAPITRE 7

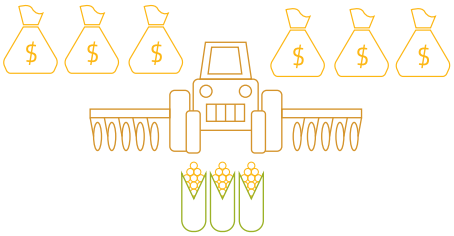
SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET AGRICULTURE

L'agriculture et l'élevage couvrent plus d'un tiers de la superficie terrestre du monde, éclipsant toutes les autres utilisations du sol. L'intensification, poussée par un système alimentaire lucratif mais largement inefficace, a stimulé la production. Cependant, elle a également perturbé les paysages culturels, maintenus pendant des milliers d'années, et accéléré la dégradation des terres et des sols, les pénuries d'eau et la pollution. L'expansion agricole accélère la perte d'espèces et d'habitats naturels. Malgré l'augmentation de la production, nous vivons actuellement une insécurité alimentaire très importante dans ce qui devrait être un monde d'abondance.

Des alternatives probantes et rentables pour minimiser ces impacts existent déjà. Dans l'ensemble, l'agriculture doit être plus efficacement intégrée à d'autres secteurs d'utilisation des terres. Des approches multifonctionnelles de la production alimentaire sont nécessaires, en reconnaissant que les terres offrent de nombreux autres services essentiels. Parmi les éléments clés, on peut citer l'augmentation de la productivité et des valeurs nutritionnelles d'une région donnée, en réduisant les impacts sur l'environnement hors-site ou en aval et en favorisant une production locale plus importante, des régimes nécessitant moins de terres et une réduction des déchets alimentaires.

Figure 7.1 :
Pressions concurrentes sur les terres agricoles

1. Mauvaises pratiques de gestion

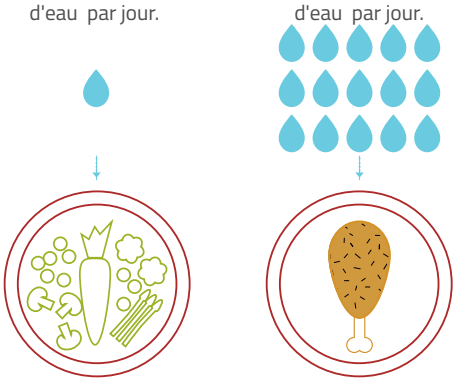


Au cours des dernières décennies, les pratiques de gestion de l'agriculture ont favorisé le rendement au détriment de la durablité et de la résilience.

2. Demande & déchets de nourriture

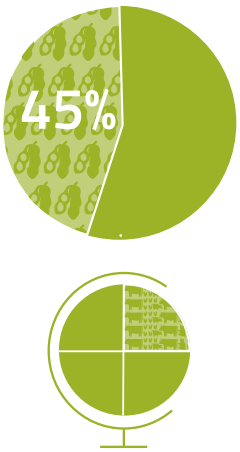
Une alimentation végétarienne requière env. 1m³ d'eau par jour.

Une alimentation à base de viande requière env.15m³ d'eau par jour.

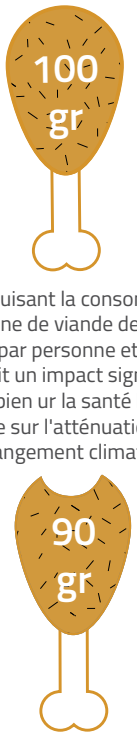


3. Changement du régime alimentaire

La production animale requière 45 % des céréales mondiales qui couvrent 25 % de la surface des terres mondiales

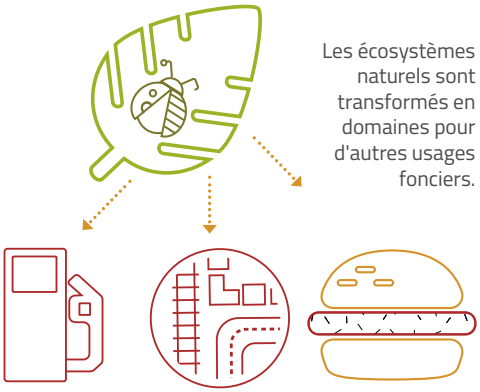


mais cela ne représente que 17 % de l'apport énergétique humain



En réduisant la consommation moyenne de viande de 100 gr à 90 gr par personne et par jour aurait un impact significatif aussi bien ur la santé humaine que sur l'atténuation du changement climatique.

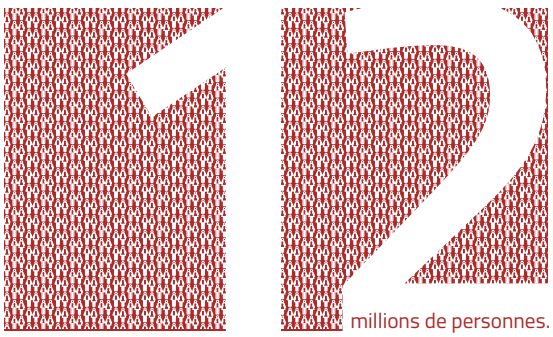
4. Utilisations foncières concurrentes



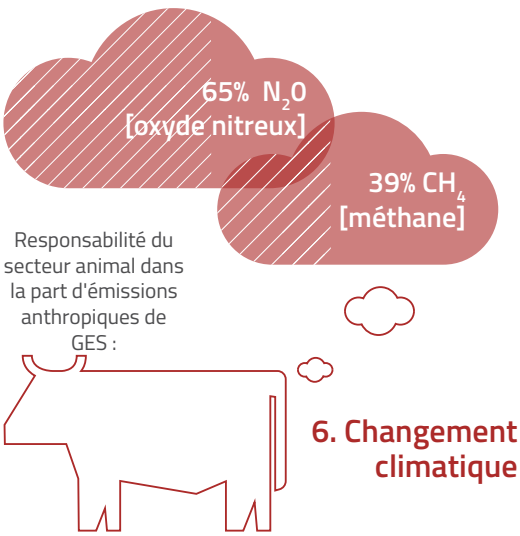
Les écosystèmes naturels sont transformés en domaines pour d'autres usages fonciers.

5. L'accaparement des terres

a entraîné une perte des revenus des ménages pour



millions de personnes.



Responsabilité du secteur animal dans la part d'émissions anthropiques de GES :

6. Changement climatique

INTRODUCTION

L'agriculture représente la plus grande utilisation des terres, couvrant plus d'un tiers de la superficie terrestre mondiale, sans compter le Groenland et l'Antarctique. Une grande partie des meilleures terres est déjà cultivée et beaucoup de celles qui restent sont trop élevées, raides, peu profondes, sèches ou froides pour la production alimentaire.[1] La quantité et la qualité des terres disponibles pour la production alimentaire sont soumises à la pression des décisions et des exigences des consommateurs, des producteurs et des gouvernements. Les pressions les plus importantes sur les ressources foncières utilisées pour la production alimentaire comprennent :

1. **Une mauvaise** gestion entraînant des rendements sous-optimaux, dus principalement aux inefficacités dans l'utilisation des ressources associées à l'irrigation, aux engrais, au bétail, à la sélection des cultures, etc.
2. **La demande alimentaire** et les déchets qui augmentent rapidement avec la croissance de la population, l'augmentation des revenus et la mondialisation.[2]
3. **Les changements de régime alimentaire** accélèrent davantage l'expansion agricole alors que les consommateurs exigent de plus en plus d'aliments nécessitant beaucoup de terre, notamment les aliments transformés et la viande.[3]
4. **Les utilisations concurrentielles des terres** réduisent la superficie disponible pour la production alimentaire,[4] dont celles liées à la biodiversité et aux services écosystémiques, à l'urbanisation,[5] à l'infrastructure, au tourisme et à l'énergie, ainsi qu'aux biocarburants[6] et à d'autres cultures non alimentaires.
5. **L'accaparement des terres** et le commerce virtuel des ressources naturelles portent atteinte à la sécurité alimentaire et nutritionnelle, ainsi qu'à l'occupation par de petits exploitants et aux droits aux ressources dans les communautés pauvres et vulnérables.
6. **Le changement climatique**, qui devrait réduire les rendements agricoles dans de nombreux pays, entraînant une plus grande insécurité alimentaire.[7]

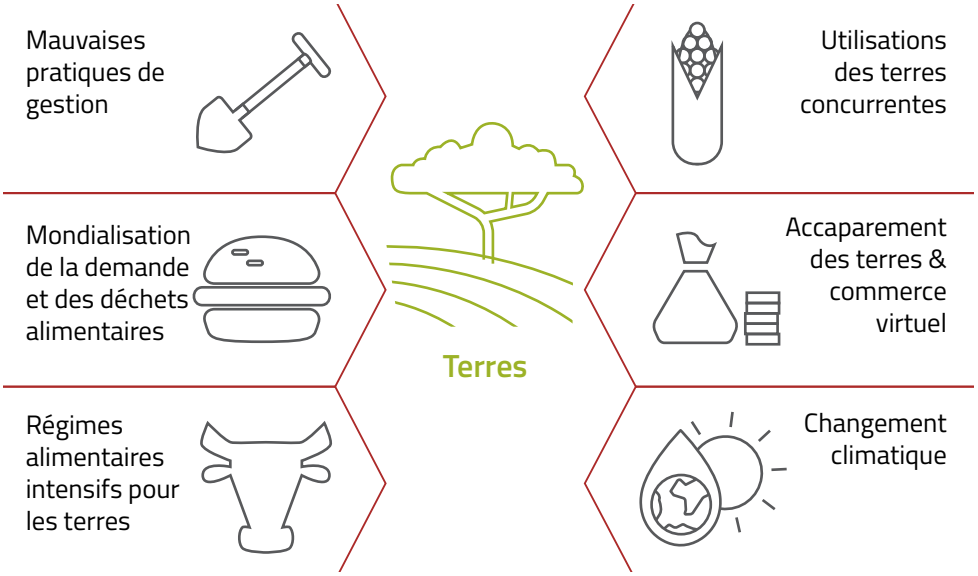
Ces pressions et d'autres surexploitent une ressource finie qui atteint rapidement ses limites. La pénurie de terres est déjà très préoccupante[8] et il existe un consensus croissant selon lequel nos forêts et prairies restantes doivent être laissées intactes pour leur biodiversité, les stocks de carbone et d'autres services écosystémiques essentiels. Certains parlent d'un « trilemme » alimentaire, énergétique et environnemental, où la nourriture et l'énergie se disputent la terre, causant davantage de dommages à l'environnement.[9] La maximisation de la productivité de la terre sans compromettre ses services écosystémiques associés, souvent appelée intensification durable, est l'un des plus grands défis du 21e siècle.

L'Objectif de développement durable 2 vise à « *Supprimer la faim, assurer la sécurité alimentaire et améliorer la nutrition, et promouvoir l'agriculture durable* » et, à travers la cible 2.4 de l'ODD, « *assurer des systèmes durables de production alimentaire et mettre en œuvre des pratiques agricoles résilientes qui augmentent la productivité et la production, aident à maintenir les écosystèmes, renforcent la capacité d'adaptation aux changements climatiques, aux conditions météorologiques extrêmes, à la sécheresse, aux inondations et autres catastrophes, et améliorent progressivement la qualité des terres et des sols* ».

En 1996, le Sommet mondial de l'alimentation a convenu que : « *La sécurité alimentaire existe lorsque toutes les personnes disposent, en tout temps, d'un accès physique et économique à des aliments suffisants, sûrs et nutritifs qui répondent à leurs besoins alimentaires et à leurs préférences alimentaires pour une vie active et saine* ».[10] Cela implique également que l'approvisionnement alimentaire soit durable à long terme et que l'agriculture ne porte pas atteinte à la fourniture de services écosystémiques ou ne dépasse pas les limites écologiques.

© Neil Palmer (CIAT)

Figure 7.2 : Pressions concurrentes sur les ressources des terres



1. Mauvaises pratiques de gestion des terres

Au cours des dernières décennies, les pratiques de gestion agricole dans les pays développés ont donné la priorité à la productivité à court terme par rapport à la durabilité et à la résilience à long terme. La « révolution verte » dans les années 1970 a favorisé les variétés de cultures à haut rendement, telles que le riz, qui reposaient sur l'augmentation d'intrants, principalement des engrais chimiques et des pesticides. Le résultat a été une impulsion très nécessaire à la production alimentaire, mais aussi une accumulation de problèmes à long terme liés à la santé des sols et des humains, l'augmentation des ravageurs et des maladies des cultures, la pollution hors-site et la perte de diversité génétique. Dans le même temps, l'agriculture dans certaines parties du monde qui n'ont pas adopté de pratiques modernes reste inefficace et peut également entraver la durabilité à long terme du système de production alimentaire.

Le nomadisme agricole ou agriculture sur brûlis repose sur le défrichage et le brûlage des forêts ou des prairies pour ouvrir des espaces pour les cultures. Après quelques années de culture, la productivité des sols diminue et la pression des mauvaises herbes augmente, obligeant les agriculteurs à défricher de nouvelles zones. Le nomadisme agricole peut être durable si une petite fraction du paysage (moins d'environ 5 %) est défrichée et abandonnée au cours d'une année donnée, mais les cycles deviennent plus fréquents lorsque la population des agriculteurs augmente et que l'espace devient rare. Cela peut conduire à une dégradation de la terre plus ou moins permanente, les forêts se transformant souvent en brousses à faible productivité ou en prairies.[11] De même, l'élevage d'animaux au-delà de la capacité de charge de la terre entraîne un surpâturage et une diminution de la santé des pâturages.[12]

Bien qu'il soit difficile de généraliser, il semble que l'agriculture globale soit devenue plus productive mais moins durable au cours des dernières décennies,[13] et elle dépasse maintenant les limites planétaires pour les facteurs de stress tels que les niveaux d'azote dans l'écosystème.[14] Les mauvaises pratiques de gestion ne sont généralement pas poussées par l'ignorance ou l'irresponsabilité, mais par des pressions politiques, économiques et démographiques plus vastes qui laissent peu de choix aux agriculteurs.

2. La demande alimentaire et les déchets

Les préoccupations liées à la sécurité alimentaire augmentent alors que la demande alimentaire mondiale dépassera vraisemblablement l'offre dans quelques années seulement. Le monde dispose actuellement de terres agricoles plus que suffisantes pour alimenter sa population, mais les défis économiques et de distribution laissent encore un grand nombre de personnes affamées et mal nourries. Si ces défis demeurent dans un proche avenir, la demande dépassera vraisemblablement notre capacité à augmenter la production nette.[15] Certains suggèrent que le monde peut nourrir 10 milliards de personnes sur la superficie actuelle des terres agricoles.[16] D'autres soutiennent que même si les hausses annuelles des rendements agricoles majeurs suivent les tendances récentes, la production alimentaire sera encore inférieure à l'augmentation de 70 % estimée nécessaire pour alimenter 9 milliards de personnes d'ici 2050.[17,18,19] En outre, en raison de la consommation accrue de protéines animales, la demande en viande et en aliments pour bétail (principalement des céréales et du soja) devrait augmenter de près de 50 % d'ici 2050.[20]

Une des raisons pour lesquelles le monde est confronté à de si graves pressions sur les ressources foncières est l'inefficacité étonnante de la production et de la consommation alimentaire. On estime qu'un tiers de tous les aliments produits sont gaspillés : cela équivaut à 1,3 Gt de nourriture comestible chaque année, sur 1,4 milliard d'hectares de terres (une superficie supérieure à la Chine). Les déchets alimentaires annuels

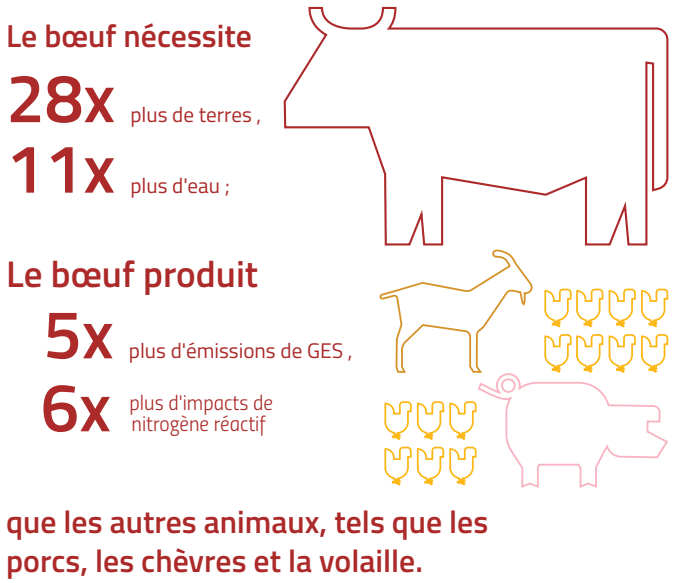


Figure 7.3 : Le cas du bœuf

représentent également un gaspillage de 250 km^3 d'eau et 750 milliards de dollars (équivalent au PIB de la Suisse), et ont une empreinte carbone cumulée de 3,3 Gt de CO_2 équivalent par an, rendant les déchets alimentaires le troisième plus grand émetteur après les États-Unis et la Chine.[21]

L'élimination des déchets alimentaires réduirait le besoin projeté d'augmenter l'efficacité de la production alimentaire de 60 % pour répondre aux demandes prévues d'ici 2050.[22] D'autres études ont estimé des pertes encore plus importantes, avec jusqu'à la moitié de tous les aliments produits gaspillés.[23] Les points névralgiques des déchets alimentaires comprennent les régions industrialisées d'Asie pour les céréales, les fruits et les légumes, l'Europe pour les fruits et légumes, et l'Amérique latine pour les fruits ; les régions à revenu élevé gaspillent également plus des deux tiers de la viande produite.[24]

Les facteurs des déchets alimentaires varient : dans les pays pauvres, cela s'explique principalement par le manque de capacité pour stocker et transporter les aliments au début du processus, alors que dans les pays riches, cela s'explique principalement par les décisions de commercialisation au détail, le laxisme des consommateurs et l'inefficacité de la production de masse vers la fin de la chaîne d'approvisionnement alimentaire. En 2005, on estimait que 25 à 50 % de la valeur économique totale de l'alimentation était perdue pendant le processus de transport et de stockage en raison de la qualité réduite.[25]

Le manque de transport frigorifique, les mauvaises routes et les intempéries se combinent pour générer des quantités élevées de déchets alimentaires dans de nombreux pays tropicaux, et un mauvais stockage est identifié comme un facteur majeur du gaspillage dans de nombreux pays soviétiques comme l'Ukraine.[26] En Chine, environ 8 % des céréales sont perdues durant le stockage, 2,6 % durant le traitement et 3 % dans la distribution ; un total annuel combiné de 35 millions de tonnes.[27] Dans de nombreux pays développés, les déchets alimentaires de consommation et de détail sont exacerbés par le rejet de fruits et légumes déformés ou abîmés mais parfaitement comestibles, des dates de vente courtes et des offres en vrac qui encouragent le sur-achat. Aux États-Unis, environ 70 millions de tonnes de nourriture comestible sont gaspillées chaque année.[28] Avec près d'un milliard de personnes classées comme obèses, l'excès de consommation de nourriture est maintenant considéré par certains comme une forme de gaspillage alimentaire.[29]

3. Changements de régime alimentaire

La pénurie de terres et l'insécurité alimentaire sont encore aggravées par la demande croissante de viande et d'autres aliments nécessitant beaucoup de terre, tels que les aliments transformés utilisant du soja et de l'huile de palme, qui sont une manière inefficace et malsaine de répondre aux besoins nutritionnels de l'homme. La consommation mondiale de viande a pratiquement doublé depuis les années 1960[30] et sa production nécessite environ cinq fois plus de terres par unité de valeur nutritionnelle que son équivalent en usine.[31] La production de produits animaux a dominé le changement, l'expansion et l'intensification de l'utilisation des terres agricoles au cours du dernier demi-siècle.[32] Des disproportions similaires existent en termes d'utilisation de l'eau : l'utilisation moyenne pour le maïs, le blé et le riz décortiqué est de 900, 1 300 et 3 000 m^3 par tonne respectivement ; tandis que pour le poulet, le porc et le bœuf, elle est de 3 900, 4 900 et 15 500 m^3 par tonne.[33]

L'inefficacité de l'utilisation des ressources et l'empreinte environnementale de la production animale est moins préoccupante si les animaux vivent entièrement ou principalement en pâturant sur la végétation naturelle dans des zones inadaptées à la production végétale. Dans de nombreux cas, le bétail aide à maintenir l'habitat semi-naturel et fournit des protéines précieuses.[34] Les coûts, en termes de biodiversité perdue et de services écosystémiques, augmentent de façon spectaculaire si des forêts ou des terres boisées sont défrichées pour créer des pâturages, comme cela a été le cas pour une grande partie des nouveaux pâturages en Amérique latine.[35] Si le bétail est conservé à l'intérieur ou dans des enclos, en s'appuyant sur les aliments cultivés ailleurs, le terrain requis augmente encore plus. Alors que la production animale industrielle peut être un moyen économiquement efficace de produire de grandes quantités de produits animaux, c'est une manière très inefficace de convertir l'énergie solaire en nourriture riche en nutriments pour les humains.

Lorsque la quantité de terres utilisées pour le pâturage et les cultures fourragères est combinée, la production animale représente environ 70 % des terres agricoles[36] et c'est peut-être le principal moteur de la perte de biodiversité et des services écosystémiques réduits. L'utilisation de cultures

Encadré 7.1 : Le cas du bœuf

Sur l'ensemble du bétail produit, le boeuf est de loin le plus coûteux en termes d'inefficacité et d'impact sur l'utilisation des sols et la pollution, nécessitant plus de ressources que les autres types de bétail, toute proportion gardée. En moyenne, le bœuf nécessite 28 fois plus de terres et 11 fois plus d'eau d'irrigation ; il produit cinq fois plus d'émissions de gaz à effet de serre et six fois plus d'azote réactif que les animaux de remplacement, tels que les porcs et la volaille.[42] Il est peu probable que la réduction de la consommation de bœuf ait un impact immédiat et positif sur la sécurité alimentaire et les émissions de gaz à effet de serre.[43]

Une production de bœuf inefficace entraîne aussi un changement d'utilisation des terres. Au Queensland, en Australie, le déboisement réalisé principalement pour les pâturages de bétail portait sur environ 300 000 à 700 000 ha par an dans les années 1990[44] jusqu'à ce qu'il soit interdit en 2006. L'interdiction a grandement réduit les pertes forestières, mais elle a été annulée en 2013 après l'opposition de groupes agricoles. En plus de la perte de végétation naturelle, la reprise du déboisement continue de réduire grandement les services écosystémiques dans la région. Par exemple, le ruissellement de surface a augmenté de 40 à 100 % avec la déforestation. Selon la dernière analyse des données satellitaires (2015-16) du Système d'inventaire national australien, la conversion des forêts primaires matures destinées à d'autres utilisations a diminué de 90 % par rapport aux niveaux de 1990 et s'établit actuellement à environ 56 000 hectares. Le niveau de défrichage de la forêt primaire a été relativement constant ces dernières années (indépendamment des changements dans les réglementations).La majeure partie du déboisement, environ 85 % en 2015, concerne le nouveau déboisement (forêt secondaire) sur les terres déjà défrichées. La repousse de la forêt secondaire dépasse actuellement l'activité de nouveau déboisement ; en 2015, en termes nets, une augmentation de 225 000 hectares de forêt secondaire sur des terres déjà défrichées pour le pâturage a été enregistrée. Alors que plus de 40 % des terres cultivées du Queensland sont consacrées à la production d'aliments pour bétail, l'importation d'aliments extérieurs est toujours requise.[45]

consommées historiquement uniquement par les humains pour nourrir le bétail, comme les céréales et les légumineuses, augmente directement les prix à la consommation, nuit à la sécurité alimentaire locale et entraîne indirectement davantage de changements d'utilisation des terres.[37]

Le marché mondial des produits d'origine animale est en plein essor. Entre 1967 et 2007, la production de porc a augmenté de 294 %, celle des oeufs de 353 % et celle de la viande de volaille de 711 % ; tandis qu'au cours de la même période, les coûts relatifs de ces produits ont diminué.[38] Les projections pour l'Afrique subsaharienne suggèrent une consommation de lait triplée d'ici 2050, en particulier en Afrique de l'Est et que la consommation de viande de volaille, de porc et d'œufs pourrait augmenter de six fois en Afrique de l'Ouest et de quatre fois en Afrique australe et orientale .[39] Parallèlement à l'évolution des régimes associés à des revenus plus élevés, les cultures fourragères bon marché (en particulier le soja) ont été un facteur important contribuant à l'augmentation de la production de viande. Aujourd'hui, la plupart des porcs et des volailles sont conservés à l'intérieur et dépendent exclusivement d'aliments riches en protéines et de produits pharmaceutiques pour améliorer la croissance,[40]soulevant ainsi des problèmes vis-à-vis de la durabilité, de l'environnement et du bien-être des animaux. À l'heure actuelle, 36 % des calories produites par les cultures mondiales sont détournées pour l'alimentation animale, avec seulement 12 % de calories provenant des aliments contribuant finalement à l'alimentation humaine en tant que viande et autres produits d'origine animale. Cela signifie que près d'un tiers de la valeur alimentaire totale de la production mondiale de récolte est perdue en la «transformant» via des systèmes d'élevage inefficaces.[41]

La production animale est également une cause majeure du changement climatique, produisant environ 7,1 Gt de CO_2-eq par an, soit environ 14,5 % des émissions anthropiques de gaz à effet de serre. La production et la transformation des aliments, ainsi que la fermentation entérique des ruminants (libération de méthane) sont les deux principales sources d'émissions ; la production de bœuf et de lait de vache contribue respectivement à 41 et 20 % des émissions du secteur.[46] La modélisation des impacts des augmentations projetées de la production animale a révélé qu'en 2050, les émissions de gaz à effet de serre provenant de la production de viande, de lait et d'oeufs pourraient augmenter de 39 %.[47] La consommation mondiale moyenne de viande est actuellement de 100 grammes par personne et par jour ; même en la réduisant à 90 grammes par personne et par jour, cela aurait un impact significatif sur la santé humaine et les émissions de GES.[48]

Au cours des cinq dernières décennies, les régimes alimentaires humains ont progressé vers une consommation accrue d'aliments transformés pauvres en nutriments essentiels et qui contiennent un pourcentage élevé de sucres raffinés, d'huiles, de sel et de graisses.[49] Les facteurs communs qui y conduisent sont les aliments plus transformés, l'accès à des aliments moins chers et le marketing agressif de certaines denrées alimentaires malsaines.[50] Les principaux magasins alimentaires basent leurs bénéfices sur la vente de grandes quantités d'aliments riches en matières grasses et en protéines qui, s'ils sont consommées régulièrement, entraînent une obésité,[51] un problème qui affecte quasiment tous les pays du monde.[52] Sur la base des changements alimentaires annuels moyens récents et de l'apport de l'huile de palme et de soja, à la consommation et aux rendements d'huile végétale, cela entraînera la transformation d'environ 0,5 à 1,3 million

Figure 7.4 : Les terres cultivées mondiales (zone en vert) occupent environ 14 % du sol sans glace de la planète[63]

d'hectares de terres de plantations d'huile de palme et de 5 à 9,3 millions d'hectares de plantations de soja d'ici 2050.[53] Une grande partie de cette expansion se fera au détriment des forêts tropicales, à moins que des règlements stricts sur l'utilisation des terres et des initiatives de marché ne soient mis en place pour éviter la déforestation.[54]

Des coûts importants sont associés à l'expansion des plantations d'huile de palme dans les forêts tropicales en Indonésie. Cela implique parfois le drainage des tourbières qui peuvent alors prendre feu. Les risques pour la santé résultant de la pollution de l'air sont graves, en particulier pour les enfants et les personnes âgées. Selon la Banque mondiale, la perturbation de l'activité économique en 2015 représentait seulement un coût pour l'économie indonésienne estimé à 16 milliards de dollars - plus que la valeur annuelle ajoutée à l'échelle du pays, par l'huile de palme.[55] Le drainage de tourbe a une énorme empreinte carbone : l'abaissement du niveau d'eau dans le système de prairie des Pays-Bas est comparable aux émissions moyennes de 2 millions de voitures.[56]

4. Utilisation concurrentielle des terres

La demande en nourriture (y compris une augmentation de viande et d'aliments transformés), en développement urbain, en infrastructure et en biocarburants auront un impact délétère croissant sur la disponibilité globale des terres. La superficie mondiale sans glace est estimée à 13,2 milliards d'hectares avec 12 % (1,6 milliard d'hectares) actuellement utilisés pour cultiver les cultures agricoles, 28 % (3,7 milliards ha) sous couverts de forêts et 35 % (4,6 milliards ha) sont composés de prairies et d'écosystèmes forestiers, dont une grande partie est utilisée pour le pâturage et équivalant à au moins de deux fois la superficie des terres cultivées.[57]

La superficie mondiale des terres cultivées a augmenté d'environ 12 % au cours des dernières décennies,[58] soit 159 millions d'hectares depuis 1961, dont la plupart ont été transformés en écosystèmes naturels. Les terres cultivées occupent environ 14 % de la superficie totale sans glace de la planète, tandis que les pâturages en occupent environ 26 %.[60] Environ 44 % des terres agricoles du monde sont situées dans les zones arides, principalement en Afrique et en Asie et elles fournissent environ 60 % de la production alimentaire mondiale.[61] La plupart des nouvelles terres agricoles proviennent de la destruction des forêts naturelles ; de 2010 à 2015, la superficie des forêts tropicales a diminué de 5,5 millions d'hectares par an.[62]

Les projections futures suggèrent que la satisfaction de la demande alimentaire globale impliquent une transformation accrue du nombre de terres.[64] L'expansion future des terres cultivées ne sera pas répartie uniformément. Une estimation a révélé qu'en 2050, 55 % de l'expansion projetée se produirait en Afrique et au Moyen-Orient, 30 % en Amérique latine et seulement 4 % en Europe.[65] Les utilisations fréquentes des terres impliquent souvent des compromis entre les besoins de production (c.-à-d. les services de provisionnement) et ceux de la biodiversité, des habitants des forêts autochtones et des services de soutien et de réglementation, fournis par les habitats naturels.

La production alimentaire est un moteur essentiel, en particulier de la perte de forêt tropicale,[66] où les forêts étaient la principale source de nouvelles terres agricoles dans les années 80 et 90,[67] et qui n'ont cessé d'être converties en nouveau pâturage[68] et en terres agricoles de nos jours. Une analyse des 11 fronts de déforestation les plus critiques, a révélé que l'agriculture était le principal et souvent le plus grand facteur de changement d'utilisation des terres.[69] En outre, le type d'agriculture passe ainsi de l'agriculture paysanne à petite échelle aux plantations à grande échelle, à l'élevage et à la monoculture.[70] L'huile de soja[71] et de palme[72] ont considérablement augmenté en superficie plantée et les biocarburants commencent à augmenter la concurrence pour les terres rares.[73] La croissance de la population urbaine est plus étroitement corrélée à la déforestation que celle de la croissance de la population rurale, soulignant le rôle crucial des demandes

Encadré 7.2 : L'expansion rapide de la culture du soja

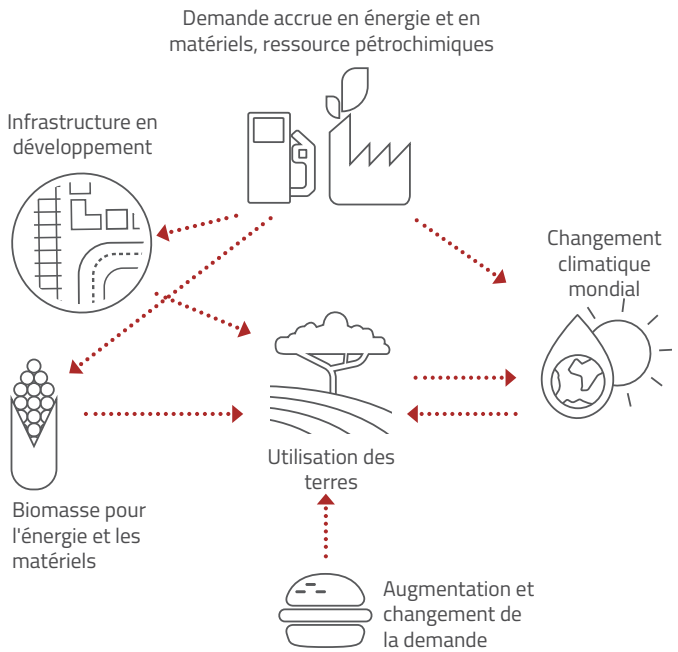
Le soja ou soya (*Glycine max*) est une légumineuse annuelle cultivée pour sa graine comestible. Au cours des dernières décennies, le soja a connu l'expansion la plus rapide de toutes les cultures mondiales, entraînant la conversion de forêts et d'autres écosystèmes naturels importants. Le soja est très intéressant pour l'industrie alimentaire car il produit plus de protéines par hectare que les autres cultures[95] et est devenu un élément clé de l'approvisionnement mondial, en particulier comme alimentation du bétail. En fait, les trois quarts de la récolte mondiale sont utilisés comme fourrage pour la volaille et les porcs, en particulier en Chine.[96] Le soja devient aussi une source de biocarburants de plus en plus importante.[97]

Depuis 50 ans, la superficie de plantations de soja a été multipliée par dix, pour atteindre plus d'un million de km^2 : la superficie combinée de la France, de l'Allemagne, de la Belgique et des Pays-Bas. Environ 328 millions de tonnes devraient être produites en 2016/17,[98] la majeure partie de la production provient du Brésil, des États-Unis, de l'Argentine, de la Chine, de l'Inde et du Paraguay.[99] Des millions d'hectares de forêts, de prairies et de savanes ont été convertis, directement ou indirectement, suite à cette expansion mondiale.[100] La croissance la plus rapide a été observée en Amérique du Sud, où la superficie des terres consacrées au soja est passée de 17 millions d'hectares en 1990 à 46 millions en 2010, principalement aux frais des écosystèmes naturels. La conversion n'est pas toujours directe ; les terres défrichées pour les pâturages de bétail servent ensuite à planter du soja.[101] Le changement d'utilisation des terres entraîne également une perturbation sociale importante. La production de soja a entraîné l'éviction et le déplacement de communautés autochtones en Argentine[102] et au Paraguay.[103] Cet engouement est loin d'être terminé : on estime que la production de soja continuera de croître, doublant presque d'ici 2050,[104] sans compter le potentiel de développement dû à la demande de biocarburants.

urbaines en alimentation et en fibres dans la transformation des terres pour l'agriculture.[74]

La déforestation en Amérique du Sud provient principalement de l'agriculture commerciale[75] et celle liée à l'élevage à grande échelle,[76] principalement du bétail ;[77] cette tendance est encouragée par des prix faibles[78] avec de nombreuses fermes plantant des herbes africaines exotiques.[79] L'expansion de l'agriculture des plantations est également importante, en particulier pour l'alimentation animale[80] et les biocarburants,[81] comme le soja,[82] l'huile de palme[83] et autres cultures[84] dont la production est souvent liée à des réinstallations subventionnées.[85] Des changements indirects de l'utilisation des terres se produisent également,[86] par exemple, lorsque le soja remplace le patûrage[87] obligeant les éleveurs de bétail à s'installer dans de nouvelles zones de forêts.[88] En Afrique, l'agriculture paysanne et la coupe d'arbres pour le bois de chauffe et la production de charbon restent les agents dominants du changement, comme dans le bassin du Congo[89] où environ 90 % du bois récolté est destiné au carburant.[90] En Afrique australe, 80 % de l'agriculture se déroule à petite échelle[91] y compris la réinstallation en milieu rural en Angola après le conflit[92] et l'augmentation de la production de tabac au Malawi.[93] La croissance des cultures de plantations et de biocarburants pour le marché d'exportation a lieu principalement au Mozambique.[94]

Figure 7.5 : Les forces en compétition pour la terre, interactions et réactions : Adapté de[134]



En Asie, l'agriculture de plantation, souvent précédée d'exploitation forestière, est le moteur le plus important du changement d'affectation des terres, bien qu'il existe de grandes différences régionales. La conversion pour les plantations d'huile de palme est la principale cause de déforestation en Indonésie,[105] avec des zones encore en expansion[106] et des plantations de caoutchouc qui augmentent également.[107] La conversion des forêts primaires et secondaires pour les cultures vivrières et non alimentaires, y compris le sucre, le riz, le caoutchouc[108] et les biocarburants[109] est de plus en plus répandue dans le bassin du Mékong. Les changements politiques au Myanmar accélèrent le changement d'affectation des terres,[110] avec plus de 2 millions d'hectares de forêts alloués à la transformation en agriculture.[111] À l'inverse, alors que des plantations émergent en Papouasie-Nouvelle-Guinée,[112]

© CIMMYT/P. Lowe

l'agriculture à petite échelle reste le principal moteur du changement d'affectation des terres.

L'expansion des terres agricoles dans de nombreux pays en développement n'a entraîné que des augmentations marginales de la production animale. Les systèmes d'élevage dans ces situations sont souvent de faible apport et relativement inefficaces ; la productivité est souvent réduite par la dégradation des terres et des sols.[113]

Les défis associés aux combustibles fossiles, y compris à la fois à leur disponibilité limitée et à leur rôle central dans le changement climatique, ont stimulé la recherche de sources d'énergie alternatives. Les forêts naturelles et les plantations de bois fournissent la biomasse qui peut être transformée pour être utilisée dans des poêles domestiques, des centrales thermiques combinées et comme matière première pour les combustibles liquides,[114] avec une estimation globale du potentiel des déchets d'exploitation forestière et de traitement de 2,4 milliards de M^3 par an.[115] Les cultures, comme le soja et l'huile de palme, sont de plus en plus transformées en combustibles, réduisant leur disponibilité en tant que denrées alimentaires. Les calories utilisées pour la production de biocarburants ont augmenté de 1 à 4 % entre 2000 et 2010.[116] En Argentine, la production de biodiesel de soja a atteint 2,7 millions de tonnes en 2016, soit 50 % de plus que l'année précédente. L'Argentine a prévu de recommencer les exportations de soja vers l'Europe à la suite d'une décision judiciaire qui a mis fin aux droits antidumping[117] et l'huile de soja devrait fournir environ 10 % de la production de biocarburants de l'Union européenne d'ici 2020.[118]

Les défenseurs des alternatives énergétiques à base de plantes affirment que si l'efficacité des systèmes alimentaires pourrait être encore accrue, une production importante de biocarburants serait possible sans impact sur la sécurité alimentaire.[119] Cela repose sur l'hypothèse que les cultures de biocarburants soient principalement cultivées sur des terres dégradées, des terres non adaptées à l'agriculture et des terres mises à disposition en intensifiant la production de viande animale et libérant ainsi les terres.[120] Cependant, en pratique aujourd'hui, la plupart des cultures de biocarburants sont faites sur des sols fertiles, généralement avec de graves impacts sociaux et environnementaux négatifs, qui menacent de bloquer certaines des meilleures terres agricoles pour la production d'énergie.[121] D'autres préoccupations portent sur la quantité de forêt naturelle autorisée pour les biocarburants,[122] qui comprend le changement indirect d'utilisation des terres ;[123] perte de biodiversité ;[124] effets à long terme des plantations d'arbres sur les sols et l'hydrologie ;[125] impacts de l'intensification de la production végétale en utilisant des produits agrochimiques ;[126] conséquences sociales d'une augmentation rapide des biocarburants[127] et le potentiel d'inégalité accrue ;[128] et l'effet sur le bilan carbone mondial.

Bien qu'un système énergétique de biocarburants hautement efficace puisse, en théorie, contribuer à réduire les émissions de dioxyde de carbone, éliminer la végétation naturelle peut

entraîner une augmentation de carbone qui pourrait prendre des décennies pour le recapturer. Par exemple, il faudrait environ 420 années de production de biocarburants pour remplacer le carbone perdu par la défrichage des forêts de tourbières,[129] aggravant ainsi les impacts sur la biodiversité et le climat.[130] Un changement majeur vers les biocarburants pourrait facilement avoir des conséquences climatiques involontaires grâce au changement d'utilisation des terres et à l'intensification de l'agriculture.[131] L'expansion des biocarburants dans les écosystèmes tropicaux productifs entraînera toujours des émissions nettes de carbone pendant des décennies ou des siècles, tandis que la production accrue de biocarburants sur des terres agricoles dégradées ou abandonnées pourrait permettre une réduction nette presque nulle des émissions de carbone.[132] Un guidage sur les pratiques de production durables commence à apparaître,[133] pourtant, la question de savoir combien de terres peuvent être utilisées de manière durable pour les biocarburants reste controversée et les impacts négatifs potentiels sont de plus en plus reconnus.

5. L'accaparement des terres et le commerce de terres virtuelles

À mesure que les terres se raréfient, les pauvres petits agriculteurs perdent des terres proportionnellement aux acteurs plus puissants qui prennent le contrôle d'une plus grande part de ce qu'il reste. «L'accaparement des terres» est un phénomène croissant en Amérique centrale et du Sud, en Afrique et en Asie du Sud-Est. Le terme se réfère à l'acquisition, par des intérêts extérieurs, des droits de récolte de bois ou l'établissement de grandes exploitations commerciales, de plantations ou d'opérations d'élevage souvent sur des terres où la tenure a toujours été communale ou de coutume.[135] La taille exacte et le nombre d'accaparements de terre mondiales ne sont pas connus, car de nombreuses transactions sont effectuées sans avis public et contre la volonté des populations locales.[136] Les accaparements de terres augmentent les tensions et le potentiel de conflit au sein des communautés et entre les groupes concernés et les gouvernements qui facilitent le processus.[137]

On s'inquiète des impacts de ces acquisitions à grande échelle sur la sécurité alimentaire, l'hydrologie, le changement d'affectation des terres,[138] y compris la déforestation[139] et les pertes d'emploi en milieu rural.[140] Bien que les accaparements de terres représentent encore une faible proportion des terres agricoles totales, ils ont tendance à contrôler les terres les plus productives avec les infrastructures et les liaisons de transport les plus développées.[141] Une discussion plus détaillée sur l'accaparement de terres et la sécurité de l'occupation figure au chapitre 5.

Lorsqu'un gouvernement entreprend des programmes majeurs de réinstallation ou déplace des communautés pour des projets de développement, les résultats peuvent être identiques à ceux d'un accaparement de terre. Sur les prairies de la Mongolie intérieure et du Tibet, les gouvernements ont réinstallé activement les bergers et les populations rurales dans des villes ou d'autres zones rurales afin de libérer des terres pour des projets de développement, citant souvent la raison du surpâturage et avec des résultats mitigés en termes de bien-être.[142] Le projet du barrage des Trois Gorges en Chine, achevé en 2012, a inondé 600 km^2 de terres et il a déplacé environ 1,3 million de personnes qui ont été transférées vers d'autres régions rurales, dans des centres urbains de la même région, ainsi que dans d'autres provinces de la Chine.[143]

Environ un cinquième de la superficie mondiale des terres cultivées et son utilisation associée de l'eau, produit des denrées agricoles consommées à l'étranger. La demande de l'exportation est l'un des principaux moteurs de l'expansion des terres cultivées.[144] La séparation physique de la production et de la consommation a des conséquences tant pour les pays exportateurs que pour les importateurs. Les facteurs qui pèsent sur l'environnement, associés à la production alimentaire, sont déplacés de manière disproportionnée vers les régions productrices d'exportation, ce qui porte atteinte à leur sécurité alimentaire à long terme, tandis que les pays importateurs deviennent progressivement tributaires des ressources terrestres étrangères, comme le sol et l'eau, pour leur sécurité alimentaire.

""Terre virtuelle" est un terme utilisé pour caractériser les aspects sous-jacents du commerce international des produits alimentaires qui compensent le manque de terres productives dans le pays importateur, c'est-à-dire la superficie et les ressources nécessaires pour cultiver les aliments importés.[145] Le commerce de terres virtuelles donne à la puissance économique la capacité d'exploiter les ressources en terres d'autres pays pour leurs importations alimentaires et de biocarburants ; un phénomène qui a encore augmenté l'accaparement des terres. Comme pour d'autres aspects de la mondialisation, la croissance de ce type de commerce implique que l'équilibre des pouvoirs puisse changer radicalement dans un temps relativement court. En 1986, l'importation de terres virtuelles en Chine était de 4,4 millions d'hectares, mais en 2009, elle était passée à 28,9 millions d'hectares, principalement en Amérique du Nord et du Sud.[146] De même, l'Union européenne a besoin de 43 % de terres agricoles supplémentaires par rapport à celles disponibles dans l'UE elle-même afin de satisfaire ses besoins alimentaires.[147]

6. Changement climatique

L'agriculture fait face à des défis majeurs en raison du changement climatique et, parallèlement, elle est une source majeure d'émission de gaz à effet de serre qui participent au réchauffement climatique.[148] Cela entraîne deux facteurs de complexité dans les prédictions concernant la sécurité alimentaire : 1) les changements à long terme dans le climat moyen déplacent progressivement les zones optimales pour des cultures spécifiques et 2) une augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes réduit la sécurité

L'agriculture fait face à des défis majeurs en raison du changement climatique et, parallèlement, est une source majeure d'émission de gaz à effet de serre qui causent le réchauffement climatique.

alimentaire par des changements au niveau des pluies ou de la température[149] et elle augmente les maladies des plantes,[150] les maladies du bétail[151] et les attaques parasitaires.[152]

La plupart des projections suggèrent que les changements climatiques réduiront la sécurité alimentaire[153] et qu'ils augmenteront le nombre de personnes souffrant de malnutrition à l'avenir.[154] Le Groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques (GIEC) voit plus d'effets négatifs que positifs et il projette de graves risques pour la sécurité alimentaire, en particulier dans les régions tropicales où les températures moyennes devraient augmenter de 3 à 4 ° C. En conséquence, les prix des denrées alimentaires augmenteront fortement et les mauvaises herbes deviendront plus problématiques à cause des niveaux croissants de dioxyde de carbone réduisant ainsi l'efficacité de certains herbicides.[155]

En outre, le GIEC conclut : «Dans des scénarios de hauts niveaux de réchauffement, les augmentations de la température moyenne locale de 3 à 4 ° C ou plus, les modèles basés sur les systèmes agricoles actuels suggèrent d'importants impacts négatifs sur la productivité agricole et les risques importants pour la production alimentaire mondiale et la sécurité (indice de confiance moyen). De tels risques seront plus importants pour les pays tropicaux, compte tenu des impacts plus importants dans ces régions qui dépassent la capacité d'adaptation projetée et des taux de pauvreté plus élevés par rapport aux régions tempérées ".

Les changements climatiques auront vraisemblablement des effets variables sur les rendements des surfaces irriguées, tandis que ceux de l'Asie du Sud subissent des effets négatifs particulièrement importants. Une projection suggère que la disponibilité des calories en 2050 pourrait diminuer par rapport à 2000 dans les pays en développement, ce qui augmenterait la malnutrition infantile de 20 %.[156] Cependant, les prévisions concernant l'agriculture et le climat sont difficiles : les impacts sur les systèmes alimentaires seront complexes, géographiquement et temporellement variables et fortement influencés par les conditions socio-économiques. La plupart des études mettent l'accent sur la disponibilité, alors que les problèmes liés à la stabilité de l'approvisionnement, à la distribution et à l'accès peuvent tous être affectés par un climat changeant.[157] Les producteurs et les consommateurs à faible revenu sont susceptibles de souffrir le plus, en raison d'un manque de ressources pour investir dans des mesures d'adaptation et de diversification, afin de faire face aux hausses de prix.[158]

Les gaz à effet de serre sont libérés durant presque toutes les étapes du cycle agricole. Selon le rapport de 2014 du GIEC, l'agriculture, la foresterie et d'autres secteurs d'utilisation des terres (AFOLU) sont responsables d'environ un quart des émissions anthropiques de gaz à effet de serre, principalement en raison de la déforestation, des émissions dues au bétail et de la gestion des sols et des éléments nutritifs (preuve solide, degré d'accord élevé).[159] Les émissions de l'AFOLU ont doublé au cours des cinquante dernières années et elles pourraient augmenter d'environ 30 % d'ici 2050.[160] Les productions agricoles et animales ont récemment dépassé le changement d'utilisation des terres et la déforestation en terme d'émissions de gaz à effet de serre qui représentent actuellement 11,2 % du total.[161] Les impacts des changements climatiques de l'expansion des terres cultivées dans les écosystèmes naturels diffèrent considérablement dans le monde. Pour chaque unité de zone élaguée, les terres tropicales relâchent presque deux fois plus de carbone et produisent moins de la moitié du rendement annuel des cultures par rapport aux régions tempérées, ce qui nécessite d'autant plus d'augmenter les rendements des terres cultivées existantes, plutôt que de dégager de nouvelles zones.[162] Une analyse récente a permis de calculer que le secteur de l'élevage est responsable de 39 % des émissions anthropiques de méthane et de 65 % des émissions anthropiques d'oxyde nitreux.[163] Les AFOLU sont également des puits de carbone qui peuvent augmenter leur capacité de capture grâce à la conservation, à la restauration et aux pratiques de gestion durable des terres qui augmentent les stocks de carbone organique.[164]

Encadré 7.3 : Impact de la gestion des terres sur les communautés marines

La Grande barrière de corail, au large du Queensland, en Australie, est le plus grand récif corallien du monde classé au patrimoine mondial de l'UNESCO et une attraction touristique d'une grande valeur économique. Selon une étude, la contribution économique à valeur ajoutée générée dans le bassin de récif en 2012 à l'échelle de l'Australie était de 4,4 milliards de dollars USD, avec un peu moins de 69 000 équivalents temps plein. Environ 90 % de l'activité économique directe provenait du tourisme.[184] Pourtant, les coraux vivants du récif ont diminué de près de 50 % au cours des deux dernières décennies. La pollution par l'agriculture est un facteur clé, avec notamment l'excès d'azote et de phosphore atteignant les parties côtières du récif,[185] les sédiments en suspension dus à l'érosion dans les zones d'élevage de bétail et les herbicides ;[186] ceci est à associer à l'un des taux de déforestation les plus élevés au monde causé par le déboisement pour les pâturages, un autre élément substantiel contribuant à la pollution des sédiments.[187] Ces problèmes s'observent de plus en plus dans le monde. Dans le golfe du Mexique, une « zone morte » résultant d'un excès de ruissellement agricole couvrait 13 080 km^2 en 2014.[188] Environ 30 zones mortes ont été identifiées, principalement en Europe et en Asie, les plus importantes étant le Mississippi, le Gange, le Mekong, le Pô, le Zhu Jiang, la Volga, le Rhin et le Danube.[189]

© CIMMYT/P. Lowe

ASPECTS DU SYSTÈME ALIMENTAIRE MODERNE

Jusqu'à présent, l'accent mis sur les efforts visant à remédier à un tremblement de terre imminent a été principalement axé sur l'intensification : produire plus de nourriture par hectare de terre en augmentant les rendements, les fréquences de culture et en intensifiant la production animale par des programmes d'alimentation, d'élevage et de logement intérieur contrôlé.[165] La "révolution verte"[166] a favorisé des variétés de cultures améliorées soutenues par des engrais chimiques et une gamme de pesticides et d'herbicides ; un résultat imprévu est la consolidation de l'unité agricole et des monocultures industrielles plus grandes.

Dans l'ensemble, ces changements ont augmenté la productivité nette, ils ont abaissé les prix des denrées alimentaires et ils ont contribué à réduire la malnutrition infantile dans les pays pauvres depuis les années 1960.[167] Les gains ont été les plus importants dans les cultures les plus répandues (p. ex., céréales, graines oléagineuses, fruits et légumes), avec des augmentations de 47 % estimées entre 1985 et 2005 en raison de variétés à rendement élevé, moins d'échec et des cultures annuelles multiples. Pour les 174 cultures importantes évaluées, la production moyenne mondiale de cultures a augmenté de 28 %.[168] Les terres cultivées n'ont augmenté que de 2,4 % au cours de cette même période,[169] ce qui implique un rendement plus élevé par hectare. De façon plus approfondie, l'agriculture s'est centralisée de plus en plus avec un petit groupe de sociétés multinationales contrôlant pratiquement tous les aspects de la production alimentaire : des semences, des matériaux génétiques, des machines et des produits chimiques pour la production agricole et du transport, à la transformation et à la commercialisation des aliments. Les distances de transport des aliments ont considérablement augmenté, tout comme les intrants et l'énergie utilisés dans l'agriculture.

L'augmentation de la production et des bénéfices a été assortie d'une accumulation régulière d'effets secondaires et d'un nombre croissant de «non-respect» qui sont négligés et qui continuent à accroître la malnutrition. Les inconvénients de l'agriculture moderne ont été reconnus pendant cinquante ans, depuis que Rachel Carson a écrit sur l'impact des pesticides dans l'environnement[170] et que Susan George a identifié les effets indésirables de la "révolution verte"[171] comprenant :

- La pollution causée par les produits agrochimiques, tels que les engrais à base de nitrate et de phosphate, les herbicides et les pesticides
- L'irrigation et salinisation menant à la dégradation des terres et des sols
- Les maladies des cultures, les parasites et les maladies invasives, ainsi que la perte de diversité génétique touchant la sécurité alimentaire
- La dégradation des sols et des terres sur une zone croissante de la planète
- Les kilomètres alimentaires et l'augmentation du transport à grande distance des aliments
- La santé humaine et la nutrition où la faim et l'obésité constituant des défis contradictoires
- La sélection des cultures et les cultures génétiquement modifiées

1. Pollution provenant des produits agrochimiques

Les méthodes modernes de production alimentaire reposent sur la capacité d'ajouter suffisamment de nutriments, principalement du nitrate, du phosphate et du potassium (souvent appelé NPK) dans le sol afin de stimuler la croissance des plantes et d'augmenter les rendements. Ces trois éléments génèrent une gamme d'impacts environnementaux négatifs dont certains ne sont pas encore entièrement compris.

Bien que les engrais ont été responsables de l'augmentation des rendements des cultures, leur mauvaise utilisation conduit à de graves préjudices pour l'environnement, en polluant l'air et l'eau, en causant des dommages aux écosystèmes et faisant courir des risques à la santé humaine :[173] on estime dans certaines situations que leur surconsommation s'élève à entre 30 et 60 %.[174] La lixiviation dans les zones agricoles contamine à la fois les eaux souterraines et de surface par des nitrates et des phosphates ; les excès de nutriments favorisent une croissance rapide des algues et la diminution de quantité d'oxygène lorsque celles-ci meurent et que la matière végétale se décompose. Ce processus, connu sous le nom d'eutrophisation, décime les poissons et les autres espèces aquatiques. La prolifération d'algues a longtemps été un grave problème environnemental dans les lacs et les rivières et de plus en plus dans les eaux maritimes offshore où elles créent des zones mortes, c'est-à-dire des eaux appauvries en oxygène résultant d'un enrichissement excessif en azote et en phosphore. Les cas signalés de zones mortes côtières ont doublé au cours des quatre dernières décennies, avec plus de 500 connus à ce jour.[175] L'oxyde nitreux est un gaz à effet de serre de plus en plus répandu, ses émissions provenant en grande partie de l'agriculture.[176] L'excès d'azote dans l'air ou dans l'eau provoque des affections respiratoires et il favorise les maladies cardiaques et plusieurs types de cancer.[177] Des niveaux élevés de nitrate dans l'eau et les légumes[178] peut également être un facteur[179] de risque accru dans la méthémoglobinémie (syndrome du bébé bleu) dans les régions agricoles tempérées et tropicales[180] .

L'utilisation globale des engrais s'accélère rapidement et elle devrait dépasser 200 millions de tonnes par an d'ici 2018, soit environ 25 % de plus qu'en 2008.[181] L'azote réactif ajouté à la biosphère à travers l'activité humaine dépasse maintenant celui disponible via les processus naturels.[182] Bien que relativement faible en Afrique, l'utilisation d'engrais azotés augmente généralement partout. L'Est et le Sud-Est Asiatique représentent 60 % de l'utilisation totale.[183]

La base génétique étroite dans les monocultures crée des conditions idéales pour les espèces indésirables, exposant l'agriculture aux attaques d'une foule de parasites et de maladies, que la plupart des agriculteurs contrôlent en appliquant des pesticides. L'utilisation de pesticides se développe rapidement, évaluée à 65,3 milliards de dollars (USD) en 2015 elle devrait continuer de croître chaque année à environ de 6 % jusqu'en 2020.

Saviez-vous que lesagriculteurs britanniques qui cultivent du blé traitent généralement chaque culture au cours de son cycle de croissance avec quatre fongicides, trois herbicides, un insecticide et un produit chimique pour lutter contre les mollusques. Ils achètent des semences qui ont été pré-revêtues de produits chimiques contre les insectes. Ils pulvérisent la terre avec du désherbant avant et après avoir planter. Ils appliquent des régulateurs chimiques de croissance qui modifient l'équilibre des hormones végétales pour contrôler la hauteur et la résistance de la tige du grain. Ils traitent contre les pucerons et le mildiou. Ensuite et juste avant la récolte, ils pulvérisent régulièrement même des herbicides à base de glyphosate afin de dessécher la culture, ce qui permet d'économiser les coûts d'énergie de séchage mécanique.[172]

Les preuves établissent que les impacts environnementaux négatifs des pesticides ont été sous-estimés, en particulier dans les régions tropicales.[190] On s'inquiète particulièrement du déclin des populations mondiales d'insectes (c.-à-d. pas seulement des espèces nuisibles), y compris de l'impact catastrophique et économiquement grave sur les abeilles et les pollinisateurs sauvages.[191] Deux rapports récents ont synthétisé plus d'un millier d'études évaluées par des pairs et ils ont tous deux conclu que les insecticides néonicotinoïdes et autres insecticides systémiques ont de graves répercussions sur les pollinisateurs et autres invertébrés terrestres et aquatiques, sur les amphibiens et les oiseaux tout en causant d'importants dommages au fonctionnement et aux services de l'écosystème.[192,193] La diminution significative de la biodiversité[194] est liée à l'utilisation accrue d'insecticides,[195] de fongicides[196] et d'herbicides,[197] elle se combine souvent avec d'autres aspects de l'agriculture moderne. Les espèces protégées peuvent aussi être en danger, car de nombreux pesticides dérivent loin de leur lieu d'épandage.[198] Ces résultats permettent d'expliquer pourquoi la biodiversité continue de décliner dans les paysages d'élevage, et ce, même en Europe, malgré la baisse des destructions d'habitats naturels et de la pression du braconnage et où également des investissements ont été réalisés dans des programmes visant à accroître la faune dans les paysages de production.[199] De nombreux effets sont encore largement non étudiés, y compris l'impact des mélanges de pesticides sur la santé humaine,[200] mais ils sont suspectés d'engendrer des coûts élevés en termes d'impact sur la santé publique et sur les services écosystémiques.[201] Par exemple, la valeur économique totale de la pollinisation dans le monde est estimée à 165 milliards de dollars (USD) par an.[202] Dans certaines parties de la Chine, les agriculteurs pollinisent désormais les plantes à la main faute d'insectes pollinisateurs.[203]

Les méthodes agricoles modernes dépendent également fortement des herbicides pour lutter contre les mauvaises herbes. On a de plus en plus recourt à l'ingénierie génétique afin de rendre les cultures plus tolérantes aux herbicides.

Encadré 7.4 : Estimations des pertes économiques liées à la dégradation des sols[229]

Il existe de grandes variations dans les coûts globaux estimés de la dégradation des terres.[230] Les méthodes d'évaluation varient grandement, d'approches simplistes utilisant les données d'utilisation des terres et de couverture terrestre pour établir des estimations autour des services écosystémiques, à des méthodes utilisant des variables spatiales vérifiées par rapport aux données primaires pour dériver les modèles de services et les fonctions de valeur des écosystèmes.

À l'échelle mondiale, les coûts annuels estimés de la dégradation des terres varient entre 18 milliards[231] et 20 billions de dollars USD.[232] Selon l'initiative Economics of Land Degradation (ELD - Économie de la dégradation des terres), la perte de services écosystémiques due à la dégradation des terres coûte entre 6,3 et 10,6 billions de dollars USD par an, soit 10 à 17 % du PIB mondial.[233] Ces coûts sont répartis de façon inégale, les impacts négatifs affectant principalement les communautés locales et rurales pauvres. Le coût annuel global de la dégradation des terres due au changement de leur utilisation et à la faible productivité des prairies et des terres cultivées a été estimé à environ 300 milliards de dollars USD ; la plupart des coûts sont imputés à ceux qui bénéficient des services écosystémiques, à savoir les agriculteurs.[234]

L'initiative ELD a estimé la valeur future des services écosystémiques[235] selon différentes perspectives d'avenir. [236]

L'avenir dominé par l'économie libre du marché néolibéral et l'avenir marqué par un niveau de protectionnisme élevé ont entraîné des baisses dramatiques dans la valeur des services écosystémiques, de 36,4 et 51,6 billions de dollars par an respectivement. Dans des conditions de croissance économique continue, avec des hypothèses sur la nécessité d'une intervention gouvernementale et d'une politique foncière efficace, une augmentation assez faible de la valeur des services écosystémiques de 3,2 milliards de dollars par an a été enregistrée. Enfin, en présence de politiques futures transformatrices qui dépassent les limites de la croissance conventionnelle du PIB et qui se concentrent sur le bien-être social et la durabilité environnementale, leur valeur a augmenté de 39,2 billions de dollars par an. Ces résultats suggèrent la nécessité de promouvoir des mesures politiques adéquates pour soutenir la valeur socio-économique des terres.[237]

Les études nationales reflètent les résultats mondiaux dans l'estimation des coûts élevés de la dégradation. Par exemple, en Tanzanie et au Malawi, les coûts annuels de la dégradation s'élèvent respectivement à 2,5 et à 0,3 milliards de dollars, et représentent environ 15 et 10 % de leur PIB, et en Asie centrale, les coûts annuels de la dégradation au Kazakhstan, au Kirghizistan, au Tadjikistan, au Turkménistan et en Ouzbékistan sont estimés à 6 milliards de dollars.[238]

Ces cultures génétiquement modifiées (GM) résistant aux herbicides utilisent maintenant 56 % de l'utilisation totale de glyphosate[204] et l'augmentation de la tolérance aux herbicides signifie que les agriculteurs sont susceptibles d'augmenter le taux d'application.[205] Les effets sur la santé et l'environnement des herbicides, tels que le glyphosate et l'atrazine sont réexaminés en permanence et ils peuvent donner lieu à des interdictions, telles que celle du glyphosate à l'intérieur de l'Union Européenne. Dans les pays en développement, la faible alphabétisation, la pauvreté et les conditions prévalant à l'utilisation des pesticides continuent de se traduire par des risques majeurs pour les agriculteurs, les travailleurs et leurs familles, les consommateurs et l'environnement. Depuis 2006, l'agence des Nations Unies à considéré la nécessité pour les parties prenantes d'agir afin de réduire les risques liés à l'utilisation de pesticides hautement dangereux, voire même de les supprimer.[206] Les décideurs politiques supposent souvent que les niveaux actuels ou accrus d'utilisation de pesticides sont essentiels pour assurer la sécurité alimentaire. Le dernier rapport du Rapporteur Spécial des Nations Unies sur le droit à l'alimentation conteste cette hypothèse et il souligne la nécessité d'un traité mondial régissant l'utilisation des pesticides.[207]

Les effets secondaires nocifs de l'utilisation des pesticides comportent également des coûts économiques majeurs et souvent non reconnus. Par exemple, le département de l'environnement de l'ONU estime, qu'entre 2005 et 2020, le coût accumulé des maladies et des préjudices liés aux pesticides dans les petites exploitations en Afrique subsaharienne pourrait atteindre 90 milliards de dollars si aucune mesure n'est prise afin de lutter contre les pesticides dangereux et les mauvaises pratiques.[208]

2. Irrigation et salinisation

La salinisation implique l'accumulation de sels hydrosolubles dans le sol, ce qui a une incidence négative sur la santé et la productivité de la terre. La contamination des sols par le sel se produit dans la plupart des pays, bien qu'elle soit plus fréquente dans les zones arides. La salinisation inhibe la germination et elle finit par compromettre la capacité du sol à soutenir la croissance des plantes.

Les pertes agricoles dues à la salinisation ne sont pas bien évaluées, mais au moins 20 % des terres irriguées seraient contaminées par le sel ; certaines estimations laissant penser qu'elles seraient plus nombreuses.[209] Selon les chercheurs, la moitié de toutes les terres arables le seront d'ici 2050.[210] On

© Georgina Smith / CIAT

Figure 7.6 : Triple effet : perte de diversité, maladies émergentes des cultures et du bétail, et changement climatique

estime que 2,7 millions d'hectares de rizières du monde sont actuellement affectés par ce phénomène.[213]

Au-delà de son impact direct sur la production agricole et la sécurité alimentaire, la salinisation affecte également les aquifères des eaux souterraines. Lorsque le mouvement de l'eau dans les aquifères est plus important que les sorties, la nappe phréatique augmente le transport des sels vers la surface du sol[214] ce qui nuit à la capacité d'irrigation future et compromet l'approvisionnement en eau potable domestique.[215] Le phénomène de salinité est difficile à inverser et il entraîne souvent une dégradation à long terme des terres. Comme les zones irriguées sont parmi les terres les plus productives, appelées communément cornes d'abondance, la salinisation nuit à la sécurité mondiale de l'alimentation et de l'eau (voir aussi le chapitre 8).

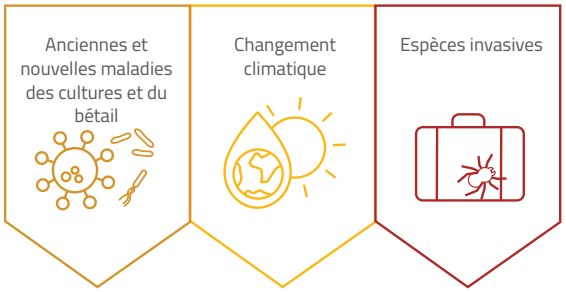
3. Maladies des cultures, parasites, maladies invasives et perte de diversité génétique

Les maladies des cultures ont toujours été un problème pour les agriculteurs tout au long de l'histoire. Aujourd'hui, des problèmes supplémentaires sont créés par l'augmentation du mouvement des cultures à travers le monde via la propagation des parasites et des maladies non indigènes et la création accrue de nouveaux défis visant l'augmentation de la production alimentaire. Dans le même temps, le changement climatique ajoute de nouvelles contraintes à de nombreuses espèces et la réduction significative de la diversité génétique dans les cultures réduit leur capacité à s'adapter aux pressions émergentes.

Le développement de variétés de cultures à haut rendement et l'intensification croissante de l'élevage axé sur certains stocks génétiques ont considérablement réduit la diversité.

Le développement de variétés de cultures à haut rendement et l'intensification croissante de l'élevage axé sur certaines variétés génétiques ont considérablement réduit la diversité. On estime qu'environ 75 % de la diversité génétique des cultures a été perdue au cours du siècle dernier en raison de l'abandon des variétés traditionnelles en faveur de variétés de cultures uniformes.[216] Bien que ces dernières soient souvent plus productives, leur variation génétique plus réduite rend l'adaptation plus difficile. Une enquête a révélé que 97 % des variétés de cultures, classées dans les anciens catalogues du ministère de l'Agriculture des États-Unis, ont désormais disparus.[217] De même, en Allemagne, environ 90 % de la diversité historique des cultures a été perdue et, dans le sud de l'Italie, environ 75 % des variétés végétales ont disparu.[218] En outre, de nombreuses espèces sauvages apparentées à des plantes cultivées, qui sont des ressources génétiques importantes pour l'élevage, diminuent ou sont menacées,[219] avec environ 70 % des espèces sauvages importantes ayant besoin de protection.[220] De telles pertes réduisent les possibilités pour les éleveurs d'aider les cultures à s'adapter d'une part à un climat changeant et à l'apparition de nouvelles maladies et d'autre part à la propagation d'espèces envahissantes qui limitent la production.

Effondrement de la diversité des cultures et du bétail



Malgré l'utilisation croissante de pesticides, les parasites et les maladies continuent de peser lourdement sur les cultures mondiales. Une moyenne de 35 % des rendements de cultures est perdue à cause des parasites avant à la récolte[221] alors que certains affirment que ces pertes seraient doublées sans pesticides.[222] Les maladies infectieuses émergentes liées aux champignons sont également reconnues comme étant des risques croissants pour la sécurité alimentaire[223]puisque les activités humaines intensifient à présent la dispersion des champignons.[224] La mondialisation et le transport à longue distance des denrées alimentaires ont augmenté la propagation des espèces envahissantes. Sans prédateurs naturels, les espèces non indigènes peuvent parfois prospérer et provoquer de gros dégâts sur les cultures et le bétail. Aux États-Unis, les pertes de cultures et de forêts provenant d'insectes et d'agents pathogènes envahissants, ont été estimées à près de 40 milliards de dollars par an.[225] Un examen récent de 1 300 insectes nuisibles et pathogènes dans 124 pays a évalué les risques futurs et il a constaté que l'Afrique subsaharienne était la plus vulnérable aux attaques, principalement en raison du manque de ressources pour contrôler ces événements, alors que les États-Unis et la Chine perdent le maximum en termes économiques.[226]

Pendant ce temps, les changements climatiques aggraveront davantage tous ces problèmes, par exemple en aidant les agents pathogènes à se propager dans de nouvelles zones, en augmentant le nombre de générations par saison et en modifiant les mécanismes de défense des plantes.[227]

4. Dégradation des sols et perte de sol

La CNULD définit la dégradation des terres comme une réduction ou une perte de productivité biologique ou économique dans les terres cultivées pluviales, dans les terres cultivées irriguées ou dans les champs, pâturages, forêts et forêts résultant de l'utilisation des terres ou d'un processus ou d'une combinaison de processus, y compris les processus découlant des activités humaines et de ses modes de peuplement, tels que:

- L'érosion des sols causée par le vent et/ou l'eau ;
- la détérioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques ou économiques du sol ; et
- la perte à long terme de la végétation naturelle.[228]

Tableau 7.1 : Personnes vivant sur des terres agricoles dégradées (TAD) : Adapté de[247]

	Part de la population rurale sur des TAD en 2000	Changement de 2000 à 2010 de la population rurale sur des TAD	Part de la population rurale sur des TAD isolées	Changement de 2000 à 2010 de la population rurale sur des TAD isolées
Pays développés	**17,9 %**	**-2,8 %**	**0,8 %**	**-1,8 %**
Pays en développement	**32,4 %**	**+13,3 %**	**5,5 %**	**+13,8 %**
Asie de l'Est et Pacifique	50,8 %	+8,4 %	9,0 %	+6,8 %
Europe et Asie centrale	38,5 %	+1,0 %	3,6 %	+4,4 %
Amérique latine et Caraïbes	13,0 %	+18,4 %	1,9 %	+17,1 %
Moyen-Orient et Afrique du Nord	22,3 %	+14,3 %	2,8 %	+5,9 %
Asie du Sud	26,2 %	+17,8 %	2,5 %	+18,9 %
Afrique subsaharienne	20,6 %	+37,8 %	5,8 %	+39,3 %
Monde	**34,0 %**	**12,4 %**	**5,0 %**	**+13,6 %**

Aujourd'hui, les consommateurs des pays riches veulent pouvoir acheter des fruits, comme des tomates et des fraises toute l'année ; des marchandises transportées à des centaines de kilomètres qui sont paradoxalement souvent moins chères que celles cultivées localement.

Celapeut entraîner une perte temporaire ou permanente de la capacité de production, une perte ou à un changement de couverture végétative, une perte de nutriments ou de la biodiversité du sol ou encore une vulnérabilité accrue aux risques environnementaux et auxdésastres naturels. Comme on l'a vu au chapitre 4, la surface des zones qui connaissent des baisses persistantes de la productivité des terres augmente et en affectant ainsi la production et la sécurité des aliments. Bien que les estimations mondiales des coûts de la dégradation des sols présentent une grande variation, elles sont toutes élevées.

La dégradation des terres s'explique principalement par des facteurs socio-économiques qui mettent les personnes dans des situations vulnérables et instables, les obligeant à exploiter davantage la terre,[239] par exemple en raccourcissant les périodes de jachère voir à carrément les éliminer. La privatisation des terres peut limiter les bergers[240] dans de plus petites régions où ils doivent garder plus d'animaux dans des pâturages qui se dégradent[241] et ils doivent acheter du fourrage ou faire brouter leurs troupeaux dans des zones qui les mettent en conflit avec d'autres utilisateurs du sol.[242] Ces impacts peuvent être observés en Afrique, sur les hauts plateaux andins[243] et en Mongolie où les changements démographiques ont conduit au regroupement des éleveurs à proximité des villes et, par conséquent, au surpâturage dans les régions centrales et occidentales du pays.[244] Des changements similaires augmentent la dégradation des terres dans le nord du Vietnam.[245]

La dégradation des sols signifie généralement que moins d'aliments sont produits sur les terres, ce qui a un impact direct sur la santé et le bien-être des résidents et des communautés voisines. L'augmentation des populations rurales sur les terres agricoles en dégradation est considérée comme un obstacle majeur aux stratégies de réduction de la pauvreté.[246]

5. Kilomètres alimentaires

Les déchets et les inefficacités de notre système alimentaire augmentent davantage lorsque le transport est pris en compte. Les aliments ont été transportés depuis que les routes commerciales ont été ouvertes, mais dans le passé, le transport à distance était confiné à quelques aliments de grande valeur qui pouvaient être conservés pendant de longues périodes, tels que les épices qui traversaient l'Europe sur les routes célèbres de l'Asie centrale.[248] Pour la plupart des gens, la nourriture était principalement locale et saisonnière : les fruits et légumes étaient mûrs, les animaux abattus les jours de fête et les céréales et les légumes racines étaient stockés soigneusement avec des excédents traités par embouteillage ou fermentation.[249] Avec l'avènement des navires porte-conteneurs réfrigérés et plus récemment du fret aérien bon marché, l'économie de la transformation des aliments à travers le monde a été transformée. Aujourd'hui, les consommateurs des pays riches veulent pouvoir acheter des fruits, tels que des tomates et des fraises toute l'année ; des marchandises transportées à des centaines de kilomètres qui sont paradoxalement souvent moins chères que celles cultivées localement.

Le concept de «kilomètres alimentaires» a été développé pour décrire et quantifier ce phénomène, désormais au centre du fondement commercial de l'agro-industrie. Dans leur forme la plus simple, les kilomètres alimentaires se réfèrent à la distance parcourue entre le producteur et le consommateur ;[250] dans le cas des aliments transformés, ce chiffre peut être égal à la somme du transport de plusieurs ingrédients.

Les kilomètres alimentaires ont souvent été utilisés comme substitut afin de comprendre l'empreinte carbone de la nourriture, mais cela peut être trop simpliste : des recherches aux États-Unis ont révélé que bien que les aliments soient transportés à des distances considérables (en moyenne, 1 640 km pour la livraison et 6 760 km pour le cycle de vie et la chaîne

d'approvisionnement), 83 % des émissions équivalentes de CO_2 alimentaire moyen des ménages américains proviennent de la phase de production. Le transport représente seulement 11 % des émissions de gaz à effet de serre du cycle de vie des aliments et la livraison finale du producteur aux points de vente au détail, seulement 4 %.[251] Le système centralisé de distribution des grandes chaînes de supermarchés qui dominent les ventes au détail signifie que la majeure partie du transport est effectivement dans le pays de vente, même pour les produits importés. Une étude menée par le gouvernement britannique a révélé que le transport alimentaire a atteint 30 milliards de kilomètres véhicules en 2002, dont 82 % au Royaume-Uni. L'étude a calculé que les émissions globales de gaz à effet de serre pour les tomates et les fraises en provenance d'Espagne, les volailles du Brésil et l'agneau de Nouvelle-Zélande étaient inférieures à la même quantité produite au Royaume-Uni, même en dépit du transport à longue distance qu'il implique. Globalement, l'équilibre carbone des aliments est susceptible d'être influencé, en grande partie par les facteurs de rendement, de stockage réfrigéré et de distance de transport.[252] Au Royaume-Uni, les recherches en 2005 ont révélé que les produits alimentaires et agricoles représentaient 28 % des marchandises transportées par la route, ce qui a impliqué des coûts externes estimés à 2,94 milliards de dollars par an.[253]

Bien que le transport de nourriture a sans aucun doute des impacts majeurs, le problème des kilomètres alimentaires reste complexe. Pour ceux qui s'intéressent à la réduction de leur empreinte, il ne s'agit pas seulement de ne pas acheter d'aliments importés, mais de considérer l'ensemble de la structure de l'industrie alimentaire dans les pays les plus développés.

Une personne sur neuf dans le monde est toujours chroniquement sous-alimentée et la même proportion est considérée comme sérieusement obèse.

6. Santé humaine et nutrition

|Une personne sur neuf dans le monde est toujours chroniquement sous-alimentée et la même proportion est considérée comme sérieusement obèse. Ces inadéquations alimentaires provoquent une crise mondiale de la santé menaçant de submerger les services médicaux, d'ébranler l'économie, de réduire l'espérance de vie et de réduire le bien-être général de l'être humain.

Bien que le pourcentage de personnes souffrant de malnutrition chronique dans les pays en développement soit passé de 34 % au milieu des années 1970 à 15 % aujourd'hui, ce sont quelques 788 millions de personnes qui souffrent de sous-alimentation chronique et il est prévu que ce chiffre devrait tomber à moins de 650 millions au cours de la prochaine décennie , même si l'Afrique subsaharienne augmentera sa proportion par rapport au total.[254] Des régions, telles que l'Amérique latine ont fait d'énormes progrès alors que d'autres parties du monde ne parviennent toujours pas à réduire la faim et la malnutrition dans leur pays. La malnutrition est la plus élevée en Asie du Sud (Inde, Pakistan et Bangladesh) alors que les progrès sont les plus lents en Afrique subsaharienne où une personne sur quatre a encore faim.[255]

Il existe deux principaux types de malnutrition : la malnutrition protéino-énergétique qui entraîne le rachitisme et un retard de croissance, couramment utilisé pour décrire la «faim dans le monde» ; et la déficience en micronutriments[256] ce qui peut entraîner des problèmes de santé, tels que l'anémie, le retard de croissance et les déficiences cognitives.

La faim affecte plus sévèrement les plus jeunes.[257] En 2013, 15 % des enfants du monde de moins de cinq ans étaient mal nourris, mais ce chiffre s'élève à 22 % en Afrique subsaharienne et à 32,5 % en Asie du Sud :[258] des 6,9 millions de décès d'enfants de moins de cinq ans en 2011, un tiers était attribuable à la malnutrition sous-jacente, principalement dans ces deux régions. Cela ne signifie pas que plus de deux millions d'enfants sont morts de faim mais beaucoup auraient pu l'être. La faim affaiblit la résistance aux maladies et aux infections. La diarrhée chronique coïncide souvent avec des déficiences en micronutriments, de sorte que le manque d'accès à l'eau potable et le manque de nourriture créent un cercle vicieux de malnutrition et des infections entraînant une mort prématurée.[259]

Les principales causes de la faim sont la pauvreté (de loin la plus importante au niveau mondial),[260] l'impact des systèmes économiques non équitables et des conflits.[261] Le problème clé est que près d'un milliard de personnes n'ont pas assez de revenus pour acheter des quantités suffisantes de nourriture nutritive ou de terres pour produire ou prélever des aliments. Les populations en croissance rapide forment également des systèmes de production alimentaire, bien que, comme mentionné précédemment, il y ait encore une grande quantité de nourriture produite à l'échelle mondiale qui peut nourrir la population de manière adéquate.

Dans le même temps, le nombre de personnes en surpoids augmente considérablement. En 1995, le surpoids était reconnu comme étant un problème plus important que la malnutrition, même dans de nombreux pays en développement et, à la suite d'une consultation sur l'obésité par l'Organisation mondiale de la santé en 1997, son rôle essentiel dans l'augmentation des problèmes médicaux et des coûts de santé a été reconnu pour la première fois.[262] En 2014, plus de 1,9 milliard d'adultes de plus de 18 ans étaient en surpoids (39 % de la population mondiale) et 600 millions (13 %) étaient considérés comme obèses, dont 41 millions d'enfants de moins de cinq ans, en surpoids ou obèses. La plupart de la population mondiale vit dans des pays où la surcharge pondérale tue plus de personnes que l'insuffisance pondérale.[263]

7. Sélection des cultures et cultures génétiquement modifiées

La sélection des cultures a toujours été une caractéristique de l'agriculture depuis les temps préhistoriques. En effet, le concept d'identifier les traits de culture souhaitables et de les améliorer par l'élevage sélectif est l'un des tremplins les plus fondamentaux de l'évolution de la civilisation.[264] Plus récem-

© A. Yaqub/CIMMYT.

ment, des techniques de sélection élaborées ont permis d'obtenir des variétés à haut rendement, qui dépendent d'applications plus lourdes de produits agrochimiques, entraînant des augmentations de productivité dans des cultures importantes, mais aussi accompagnées d'une série d'effets néfastes sur la santé humaine et environnementale. Les compromis entre la production alimentaire et la dégradation des terres font l'objet de larges débats politiques et de nombreuses règles et lois.[265]

Les organismes génétiquement modifiés (OGM) sont ceux dont le matériel génétique a été modifié par une variété de techniques d'ingénierie réalisées en laboratoire. Un type spécifique d'OGM est un organisme transgénique qui a été modifié par l'ajout de matériel génétique à partir d'un organisme externe. L'utilisation d'OGM et en particulier d'organismes transgéniques, reste très controversée ; les pays et les régions ont réagis de manières différentes. L'Union européenne insiste pour que tous les produits alimentaires contenant des OGM soient étiquetés aux États-Unis,[266] mais ce n'est pas le cas car l'industrie alimentaire corporative s'oppose vigoureusement à l'étiquetage. Certains détracteurs mettent l'accent sur les problèmes de sécurité liés au lot de conséquences imprévues des altérations génétiques, tandis que d'autres s'appuient sur des motifs éthiques ou religieux. Certains expriment des inquiétudes quant à la façon dont la modification génétique a été utilisée ; par exemple, le soja et plusieurs autres cultures ont été modifiés afin d'augmenter leur résistance aux herbicides, en encourageant des applications plus lourdes sur les cultures et en entraînant ainsi une plus grande pollution environnementale.

En rendant les cultures résistantes aux parasites et aux effets des herbicides, la promesse de modification génétique est d'augmenter la productivité des cultures et de nourrir la population croissante du monde, tout en utilisant moins de pesticides. Cependant, des études approfondies, y compris des recherches effectuées par l'industrie des OGM elle-même, révèlent que la modification génétique aux États-Unis et au Canada n'a pas accéléré l'augmentation des rendements des cultures (mesurée par rapport à l'Europe occidentale) ou qu'elle a entraîné une réduction globale de l'utilisation de pesticides chimiques.[267] Un rapport récent a révélé que «peu de preuves ont été fournies» montrant que l'introduction de cultures génétiquement modifiées aux États-Unis avait conduit à des gains supérieurs à ceux observés dans le cadre de cultures conventionnelles.[268]

Encadré 7.5 : Élevage traditionnel tolérant à la sécheresse – Des années avant les progrès en modification génétique

La recherche génétique est en retard par rapport à l'élevage conventionnel dans les efforts visant à créer du maïs résistant à la sécheresse. Le besoin en cultures plus résilientes est particulièrement urgent en Afrique, où la sécheresse peut réduire les récoltes de maïs jusqu'à 25 %. Le projet Drought Tolerant Maize for Africa, lancé en 2006 avec un budget de 33 millions de dollars, a développé 153 nouvelles variétés pour améliorer les récoltes dans 13 pays. Au vu des essais sur le terrain, ces variétés égalent ou dépassent les récoltes des graines commerciales dans de bonnes conditions de pluie et produisent jusqu'à 30 % de plus en cas de sécheresse. Les récoltes plus élevées permises par le maïs tolérant à la sécheresse pourraient contribuer à réduire de 9 % au plus le nombre de personnes vivant dans la pauvreté dans ces 13 pays.[269] Rien qu'au Zimbabwe, cet effet affecterait plus d'un demi-million de personnes. Depuis son lancement en 2010, le projet a développé 21 variétés cultivées conventionnellement dans des essais sur le terrain qui ont produit jusqu'à 1 tonne de plus par hectare dans les sols pauvres en azote que les variétés commerciales. Les chercheurs du projet estiment qu'il faudra au moins 10 ans pour développer une variété génétiquement modifiée comparable.[270]

CONCLUSION : TRANSFORMER NOS SYSTÈMES ALIMENTAIRES

Il y a un sérieux problème avec la façon dont nous produisons, commercialisons et consommons nos aliments. Un milliard de personnes n'a pas assez à manger alors qu'un autre milliard souffre des conséquences d'être en surpoids.

Nos pratiques agricoles utilisent d'énormes quantités d'un stock limité d'eau et d'énergie, et contribuent au changement climatique qui menace l'ensemble du système alimentaire.

Au moins un tiers de nos aliments est gaspillé et chaque année, des terres agricoles irremplaçables sont dégradées et perdues à cause d'une mauvaise gestion. Nos écosystèmes naturels en déclin sont détruits pour l'agriculture, l'industrie alimentaire agissant toujours comme si les ressources naturelles terrestres étaient infinies. La pollution par l'agriculture atteint des niveaux critiques dans de nombreux endroits du globe, mais la plupart des recherches portent sur les façons d'utiliser plus de produits agrochimiques plutôt que de les réduire. Nos pratiques agricoles utilisent d'énormes quantités d'un stock limité d'eau et d'énergie, et contribuent au changement climatique qui menace l'ensemble du système alimentaire.

La plupart des agriculteurs sont profondément engagés dans la santé et la productivité à long terme de leurs terres. Le fait que beaucoup soient pris dans une spirale de gestion insoutenable est une cause de détresse profonde. Les agriculteurs sont coincés entre les exigences d'un système alimentaire qui les presse financièrement, un consommateur exigeant de la nourriture bon marché et des utilisations de terres concurrentes. Il n'est pas étonnant que les agriculteurs soient parmi les groupes présentant le risque de suicide le plus élevé dans de nombreux pays.[271] Une transformation fondamentale de l'ensemble de notre système alimentaire s'impose. Une telle transition vers des systèmes alimentaires nets positifs dépend du développement et de la mise en œuvre d'un programme proactif.[272]

Un plan en dix points portant sur la gestion des terres et la sécurité humaine basé sur les droits, les récompenses et les responsabilités

À l'avenir, il y aura plus de gens à nourrir. La sécurité alimentaire est menacée et il n'y a pas de solution unique à ce défi ; le monde devra plutôt faire un effort coordonné pour gérer les pénuries, la dégradation, les inégalités et le gaspillage. Dix étapes clés seront essentielles ; elles sont listées ci-dessous, puis décrites plus en détail. Certaines sont déjà en bonne voie d'exécution et doivent être davantage soutenues par les politiques nationales et les décisions des consommateurs ; d'autres requièrent un remaniement fondamental de la façon dont nous abordons le système alimentaire, de la production et la distribution à la consommation. Jusqu'ici, la réponse s'est étroitement focalisée sur l'intensification, qui a stimulé la production alimentaire, mais a aussi produit une quantité d'effets secondaires, comme la pollution, la salinisation et la dégradation des terres, les nuisibles et les maladies, les espèces envahissantes ainsi que la perte de variabilité génétique et de potentiel d'évolution.

Ces dix étapes nous rapprocheraient d'une approche multifonctionnelle de la production alimentaire qui met l'accent sur la santé humaine, les services écosystémiques, l'efficacité des ressources et surtout, la durabilité pour les générations futures.

1. Réduire l'écart entre les récoltes réelles et potentielles dans tous les environnements
2. Utiliser la terre, l'eau, les nutriments et les pesticides plus efficacement
3. Réduire les impacts extérieurs de la production alimentaire et non alimentaire
4. Arrêter d'étendre la frontière agricole
5. Passer à d'autres régimes alimentaires végétaux et complets
6. Sensibiliser à la santé, à la durabilité et à la responsabilité
7. Récompenser les pratiques durables de gestion des terres
8. Réduire les déchets alimentaires et les pertes après récolte
9. Améliorer la sécurité d'occupation des terres, l'accès à une alimentation nutritionnelle et l'équité entre les sexes
10. Mettre en œuvre des approches intégrées de gestion du paysage

1. Réduire l'écart entre les récoltes réelles et potentielles dans tous les environnements

Même si les récoltes n'atteignaient que 75 % de leur potentiel, la production mondiale augmenterait de 1,1 milliard de tonnes.

Les prédictions affirmant que nous aurons suffisamment de nourriture pour nourrir la population mondiale jusqu'à la fin du 21e siècle se basent souvent sur l'hypothèse selon laquelle il est possible de continuer à augmenter les récoltes des cultures. Cependant, beaucoup d'experts sont profondément sceptiques et estiment que bon nombre des prévisions d'augmentation des récoltes sont bien trop optimistes.[273]

L'écart de rendement est la différence entre les récoltes réelles des cultures et les récoltes potentielles, compte tenu des pratiques et technologies agricoles actuelles. Il est beaucoup plus facile d'accroître la production des cultures présentant des écarts de récolte importants que de stimuler celle des fermes déjà à haut rendement. Pourtant, une grande partie des recherches et des efforts d'expansion agricoles se concentrent encore sur ces dernières. Axer nos efforts sur la réduction des écarts de récolte, sans coûts excessifs pour l'environnement et les ressources, permettrait des gains de production alimentaire plus immédiats et plus rentables dans la majorité du monde en développement. Amener les récoltes à 95 % de leur potentiel pour 16 cultures alimentaires et végétales importantes entraînerait une augmentation de 2,3 milliards de tonnes, soit 58 %. Même si les récoltes n'atteignaient que 75 % de leur potentiel, la production mondiale augmenterait de 1,1 milliard de tonnes.[274]

La variabilité de la récolte globale des cultures est déterminée principalement par les niveaux de nutriments, la disponibilité de l'eau et le climat. Une grande augmentation de la production, de 45 à 70 %, pour la plupart des cultures, est possible principalement grâce à un accès accru aux nutriments et, dans certains cas, à l'eau, conjugué à la réduction des déséquilibres et des insuffisances des nutriments. Des études suggèrent qu'il existe de nombreuses possibilités pour réduire l'usage abusif de nutriments tout en permettant une augmentation d'environ 30 % de la production des principales céréales (maïs, blé et riz).[275]

La responsabilité de combler les écarts de récolte incombe moins aux scientifiques et chercheurs, et plus aux conseillers agricoles, gouvernements, organisations agricoles, à l'industrie alimentaire et à la société civile, ainsi qu'à leur capacité à partager leurs compétences, à rendre les ressources disponibles et à fournir des infrastructures de marché ; ainsi qu'aux agriculteurs et aux producteurs.

© CIMMYT/P. Lowe

2. Utiliser les terres, l'eau, les nutriments et les pesticides plus efficacement

L'insécurité alimentaire peut être réduite simplement en éliminant la majorité des pertes et des déchets dans le système : grâce au renforcement des capacités des producteurs alimentaires, à des engagements en faveur d'une meilleure gouvernance et à l'introduction de technologies plus performantes. Ces efforts doivent évidemment être soutenus par des incitations politiques et une réduction des subventions perverses qui encouragent l'utilisation d'eau et de produits agrochimiques.

De nombreux agriculteurs utilisent actuellement les pesticides de manière très inefficace[277] sans comprendre leurs effets secondaires[278] et sont ainsi « bloqués » dans un cycle d'utilisation croissant[279] d'outils qui incluent parfois des produits interdits.[280] En outre, une grande partie de l'équipement utilisé pour appliquer les pesticides reste relativement rudimentaire, ce qui entraîne une perte de très petites gouttelettes et un ruissellement de grosses gouttelettes.[281] Des technologies améliorées et des procédures d'application intelligentes peuvent grandement réduire les volumes de pesticides[282] et donc les impacts hors-site et les charges toxiques. Des options techniques plus efficaces existent, mais l'adhésion à ces pratiques reste souvent faible ;[283] les failles juridiques dans de nombreux pays favorisent l'utilisation abusive des ressources.[284] L'amélioration de l'efficacité de ces ressources nécessitera aussi plus d'investissement dans la recherche. Dans de nombreux pays, les financements publics pour la recherche ont été réduits car l'idée était plutôt de faire payer les fabricants de pesticides, mais ces derniers ont naturellement peu intérêt à investir dans des systèmes qui réduiraient leurs ventes.

Il existe une série de techniques de gestion bien connues pour conserver l'eau, comme l'agriculture de conservation, l'utilisation de fumier et de compost, les bandes végétatives pour contrôler le ruissellement, l'agroforesterie, la récolte d'eau, la réhabilitation des goulottes et le terrassement.

Des options similaires existent pour réduire les apports d'engrais et l'utilisation de l'eau, notamment grâce à des plans nationaux ou régionaux intégrés.[285] Les tests de fertilisation des sols et des cultures, l'amélioration du moment d'application des engrais (identification des conditions météorologiques appropriées), l'utilisation d'engrais à libération lente et contrôlée, l'utilisation d'uréase et d'inhibiteurs de nitrification pour diminuer les pertes d'azote, et le placement plutôt que l'application par diffusion peuvent tous réduire les déchets d'engrais.[286] Il existe une série de techniques de gestion bien connues pour ne pas gaspiller l'eau, comme l'agriculture de conservation, l'utilisation de fumier et de compost, ou encore de bandes végétatives pour contrôler le ruissellement, l'agroforesterie, la récolte d'eau, la réhabilitation des goulottes et le terrassement.[287]

Le concept d'« intensification durable » prend de l'ampleur ; il englobe tout effort visant à « intensifier » la production alimentaire associé à une volonté concertée de la rendre « durable », en minimisant les pressions sur les sols et l'environnement. Les approches intégrées de lutte antiparasitaire sont maintenant utilisées par des millions de fermes : certaines recherches démontrent que des récoltes plus élevées sont possibles avec une utilisation réduite de pesticides et[288] plus de diversité de cultures intra-spécifiques pour gérer les nuisibles,[289] suggérant ainsi que l'agriculture efficace n'exige pas l'adoption de monocultures à grande échelle.[290] Les systèmes agricoles à petite échelle, à forte intensité de main-d'œuvre et à faible consommation d'intrants génèrent souvent de plus grandes récoltes que les systèmes conventionnels.[291] Les approches axées sur la vulgarisation, telles que les écoles de terrain pour agriculteurs, la promotion de l'éducation, le co-apprentissage et la formation par la pratique peuvent aider à réduire l'utilisation inefficace et superflue des pesticides.[292] Pourtant, on compte beaucoup moins d'investissements dans la recherche sur les systèmes à faibles intrants, et cette approche reste sous-évaluée.

Encadré 7.6 : Combler l'écart dans les récoltes au Brésil

Si on prend le cas du Brésil, un pays riche en carbone terrestre et en biodiversité, la production agricole devrait augmenter considérablement au cours des 40 prochaines années. Une étude récente a donné une première estimation de la capacité de charge des 115 millions d'hectares de pâturages cultivés du Brésil. Les chercheurs ont étudié si l'utilisation plus durable de ces terres existantes pourrait répondre à l'augmentation prévue de la demande en viande, en cultures, en bois et en biocarburants. Ils ont constaté que la productivité actuelle était à 32-34 % de son potentiel et qu'une intensification durable pour accroître la productivité à 49-52 % fournirait un approvisionnement suffisant de ces produits jusqu'au moins 2040, sans dégradation des terres ou des écosystèmes, et avec des bénéfices considérables en matière de capture de carbone.[276]

3. Réduire les impacts extérieurs de la production alimentaire et non alimentaire

Les effets secondaires du système alimentaire actuel menacent de compromettre les processus qu'il cherche à maintenir en émettant des gaz à effet de serre et en dégradant le potentiel biologique et économique des sols. Les efforts visant à atténuer les impacts extérieurs de la production alimentaire doivent se concentrer sur les pratiques de gestion qui garantissent une livraison plus efficace des produits agrochimiques afin de réduire les déversements dans le paysage, ainsi que le développement et la mise en pratique d'alternatives plus sûres et plus efficaces. Les efforts visant à réduire l'écart de rendement (étape 1) ne généreront un bénéfice net que si les impacts hors-site sont aussi réduits en parallèle (intensification durable).

Encadré 7.7 : Agriculture de précision

L'agriculture a été l'une des dernières industries à adopter une approche commerciale axée sur l'information en temps réel. L'agriculture de précision utilise une technologie de surveillance sophistiquée pour évaluer des variables, comme les caractéristiques du sol et les conditions météorologiques, à laquelle sont associés des outils de modélisation, pour aider les producteurs à ajuster leurs activités agricoles selon la variabilité du terrain.[296] L'accès à des conseils objectifs en temps réel tout au long du cycle de culture aide les cultivateurs à optimiser leurs choix pour savoir quoi planter, où et quand, et ce qu'il faut appliquer à la plante et au sol. Cela contribue à accroître l'efficacité de la production tout en réduisant la dégradation sur site et les impacts environnementaux hors-site. L'agriculture de précision repose sur la capacité de capturer, d'interpréter et d'évaluer les avantages économiques et environnementaux de mesures de gestion particulières.[297]

Une analyse de 85 projets menés dans 24 pays a permis de calculer que la moitié des pesticides utilisés était inutile.[293] Les agriculteurs suivent souvent rigoureusement les conseils des entreprises agrochimiques ou de leurs agents.[294] En 2014, l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis a conclu que les traitements de graines de néonicotinoïdes sur le soja fournissaient des « avantages limités à nuls ». Pourtant, ils sont largement utilisés et coûtent aux agriculteurs 176 millions de dollars par an.[295] Des efforts importants pour réduire l'utilisation et les déversements de produits agrochimiques seraient réalisables avec la technologie actuelle, comme par exemple avec l'adéquation détaillée des besoins et des conditions des cultures, comme dans l'agriculture de précision. Des conseils clairs et impartiaux et un soutien aux agriculteurs constituent une aide cruciale dans ce processus.

À court terme, les efforts pour réduire la pollution hors-site devraient se concentrer là où les gains les plus importants sont possibles, ou là où les impacts sont les plus graves. La Chine, l'Inde et les États-Unis représentent collectivement 65 % de l'utilisation excessive d'azote et de phosphore dans le monde ; mettre l'accent sur l'amélioration de l'efficacité des engrais dans un petit ensemble de cultures et de pays, en modifiant le moment, l'endroit ciblé et le type d'engrais utilisé, pourrait réduire la pollution mondiale par l'azote et le phosphore avec des gains d'efficacité supplémentaires.[298]

Les émissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture sont responsables d'un impact significatif sur le terrain. Dans certains cas, elles peuvent être difficiles à réduire sans changement majeur dans les systèmes de production, comme la réduction des émissions des ruminants. Dans d'autres systèmes de production alimentaire, des changements mineurs dans les pratiques peuvent faire la différence, comme utiliser différentes variétés ou espèces de culture, replanter à différentes époques de l'année ou se fier à des prévisions climatiques précises.[299] La sélection des espèces ainsi que la gestion de l'eau, du sol et des chaumes peuvent réduire les émissions provenant de la production de riz.[300]

Tableau 7.2 : Éléments de l'agriculture de précision

Catégories	Conseils offerts	Description
Cultures	Sélection des variétés	Sélection des variétés de graines
	Meilleures périodes de plantation	Période et conditions correctes de plantation
	Débit de semences variable	Semis selon la variabilité du terrain
Utilisation d'engrais	Taux d'engrais variable	Application de nutriments basée sur la variabilité du terrain
	Cartes de terrain	Cartes des terrains pour faciliter l'application de précision
	Taux d'application variable	Application chimique basée sur la variabilité du terrain
	Conseils de durabilité	Vers une optimisation durable des ressources
Lutte contre les nuisibles et les maladies	Diagnostic des maladies	Évaluation prédictive ou diagnostic
	Échelle des problèmes de nuisibles	Modèles prédictifs et diagnostics
	Conseils de protocole	Graduation pour les diagnostics basés sur l'image ; algorithmes pilotés par des modèles
Santé des cultures	Indices NDVI/EVI	Imagerie par satellite/drone utilisant l'indice de végétation par différence normalisé et l'indice de végétation amélioré pour évaluer les caractéristiques du terrain
	Alertes météo/terrain	Modèles prédictifs basés sur la planification agronomique météorologique
	Surveillance des nutriments du sol	Cartographie des nutriments basée sur des algorithmes
	Cartographie de la biomasse	Surveillance sur le terrain de la matière organique

Encadré 7.8 : Agriculture biologique et systèmes de production intégrés

Différents types d'agriculture peuvent assurer l'alimentation du monde en fonction de la disponibilité des terres, du degré d'autosuffisance des systèmes agricoles en termes d'intrants essentiels aux chaînes de valeur, comme les nutriments et autres ressources, l'ampleur de la production alimentaire et le commerce souhaité et faisable des produits agricoles.[301] Les aliments, boissons, compléments, produits cosmétiques et autres biens issus de l'agriculture biologique sont un marché en croissance rapide dans les pays développés et parmi les classes moyennes émergentes dans les pays en développement. La bénéfices environnementaux et nutritionnels (santé humaine) perçus sont les principaux moteurs de la croissance de ce marché. Plus d'un quart des terres agricoles biologiques du monde et plus d'1,9 million des producteurs de produits biologiques dans le monde (soit 86 %) se trouvent dans les pays en développement et les marchés émergents, notamment l'Inde (650 000), l'Ouganda (189 610) et le Mexique (169 703).[302] L'agriculture biologique est définie et vérifiée par des normes mondiales et nationales.

Elle gère de nombreux facteurs de dégradation des terres et leurs impacts hors-site en éliminant les engrais chimiques et la plupart des pesticides, en contribuant à la construction de matières organiques du sol et en appliquant des méthodes de conservation de l'eau. Il existe déjà plus de 43 millions d'hectares de production biologique dans le monde entier, avec 35 millions d'hectares supplémentaires de zones naturelles ou semi-naturelles utilisées pour la collecte de produits « naturels » certifiés biologiques, comme le miel et les herbes.[303] Dans la plupart des cas, à grande échelle, les récoltes des cultures organiques sont plus faibles que celles des cultures conventionnelles, mais ces cultures protègent généralement les services écosystémiques associés et la demande pour ces produits a dernièrement augmenté sans discontinuer : en 2013, les ventes mondiales représentaient 72 milliards de dollars et devraient doubler d'ici 2018.[304] Il existe de solides preuves qui confirment que l'agriculture biologique garantit plus de biodiversité.[305] L'agriculture biologique se concentre sur l'augmentation de la matière organique du sol, le maintien de la biodiversité sur les lieux d'élevage et les économies d'énergie,[306] cependant, dans certains cas, elle peut provoquer l'extraction de nutriments du sol et, à long terme, diminuer la matière organique du sol.[307] Une méta-analyse récente montre que, dans certaines circonstances, l'agriculture biologique est proche de la quantité de récoltes de l'agriculture conventionnelle alors que dans d'autres cas elle ne l'est pas.[308,309] La productivité dans l'agriculture biologique est encore renforcée par l'introduction d'une plus grande diversité de cultures dans le cadre de la lutte intégrée contre les parasites et par la substitution des plantes associées aux pesticides.[310] Le rôle de l'agriculture biologique est actuellement sous-évalué dans la résolution des problèmes de sécurité alimentaire et offre d'importantes possibilités de développement ultérieur.

Les formes régénératrices de l'agriculture, qui utilisent des processus naturels pour aider à revigorer les sols, conserver l'eau, capter le carbone et augmenter la biodiversité, reçoivent une attention croissante.

4. Arrêter d'étendre la frontière agricole

L'expansion agricole dans les écosystèmes naturels, principalement par la déforestation et d'autres changements dans l'utilisation des terres, comme la conversion des pâturages en cultures, entraîne des coûts bien trop élevés, en termes de biodiversité et de services écosystémiques perdus, et souvent pour des rendements très modestes en termes de nourriture produite.[311] Là où l'expansion est absolument nécessaire, elle devrait avoir lieu dans des zones déjà dégradées où il y a peu à perdre ou à récupérer,[312] ou dans des terres abandonnées où les services écosystémiques peuvent être regroupés en se transformant en terres agricoles. Mais là encore, la sélection des sites doit être réfléchie. Par exemple, beaucoup de prairies Imperata en Asie se sont développées en s'appuyant sur des pratiques non durables reposant sur l'agriculture sur brûlis et semblent être dégradées, mais continuent néanmoins à soutenir une agriculture de subsistance.[313] La planification et la gestion du changement de l'utilisation des terres nécessitent de l'autorité et des institutions solides, mais peuvent également être influencées par les entreprises et les consommateurs ; plusieurs systèmes de certification servent à garantir que les produits contrôlés, tels que l'huile de palme et le soja, ne proviennent pas de plantations établies sur des forêts nouvellement défrichées (voir l'étape 6).

5. Opter pour d'autres régimes alimentaires végétaux complets

Modifier les habitudes alimentaires, en particulier dans les pays riches, pourrait avoir d'importants impacts positifs sur la santé des individus et celle de la terre. La quasi-totalité des scénarios de disponibilité alimentaire future montrent que la réduction de la consommation de viande, en particulier de bœuf, est le moyen le plus rapide et le plus efficace d'accroître la sécurité alimentaire et de réduire les émissions de carbone et les impacts hors-site.[314] Même une légère réduction, au niveau recommandé par les responsables de la santé,[315] entraînerait des économies importantes pour la terre et ses ressources. Par exemple, réaffecter les

© ja-ma

terres utilisées pour l'alimentation du bétail aux États-Unis pour produire des aliments pour volailles répondrait aux exigences caloriques et protéiniques de 120 à 140 millions de personnes supplémentaires.[316]

Les réformes alimentaires doivent tenir compte de la bombe à retardement qu'est l'obésité chronique et de ses effets sur le bien-être, la durée de vie, les services de santé et les économies.[317] De mauvais régimes alimentaires, dont beaucoup sont implicitement promus par de grands fabricants et distributeurs,[318] ont déjà compromis la santé d'un milliard de personnes. Les campagnes de santé publique ont livré bataille pour convaincre une génération accroc aux fast-foods et aux régimes riches en protéines et matières grasses. Des campagnes d'éducation sanitaire basée sur des encouragements positifs, plutôt que sur l'humiliation,[319] la promotion de l'exercice physique,[320] des taxes supplémentaires sur les aliments gras et sucrés (au moins 20 %),[321] et, le cas échéant, des contrôles législatifs, sont nécessaires. L'émergence de taxes sur le sucre, de taxe sur le soda au Mexique,[322] ou d'autres initiatives similaires montrent que de nombreux gouvernements reconnaissent de plus en plus l'ampleur du problème.

Une façon de souligner ce phénomène est d'évaluer la productivité agricole en termes de personnes nourries par hectare plutôt que de tonnes par hectare. En fonction du mélange actuel d'utilisations des cultures, la production alimentaire exclusivement destinée à la consommation humaine directe pourrait potentiellement augmenter les calories disponibles jusqu'à 70 %, quantité suffisante pour nourrir quatre milliards de personnes. Même de légères modifications de la répartition des cultures pour l'alimentation animale et les biocarburants augmenteraient considérablement la disponibilité alimentaire mondiale.[323] Un passage à des aliments moins transformés et à un régime moins riche viande peut conduire à des pratiques plus durables dans la production alimentaire.

6. Sensibiliser à la santé, à la durabilité et à la responsabilité

L'expérience montre que beaucoup de personnes sont prêts à faire des choix sains et éthiques en matière de nourriture lorsqu'elles reçoivent des informations précises et fiables. Les mesures obligatoires et volontaires ont un rôle à jouer. Les systèmes d'étiquetage obligatoires pilotés par les gouvernements, qui fournissent des informations sur la nutrition, les calories, la diététique et les risques pour la santé peuvent persuader de nombreux consommateurs, comme l'ont montré les contrôles sur la publicité pour les cigarettes.

Parallèlement, la croissance des systèmes volontaires de certification de produits soutient les consommateurs prêts à choisir et à investir dans des produits qui minimisent la dégradation de l'environnement et leur empreinte carbone. La croissance rapide du commerce équitable et des programmes de certification environnementale au cours des deux dernières décennies pose la base d'une production plus durable, car des normes et des systèmes de bonne gestion existent pour s'assurer que les participants respectent leurs engagements. Le tableau 7.3 décrit quelques-uns des programmes les plus importants.

7. Récompenser les pratiques durables de gestion des terres

L'agriculture est l'activité qui utilise le plus de terres sur la planète, et pourtant le nombre de terres agricoles est insuffisant. À l'avenir, les terres agricoles devront être gérées de manière beaucoup plus réfléchie pour qu'elles puissent livrer une gamme complète de services écosystémiques, et pas seulement de la nourriture, des fibres et du carburant.[335] L'agriculture, qui est un moteur du changement climatique, doit devenir un capteur de dioxyde de carbone. Beaucoup de mesures visant à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ont déjà été identifiées : moins d'engrais à base d'azote, utilisation réduite de l'énergie fossile, meilleure gestion des déchets, augmentation de la matière organique du sol, restauration écologique et amélioration de l'irrigation.[336] Les sols agricoles doivent être

préservés, à la fois pour des raisons de productivité et pour éviter les impacts en aval. Les pollinisateurs faisant face à des menaces extrêmes dans certaines régions doivent bénéficier d'approches de conservation dédiées.[337] À certains égards, cette forme de gestion plus globale existe depuis des décennies ou même des siècles ; dans d'autres domaines, il faut que s'opère un changement fondamental dans les attitudes.

Cela implique aussi un changement dans la façon dont les agriculteurs travaillent. Si les exploitations agricoles doivent fournir d'autres services, il faut les payer ; une plus grande diversification peut signifier, par exemple, qu'une plus grande proportion du revenu agricole provienne de sources de financement novatrices, telles que les systèmes de paiement pour services écosystémiques (PSE).

Opter pour un système qui octroie des compensations aux gestionnaires fonciers en fonction des multiples fonctions et services qu'ils proposent nécessitera des actions à tous les niveaux : subventions et incitations à l'échelle locale, nationale et parfois mondiale ; plates-formes équitables pour les acteurs, reliant les entreprises, les autorités locales, les vulgarisateurs et les ONG avec les fournisseurs d'écosystèmes, tels que les gestionnaires de terres, les agriculteurs individuels ou les coopératives ; systèmes d'évaluation pour assurer des prix équitables et mécanismes financiers pour la collecte et le versements de formes de compensation financières ou autres. Bien qu'il y ait eu beaucoup de chemin parcouru, il reste encore beaucoup à apprendre.

Encadré 7.9 : Paiement pour services écosystémiques (PSE)

Il est théoriquement possible de collecter des frais d'utilisation auprès des personnes et entreprises bénéficiant de services écosystémiques pour aider les personnes gérant les écosystèmes qui produisent ces services à payer des ressources dont elles sont privées. Les programmes de PSE (également appelé « Paiement pour services environnementaux ») peuvent constituer un moyen important de soutenir les agriculteurs et les gestionnaires fonciers qui fournissent ces services ;[338] par exemple en protégeant la forêt pour maintenir la qualité de l'eau ou en réduisant les niveaux de peuplement forestier dans les collines pour encourager la croissance de la végétation et réduire les inondations. Environ 80 % de la population parmi les 1,5 million d'habitants de Quito ont accès à de l'eau potable provenant de deux zones protégées : *Antisana* (120 000 ha) et la *réserve écologique de Cayambe-Coca* (403 103 ha). Le gouvernement travaille avec une ONG locale et les communautés agricoles pour protéger les bassins hydrographiques, avec une application plus stricte des mesures de protection dans les bassins versants supérieurs et des initiatives pour améliorer ou protéger les fonctions hydrologiques et les trous d'eau, prévenir l'érosion et stabiliser les berges et les pentes.[339] Les programmes de PSE adaptés aux agriculteurs se concentrent actuellement sur la capture du carbone, la conservation des forêts, la protection des bassins versants et la réduction des risques de catastrophe ; les paiements peuvent être en espèces ou en nature (équipement, ruches, etc.).[340] La valeur des services écosystémiques de l'agriculture est énorme ; le défi réside dans la recherche de moyens politiquement et socialement acceptables pour que les agriculteurs gérant ces valeurs soient correctement rémunérés.[341]

8. Réduire les déchets alimentaires et les pertes après récolte

Puisque un tiers des aliments produits n'atteint jamais l'estomac des consommateurs, la réduction des déchets apparaît à première vue comme une victoire facile en matière de sécurité alimentaire et nutritionnelle. Mais en pratique, la tâche reste difficile en raison de la culture du déchet qui a été tissée dans nos systèmes alimentaires par les politiquesd'achat et commerciales, la réglementation alimentaire, la distribution et la vente au détail. Cela nécessitera la modification des règles sur les dates de péremption et des attitudes des consommateurs à l'égard des fruits et légumes déformés. Autres nécessités : une importante campagne de rééducation publique sur notre culture des déchets et sur ce qui constitue une alimentation souhaitable ou acceptable et, enfin, des changements structurels dans une industrie alimentaire basée sur le

Figure 7.7 : Pertes le long de la chaîne alimentaire : Conçu à partir de[345]

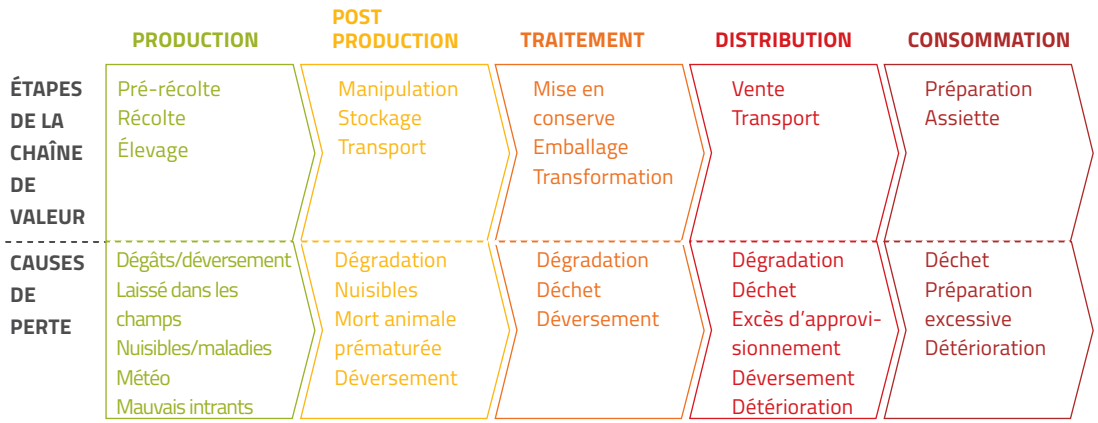


Tableau 7.3 : Programmes de certification volontaires

Programme de certification volontaire	Renvoi et contexte
Bonsucro Better Sugarcane Initiative	Favorisant la durabilité du secteur de la canne à sucre, Bonsucro compte près de 200 membres originaires de 27 pays.[324]
Alliance pour le climat, les communautés et la biodiversité	Une initiative multi-organisationnelle visant à promouvoir les activités de gestion des terres qui atténuent de manière crédible les changements climatiques, dont les projets REDD+.[325]
Commerce équitable (Fair Trade International)	Définit les normes mondiales pour un commerce qui donne aux agriculteurs un moyen de subsistance décent avec de nombreuses normes individuelles pour les groupes de producteurs et de commerçants et pour les produits individuels.[326]
Forest Stewardship Council	L'un des nombreux programmes de certification forestière qui impose des contrôles sur le défrichage des forêts naturelles.[327]
Table ronde mondiale pour le bœuf durable	Favorise une production responsable du bœuf tout au long de la chaîne d'approvisionnement.[328]
Initiative en faveur d'une assurance minière responsable	Élaborer un système de certification pour les opérations minières.[329]
Fédération internationale des mouvements d'agriculture biologique	Organisme international définissant des normes globales pour l'agriculture biologique avec des normes nationales qui doivent répondre à celles de l'International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM).[330]
ProTerra	Un groupe néerlandais certifiant tous les maillons de la chaîne alimentaire.[331]
Table ronde pour un soja responsable	Réduire les impacts environnementaux du soja : il y a actuellement 181 membres participant à cette table ronde et 1,3 million de tonnes de soja certifié a été vendu en 2014.[332]
Table ronde pour une huile de palme durable	Réduire les impacts environnementaux et sociaux de la production d'huile de palme, cette table ronde compte plus de 2 000 membres et plus de 3 millions d'hectares ont été certifiés.[333]
Réseau agriculture durable	Une coalition d'organisations à but non lucratif qui favorise la durabilité environnementale et sociale de l'agriculture grâce au développement de normes de bonnes pratiques, de certification et de formation.[334]

mouvement à grande échelle et constant des produits alimentaires.

Cependant, il est très facile d'initier le mouvement. De nombreuses options techniques et politiques ou modifications dans nos styles de vie existent pour réduire les déchets, comme la redistribution et les dons d'aliments, l'utilisation de refroidisseurs par évaporation là où la réfrigération n'est pas disponible, l'introduction de sacs en plastique hermétiquement scellés ou de caisses en plastique pour les fruits et légumes, l'utilisation de silos métalliques plus petits, la simplification des étiquettes sur les produits alimentaires, le lancement de campagnes de sensibilisation à destination des consommateurs, et la réduction de la taille des portions dans les restaurants et cafétérias. Les objectifs de réduction du gaspillage doivent être fixés par les gouvernements ; si le taux actuel de perte et de gaspillage d'aliments pouvait être réduit de moitié d'ici 2050, il couvrirait environ 22 % de l'écart existant entre les quantités d'aliments produits aujourd'hui et celles qui seront demandées d'ici au milieu de ce siècle.[342]

Dans les pays en développement, le gaspillage et les pertes alimentaires ont le plus souvent lieu au début de la chaîne de valeur alimentaire et sont imputables aux contraintes financières, managériales et techniques liées aux méthodes de récolte ainsi qu'aux installations de distribution, de stockage et de refroidissement. La coopération entre agriculteurs pourrait réduire le risque de surproduction, les cultures excédentaires d'une ferme pourrait atténuer une pénurie dans une autre.[343] Les mauvaises installations de stockage et le manque d'infrastructures entraînent des pertes de nourriture post-récolte dans les régions tropicales ; surmonter ce défi nécessitera le développement d'infrastructures améliorées pour les routes, les énergies et les marchés, et enfin des installations de stockage et de chaîne du froid.[344] Le manque d'installations de traitement entraîne également des pertes alimentaires en raison de la saisonnalité de la production et s'explique par le coût d'investissement de ces installations de traitement qui ne seront pas utilisées toute l'année.

9. Améliorer la sécurité foncière et l'équité entre les sexes

La plupart des mesures ci-dessus s'appliquent également à l'ensemble du système alimentaire et même à la planète. Mais pour ce qui est de la sécurité alimen-

taire, ce sont les plus pauvres qui souffrent le plus de la situation, notamment les habitants de zones rurales sans accès à la terre et les citadins trop pauvres pour acheter assez de nourriture pour leurs familles. Reconnaître que nous avons un problème massif d'obésité ne doit pas obscurcir le fait que presque autant de personnes souffrent d'insuffisance pondérale en raison d'un manque de nutrition suffisante et, selon les projections actuelles, ce nombre devrait augmenter à l'avenir. Un système alimentaire qui ne répond pas explicitement aux besoins des pauvres, des faibles et des démunis ne pourra pas garantir la sécurité alimentaire,[346] et les tendances récentes accroissent leur vulnérabilité.

Un élément essentiel de la réussite est la reconnaissance des droits des femmes à occuper les terres, indépendamment des hommes de la famille. De tels droits doivent être inscrits dans les lois des pays où cette inégalité persiste. Ils doivent être diffusés, expliqués et mis en œuvre partout où les évolutions juridiques n'ont pas vraiment été prises en compte au vu des pratiques quotidiennes. Les questions de genre s'étendent au-delà de la propriété et influencent le type d'agriculture pratiquée. Dans les pays où le travail agricole est principalement laissé aux femmes, une plus grande équité dans les conditions de travail doit également être encouragée, pour augmenter le bien--être global des individus et assurer une efficacité maximale.

La justice alimentaire va donc bien au-delà du volume de nourriture produite. Les stratégies de développement de systèmes alimentaires résilients doivent dépasser les problèmes agricoles traditionnels, par exemple en ce qui concerne l'équité entre les sexes et la justice sociale qui façonnent l'accès à la terre et aux ressources naturelles ; adopter des approches agro-écologiques intégrées pour produire plus de nourriture avec des impacts environnementaux réduits ; soutenir davantage les systèmes alimentaires régionaux organisés ; et promouvoir l'accès à des aliments sains et culturellement pertinents dans les politiques de production.[347]

La redistribution des terres des propriétaires riches de grandes exploitations aux agriculteurs pauvres, aux fermiers ou aux travailleurs agricoles peut favoriser la croissance économique, la réduction de la pauvreté et l'équité entre les sexes si elle est bien gérée et soutenue par des politiques solides et un renforcement des capacités. Par exemple, la réforme agraire communautaire au Malawi a permis d'améliorer les propriétés foncières, la sécurité foncière, la production végétale et la productivité, et aussi d'augmenter les revenus et la sécurité alimentaire.[348]

Les réformes foncières visant à distribuer des terres aux pauvres sont un défi délicat à relever, car elles doivent redistribuer les terres sans provoquer de tension politique ni menacer la position des petits exploitants existants. Cela doit, par exemple, inclure des éléments pour améliorer le pouvoir d'achat des pauvres, éliminer les incitations à la consolidation des terres et fournir des subventions et des services de vulgarisation suffisants.[349]

10. Mettre en œuvre des approches intégrées de gestion du paysage

Dans une certaine mesure, l'étape 10 est la somme des neuf premières. L'augmentation de la pression pesant sur les terres agricoles, la dégradation généralisée des terres et la désertification, la pollution croissante, le changement climatique et l'augmentation des populations humaines montrent que le monde doit prendre du recul vis-à-vis de sa production alimentaire et placer ses terres agricoles dans le cadre d'un paysage multifonctionnel qui fournit de la nourriture, certes, mais aussi une large gamme de services axés sur l'aide, la régulation et la culture.

La gestion de la concurrence croissante et du commerce de biens et de services terrestres, ainsi que des différents intérêts des parties prenantes, nécessite une planification de l'utilisation des terres pour assurer une allocation efficace qui favorise les utilisations durables des terres et aide à équilibrer les utilisations concurrentes. La planification de l'utilisation des terres n'est pas une simple évaluation foncière, qui peut être très attrayante pour les urbanistes et préjudiciable à l'agriculture ; ce n'est pas non plus une classification des capacités foncières. Une planification globale de l'utilisation des terres couvre toutes les utilisations potentielles des terres, y compris les zones propices à l'agriculture, la foresterie, l'expansion urbaine, la faune, les pâturages et les zones récréatives. En modifiant la structure du paysage spatial et en allouant des utilisations du sol à des endroits optimisés dans le paysage, il est possible d'améliorer la production de services multiples et la résilience du système terrestre.[350] De cette façon, les systèmes conçus répondraient mieux aux intérêts locaux et à la demande en services écosystémiques, seraient durables à la fois d'un point de vue local et paysager, et mis en œuvre dans le contexte socio-économique local et dans le cadre de gouvernance foncière.[351] Un autre aspect majeur de ces changements systémiques comprend les aspects psychologiques et sociaux du changement de pratiques qui ont parfois été acceptées depuis des siècles, nécessitant des approches collaboratives avec un large éventail de parties prenantes,[352] dont l'industrie.[353]

© P. Wall/CIMMYT.

RÉFÉRENCES

1 Foley, J.A. 2011. Sustain the planet? Scientific American, November 2011, pp. 60-65.

2 FAO. 2009. How to Feed the World in 2050. FAO, Rome.

3 Rivers Cole, J. and McCoskey, S. 2013. Does global meat consumption follow an environmental Kuznets curve? Sustainability: Science, Practice, and Policy **9** (2): 26-36.

4 Overseas Development Group. 2006. Global Impacts of Land Degradation. Paper for the GEF. ODG, University of East Anglia, Norwich, UK.

5 Oxford Economics. 2016. Future trends and market opportunities in the world's largest 750 cities: How the global urban landscape will look in 2030. Oxford.

6 Harvey, M. and Pilgrim, S. 2010. The new competition for land: food, energy and climate change. Food Policy **36** (Supplement 1): S40-S51.

7 IFPRI. 2009. Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.

8 Lambin, E.F. and Meyfriodt, P. 2011. Global land use change, economic globalisation and the looming land scarcity. Proceedings of the National Academy of Sciences, **108** (9), pp. 3465-3472.

9 Harvey, M. and Pilgrim, S. 2010. Op cit.

10 FAO. 2006. Policy Brief: Food security. FAO, Rome.

11 Celentano, D., Rousseau, G.X., Lex Engel, V., Zelarayán, M., Oliveira, E.C., et al. 2016. Degradation of riparian forest affects soil properties and ecosystem services provision in Eastern Amazon of Brazil. Land Degradation and Development **28** (2): 482-493.

12 Pulido, M., Schnabel, S., Lavado Contado, J.F., Lozano-Parra, J., and González, F. 2016. The impact of heavy grazing on soil quality and pasture production in rangelands of SW Spain. Land Degradation and Development. DOI: 10.1002/ldr.2501.

13 DeWitt, C.B. 2009. Unsustainable agriculture and land use: restoring stewardship for biospheric integrity. In: Robert S. White, FRS (ed.) Crisis in Creation. London: SPCK publishers, pp.137-156.

14 Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin III, F.S., et al. 2009. A safe operating space for humanity. Nature **464**: 472-475.

15 Ibarrola Rivas, M.J. and Nonhebel, S. 2016. Assessing changes in availability of land and water for food (1960-2050): An analysis linking food demand and available resources. Outlook on Agriculture **45** (2), 124-131.

16 FAO and World Water Council. 2015. Towards a water and food secure future: Critical perspectives for policy-makers. FAO and WWC, Rome and Marseille.

17 Ray, D.K., Mueller, N.D., West, P.C., and Foley, J.A. 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. PLoS ONE **8** (6): e66428. doi:10.1371/journal.pone.0066428.

18 United Nations. 2009. World Population Prospects. The 2008 Revision, United Nations, Department of Economic and Social Affairs Population Division, New York.

19 FAO. 2009. Op cit.

20 Herrero, M. and Thornton, P.K. 2013. Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems. Proceedings of the National Academy of Sciences **110** (52): 20878-20881.

21 FAO. 2013. Food Wastage Footprint: Impacts on natural resources – summary report. FAO, Rome, pp. 6-7.

22 FAO. 2013. Food Wastage Footprint: Impacts on natural resources – summary report. FAO, Rome, pp. 6-7.

23 Institute of Mechanical Engineers. 2013. Global Food: Waste not, want not. IME, London. p. 2; Lundqvist, J., C. de Fraiture and D. Molden (2008). Saving Water: From Field to Fork – Curbing Losses and Wastage in the Food Chain, SIWI Policy Brief, SIWI.

24 FAO. 2013. Op cit.

25 Kader, A.A. 2005. Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. Proceedings of the 5th International Postharvest Symposium, Mencarelli, F. (Eds.) and Tonutti P. Acta Horticulturae, 682, ISHS.

26 Institute of Mechanical Engineers. 2013. Op cit.

27 Liu, G. and Liu, S. 2013. Curb China's rising food wastage. Nature **489**: 170.

28 Dou, Z., Ferguson, J.D., Galligan, D.T., Kelly, A.M., Finn, S.M. et al. 2016. Assessing US food wastage and opportunities for reduction. Global Food Security **8**: 19-26.

29 Porter, S.D. and Reay, D.S. 2015. Addressing food supply chain and consumption inefficiencies: potential for climate change mitigation. Regional Environmental Change 16 (8): 2279-2290.

30 FAO, 2013. 'FAOSTAT' (http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/home/E) accessed November 11, 2016.

31 UNEP. 2009. Towards sustainable production and use of resources: Assessing biofuels, United Nations Environment Programme, Division of Technology Industry and Economics, Paris, France.

32 Alexander, P., Rounsevell, M.D.A., Dislich, C., Dodson, J.R., Engström, K., et al. 2015. Drivers for global agricultural land use change: The nexus of diet, population, yield and bioenergy. Global Environmental Change **35**: 138-147.

33 Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. 2007. Water footprint of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. Waters Resources Management **21**: 35-48.

34 Reynolds, L. and Nierenberg, D. 2012. Innovations in Sustainable Agriculture: Supporting climate-friendly food production. Worldwatch Report 188. Worldwatch Institute, Washington, DC.

35 Geist, H.J. and E F. Lambin. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. BioScience **52**: 143-150.

36 FAO. 2006. Livestock's Long Shadow: Environmental issues and options. Rome.

37 Garnett, T., Röös, E., and Little, D. 2015. Lean, green, mean, obscene…? What is efficiency? And is it sustainable? Food Climate Research Network, Oxford.

38 WWF. 2013. Soy and Biodiversity Loss: Expanding markets, declining ecosystems and what we can do about it. WWF International, Gland, Switzerland.

39 Herrero, M., Havlik, P., McIntire, J., Palazzo, A., and Valin, H. 2014. African Livestock Futures: Realizing the Potential of Livestock for Food Security, Poverty Reduction and the Environment in Sub-Saharan Africa. Office of the Special Representative of the UN Secretary General for Food Security and Nutrition and the United Nations System Influenza Coordination (UNSIC), Geneva, Switzerland.

40 Schneider, M. 2011. Feeding China's Pigs: Implications for the Environment, China's Smallholder Farmers and Food Security. Institute for Agriculture and Trade Policy.

41 Cassidy, E.S., West, P.C., Gerber, J.S., and Foley, J.A. 2013. Redefining agricultural yields: From tonnes to people nourished per hectare. Environmental Research Letters **8**: doi:10.1088/1748-9326/8/3/034015

42 Eshel, G., Shepon, A., Makov, T., and Milo, R. 2014. Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States. Proceedings of the National Academy of Sciences **111** (33): 11996-12001.

43 Stehfest E., Bouwman, L., van Vuuren, D.P., den Elzen, M.G.J., Eikhout, B., et al. 2009. Climate benefits of changing diet. Climate Change **95**: 83-102.

44 McAlpine, C.A., Etter, A., Fearnside, P.M., Seabrook, L., and Laurance, W.F. 2009. Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change: A call for policy action based on evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. Global Environmental Change **19: 21-33.**

45 Siriwardena, L., Finlayson, B.L., and McMahon, T.A. 2006. The impact of land use change on catchment hydrology in large catchments: The Comet River, Central Queensland, Australia. Journal of Hydrology, **326** (1): 199-214.

46 Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., et al. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

47 Pelletier, N. and Tyedmers, P. 2010. Forecasting potential global costs of livestock production 2010-2050. Proceedings of the National Academy of Sciences **107** (43): 18371-18374.

48 McMichael, A.J., Powles, J.W., Butler, C.D., and Uauy, R. 2007. Food, livestock production, energy, climate change, and health. The Lancet **370**: 1253-1263.

49 Monteiro, C.A., Moubarac, J.C., Cannon, G., Ng, S.W., and Popkin, B. 2013. Ultra-processed products are becoming dominant in the global food system. Obesity Reviews **14** (S2): 21-28.

50 Malik, V.S., Willett, W.C., and Hu, F.B. 2013. Global obesity: Trends, risk factors and policy implications. Nature Reviews Endocrinology **9**: 13-27.

51 Swinburn, B.A., Sacks, G., Hall, K.D., McPherson, K., Finegood, D.T., et al. 2011. The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments. Lancet **378**: 804-814.

52 Popkin, B.M. and Slining, M.M. 2013. New dynamics in global obesity facing low- and middle-income countries. Obesity Reviews **14** (S2): 11-20.

53 Lee, J.S.H., Koh, L.P., and Wilcove, D.S. 2016. Junking tropical forests for junk food? Frontiers in Ecology and the Environment **14** (7): 355-356.

54 Carlson, K.M., Curran, L.M., Asner, G.P., Pittman, A.M., Trigg, S.N., et al. 2013. Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan oil palm plantations. Nature Climate Change **3** (3): 283-287.

55 World Bank. 2016. The Cost of Fire: An Economic Analysis of Indonesia's 2015 Fire Crisis. Washington, DC.

56 Schrier-Uijl, A.P., Kroon, P.S., Hendriks, D.M.D., Hensen, A., Huissteden, J. van, et al. 2014. Agricultural peat lands: towards a greenhouse gas sink – a synthesis of a Dutch landscape study. Biogeosciences **11**: 4559-4576.

57 Hooke R.LeB., Martin-Duque, J.F., and de Pedraza, J. 2012. Land transformation by humans: A review. GSA Today **22: 4-10.**

58 Foley, J.A., DeFries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., et al. 2005. Global consequences of land use. Science **309**: 570-574.

59 FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.

60 Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Berber, J.S., et al., Solutions for a cultivated planet. Nature. **478**: 337-342 (2011).

61 Stewart, B., Koohafkan, P., and Ramamoorthy, K. 2006. Dryland agriculture defined and its importance to the world. In: Peterson, G., Unger, U.P., and Payne, P.W. (eds.) Dryland Agriculture, 2nd edition, pp. 1-24.

62 Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Grainger, A., et al. 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. Forest Ecology and Management **352**, 9-20.

63 Joint Research Centre of the European Commission. 2017. World Atlas of Desertification, 3rd edition. Ispra http://wad.jrc.ec.europa.eu/

64 Obersteiner, M., Kraxner, F., Mosnier, A., Bocqueho, G., Khabarov, N., and Havlik, P. 2014. Addressing the drivers of deforestation: Exploring synergies between REDD (plus) and forest policy. Proceedings, XXIV IUFRO World Congress, October 5-11, 2014, Salt Lake City, USA The International Forestry Review **16** (5): 545.

65 Herrero, M., et al. 2014. Op cit.

66 Barraclough, S.L. and Ghimire, K.B. 2000. Agricultural Expansion and Tropical Deforestation: Poverty, International Trade and Land Use. Earthscan, London.

67 Gibbs, H.K., Ruesch, A.S., Achard, F., Clayton, M.K., Holmgren, P., et al. 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. Proceedings of the National Academy of Sciences **107** (38): 16732-16737.

68 Wassenaar, T., Gerber, P., Verburg, P.H., Rosales, M. Ibrahim, M., et al. 2006. Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. Global Environmental Change **17** 86-104.

69 Taylor, R., Dudley, N., Stolton, S., and Shapiro, A. 2015. Deforestation fronts: 11 places where most forest loss is projected between 2010 and 2030. Paper presented at the XIV World Forestry Congress, Durban, South Africa, September 7-11, 2015.

70 Rudel, T., DeFries, R., Asner, G.P., and Laurance, W.F. 2009. Changing drivers of deforestation and new opportunities for conservation. Conservation Biology **23** (6): 1396-1405.

71 Kruglianskas, I. Undated. Soy production in South America: Key issues and challenges. ProForest, Oxford.

72 Pacheco, P. 2012. Soybean and oil palm expansion in South America: A review of main trends and implications. Working Paper 90. CIFOR, Bogor, Indonesia.

73 Danielsen, F., Beukema, H., Burgess, N.D., Parish, F., Bruhl, C.A., et al. 2009. Biofuel plantations on forested lands: Double jeopardy for biodiversity and climate. Conservation Biology **23** (2): 348-358.

74 DeFries, R.S., Rudel, T., Uriarte, M., and Hansen, M. 2010. Deforestation driven by urban population growth and agricultural trade in the twenty-first century. Nature Geoscience **3:** 178-181.

75 Hosonuma, N., Herold, M., De Sy, V., De Fries, R.S., Brockhaus, M., et al. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. Environmental Research Letters **7** (4): 044009. doi:10.1088/1748-9326/7/4/044009.

76 Killeen, T.J., Guerra, A., Calzada, M., Correa, L., Calderon, V., et al. 2008. Total historical land-use change in eastern Bolivia: Who, where, when, and how much? Ecology and Society **13**(1): 36. [online] URL: http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art36/

77 Wassenaar, T., et al. 2006. Op cit.

78 Chomitz, K. 2007. At Loggerheads: Agricultural expansion, poverty reduction and environment in tropical forests. The World Bank, Washington, DC.

79 Klink, C. and Machado, R.B. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. Conservation Biology **19** (3): 707-713.

80 Macedo, M.N., DeFries, R.S., Morton, D.C., Stickler, C.M., Galford, G.L., et al. 2012. Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **109** (4): 1341-1346.

81 Walker, R. 2011. The impact of Brazilian biofuel production on Amazonia. Annals of the Association of American Geographers **101**(4): 929-938.

82 Brown, J.C., Koeppe, M., Coles, B., and Price, K.P. 2005. Soybean production and conversion of tropical forest in the Brazilian Amazon: The case of Vilhena, Rondonia. Ambio **34** (6): 462-469.

83 Butler, R.A. and Laurance, W.F. 2009. Is oil palm the next emerging threat to the Amazon? Tropical Conservation Science **2**(1): 1-10.

84 Zac, M.R., Cabido, M., Cáceres, D., and Díaz, S. 2008. What drives accelerated land cover change in central Argentina? Synergistic consequences of climatic, socioeconomic and technological factors. Environmental Management **42**: 181-189.

85 Peres, C.A. and Schneider, M. 2011. Subsidized agricultural resettlements as drivers of tropical deforestation. Biological Conservation **151** (1): 65-68.

86 Arima, E.Y., Richards, P., Walker, R., and Caldas, M.M. 2011. Statistical confirmation of indirect land use change in the Brazilian Amazon. Environmental Research Letters **6**: 7pp.

87 Morton, D.C., DeFries, R.S., Shimabukuro, Y.E., Anderson, L.O., Arai, E., et al. 2006. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. Proceedings of the National Academy of Sciences **103**: 14637-14641.

88 Soares Domingues, M. and Bermann, C. 2012. The arc of deforestation in the Amazon: The livestock to soy. Ecology and Society **15** (2).

89 Lambin, E.F. and H.J. Geist. 2003. Regional differences in tropical deforestation. Environment **45** (6): 22-36.

90 Marien, J-N. 2009. Peri-urban forests and wood energy: What are the perspectives for Central Africa? In: de Wasseige, C., Devers, D., de Marcken, P., Eba'a, R., Nasi, R., et al. (eds.) The Forests of the Congo Basin—State of the Forest 2008. Publications Office of the European Union, Luxembourg.

91 Bond, I., Chambwera, M., Jones, B., Chundama, M., and Nhantumbo, I. 2010. REDD+ in dryland forests: Issues and prospects for pro-poor REDD in the Miombo woodlands of southern Africa. Natural Resource Issues No. 21. IIED, London.

92 Cabral, A.I.R., Vasconcelos, M.J., Oom, D., and Sardinha, R. 2010. Spatial dynamics and quantification of deforestation in the central-plateau woodlands of Angola (1990-2009). Applied Geography **31**: 1185-1193.

93 Geist, H., Otanez, M., and Kapito, J. 2008. The tobacco industry in Malawi: A globalized driver of local land change. In: Millington, A. (ed.) Land Change Science in the Tropics: Changing Agricultural Landscapes, Springer.

94 Von Maltitz, G. and Setzkorn, K. 2012. Potential impacts of biofuels on deforestation in Southern Africa. Journal of Sustainable Forestry **31**: 80-97.

95 Boucher, D., Elias, P., Lininger, K., May-Tobin, C., Roquemore, S., et al. 2011. What's Driving Tropical Deforestation Today? Union of Concerned Scientists, Washington, DC.

96 Schneider, M. 2011. Feeding China's pigs: Implications for the environment, China's smallholder farmers and food security. Institute for Agriculture and Trade Policy. Accessed October 11, 2013.

97 Hart Energy. 2013. Global biofuels outlook to 2025. globalbiofuelscenter.com/spotlight.aspx?ID=32#KeyFindings, accessed February 27, 2013.

98 http://www.platts.com/latest-news/agriculture/london/global-soybean-demand-to-exceed-production-in-26442275, accessed January 4, 2017.

99 USDA (United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service). 2013.

100 WWF. 2013. Op cit.

101 Pacheco, P. 2012. Soybean and Oil Palm Expansion in South America: A review of main trends and implications. Working Paper 90. CIFOR, Bogor, Indonesia.

102 Kruglianskas, I. Undated. Soy production in South America: Key issues and challenges. ProForest, Oxford.

103 Hobbs, J. 2012. Paraguay's destructive soy boom. New York Times July 2, 2012. http://www.nytimes.com/2012/07/03/opinion/paraguays-destructive-soy-boom.html?_r=0 accessed October 12, 2013.

104 Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Paper presented at the FAO Expert Meeting on "How to Feed the World in 2050." FAO, Rome.

105 Carlson, K.M., Curran, L.M., Ratnasari, D., Pittman, A.M., Soares-Filho, B.S., et al. 2012. Committed carbon emissions, deforestation, and community land conversion from oil palm plantation expansion in West Kalimantan, Indonesia. Proceedings of the National Academy of Sciences **109**: 7559-7564.

106 Environmental Protection Agency. 2012. Notice of data availability concerning renewable fuels produced from palm oil under the RFS Program, Federal Register **77**, 18, 4300-4318.

107 van Beukering, P.J.H., Cesar, H.S.J., and Janssen, M.A. 2003. Economic valuation of the Leuser National Park on Sumatra, Indonesia. Ecological Economics **44**, 43: 62.

108 Baumüller, H. 2008. Prospects and Drivers for Agricultural Change in the Mekong Region: The case of sugar, rice and rubber, WWF Greater Mekong Programme, Vientiane.

109 Yang, J., Huang, J., Qui, H., Rozelle, S., and Sombilla, M.A. 2009. Biofuels and the Greater Mekong subregion: Assessing the impact on prices, production and trade. Applied Energy **86**: 537-546.

110 Webb, E.L., Jachowski, N.R.A., Phelps, J., Friess, D.A., Than M.M., et al. 2014. Deforestation in the Ayeyarwady Delta and the conservation implications of an internationally-engaged Myanmar. Global Environmental Change 24: 321-333.

111 Woods, K. 2013. Timber trade flows and actors in Myanmar. Forest Trends, Washington, DC

112 Koh, L.P. and Wilcove, D.S. 2008. Oil palm: Disinformation enables deforestation, Trends in Ecology and Evolution **24**: 2: 67-68.

113 Herrero, M., Havlík, P., McIntire, J.M., Palazzo, A., and Valin, H. 2014. African Livestock Futures: Realizing the Potential of Livestock for Food Security, Poverty Reduction and the Environment in Sub-Saharan Africa. Office of the Special Representative of the UN Secretary General for Food Security and Nutrition and the United Nations System Influenza Coordination (UNSIC), Geneva, Switzerland.

114 FAO. 2008. Forests and Energy: Key issues. FAO Forestry Paper 154. FAO, Rome.

115 Smeets, E.M.W. and Faaji, A.P.C. 2007. Bioenergy potential from forestry in 2050: An assessment of the drivers that determine the potentials. Climatic Change **81**: 353-390.

116 Cassidy, E.S., et al. 2013. Op cit.

117 Sapp. M. 2016. Argentine biodiesel production to hot record 2.7 million tons in 2016. Biofuels Digest December 28, 2016. http://www.biofuelsdigest.com/bdigest/2016/12/28/argentine-biodiesel-production-to-hit-record-2-7-million-tons-in-2016/ accessed January 4, 2017.

118 Laborde, D. 2011. Assessing the Land Use Change Consequences of European Biofuel Policies. International Food Policy Institute for the ATLASS Consortium, Washington, DC.

119 Johnston, M., Licker, R., Foley, J., Holloway, T., Mueller, N.D., et al. 2011. Closing the gap: Global potential for increasing biofuel production through agricultural intensification. Environmental Research Letters **6** (3): 034028.

120 Woods, J., Lynd, L.R., Laser, M., Batistella, M., Victoria, D. de C., et al. 2015. Land and bioenergy. In Souza, G.M., Victoria, R.L., Joly, C.A., and Verdade, L.M. (eds.), Bioenergy and Sustainability: Bridging the gaps. Paris: Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). pp. 259-300.

121 Nyantakyi-Frimpong, H. 2013. Biofuels, land grabbing and food security in Africa. African Geographical Review **32** (2): 190-192.

122 von Maltitz, G. and Setzkorn, K. 2012. Potential impacts of biofuels on deforestation in Southern Africa. Journal of Sustainable Forestry **31** (1-2): 80-97.

123 Lahl, U. 2011. An Analysis of iLUC and Biofuels: Regional quantification of climate-relevant land use change and options for combating it. BZL Kommunikation und Projektsteuerung GmbH, Oyten, Germany.

124 Webb, A. and Coates, D. 2012. Biofuels and Biodiversity. Technical Series No. 65. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

125 Fingerman, K.R., Berndes, G., Orr, S., Richter, B.D., and Vugteveen, P. 2011. Impact assessment at the bioenergy-water nexus. Biofuels, Bioproducts and Biorefining **5**: 375-386.

126 Altieri, M. The ecological impacts of large-scale agrofuel monoculture production systems in the Americas. Bulletin of Science, Technology and Society **29** (3): 236-244.

127 Global Forest Coalition. 2010. Wood-Based Energy: The green lie. Asuncion, Paraguay.

128 Dauvergne, P. and Neville, K.J. 2010. Forests, food, and fuel in the tropics: The uneven social and ecological consequences of the emerging political economy of biofuels, Journal of Peasant Studies **37** (4): 631-660.

129 Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., and Hawthorne, P. 2008. Land clearing and the biofuel carbon debt, Science **319**: 1235-1238.

130 Danielsen, F., et al. 2009. Op cit.

131 Melillo, J.M., Gurgel, A.C., Kicklighter, D.W., Reilly, J.M., Cronin, T.W., et al. 2009. Unintended environmental consequences of a global biofuels program. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Report number 168. MIT, Cambridge, MA, USA.

132 Gibbs, H.K., et al. 2008. Op cit.

133 Keam, S. and McCormick, N. 2008. Implementing Sustainable Bioenergy Production: A compilation of tools and approaches. IUCN, Gland, Switzerland.

134 Harvey, M. and Pilgrim, S. 2011. The new competition for land: Food, energy, and climate change. Food Policy **36**: S40-S51.

135 Cotula, L., Vermeulen, S., Mathieu, P., and Toulmin, C. 2011. Agricultural investment and international land deals: Evidence from a multi-country study in Africa. Food Security **3** (1): 99-113.

136 Galaty, J.G. 2013. The collapsing platform for pastoralism: Land sales and land loss in Kajiado County, Kenya. Nomadic Peoples **17** (2): 20-39.

137 Peters, P.E. 2013. Conflicts over land and threats to customary tenure in Africa. African Affairs **112** (449): 543-562.

138 Rulli, M.C., Saviori, A., and D'Odorico, P. 2013. Global land and water grabbing. Proceedings of the National Academy of Sciences **110** (3): 892-897.

139 Rudel, T. 2015. Land-use change: Deforestation by land grabbers. Nature Geoscience **8**: 752-753.

140 Li, T.M. 2011. Centering labor in the land grab debate. Journal of Peasant Studies **38** (2): 281-298.

141 Cotula, L., Oya, C., Codjoe, E.A., Eid, A., Kakraba-Ampeh, M., et al. 2014. Testing claims about large land deals in Africa: Findings from a multi-country study. The Journal of Development Studies **50** (7): 905-925.

142 Foggin, J.M. 2008. Depopulating the Tibetan grasslands. Mountain Research and Development **28** (1): 26-31.

143 Xi, J. 2016. Land degradation and population relocation in Northern China. Social Science & Medicine **157**: 79-86.

144 MacDonald, G.K., Brauman, K.A., Sun, S., Carlson, K.M., Cassidy, E.S., et al. 2015. Rethinking agricultural trade relationships in an era of globalization. BioScience **65** (3): 275-289.

145 Würtenberger, L., Koellner, T., and Binder, C.R. 2006. Virtual land use and agricultural trade: Estimating environmental and socio-economic impacts. Ecological Economics **57**: 679-697.

146 Qiang, W., Liu, A., Cheng, S., Kastner, T., and Xie, G. 2013. Agricultural trade and virtual land use: The case of China's crop trade. Land Use Policy **33**: 141-150.

147 De Schutter, L. and Lutter, S. 2016. The True cost of Consumption. Friends of the Earth Europe, Brussels, Belgium.

148 Kang, M.S. and Banga, S.S. 2013. Global agriculture and climate change, Journal of Crop Improvement **27** (6): 667-692.

149 Gregory, P.J., Ingram, J.S.I., and Brklacich, M. Climate change and food security. Philosophical Transactions of the Royal Society B **360**: 2139-2148.

150 Garrett, K.A., Dendy, S.P., Frank, E.F., Rouse, M.N., and Travers, S.E. 2006. Climate change effects on plant disease: Genomes to ecosystems. Annual Review of Environment and Resources **44**: 489-509.

151 Grace, D., Bett, B., Lindahl, J., and Robinson, T. 2015. Climate and livestock disease: Assessing the vulnerability of agricultural systems to livestock pests under climate change scenarios. CCAFS Working Paper no. 116. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security, Copenhagen, Denmark.

152 Jaramillo, J., Muchugu, E., Vega, F.E., Davis, A., Borgmeister, C., et al. 2011. Some like it hot: The influence and implications of climate change on coffee berry borer (Hypothenemus hampei) and coffee production in East Africa. PLoS One **6** (9): e24528. doi:10.1371/journal.pone.0024528.

153 Wheeler, T. and von Braun, J. 2013. Climate change impacts on global food security. Science **341**: 508-513**.**

154 Dawson, T.P., Perryman, A.N., and Osborne, T. 2014. Modelling impacts of climate change on global food security. Climatic Change. **134** (3): 429-440.

155 IPCC, 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

156 Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., et al. 2009. Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.

157 Schmidhuber, J. and Tubiello, F.N. 2007. Global food security under climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences **104** (50): 19703-19708.

158 Vermeulen, S.J., Campbell, B.M., and Ingram, J.S.I. 2012. Climate change and food systems. Annual Review of Environment and Resources **37**: 195-222.

159 Smith P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., et al. 2014: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

160 Tubiello, F.N., Salvatore, M., Cóndor Golec, R.D., Ferrara, A., Rossi, S., et al. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use Emissions by Sources and Removals by Sinks: 1990-2011 Analysis. FAO, Rome.

161 Tubiello, F.N., Salvatore, M., Ferrara, A.F., House, J., Federici, S., et al. 2015. The contribution of agriculture, forestry and other land use activities to global warming, 1990-2012. Global Change Biology **21** (7): 2655-2660.

162 West, P.C., Gibbs, H.K., Monfreda, C., Wagner, J., Barford, C.C., et al. 2010. Trading carbon for food: Global comparison of carbon stocks vs. crop yield on agricultural lands. Proceedings of the National Academy of Sciences **107** (46): 19645-19648.

163 Bailey, R., Froggatt, A., and Wellesley, L. 2014. Livestock: Climate change's forgotten sector. Global public opinion on meat and dairy consumption. Chatham House, the Royal Institute of International Affairs, London.

164 Bernoux, M. and Paustian, K. 2014. Climate change mitigation. In: Banwart, S.A., Noellemeyer, E. and Milne, E. (eds.), Soil Carbon: Science, Management and Policy for Multiple Benefits (pp. 119-131). CABI. Oxfordshire.

165 Davis, K. F., Gephart, J. A., Emery, K. A., Leach, A. M., Galloway, J. N., et al. 2016. Meeting future food demand with current agricultural resources. Global Environmental Change **39**: 125-132.

166 Brown, L.R. 1972. Seeds of Change: The Green Revolution and Development in the 1970s. Praeger Publishing, Santa Barbara, California.

167 Evenson, R.E. and Gollin, D. 2003. Assessing the impact of the green revolution, 1960 to 2000. Science **300** (5620): 758-762.

168 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor

169 Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., et al. 2011. Op cit.

170 Carson, R. 1962. Silent Spring. Houghton Mifflin, Boston.

171 George, S. 1976. How the Other Half Dies: The real reasons for world hunger. Penguin, Harmondsworth, Middlesex, UK.

172 https://secure.fera.defra.gov.uk/pusstats/surveys/documents/arable2014v2.pdf

173 UNEP. 2014. Op cit.

174 Ju X-T, Xing G-X, Chen X-P, Zhang S-L, Zhang L-J, Liu, X-J., Cui, Z-L., Yin, B., Christie, P., Zhu, Z-L., and Zhang, F-S.. 2009. Reducing environmental risk by improving N management in intensive Chinese agricultural systems. Proceedings of the National Academy of Sciences **106**: 3041-3046. doi: 10.1073/pnas.0813417106 PMID: 19223587.

175 UNEP. 2014. Op cit.

176 Reay, D.S., Davidson, E.A., Smith, K.A.S., Smith, P., Melillo, J.M., et al. 2012. Global agriculture and nitrous oxide emissions. Nature Climate Change **2**: 410-416.

177 Townsend, A.R., Howarth, R.W., Bazzaz, F.A., Booth, M.S., Cleveland, C.C., et al. 2003. Human health effects of a changing global nitrogen cycle. Frontiers in Ecology **1** (5):240-246.

178 Martinez, A., Sanchez-Valverde, F., Gil, F., Clerigué, N., Aznal, E., et al. 2013. Methemoglobinemia induced by vegetable intake in infants in northern Spain. Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition **56** (5): 573-577.

179 Lorna Fewtrell, L. 2004. Drinking-water nitrate, methemoglobinemia, and global burden of disease: A discussion. Environmental Health Perspectives **112** (14): 1371-1374.

180 Conway, G.R. and Pretty, J.N. 1988. Fertilizer risks in the developing countries. Nature **334**: 207-208.

181 FAO. 2015. World Fertilizer Trends and Outlooks to 2018. FAO, Rome.

182 UNEP. 2014. UNEP Year Book 2014: Emerging issues in our global environment. United Nations Environment Programme, Nairobi, pp. 6-11.

183 FAO. 2015. Op cit.

184 Deloitte Access Economics. 2013. Economic contribution of the Great Barrier Reef. Great Barrier Reef Marine Park Authority, Townsville.

185 Thorburn, P.J., Wilkinson, S.N., and Silburn, D.M. 2013. Water quality in agricultural lands draining to the Great Barrier Reef: A review of causes, management and priorities. Agriculture, Ecosystems and Environment **180**: 4-20.

186 Brodie, J.E., Kroon, F.J., Schaffelke, B., Wolanski, E.C., Lewis, S.E., et al. 2012. Terrestrial pollutant runoff from the Great Barrier Reef: An update of issues, priorities and management responses. Marine Pollution Bulletin **65** (4-9): 81-100.

187 Joo, M., Raymond, M.A., McNeil, V.H., Huggins, R., Turner, R.D., et al. 2012. Estimates of sediment and nutrient loads in 10 major catchments draining to the Great Barrier Reef during 2006-2009. Marine Pollution Bulletin **65** (4): 150-166.

188 Porter, P.A., Mitchell, R.B., and Moore, K.J. 2015. Reducing hypoxia in the Gulf of Mexico: Reimagining a more resilient agricultural landscape in the Mississippi River watershed. Water, Air and Soil Pollution **70** (3): 63A-68A.

189 Halpern, B.S., Ebert, C.M., Kappel, C.V., Madin, E.M.P., Michel, F., et al. 2009. Global priority areas for incorporating land-sea connections in marine conservation. Conservation Letters **2**: 189-196.

190 Costantini, D. 2015. Land-use changes and agriculture in the tropics: Pesticides as an overlooked threat to wildlife. Biodiversity Conservation DOI 10.1007/s10531-015-0878-8.

191 Goulson, D., Nicholls, E., Botias, C., and Rotheray, E.L. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides and lack of flowers. Science, **347** (6229), DOI: 10.1126/science.1255957.

192 Chagnon, M., Kreutzweiser, D., Mitchell, E.A.D., Morrissey, C.A., Noome, D.A., et al. 2015. Risks of large-scale use of systemic insecticides to ecosystem functioning and services. Environmental Science and Pollution Research **22** (1): 119-134.

193 European Academies Science Advisory Council. 2015. Ecosystem services, agriculture and neonicotinoids. EASAC Policy report 26.

194 Mason, R., Tennekes, H., Sánchez-Bayo, F., and Jepsen, P.U. 2013. Immune suppression by neonicotinoid insecticides at the root of global wildlife declines. Journal of Environmental Immunology and Toxicology **1** (1): 3-12.

195 Luzardo, O.P., Ruiz-Suárez, N., Valerón, P.F., Camacho, M., Zumbado, M., et al. 2014. Methodology for the identification of 117 pesticides commonly involved in the poisoning of wildlife using GC-MS-MS and LC-MS-MS. Journal of Analytical Toxicology **38** (3): 155-163.

196 Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W.W., and Emmerson, M. 2010. Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European Farmland. Basic and Applied Ecology **11**: 97-105.

197 Chiron, F., Chargé, R., Julliard, R., Jiguet, F., and Muratet, A. 2014. Pesticide doses, landscape structure and their relative effects on farmland birds. Agriculture, Ecosystems and the Environment, **185**, 153-160.

198 Martín-López, B., García-Llorente, M., Palomo, I., and Montes, C. 2011. The conservation against development paradigm in protected areas: Valuation of ecosystem services in the Doñana social-ecological system (southwestern Spain). Ecological Economics **70**: 1481-1491.

199 Donald, P.F., Sanderson, F.J., Burfield, I.J., and van Bommel, F.P.J. 2006. Further evidence of continent-wide impacts of agricultural intensification on European farmland birds, 1999-2000. Agriculture, Ecosystems and the Environment **116** (3-4): 189-196.

200 Hernández, A.F., Parrón, T., Tsatsakis, A.M., Requena, M., Alarcón, R., et al. 2013. Toxic effects of pesticides mixtures at a molecular level: Their relevance to human health. Toxicology **307**: 136-145.

201 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. Annals of Botany-London **114** (8): 1571-1596.

202 Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J., and Vaissière, B.E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. Ecological Economics **68**: 810-821.

203 Partap, U. and Ya, T. 2012. The human pollinators of fruit crops in Maoxian County, Sichuan, China: A case study of the failure of pollination services and farmers' adaptation strategies. Mountain Research and Development **32** (2): 176-186.

204 Benbrooke, C.M. 2016. Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. Environmental Sciences in Europe **28 (3): DOI:** 10.1186/s12302-016-0070-0.

205 Tanentzap, A.J., Lamb, A., Walker, S., and Farmer, A. 2015. Resolving conflicts between agriculture and the natural environment. PLoS Biology **13** (9): e1002242.

206 http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/code/hhp/en/

207 Human Rights Council. 2017. Report of the Special Rapporteur on the Right to Food. A/HRC/34/48 http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/1701059.pdf

208 UNEP 2012. Synthesis Report for Decision-Makers – Global Chemical Outlook: Towards Sound Management of Chemicals. Nairobi.

209 Pitman, M.G. and Läuchli, A. 2002. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Läuchli, A. and Lüttge, U. (eds.) Salinity: Environment – Plants – Molecules. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, pp. 3-20.

210 Butcher, K., Wick, A.F., DeSutter, T., Chatterjee, A., and Harmon, J. 2016. Soil salinity: A threat to global food security. Agronomy Journal **108**: 2189-2200.

211 Rengasamy, P. 2006. World salinization with emphasis on Australia. Journal of Experimental Botany **57** (5): 1017-1023.

212 Merz, S.K., Rowley,T., and Powell, J. 2006. Evaluation of salinity outcomes of regional investment. Report to the Department of the Environment and Heritage and Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, April 2006. Available from: http://nrmonline.nrm.gov.au/downloads/mql:452/PDF.

213 Haefele, S.M., Nelson, A., and Hijmans, R.J. 2014. Soil quality and constraints in global rice production. Geoderma **235**: 250-259.

214 Clay, D.E., Clay, S.A., Reitsma, K.D., Dunn, B.H., Smart, A.J., et al. 2014. Does the conversion of grassland to row crop production in semi-arid areas threaten global food supplies? Global Food Security **3**: 22-30.

215 Green, R., Timms, W., Rengasamy, P., Arshad, M., and Cresswell, R. 2016. Soil and aquifer salinization: toward an integrated approach for salinity management of groundwater. In: Jakeman, A.J., Barreteau, O., Hunt, R.J., Rinaudo, J.D., and Ross, A. (eds.) Integrated Groundwater Management: Concepts, Approaches and Challenges. Springer, Switzerland.

216 FAO. 1998. Crop Genetic Resource. In: Special: Biodiversity for Food and Agriculture, FAO, Rome.

217 Fowler, C. and Mooney, P. 1990. The Threatened Gene – Food, Politics, and the Loss of Genetic Diversity, The Lutworth Press, Cambridge, UK.

218 Hammer, K., Gladis, T., and Diederichsen, A. 2002. In situ and on-farm management of plant genetic resources. European Journal of Agronomy **19**: 509-517.

219 Meilleur, B.A. and Hodgkin, T. 2004. In situ conservation of crop wild relatives: Status and trends. Biodiversity and Conservation **13**: 663-684.

220 Castañeda-Álvarez, N.P., Khoury, C.K., Achicanoy, H.A., Bernau, V., Dempewolf, H., et al. 2016. Global conservation priorities for crop wild relatives. Nature Plants **2**: 16022.

221 Oerke, E.C. 2005. Crop losses to pests. Journal of Agricultural Science **144**:31-43.

222 Popp, J., Petö, K., and Nagy, J. 2013. Pesticide productivity and food security. A review. Agronomy and Sustainable Development **33**: 243-255.

223 IOM (Institute of Medicine). 2011. Fungal Diseases: An Emerging Threat to Human, Animal, and Plant Health. The National Academies Press, Washington, DC.

224 Fisher, M.C., Henk, D.A., Briggs, C.J., Brownstein, J.S., Madoff, L.C., et al. 2012. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health. Nature **484** (7393): doi:10.1038/nature10947.

225 Pimentel, D., Zuniga, R., and Morrison, D. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. Ecological Economics **52** (3): 273-288.

226 Paini, D.R., Sheppard, A.W., Cook, D.C., de Barro, P.J., Worner, S.P., et al. 2016. Global threat to agriculture from invasive species. Proceedings of the National Academy of Sciences **113** (27): 7575-7579.

227 DeLucia, E.H., Nabity, P.D., Zavala, J.A., and Berenbaum, M.R. 2012. Climate Change: Resetting Plant-Insect Interactions. Plant Physiology **160**: 1677-1685.

228 UNCCD. 1994. Final text of the Convention, Article 1 (f). http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-eng.pdf

229 Favretto, N., Dallimer, M., Johnson, I., Kubiszweski, I., Etter, H., et al 2016. ELD: The economics of land policy, planning and practice. Global Land Outlook (GLO) Working Paper Series, UNCCD, Bonn, Germany.

230 Schägner, J.P., Brander, L., Maes, J., Hartje, V. 2013. Mapping ecosystem services' values: Current practice and future prospects. Ecosystem Services **4**: 33-46.

231 Basson, G. 2009. Sedimentation and Sustainable use of reservoirs and river systems. International Commission on Large Dams (ICOLD) Bull. Available at http://www.icold-cigb.org/userfiles/files/CIRCULAR/CL1793Annex.pdf

232 Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S., Kubiszewski, I., Farber, S., and Turner, R.K. 2014. Changes in the global value of ecosystem services. Global Environmental Change **26**: 152-158.

233 ELD Initiative. 2015. The value of land: Prosperous lands and positive rewards through sustainable land management. Bonn: GIZ.

234 Nkonya, E., Anderson, W., Kato, E., Koo, J., Mirzabaev, A., et al. 2015. The global costs of land degradation. In: Nkonya, E., Mirzabaev, A., and von Braun, J. (eds.) The Economics of Land Degradation and Improvement: Springer.

235 Costanza, R., Kubiszewski, I., Cork, S., Atkins, P.W.N., and Bean, A., et al. 2015. Scenarios for Australia in 2050: A synthesis and proposed survey. Journal of Future Studies **19** (3): 49-76.

236 Hunt, D.V.L., Lombardi, D.R., Atkinson, S., Barber, A.R.G., Barnes, M., et al. 2012. Scenario archetypes: Converging rather than diverging themes. Sustainability **4** (4): 740-772.

237 ELD Initiative. 2015. Op cit.

238 Kirui, O. and Mirzabaev, A., 2015. Economics of land degradation and improvement in Tanzania and Malawi. In: Nkonya, E., Mirzabaev, A., and von Braun, J. (eds.) The Economics of Land Degradation and Improvement. Springer.

239 Blaikie, P. 1985. The Political Economy of Soil Erosion in Developing Countries. Longman, London.

240 Kiage, L.M. 2013. Perspectives on the assumed causes of land degradation in the rangelands of Sub-Saharan Africa. Progress in Physical Geography **37** (5): 664-684.

241 Goldman, M.J. and Riosmena, F. 2013. Adaptive capacity in Tanzanian Maasailand: Changing strategies to cope with drought in fragmented landscapes. Global Environmental Change **23** (3): 588-597.

242 Place, F. 2009. Land tenure and agricultural productivity in Africa: A comparative analysis of the economics literature and recent policy strategies and reforms. World Development **37** (8): 1326-1336.

243 López-i-Gelats, F., Contreras Paco, J.L., Huicas Huayra, R., Siguas Robles, O.D., Quispe Peña, E.C., et al. 2015. Adaptation strategies of Andean pastoralist households to both climate and non-climate changes. Human Ecology **43** (2): 267-282.

244 Gao, W. Angerer, J.P., Fernandez-Giminez, M.E., and Reid, R.S. 2015. Is overgrazing a pervasive problem across Mongolia? An examination of livestock forage demand and forage availability from 2000 to 2014. In: Proceedings of the Trans-disciplinary Research Conference: Building Resilience of Mongolian Rangelands, June 9-10, 2015. Ulaan Baatar.

245 Vu, Q.M. Le, Q.B., Frossard, E., and Viek, P.L.G. 2014. Socio-economic and biophysical determinants of land degradation in Vietnam: An integrated causal analysis at the national level. Land Use Policy **36**: 605-617.

246 Barbier, E.B. and Hochard, J.P. 2016. Does land degradation increase poverty in developing countries? PLoS One **11** (5): 0152973.

247 Barbier, E. B., and Hochard, J. P. 2016. Op. cit.

248 Cunliffe, B. 2016. By Steppe, Desert and Ocean: The birth of Eurasia. Oxford University Press, Oxford.

249 Mollison, B. 1993. The Permaculture Book of Ferment and Human Nutrition. Tagari Publications, Tyalgum, NSW, Australia.

250 Paxton, A. 1994. The Food Miles Report: The dangers of long-distance food transport. SAFE Alliance, London, UK.

251 Weber, C.L. and Matthews, H.S. 2008. Food miles and the relative climate impacts of food choices in the United States. Environmental Science and Technology **42**: 3508-3513.

252 DEFRA. 2008. Comparative Life Cycle Analysis of food commodities procured for UK consumption through a diversity of supply chains.

253 Pretty, J., Ball, A.S., Lang, T., and Morison, J.I.L. 2005. Farm costs and food miles: An assessment of the full cost of the UK weekly food basket. Food Policy **30** (1): 1-19.

254 OECD/FAO. 2016. OECD-FAO Agricultural Outlook 2016-2025, OECD Publishing, Paris.

255 FAO, IFAD and WFP. 2015. The State of Food Insecurity in the World 2015. Strengthening the enabling environment for food security and nutrition. FAO, Rome.

256 World Health Organization. Micronutrient deficiencies. http://www.who.int/nutrition/topics/micronutrients

257 World Health Organization Comparative Quantification of Health Risks: Childhood and Maternal Undernutrition http://www.who.int/publications/cra/en/

258 World Bank. 2015. The Little Data Book 2015. World Bank Group, Washington, DC. Doi.10.1596/978-1-4648-0550-9

259 Bhutta, Z.A. and Salam, R.A. 2012. Global nutrition epidemiology and trends. Annals of Nutrition and Metabolism **61** (supplement 1): 19-27.

260 World Bank. 2013. The State of the World's Poor: Where are the Poor and where are they the Poorest? World Bank, Washington, DC.

261 Van Grebmer, K., Bernstein, J., Prasai, N., Yin, S., Yohannes, Y., et al. 2015. 2015 Global Hunger Index: Armed Conflict and the Challenge of Hunger. International Food Policy Research Institute, Concern Worldwide, Welthungerhilfe and World Peace Foundation, Washington, DC, Bonn and Dublin.

262 James, W.P.T. 2008. WHO recognition of the global obesity epidemic. International Journal of Obesity **32**: S120-S126.

263 World Health Organization. http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/en/ accessed November 3, 2016.

264 Sauer, C.O. 1952. Agricultural Origins and Dispersals. The American Geographical Society, New York.

265 Madeley, J. 2002. Food for All: The need for a new agriculture. Zed Books, London and New York.

266 https://www.food.gov.uk/science/novel/gm/gm-labelling accessed February 21, 2017.

267 Hakim, D. 2016. Doubts about the promised bounty of genetically modified crops. New York Times October 29, 2016. http://www.nytimes.com/2016/10/30/business/gmo-promise-falls-short.html

268 National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects. The National Academies Press, Washington, DC.

269 La Rovere, R., Abdoulaye, T., Kostandini, G., Guo, Z., Mwangi, W., et al. 2014. Economic, production, and poverty impacts of investing in maize tolerant to drought in Africa: An ex-ante assessment. Journal of Developing Areas **48** (1): 199-225.

270 Gilbert, N. 2016. Cross-bred crops get fit faster. Nature **513**: 292.

271 Fraser, C.E., Smith, K.B., Judd, F., Humphreys, J.S., and Fragar, L.J. 2005. Farming and mental health problems and mental illness. International Journal of Social Psychiatry **51** (4).

272 New Foresight and Commonland with contributions from The Boston Consulting Group. 2017. New Horizons for the Transitioning of our Food System: Connecting Ecosystems, Value Chains and Consumers Discussion paper.

273 WRI. 2014. Creating a Sustainable Food Future. World Resources Institute, Washington, DC.

274 Foley, J.A., et al. 2011. Op cit.

275 Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D K., Ramankutty, N., et al. 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. Nature, **490** (7419): 254-257.

276 Strassburg, B.B.N., Latawiec, A.E., Barioni, L.G., Nobre, C.A., Da Silva, V.P., et al. 2014. When enough should be enough: Improving the use of current agricultural lands could meet production demands and spare natural habitats in Brazil. Global Environmental Change **28**: 84-97.

277 Skevas, T. and Lansink, A.O. 2014. Reducing pesticide use and pesticide impact by productivity growth: The case of Dutch arable farming. Journal of Agricultural Economics **65** (1): 191-211.

278 Banerjee, I., Tripathi, S.K., Roy, A.S., and Sengupta, P. 2014. Pesticide use pattern among farmers in a rural district of West Bengal, India. Journal of Natural Science, Biology and Medicine **5** (2): 313-316.

279 Wilson, C. and Tisdell, C. 2001. Why farmers continue to use pesticides despite environmental, health and sustainability costs. Ecological Economics **39**: 449-462.

280 Ruiz-Suárez, N., Boada, L.D., Henríquez-Hernández, L.A., González-Moreo, F., Suárez-Pérez, A., et al. 2015. Continued implication of the banned pesticides carbofuran and aldicarb in the poisoning of domestic and wild animals of the Canary Islands (Spain). Science of the Total Environment **505**: 1093-1099.

281 Al Heidary, M., Douzals, J.P., Sinfort, C., and Vallet, A. 2014. Influence of spray characteristics on potential spray drift of field crop sprayers: A literature review. Crop Protection **63**: 1-11.

282 Zhao, H., Xie, C., Liu, F., He, X., Zhang, J., et al. 2014. Effects of sprayers and nozzles on spray drift and terminal residues of imidacloprid on wheat. Crop Protection **60**: 78-82.

283 Matthews, G. 2014. A retrospective: the impact of research on cotton pest control in Central Africa and development of ultra-low volume spraying for small scale farmers between 1958-72. Outlooks on Pest Management **25** (1): 25-28.

284 Centner, T.J. 2014. Damages from pesticides spray drift under trespass law. Ecology Law Currents **41** (1): 1-17.

285 de Heer, M., Roozen, F., and Maas, R. 2017. The integrated approach to nitrogen in the Netherlands: A preliminary review from a societal, scientific, juridical and practical perspective. Journal for Nature Conservation **35**: 101-111.

286 Mosier, A.R., Syers, J.K., and Freney, J.R. (eds.) 2004. Agriculture and the Nitrogen Cycle. Scope 65. Island Press, Covelo, Washington and London.

287 WRI. 2014. Op cit.

288 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2015. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. Insects **6**: 152-182.

289 Bommarco, R., Kleijn, D., and Potts, S.G. 2013. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. Trends in Ecology & Evolution **28** (4): 230-238.

290 Mulumba, J.W., Nankya, R., Adokorach, J., Kiwuka, C., Fadda, C., et al. 2012. A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystems in Uganda. Agriculture, Ecosystems and the Environment **157**: 70-86.

291 Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. Proceedings of the Royal Society B **363**: 447-465.

292 Waddington, H., Snilstveit, B., Hombrados, J., Vojtkova, M., Phillips, D., et al. 2014. Farmer Field Schools for improving farmer outcomes: A systematic review. Campbell Systematic Reviews 2016:6.

293 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Op. cit.

294 Brooks, A., Candolfi, M., Kimmel, S., Poulsen, V., Cresswell, J., et al. 2015. The challenge: Pollinator risk assessment – past, present and future. Environmental Toxicology and Chemistry **34**: 1454-1456.

295 Calculated from EPA 2014. Benefits of neonicotinoid seed treatments to soybean production. United States Environmental Protection Agency.

296 Zuckerberg, K.S. 2016. Why Precision Ag Matters: Precision AgVision Conference.

297 Fontana, G., Capri, E., Marchis, M., Rossi, V., De Vivo, R., et al. 2011. IPM seen from the perspective of Sustainable Use Directive Objectives. OPERA Research Center. Università Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza, Italy.

298 West, P.C., Gerber, J.S., Engstrom, P.M., Mueller, N.D., Brauman, K.A., et al. 2014. Leverage points for improving global food security and the environment. Science **345** (6194): 325-328.

299 Howden, S.M., Soussana, J.F., Tubiello, F.N., Chhetri, N., Dunlop, M., et al. 2007. Adapting agriculture to climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences **104** (50) 19691-19696.

300 WRI. 2014. Op. Cit.

301 Dobermann, A. 2012. Getting back to the field. Nature 485: 176.

302 Willer, H. and Lernoud, J. (eds.) 2016. The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2016. Research Institute of Organic Agriculture, Frick, and IFOAM-Organics International, Bonn.

303 Willer, H. and Lernoud, J. (eds.) 2015. The World of Organic Agriculture: Statistics and emerging trends 2015. FiBL-IFOAM Report. Research Institute of Organic Agriculture (FiBL) and IFOAM Organics International, Bonn.

304 Reaganold, J.P. and Wachter, J.M. 2016. Organic agriculture in the twenty-first century. Nature Plants **2.** DOI: 10.1038/nplants.2015.221.

305 Stolton, S., Geier, B., and McNeely, J.A. (eds.) 2000. The relationship between nature conservation, biodiversity and organic agriculture. IFOAM, IUCN, and WWF, Tholey-Theley, Germany.

306 Gomiero, T., Pimental, D., and Paoletti, M.G. 2011. Environmental impact of different agricultural management practices: Conventional vs. organic agriculture. Critical Review in Plant Sciences **30**: 95-124.

307 Leifeld, J 2012. How sustainable is organic farming? Agriculture, Ecosystems and Analysis 150: 121-122.

308 Regangold, J.P. 2012. The fruits of organic farming. Nature 485: 176.

309 Seufert, V., Ramankutty, N., and Foley, J.A. 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. Nature **485**: 229-234.

310 Jarvis, D.I., Hodgkin, T., Brown, A.H.D., Tuxill, J., Lopez Noriega, I., et al. 2016. Crop Genetic Diversity in the Field and on the Farm: Principles and Applications in Research Practices. Yale University Press, New Haven, NY.

311 Foley, J.A., et al. 2011. Op cit.

312 Monteiro de Carvalho, C., Silveira, S., Lèbre la Rovere, E., and Iwama, A.Y. 2015. Deforested and degraded land available for the expansion of palm oil for biodiesel in the state of Pará in the Brazilian Amazon. Renewable and Sustainable Energy Reviews **44**: 867-876.

313 Fairhurst, T. and McLaughlin, D. 2009. Sustainable Oil Palm Development on Degraded Land in Kalimantan. World Wildlife Fund, Washington, USA.

314 Bajželj, B., Richards, K.S., Allwood, J.M., Smith, P., Dennis, J.S., Curmi, E., and Gilligan, C.A. 2014. Importance of food-demand management for climate mitigation. Nature Climate Change **4**: 924-929.

315 von Witzke, H., Noleppa, S., and Zhirkova, I. 2011. Meat Eats Land. WWF Germany, Berlin.

316 Shepon, A., Eshel, G. Noor, E., and Milo, R. 2016. Energy and protein feed-to-food conversion efficiencies in the US and potential food security gains from dietary changes. Environmental Research Letters **11**.

317 Seidell, J.C. and Halberstadt, J. 2015. The global burden of obesity and the challenge of prevention. Annals of Nutrition and Metabolism **66** (Supplement 2): 7-12.

318 Nestle, M. 2013. Food Politics: How the food industry influences nutrition and human health. University of California Press, Berkeley and Los Angeles.

319 Puhl, R., Peterson, J.L., and Luedicke, J. 2013. Fighting obesity or obese persons? Public perceptions of obesity-related health messages. Journal of Obesity **37**: 774-782. doi:10.1038/ijo.2012.156.

320 Ladabaum, U., Mannalithara, A., Myer, P.A., and Singh, G. 2014. Obesity, abdominal obesity, physical activity, and caloric intake in US adults: 1988 to 2010: American Journal of Medicine **127** (8): 717.

321 Encarnação, R., Lloyd-Williams, F., Bromley, H., and Capewell, S. 2016. Obesity prevention strategies: Could food or soda taxes improve health? Journal of the Royal College of Physicians, Edinburgh **46**: 32-38.

322 Martin, E. and Cattan, N. 2013. Mexico tackles obesity epidemic with tax on junk food. Bloomberg. https://www.bloomberg.com/news/articles/2013-10-29/mexico-tackles-obesity-epidemic-with-tax-on-junk-food accessed January 10, 2017.

323 Cassidy, E.S., et al. 2013. Op. cit.

335 Swinton, S.M., Lupi, F., Robertson, G.P., and Hamilton, S.K. 2007. Ecosystem services and agriculture. Cultivating agricultural systems for diverse benefits. Ecological Economics **64** (2): 245-252.

336 Padgham, J. 2009. Agricultural Development under a Changing Climate: Opportunities and challenges for adaptation. Agriculture and Rural Development and Environment Departments Joint Departmental Discussion Paper Issue 1. The World Bank, Washington, DC.

337 Garratt, M.P.D., Coston, D.J., Lappage, M.G., Polce, C., Dean, R., et al. 2014. The identity of crop pollinators helps target conservation for improved ecosystem services. Biological Conservation **169**: 128-135.

338 Pagiola, S., Bishop, J., and Landell-Mills, N. (eds.) 2002. Selling Forest Environmental Services: Market-based mechanisms for conservation and development. Earthscan, London.

339 Troya, R. and Curtis, R. 1998. Water: Together we can care for it! The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.

340 Wunder, S. 2005. Payment for environmental services: Some nuts and bolts. CIFOR Occasional Paper number 42. CIFOR, Bogor, Indonesia.

341 Power, A. 2010. Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. Philosophical Transactions of the Royal Society B **365**: 2959-2971.

342 Lipinski, B., Hanson, C., Lomax, J., Waite, R., and Searchinger, T. 2013. Reducing food loss and waste. Working paper, Instalment 2 of Creating a Sustainable Food Future. World Resources Institute, Washington, DC.

343 Stuart, T. 2009. Waste uncovering the global food scandal. Penguin, London, ISBN: 978-0-141-03634-2

344 Choudhury, M. L. 2006. Recent developments in reducing postharvest losses in the Asia-Pacific region. In: Rolle, R.S. Postharvest management of fruit and vegetables in the Asia-Pacific region, 15-22.

345 International Food Policy Research Institute. 2016. 2016 Global Food Policy Report. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.

346 Pretty, J.N., Morison, J.I.L., and Hine, R.E. 2003. Reducing food poverty by increasing agricultural sustainability in developing countries. Agriculture, Ecosystems and Environment **95**: 217-234.

347 Schipanski, M.E., MacDonald, G.K., Rosenzweig, S., Chappell, M.J., and Bennett, E.M., et al. 2016. Realizing Resilient Food Systems. BioScience **66** (7): 600-610.

348 Byamugisha, F.F.K. (ed.). 2014. Agricultural Land Redistribution and Land Administration in Sub-Saharan Africa: Case Studies of Recent Reforms. The World Bank, Washington, DC.

349 Binswanger-Mkhize, H.P., Bourguignon, C., and van den Brink, R. (eds.) 2009. Agricultural Land Redistribution: Toward Greater Consensus. The World Bank, Washington, DC.

350 Bryan, B.A., Crossman, N.D., King, D., and Meyer, W.S. 2011. Landscape futures analysis: Assessing the impacts of environmental targets under alternative spatial policy options and future scenarios. Environmental Modelling and Software **26** (1): 83-91.

351 Bryan, B.A., Crossman, N.D., Nolan, M., Li, J. Navarro, J., et al. 2015. Land use efficiency: Anticipating future demand for land-sector greenhouse gas emissions abatement and managing trade-offs with agriculture, water, and biodiversity. Global Change Biology **21** (11): 4098-4114.

352 Scharmer, O. 2009. Theory U: Leading from the Future as It Emerges. Berrett-Koehler Inc., San Francisco.

353 Ferwerda, W.H. 2016. 4 returns, 3 zones, 20 years: A Holistic Framework for Ecological Restoration by People and Business for Next Generations. 2nd edition. Rotterdam School of Management – Erasmus University and IUCN Commission on Ecosystem Management, Gland, Switzerland.

Partie 2

CHAPITRE 8

RESSOURCES EN EAU

L'augmentation de la demande en eau crée des pénuries, épuise les sources d'eau souterraine et entraîne une forte teneur en sel dans les sols. Parallèlement, les zones humides disparaissent rapidement en raison du drainage, de la conversion et de la perturbation des flux naturels. Ces tendances ont de sérieux effets sur la santé et l'environnement : réduction des services écosystémiques et de la biodiversité, ce qui entraîne des émissions de carbone élevées, l'affaissement du sol, la perte de terres productives et une insécurité hydrique. Le modèle économique actuel pour l'agriculture, l'énergie et l'industrie, y compris la tarification et le commerce de l'eau, crée des incitations perverses favorisant le gaspillage d'eau. L'urbanisation rapide et non planifiée et le changement climatique aggravent les choses.

Une approche intégrée de la gestion des terres et des ressources en eau est essentielle : cela implique de réduire la demande et d'accroître l'efficacité de l'utilisation, la protection et la restauration des zones humides et des bassins hydrographiques dans nos paysages fonctionnels, des incitations à un usage durable et à la conception de villes plus durables. Nous possédons le savoir technique-pour gérer durablement l'approvisionnement en eau à l'échelle mondiale, mais nous avons besoin d'une action coordonnée et de la volonté politique d'encourager le partage équitable de l'eau et d'améliorer les pratiques de gestion à des échelles progressivement plus importantes.

INTRODUCTION

Tout au long de l'histoire, le succès et l'échec des communautés humaines ont été étroitement liés à l'efficacité de la gestion de l'eau. Les premières grandes civilisations se sont développées sur les rives des grands fleuves comme le Nil en Égypte,[1] le Tigre et l'Euphrate en Mésopotamie, l'Indus en Inde et au Pakistan, et le Hwang Ho en Chine, s'appuyant sur l'abondance saisonnière pour approvisionner des systèmes d'irrigation et créer des excédents agricoles. Les systèmes d'irrigation ont également aidé les agriculteurs à se déplacer dans des zones arides ou à survivre aux aléas climatiques.[2] La chute finale de ces civilisations a été déclenchée en partie par l'échec de leurs systèmes hydriques,[3] plombés par une mauvaise gestion menant à des problèmes d'assèchement, d'engorgement et de salinisation.[4]

Aujourd'hui, le monde est confronté à des problèmes croissants liés aux interactions entre la terre et l'eau et à la sécurité hydrique, qui ont atteint des niveaux de crise dans de nombreux pays et régions. Les problèmes clés comprennent la surexploitation et le gaspillage ; les variations dans la disponibilité des ressources, avec la fréquence en hausse des sécheresses et des inondations ; la mauvaise qualité de l'eau avec des impacts sur l'environnement et la santé humaine ; et les retombées de la dégradation des sols. Le monde devient de plus en plus urbain, la moitié de la population vivant déjà dans les villes et susceptible d'atteindre 66 % d'ici 2050,[5] mettant les systèmes urbains d'approvisionnement en eau et d'assainissement sous une pression encore plus grande. Alors que les pénuries d'eau et les inondations extrêmes sont dans bien des cas induites par l'homme, les impacts du changement climatique ajoutent un nouveau facteur puissant qui aggrave une situation déjà précaire.

Les biens et services hydriques provenant des zones humides contribuent de manière significative à l'économie mondiale. Une analyse récente de plus de 300 évaluations des services écosystémiques a estimé que les eaux intérieures apportaient une contribution moyenne de 25 682 dollars par hectare et par an, contre 4 267 dollars par hectare et par an pour les lacs et les rivières,[6] souvent considérés comme des « biens gratuits » dans l'analyse économique conventionnelle. Les terres humides intérieures et côtières continuent d'être dégradées ou perdues à un rythme alarmant ;[7] elles sont essentiels au cycle mondial de l'eau et à la régulation de la disponibilité et de la qualité de l'eau locale. La valeur totale des services des zones humides est estimée à 70 milliards de dollars par an pour l'Asie.[8] Bien que certains pays reconnaissent la nature des risques et des avantages et investissent stratégiquement dans leurs systèmes de gestion de l'eau, d'autres n'ont guère abordé le stress hydrique par une politique ou une innovation adéquate.

Malgré des changements démographiques et environnementaux massifs, les problèmes liés à l'eau s'expliquent davantage par la mise en pratique d'approches de gestion, de modèles commerciaux, de politiques et de pratiques obsolètes plutôt que par l'atteinte de limites physiques. La base technique pour une gestion durable de l'eau est bien comprise, ce qui suggère que les solutions doivent viser principalement à modifier les comportements et à encourager une approche systémique multifonctionnelle pour la gestion de l'eau.[9] Obtenir le droit de gérer l'eau est absolument essentiel pour le bien-être futur des personnes et de l'environnement.

© Photo ONU / Albert Gonzalez Farran

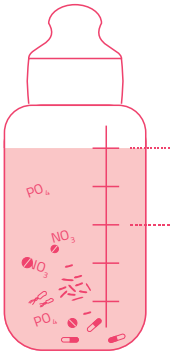
1. PÉNURIE EN EAU

entraîne des impacts temporaires ou à long terme sur l'approvisionnement

de la population mondiale vivra dans des pays en situation de stress hydrique d'ici 2025

2. Eau de mauvaise qualité

pour la consommation humaine et pour l'environnement en général

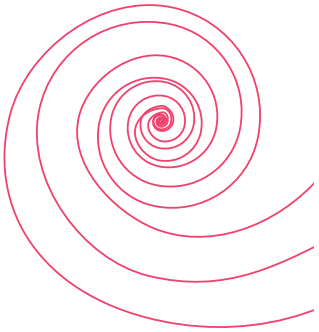


>500,000
enfants de moins de 5 ans sont morts de diarrhée en 2013

Contamination de l'eau
déchets humains et animaux, engrais et pesticides, produits pharmaceutiques et métaux lourds

3. Nombre croissant d'évènements climatiques extrêmes

y compris les inondations et les sécheresses



Les sécheresses sont souvent associées à des migrations et à des conflits

SEPT ASPECTS DE L'INSÉCURITÉ DE L'EAU

Malgré des années d'efforts pendant la décennie internationale d'action sur le thème « l'eau, source de vie » (2005-2015), le rapport mondial sur les risques 2016 *du Forum économique mondial* a placé les crises hydriques potentielles parmi les dix principaux risques auxquels le monde est confronté, et les a même considérées comme le 3ème risque mondial le plus important en termes d'impact potentiel.[10] Pourtant, l'eau est souvent souvent mise à l'écart dans les discussions sur le rôle de la terre et des ressources naturelles dans le développement économique.

L'objectif 6 de développement durable « *Accès à l'eau salubre et à l'assainissement : garantir l'accès de tous à l'eau et à l'assainissement et assurer une gestion durable des ressources en eau* » va, espérons-le, attirer l'attention sur ces questions.[13] Un cycle de vie sain pour les ressources en eau est peut-être le composant le plus crucial des politiques et pratiques de gestion durable et équitable des terres.

La sécurité des ressources d'eau est définie comme la capacité d'une population à garantir un accès durable à des quantités suffisantes d'eau de qualité acceptable pour maintenir les moyens de subsistance, le bien-être humain et le développement socio-économique, pour assurer la protection contre la pollution de l'eau et les catastrophes liées à l'eau et pour préserver les écosystèmes dans un climat de paix et de stabilité politique.[14]

Le Congrès mondial de l'eau a noté en 2015 : « *Malgré sa pertinence en termes de sécurité, la question de l'accès à l'eau n'est souvent pas considérée comme un déterminant clé du développement, et est donc absente de nombreux programmes politiques.* »[11] Le *Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau en 2012* a reconnu que *« les dangers liés à l'eau représentent 90 % de tous les risques naturels, et leur fréquence et leur intensité augmentent de façon générale »*. En outre, le rapport de 2015 a mis l'accent sur les liens entre l'eau et la pauvreté, l'environnement et la gouvernance ; une mauvaise gestion de l'eau ayant un impact négatif sur ces trois questions.[12]

Nous abordons ici sept aspects distincts de l'insécurité de l'approvisionnement en eau :

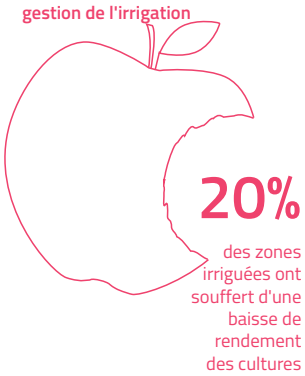
1. **Pénuries d'eau** menant à des répercussions temporaires ou à long terme sur l'offre
2. **Faible qualité de l'eau** pour la consommation humaine et dans un environnement plus large
3. **Augmentation du nombre d'événements climatiques extrêmes,** comme les inondations et les sécheresses
4. **Perturbation des flux naturels** dans un nombre croissant de rivières et de plans d'eau intérieurs
5. **Dégradation du sol** en raison d'une hydrologie altérée et d'une mauvaise gestion de l'irrigation
6. **Impacts du changement climatique** dus aux émissions de gaz à effet de serre provenant des systèmes hydriques et des zones humides
7. **Perte de biodiversité** et des services écosystémiques liés à l'eau

4. Perturbation des flux naturels

nombre croissant de rivières et d'eaux intérieures

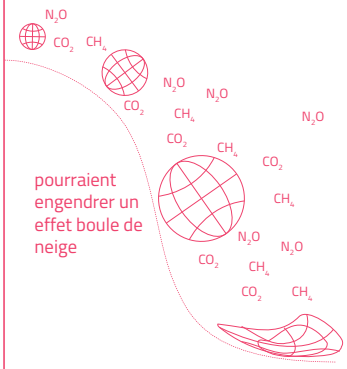
5. Dégradation des terres

le résultat d'une hydrologie altérée et d'une mauvaise gestion de l'irrigation



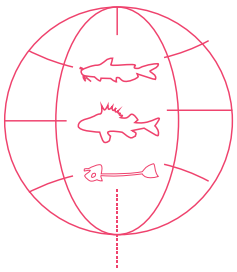
6. Les répercussions du changement climatique

dus au rejet de gaz à effet de serre par les systèmes hydrauliques et les terres humides



7. Perte de la biodiversité

et des service écosystémiques liés à l'eau



1. Pénurie d'eau

Plus de 1,7 milliard de personnes vivent déjà dans des bassins hydrographiques où l'utilisation de l'eau est supérieure au taux de reconstitution naturelle ; si cette tendance se poursuit, les deux tiers de la population mondiale vivront dans des pays en stress hydrique d'ici 2025.[15] D'autres estimations sont encore plus pessimistes avec plus de 4 milliards de personnes (plus de la moitié de la population de la planète) déjà confrontées à un stress hydrique important pendant au moins un mois de l'année, et un demi-milliard souffrant d'un stress hydrique permanent ;[16] 71 % des zones irriguées mondiales et 47 % des grandes villes connaissent au moins des pénuries d'eau périodiques.[17]

Les pénuries sont générées non seulement par une population croissante, mais aussi par l'augmentation disproportionnée des niveaux d'utilisation et de gaspillage, ainsi que par la perte de la capacité de rétention d'eau et d'approvisionnement des zones humides. Au fur et à mesure que les humains se déconnectent chaque jour un peu plus des ressources en eau, ils deviennent de plus en plus négligents dans leur consommation. Dans le même temps, le manque de tarification dans de nombreux systèmes de production industriels, énergétiques et agricoles peut laisser effectivement penser que l'eau est un service gratuit ou très bon marché, ce qui encourage davantage le gaspillage. Au cours du siècle dernier, la population mondiale a triplé tandis que la consommation d'eau a été multipliée par six,[18] augmentation expliquée en grande partie par l'utilisation agricole.[19] Diverses estimations indiquent que la demande en eau va bientôt dépasser les approvisionnements fiables en eau à l'échelle mondiale.[20,21,22] Notre compréhension de la gravité et de la localisation du stress hydrique s'améliore ; des modèles de plus en plus sophistiqués peuvent identifier les endroits menacés au niveau de systèmes fluviaux, de bassins versants et de zones critiques de pénurie.[23,24,25]

Toute pénurie d'eau dépend à la fois de la disponibilité des ressources d'eau et de leur utilisation : certaines régions très sèches n'apparaissent pas comme des points vulnérables en raison de la faible densité de la population ou des pratiques de gestion efficaces, alors que des régions fortement peuplées ou industrialisées peuvent souffrir de pénurie d'eau même si on y enregistre plus de précipitations. Certains des assèchements les plus spectaculaires du monde, comme la perte notoire de la mer d'Aral située entre le Kazakhstan et l'Ouzbékistan,[27] et l'assèchement du lac Tchad entre le Tchad, le Niger et le Nigeria,[28] sont presque entièrement dus au détournement des débits d'eau en amont. Les points vulnérables actuels frappés par des pénuries incluent une grande partie de l'Inde et de la Chine, de grandes régions du centre et de l'ouest des États-Unis, l'Afrique australe, la région méditerranéenne, l'Asie centrale et la rive occidentale de l'Amérique du Sud. Certaines zones qui doivent encore faire face à des pénuries, telles que de grandes parties de l'Afrique, devraient à l'avenir affronter des problèmes majeurs dus à la croissance démographique et à l'urbanisation.[29] La vulnérabilité de certaines zones menacées par des pénuries ou des inondations peut s'expliquer par la perte saisonnière de la capacité de rétention d'eau dans un bassin versant en raison de la dégradation des zones humides, en particulier les zones humides ou les tourbières de haute montagne en Asie du Sud-Est et en Russie, ce qui entraîne une pénurie d'eau extrême durant les années sèches et un potentiel accru de risques d'incendies.[30]

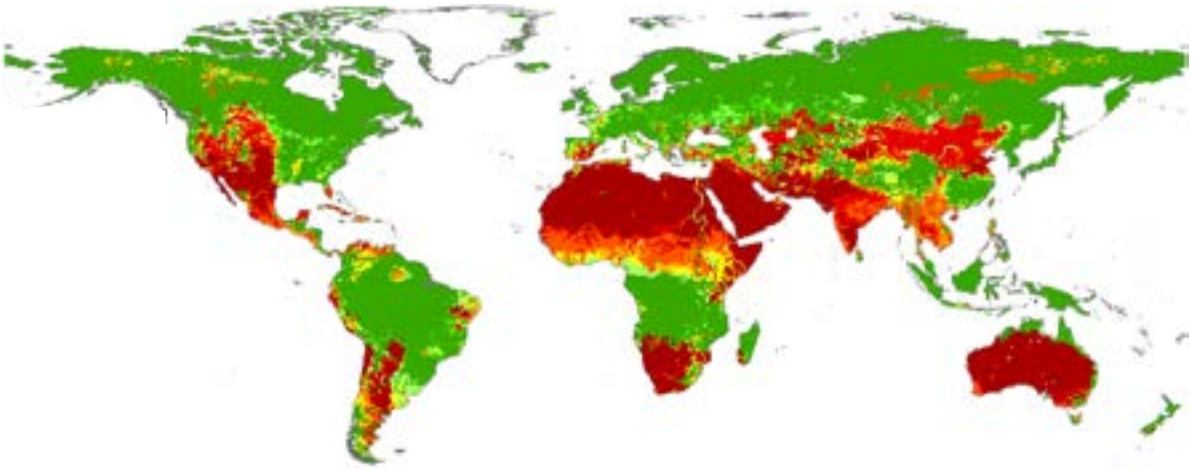
L'insécurité hydrique peut contribuer à l'instabilité sociale et à l'insécurité politique, provoquant des tensions au

Figure 8.1 : Points chauds de la pénurie d'eau : Utilisé avec permission[26]

Légende

Moyenne annuelle de la pénurie mensuelle d'eau bleue

- 0 - 0,2
- 0,2 - 0,5
- 0,5 - 1
- 1,0 - 1,5
- 1.5 - 2
- 2.0 - 3.0
- 3.0 - 5.0
- > 5.0
- Pas de données



sein[31] et entre les pays. Plusieurs bassins fluviaux sont particulièrement en danger, dont le Gange-Brahmapoutre, le Han, l'Incomati, le Kunene, le Kura-Araks, le lac Tchad, la Plata, le Lempa, le Limpopo, le Mekong, l'Ob (Ertis), l'Okavango, l'Orange, le Salween, le Sénégal, le Tumen et le Zambèze.[32] Alors que certains pensent que les tensions pourraient finalement aboutir à des conflits ouverts (les « guerres de l'eau »),[33,34] d'autres se demandent dans quelle mesure ces tensions pourraient devenir des conflits entre États.[35] Le débat est en cours, certains pointant la variabilité des précipitations comme un facteur plus important dans l'accroissement des conflits, voire l'abondance de l'eau en tant que cause, tandis que d'autres se penchent plutôt sur le rôle des barrages dans l'interruption des flux d'eau entre les pays. Les nations sont bien conscientes des tensions ; plus de 680 traités liés aux ressources d'eau ont été signés depuis 1820, essayant d'aborder les différends relatifs aux ressources en eau douce avec des approches consensuelles, et le nombre de ces traités augmente.[36] La plupart des analystes conviennent que les risques de tensions évoluant en conflits sont plus importants à l'échelle locale qu'à l'échelle mondiale.[37] En fait, la réalité des conflits localisés, souvent violents, dus en partie à la dégradation de l'environnement, est déjà bien reconnue.[38]

Un des résultats du stress hydrique, dans les pays à court de sources d'eau superficielles, est l'utilisation accrue des sources d'eaux souterraines. Certaines d'entre elles sont exploitées plus rapidement qu'elles ne sont reconstituées ; bien que cela s'explique en partie par la baisse du réapprovisionnement du système d'eaux souterraines due aux variations climatiques, l'exploration pour trouver des sources d'eau non renouvelables n'est pas considérée comme une option durable. Alors que certaines nappes d'eau souterraines restent très importantes avec des réserves prévues pour durer de nombreuses décennies, la sécurité hydrique est menacée par l'épuisement rapide d'autres sources,[39] en particulier dans les zones arides,[40] dont la plaine du nord de la Chine, certaines régions de l'Australie, le système aquifère du Sahara du Nord-Ouest, l'aquifère du Guarani en Amérique du Sud, les aquifères des hautes plaines et de la vallée centrale des États-Unis et les aquifères au nord-ouest de l'Inde et du Moyen-Orient.[41] À l'échelle mondiale, 1,7 milliard de personnes vivent dans des zones où les ressources en eaux souterraines et/ou les écosystèmes tributaires des eaux souterraines sont menacés.[42] Les eaux souterraines représentent jusqu'à un tiers de la consommation mondiale d'eau, approvisionnant 2 milliards de personnes et fournissant plus de 40 % de l'eau d'irrigation.[43] Les pays ayant les plus grands zones d'irrigation par des eaux souterraines sont l'Inde (39 millions d'ha), la Chine (19 millions d'ha) et les États-Unis (17 millions d'ha).[44] La connaissance de l'étendue des réserves reste très limitée dans certaines régions,[45] et le manque de réglementation a souvent conduit à une utilisation débridée.

L'agriculture est de loin la cause la plus déterminante des pénuries d'eau dans le monde ; l'irrigation représente 70 % des prélèvements d'eau dans le monde, et plus encore dans certains endroits confrontés à un stress hydrique majeur.[46] La plupart des nouvelles terres mises en production au cours des cinquante dernières années sont irriguées,[47] et certaines estimations suggèrent que la demande en eau dans l'agriculture pourrait doubler d'ici 2050 en raison de la demande croissante de nourriture.[48] L'agriculture intensive ou la monoculture utilise généralement plus d'eau ; d'autres utilisations sont réparties entre la demande des secteurs industriel et énergétique (20 %) et les municipalités (10 %). Les facteurs qui contribuent typiquement à un usage excessif de l'eau dans l'agriculture sont les systèmes d'irrigation qui fuient, une mauvaise utilisation des champs et des cultures ayant des besoins élevés en eau. Parmi les cultures qui entraînent une consommation plus élevée d'eau, on trouve le coton (7000 à 29000 litres par kg) ; le riz (3000 à 5000 litres par kg) ; la canne à sucre (1500 à 3000 litres par kg), le soja (2000 litres par kg) et le blé (900 litres par kg).[49] En raison des quantités cultivées, le riz représente 21 % de l'eau totale utilisée par les cultures et le blé 12 %.[50]

Encadré 8.1 : Eau bleue, verte et grise

Le terme « eau bleue » désigne l'eau des rivières, des lacs et des nappes souterraines couramment utilisée pour l'irrigation des cultures par la construction d'infrastructures, telles que les barrages, les canaux d'irrigation et les puits. « L'eau verte » est l'eau qui tombe sous forme de pluie, pénètre dans la zone racinaire du sol et retourne dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'évaporation ou de transpiration par les plantes. Après l'irrigation avec de l'eau bleue, la portion consommée par une culture revient dans l'atmosphère en tant que partie verte du cycle hydrologique. L'eau verte est gratuite, car elle ne nécessite la construction d'aucune infrastructure significative pour sa distribution, mais sa disponibilité varie en cours d'année et d'une année sur l'autre. L'eau bleue, par sa nature, a plus de capacité de stockage et elle est donc moins sujette aux fluctuations à court terme, en particulier dans le cas des lacs et des eaux souterraines, mais la surexploitation de l'eau bleue risque d'épuiser la ressource à long terme. Avec un traitement approprié, « l'eau grise » ou les eaux usées domestiques peuvent être recyclées et réutilisées. Ces utilisations comprennent l'eau pour les usages ménagers et l'irrigation des cultures vivrières et non alimentaires, qui peuvent profiter des nutriments présents dans l'eau grise, tels que le phosphore et l'azote.

La production de bétail est encore moins économe en eau, surtout si les animaux sont nourris au grain et élevés dans des espaces confinés. C'est l'élevage des bœufs qui utilise le plus d'eau ; des mesures effectuées aux États-Unis ont révélé que le bœuf nécessite 11 fois la quantité moyenne d'eau utilisée dans d'autres formes de production animale.[51] Une empreinte hydrique importante est également créée en drainant les zones humides pour l'agriculture, y compris l'exploitation intensive des tourbières pour le pâturage du bétail (par exemple, aux Pays-Bas et sur le plateau tibétain) ainsi que pour l'huile de palme et la pâte de bois. En plus de la perte d'eau, le drainage entraîne souvent une dégradation des sols et, finalement, la perte de la couche de tourbe (par oxydation), ce qui affecte la productivité biologique.[52]

Évaluer l'ampleur de l'utilisation de l'eau est d'autant plus compliqué que l'utilisation de l'eau dans un pays peut subvenir aux modes de vie dans un autre lorsque des produits agricoles sont exportés. Le concept d' *empreinte hydrique* identifie l'ampleur réelle de l'utilisation de l'eau par pays par rapport à la consommation de sa population. L'empreinte hydrique interne d'un pays est le volume d'eau domestique utilisé, tandis que l'empreinte hydrique externe est le volume d'eau utilisé dans d'autres pays pour produire des biens et services importés et consommés par ce pays. La somme donne l'empreinte hydrique nationale totale. Quatre facteurs principaux influencent l'empreinte hydrique nationale : le volume de consommation (lié au revenu national brut) ; les modes de consommation (p. ex. consommation faible ou élevée de viande) ; le climat (les conditions de croissance des plantes) ; et les pratiques agricoles (utilisation efficace de l'eau).[53] Les gaspillages en agriculture sont probablement le facteur individuel le plus important qui affecte la sécurité de l'eau et ils doivent donc être considérées comme une priorité élevée pour la réforme des politiques et des pratiques.

2. Mauvaise qualité de l'eau

La question de la qualité de l'eau est tout aussi problématique, à la fois en termes d'accès à l'eau potable et d'impacts plus larges de la pollution sur l'environnement. Près de 3 milliards de personnes sont confrontées à des problèmes d'accès à l'eau potable. L'Objectif du Millénaire pour le développement de l'ONU de *réduire de moitié, d'ici à 2015, la proportion de personnes sans accès durable à l'eau potable*[54] a été atteint dès 2010, mesurée par l'accès à l'eau potable.[55] Il a été soutenu par une campagne vigoureuse de l'ONU et par la formation de l'Accord de partenariat mondial des exploitants d'eau, visant à créer des plateformes régionales de coopération et de partenariats pour fournir de l'eau potable aux plus démunis.[56] Bien que l'objectif ait été atteint dans l'ensemble, montrant que des améliorations majeures sont possibles à l'échelle mondiale, ce n'était pas le cas dans près de la moitié des pays à revenu faible ou moyen pour lesquels des données sont disponibles. Même lorsque l'eau canalisée a été mise en place, il n'existe pas de données claires quant à la quantité assainie.[57] Le manque d'accès à l'eau potable reste un danger majeur pour la santé ; en 2014, on a estimé que 1,8 milliard de personnes utilisent encore des sources d'approvisionnement insalubres et 1,1 milliard de plus prélèvent à des sources présentant un risque au moins modéré.[58,59] En Afrique, plus de 300 millions de personnes n'ont pas accès à l'eau potable,[60] dont 17 % de citadins au sud du Sahara.[61]

L'eau potable insalubre porte un lourd tribut en termes de maladie et de décès. La diarrhée est causée principalement par l'eau potable et les préparations pour nourrissons contaminées par des déchets humains ou animaux. Cela peut être attribué à un certain nombre de facteurs sous-jacents : puits peu profonds et contaminés ; nature illégale ou ad hoc de nouveaux habitats, ce qui entrave l'investissement du gouvernement ; pouvoirs publics submergés par la croissance des populations urbaines ; transfert inadéquat de fonds de gouvernements centraux aux gouvernements locaux ; et financement limité à cause de la dette.[62] Plus d'un demi-million d'enfants de moins de cinq ans sont morts de diarrhée en 2013, chiffre en baisse de plus de 4 % par an depuis 2000,[63] mais encore un taux de mortalité massif et largement évitable.

© Sudipto Das

Les précipitations deviennent de plus en plus erratiques à cause des changements climatiques, entraînant des risques accrus d'inondations et de sécheresses qui affectent souvent les mêmes endroits à différents moments.

L'eau n'est pas seulement contaminée par les déchets humains et animaux, mais aussi de plus en plus par les engrais et pesticides à base de nitrate et de phosphate, les produits pharmaceutiques, les métaux lourds et d'autres polluants industriels. Depuis les années 1960, l'utilisation d'engrais azotés synthétiques a été multipliée par neuf, d'autres augmentations de l'ordre de 40 à 50 % étant attendues au cours du prochain demi-siècle, tandis que l'utilisation du phosphate a triplé.[64] L'augmentation de l'usage d'engrais, de la production animale et de la consommation de combustibles fossiles entraîne des niveaux plus élevés d'azote réactif dans l'environnement, ce qui fait grimper les niveaux de nitrate au-dessus des seuils de sécurité pour la santé humaine et écosystémique,[65] y compris dans l'eau potable[66] et par l'eutrophisation des eaux douces et côtières.[67] La lixiviation totale mondiale et le ruissellement de l'azote sont estimés à 32,6 millions de tonnes par an, issus en grande majorité des mauvaises pratiques agricoles.[68] L'excès de phosphate exacerbe les impacts de la pollution par les nitrates.[69] D'autres formes de ruissellements agricoles, dont les pesticides, les herbicides et les fongicides qui pénètrent dans les écosystèmes marins et d'eau douce, ont des effets néfastes sur la biodiversité,[70] y compris à des concentrations que la législation actuelle de nombreux pays considère parfois comme sûres.[71] Ainsi, bien qu'il y ait eu des améliorations positives dans la qualité de l'eau potable en termes de contamination brute, il reste encore un long chemin à parcourir et, à l'inverse, d'autres aspects de la qualité, tels que la contamination par des produits chimiques agricoles, semblent s'aggraver.

3. Augmentation du nombre d'événements climatiques extrêmes

Les précipitations deviennent de plus en plus erratiques à cause des changements climatiques, entraînant des risques accrus d'inondations et de sécheresses qui affectent souvent les mêmes endroits à différents moments.[72] Il existe déjà des précipitations accrues dans les latitudes supérieures de l'hémisphère nord, une baisse des précipitations dans certaines parties de la Chine, de l'Australie et des îles du Pacifique et une plus grande variabilité dans les régions équatoriales,[73] affectant la fréquence et la gravité des inondations et des sécheresses.[74] En 2000, 30 % des terres urbaines mondiales étaient situées dans des zones d'inondation à haut risque et elles atteindront vraisemblablement 40 % d'ici 2030.[75] L'intensité et la fréquence des précipitations extrêmes augmentent également l'ampleur et la fréquence des glissements de terrain.[76] Les inondations, comme les effets de la pénurie et de la mauvaise qualité de l'eau, ont une incidence disproportionnée sur les plus pauvres et les plus vulnérables dans de nombreuses sociétés.[77]

Des rafales erratiques de fortes précipitations provoquent des risques accrus pour les communautés vivant près des rivières et des zones humides. Depuis 1900, 90 % des catastrophes causées par des risques naturels ont été liées à l'eau.[78] Les inondations ont représenté 47 % des catastrophes liées à la météo de 1995 à 2005, avec plus de 3000 catastrophes affectant 2,3 milliards de personnes et en tuant 157.000 ; les impacts ont été encore plus élevés en

© Oxfam Afrique de l'Est

Asie.[79] Les catastrophes liées à l'eau sont les catastrophes soi-disant naturelles les plus fréquentes.[80] Les inondations engendrent également des coûts économiques élevés : par exemple, l'inondation du Danube en Europe en 2006 a coûté plus de 630 millions de dollars de dommages aux infrastructures et aux cultures.[81]

Lorsqu'elle est mal gérée, la sécheresse devient une catastrophe humanitaire, menaçant la sécurité à tous les niveaux.

Le manque de précipitations est également un problème grave. Plus de 50 millions de personnes dans le monde ont été touchées par la sécheresse en 2015.[82] La fréquence et l'intensité des sécheresses sont susceptibles d'augmenter en raison du changement climatique, tout comme leurs impacts car nous continuons à utiliser plus d'eau. La sécheresse peut causer d'énormes dommages subis par l'environnement, l'économie et la stabilité sociale. De 1950 à 2000, il y a eu 296 sécheresses à grande échelle (c.-à-d. sur plus de 500.000 km^2 et pendant plus de 3 mois) de par le monde[83] et la fréquence, l'intensité, la durée et l'étendue des sécheresses augmentent régulièrement,[84] en particulier dans les régions tropicales et subtropicales. Par exemple, en Somalie, les sécheresses ont été les causes principales de 258.000 décès entre 2011 et 2013.[85] Entre 1900 et 2013, des pertes économiques mondiales totalisant 135 milliards de dollars ont été enregistrées à cause de catastrophes dues aux sécheresses.[86] Lorsqu'elle est mal gérée, la sécheresse devient une catastrophe humanitaire, menaçant la sécurité à tous les niveaux. Les sécheresses sont souvent associées aux migrations et aux conflits, en particulier dans les zones où des tensions politiques, des institutions fragiles, des problèmes économiques et des rivalités de groupes sont déjà présentes.

Les changements climatiques pourraient créer un effet d'escalade à l'avenir.[87] L'année 2015 a été la plus sèche depuis le début des mesures il y a plus d'un siècle et l'une des plus chaudes, produisant des conditions de sécheresse dans une grande partie du globe, avec plus de 50 % des personnes touchées en Afrique.[88] La sécheresse de 2015 a été aggravée par l'une des manifestations les plus fortes d'El Niño.[89] En Afrique, au Moyen-Orient et en Méditerranée, la gravité des impacts de la sécheresse est exacerbée par des demandes en eau plus élevées.[90] Les sécheresses provoquent de la souffrance humaine et des stress écologiques ; lorsqu'elles surviennent dans des communautés et des écosystèmes mal adaptés, comme cela s'est récemment produit dans certaines régions de l'Amazonie, elles peuvent également entraîner des changements majeurs et à long terme dans l'écologie.[91] Les sécheresses provoquées par El Niño-Oscillation australe (ENOA) sont de plus en plus liées aux incendies majeurs affectant des millions d'hectares de tourbières en Asie du Sud-Est, ce qui provoque des émissions majeures de smog. En 2015, l'Indonésie a subi plus de 16 milliards de dollars de pertes économiques[92] et plus de 106.000 décès prématurés[93] en raison des feux de tourbières et du smog. L'apparition de sécheresses sévères inattendues dans de nombreuses régions du monde, telles que la « sécheresse du millénaire » de 2001-2009 au sud-est de l'Australie,[94] oblige à repenser les stratégies agricoles et la viabilité de certaines sociétés traditionnelles établies de longue date. Le changement des normes climatiques ainsi que des extrêmes climatiques plus fréquents et plus intenses ont des impacts majeurs sur la sécurité hydrique et alimentaire.

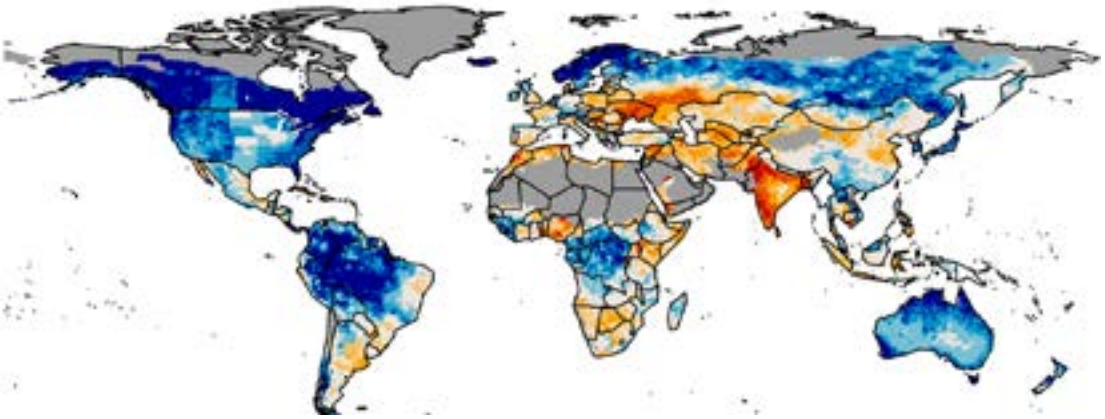
Figure 8.2 : Carte mondiale du risque de sécheresse : Utilisée avec permission[96]

Légende

Risque faible

Risque élevé

pas de données



Types de sécheresse

Sécheresse météorologique: manque de précipitations / d'humidité, aggravé par des vents secs et des températures élevées, pouvant provoquer une crise de l'eau s'il se prolonge et pouvant commencer et finir soudainement.

Sécheresse agricole: modifications de l'humidité atmosphérique, dans la mesure où l'humidité du sol est réduite, affectant les cultures et les animaux et l'évapotranspiration.

Sécheresse hydrologique: diminution de la quantité et de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines, en raison d'un manque de précipitations et de la surexploitation agricole et souvent due à la sécheresse météorologique.

Sécheresse socioéconomique: la fourniture de biens et de services, tels que l'énergie, l'alimentation et l'eau potable est réduite ou menacée par des changements des conditions météorologiques, hydrologiques et terrestres.[95]

Gestion proactive de la sécheresse

Les principaux piliers d'une meilleure préparation et résilience à la sécheresse sont les suivants :

Surveillance de la sécheresse et systèmes d'alerte précoce: évaluer l'adéquation des stations météorologiques, des ressources en eau, des réseaux hydrologiques et des informations satellitaires, etc.; mettre en place un système complet de surveillance de la sécheresse et d'alerte précoce qui intègre les paramètres climat, eau et sol, ainsi que les indicateurs socio-économiques aux niveaux national et infranational ; produire des données de précipitation à grille à haute résolution dans le pays, ainsi qu'une carte des zones à risque grâce aux systèmes d'alerte précoce de la sécheresse, en calculant les indices standard de sécheresse.

Risque de vulnérabilité et évaluation d'impact : identifier les processus qui contribuent à la vulnérabilité et à la résilience de la communauté ; développer le profil de risque des communautés et des régions vulnérables avant le début des sécheresses ; capter les impacts de la sécheresse après son incidence.

Mesures d'atténuation du risque de sécheresse: augmenter l'approvisionnement en eau grâce à la récolte de l'eau de pluie, à la réhabilitation des terres, à la recharge des eaux souterraines, aux nouvelles sources potentielles, etc.; réduire la demande grâce à une utilisation plus efficace de l'eau, comme l'examen de sa répartition, l'adoption/l'examen de tarifs de l'eau, l'ajustement du cadre juridique et institutionnel, la tarification de l'eau, son retraitement et l'utilisation / le recyclage des eaux usées, etc., mais surtout accroître l'efficacité de l'utilisation agricole de l'eau ; augmenter la résistance à la sécheresse du bétail grâce à l'équilibrage du bétail dans les zones irriguées, la gestion de la capacité d'accueil des pâturages, l'emploi d'aliments et de fourrages indigènes, des génotypes de mammifères peu consommateurs d'eau, etc.

© Jacinta Lluch Valero

4. Perturbation des flux naturels

Les changements hydrologiques rapides dans plusieurs des principaux systèmes fluviaux du monde, principalement à cause de la construction de barrages pour l'hydroélectricité et le stockage des eaux de surface, provoquent des contraintes supplémentaires sur les écosystèmes d'eau douce et les communautés environnantes. La construction de barrages offre de grands avantages en termes de puissance, mais elle a des effets secondaires sociaux et environnementaux majeurs, qui deviennent plus évidents au fil du temps[97] et qui mènent à une résistance croissante des communautés locales et des organisations de la société civile.[98] À l'échelle mondiale, au moins 3700 grands barrages, chacun d'une capacité d'au moins un mégawatt, sont prévus ou en construction. Ceux-ci augmenteront en théorie l'énergie hydroélectrique mondiale de 73 %, à environ 1700 GW, mais ils réduiront de plus d'un cinquième les rivières à circulation libre restantes de la planète.[99]

Le fonctionnement des barrages peut entraîner des conditions de sécheresse extrêmes en aval. Par exemple, dans le bassin du Haut Niger, on estime que l'impact combiné des détournements d'eau pour les projets d'hydroélectricité et d'irrigation pourrait réduire de 31 % les captures de poissons dans le delta et de 28 % les pâturages, avec des conséquences désastreuses pour les communautés qui dépendent de ces ressources. À moins que les rejets ne soient suffisamment larges et correctement temporisés, ces mesures créeraient des conditions semblables à la dernière sécheresse majeure en 1984, lorsque les trois quarts du delta se sont asséchés et que les gens ont fui *en masse*.[100]

Le blocage de la circulation libre des rivières a un certain nombre d'effets néfastes, compte tenu de la perte de connectivité longitudinale et latérale des écosystèmes d'eau douce. Les barrages ont un impact négatif sur les poissons et les autres espèces aquatiques, sur la sédimentation en aval et sur la disponibilité de l'eau, les moyens de subsistance et les transports. Le stockage dans des réservoirs peut également altérer les températures de l'eau en aval.[101] La construction du barrage lui-même provoque une perte directe de l'écosystème et elle encourage le peuplement, lequel déclenche de nouvelles conversions des terres et des pertes d'écosystèmes.[102] La déforestation, qu'elle soit ou non associée à la construction de barrages, crée une rétroaction négative, elle augmente l'envasement et elle modifie l'hydrologie, elle réduit la production et la durée de vie du système d'énergie hydroélectrique.[103] Les barrages sont également associés à des émissions élevées de méthane, contribuant de manière significative au changement climatique.[104] La réduction des crues dans les plaines inondables peut également abaisser la recharge des eaux souterraines et contribuer à la diminution des précipitations régionales. Mais l'attraction de ces grandes sources d'énergie fait que les compromis plus larges reçoivent souvent une attention insuffisante.

Encadré 8.2 : Changement d'hydrologie en Amazonie[105]

Une intensification massive de la construction de barrages pour produire de l'énergie hydroélectrique modifie l'écoulement et l'intégrité des rivières dans l'Amazonie :[106] impactant ainsi l'écologie, le poisson-chat migratoire et les dauphins de rivière ; bloquant les flux d'eau importants annuels ; piégeant des larves de poissons et de jeunes espèces ;[107] perturbant le transport fluvial et l'approvisionnement alimentaire ; et réduisant considérablement la sédimentation en aval et sur la côte.[108] Il existe déjà 154 grands barrages en exploitation, principalement au Brésil, générant 18 000 MW,[109] ainsi que des dizaines de milliers de petits barrages pour recueillir de l'eau pour le bétail.[110] On estime que 277 des plus grands barrages sont en phase de planification initiale,[111] y compris dans les zones protégées et les terres indigènes,[112] avec une capacité de production d'environ 95 000 MW.[113] Si tout cela se poursuit, il n'y aura plus que trois affluents libres dans le bassin amazonien,[114]affectant en permanence l'écologie, l'économie et le climat de la région.[115] Une étude a conclu qu'en raison des pertes forestières estimées, la production d'énergie hydroélectrique pourrait être réduite de près de 75 % du rendement maximal d'ici 2050.[116] La planification à l'échelle du bassin et l'intégration des critères sociaux et environnementaux dans la prise de décision sont tous deux nécessaires afin que la production d'énergie ne compromette pas les autres services écosystémiques.[117]

5. Dégradation des sols

Bien que la pénurie en eau soit un problème mondial, la conversion des forêts naturelles et des prairies en terres agricoles a augmenté la masse d'eau dans les sols à l'échelle locale.

Les systèmes d'irrigation mal gérés abîment directement la terre, réduisent les rendements, augmentent les nappes phréatiques et accroissent la salinité et l'alcalinité (p. ex. sols sodiques). Bien que la pénurie en eau soit un problème mondial, la conversion des forêts et des prairies naturelles en terres agricoles a augmenté la masse d'eau dans les sols à l'échelle locale. Même lorsque les cultures ne sont pas irriguées, la conversion de la végétation naturelle peut avoir une incidence sur la disponibilité et la qualité de l'eau. Au cours des 300 dernières années, les cultures pluviales ont augmenté de 460 % et les pâturages de 560 %, diminuant l'évapotranspiration et augmentant la recharge (deux ordres de grandeur) et les débits (un ordre de grandeur).[118]

Parallèlement, l'augmentation de la quantité d'eau dans les systèmes agricoles a encore dégradé la qualité de l'eau en mobilisant des sels et en augmentant la salinisation, à cause des nappes phréatiques superficielles et du ruissellement des engrais dans les aquifères et les eaux de surface.[119] L'irrigation avec des eaux souterraines minéralisées augmente également la salinité des sols et elle diminue la productivité des cultures. Dès 1993, la Banque mondiale estimait que 20 % de la superficie des terres irriguées souffrait de réductions du rendement des cultures en raison de la salinité[120] et certains estiment que près de la moitié des terres irriguées sont désormais affectées par des niveaux de sel anormaux.[121] Par exemple, la salinité affecte désormais 70 à 80 % du bassin du Murray-Darling, la moitié du bassin de la mer d'Aral, un tiers du delta du Nil,[122] 28 % des États-Unis et un quart du Pakistan et de l'Ouzbékistan.[123]

Le drainage des tourbières est lié à diverses formes de dégradation des sols.[124] Dans certaines parties de l'Asie centrale et de la Chine, il a provoqué la désertification d'anciens paysages dominés par les tourbières, l'érosion majeure du sol par le surpâturage et la perte de productivité subséquente. Le drainage des tourbières entraîne inévitablement le compactage du sol et l'oxydation du carbone de la tourbe, ce qui entraîne un affaissement du sol qui cause des risques importants dans les régions de basses terres. Étant donné que la base de la couche de tourbe se situe souvent au-dessous du niveau de la mer ou de la rivière, l'affaissement du sol au fil du temps entraînera des risques d'inondation accrus. Dans de nombreux pays, cela a été atténué par la construction de digues et de systèmes de pompage, cependant, compte tenu de la poursuite inévitable de l'affaissement des sols de tourbe drainés, des paysages entiers peuvent finalement se situer au-dessous du niveau de la mer. Par exemple, la moitié des Pays-Bas se trouve au-dessous du niveau de la mer grâce à des siècles de drainage des tourbières, entraînant des risques importants en termes de sécurité de l'eau et d'intrusion d'eau salée, ainsi que des coûts élevés en termes de maintenance des infrastructures (projetés à 25 milliards d'euros entre 2010 et 2050 pour les 200.000 ha restants de tourbières néerlandaises).[125] Alors que les Pays-Bas ont depuis longtemps atteint un point de non retour, dans le sud-est de l'Asie, le drainage des tourbières des basses terres n'a commencé que dans les années 1970. Dans les régions tropicales, le drainage des tourbières entraîne une forte teneur en émissions de CO_2,[126] et il provoque un affaissement de 3 à 6 cm par an.[127] Toutefois, les niveaux élevés et le schéma saisonnier des précipitations risquent d'exclure les options d'atténuation par des systèmes de digues et de pompage. Le drainage continu peut entraîner des conséquences dévastatrices, dont des risques d'inondation massive et la perte de terres productives.[128]

La dégradation des terres affecte directement la sécurité de l'eau en réduisant sa qualité globale : des niveaux élevés de sel dans les eaux souterraines à l'augmentation des flux de solides et de produits agrochimiques en suspension dans les eaux souterraines et de surface. La perte de végétation et l'érosion subséquente des sols autour des réservoirs peuvent entraîner un envasement rapide et un raccourcissement spectaculaire de la durée de vie des endiguements et des centrales hydroélectriques.[129] L'érosion peut mener à des paysages dramatiquement dégradés de ravines et de dépôts de sable soufflés par le vent. Elle peut également réduire la productivité agricole de manière plus subtile. Un sol nu, dégradé et érodé a moins de capacité de rétention d'eau, soit pour son stockage tout au long de l'année, soit pour absorber des excès soudains et minimiser les inondations après de fortes pluies.[130]

© Javier Pedro Fernandez Ferreras

6. Impacts des changements climatiques

La gestion des zones humides a un effet important sur le climat. En général, les zones humides ont tendance à être des puits de carbone et d'azote, mais elles peuvent être des sources d'autres gaz à effet de serre comme le méthane ;[131] le solde détermine si une zone humide est une source nette ou un puits de gaz à effet de serre.[132] Bien qu'il soit nécessaire de faire preuve de prudence en estimant dans quelle mesure les zones humides contribuent à l'atténuation du changement climatique par séquestration,[133] il est clair que leur capacité à stocker du carbone fournit un stock global de carbone important. Les zones humides côtières sont particulièrement importantes pour absorber le dioxyde de carbone et le séquestrer dans les sédiments, ce qui permet de créer de gros stocks de carbone. Globalement, les terres humides détiennent une quantité disproportionnée du carbone du sol terrestre, soit environ 30 % du total, tout en occupant seulement 5 à 8 % de sa surface terrestre.[134] Inversement, le drainage ou la combustion de la tourbe augmentent les émissions de carbone et de fumées,[135] tout comme le drainage ou la perturbation d'autres types de zones humides. La destruction des zones humides mène finalement à la libération de carbone[136] et la mauvaise gestion des zones humides peut également entraîner de grandes pertes de carbone,[137] bien que des incertitudes subsistent quant à la quantité totale des stocks de carbone contenus dans les zones humides.[138]

Alors que les tourbières ne couvrent qu'environ 3 % de la surface terrestre, elles contiennent le plus grand stock de carbone de la planète, considéré comme équivalent à celui de tous les autres biomes terrestres,[139] en particulier dans la toundra boréale. Les tourbières intactes contiennent jusqu'à 1 300 tonnes de carbone par ha[140] et la quantité de carbone qui pourra être stockée est estimée à 550 Gt dans les tourbières, à l'échelle mondiale.[141] Les « points chauds » de la tourbe se trouvent dans les forêts tropicales du sud-est asiatique ainsi que dans la toundra en Russie, au Canada, en Alaska et en Scandinavie. Le drainage pour la mise en place de plantations, telle que le palmier à huile, crée une forte augmentation des émissions.[142] On estime que 0,5 à 0,8 Gt de carbone par an sont déjà perdues en raison de la conversion des tourbières, principalement dans les régions tropicales.[143] Par exemple, les émissions provenant de la tourbe drainée dans le sud-est de l'Asie ont atteint entre 355 et 874 Mt par an dans les premières années du XXe siècle, allant même jusqu'à 1 400 Mt d'émissions par an de 1997 à 2006, en raison des feux de tourbe, principalement en Indonésie.[144] Alors que les pertes de carbone de la toundra boréale sont actuellement beaucoup plus faibles, elles peuvent potentiellement dépasser celles des tropiques car le réchauffement fait fondre la glace et assèche la tourbe. Certains sites en Alaska sont déjà passés du statut de puits à celui de sources de carbone,[145] et certaines craintes font état d'un possible dégagement soudain de carbone depuis l'Arctique.[146]

Des études pratiques au Canada ont révélé que les pertes de CO_2 provenant des zones de tourbe coupées pouvaient être ralenties grâce à la restauration et à la revégétalisation de ces zones.[147] Une campagne de restauration réussie des tourbières a été menée en Irlande après la coupe industrielle passée,[148] et des résultats positifs similaires ont été signalés dans le sud-est de l'Asie, en Russie, en Argentine et dans l'Himalaya.[149] Les efforts visant à restaurer les zones humides côtières (par exemple, les marais salants, les mangroves, les herbiers sous-marins) se multiplient afin de leur redonner leur capacité naturelle à capturer le carbone. La restauration à grande échelle des mangroves est, par exemple, actuellement en cours dans des pays comme le Kenya, la Tanzanie, le Sri Lanka et l'Inde.[150]

7. Perte de biodiversité et de services écosystémiques liés à l'eau

La destruction de zones humides se poursuit à un rythme plus soutenu que pour les autres écosystèmes et s'accompagne d'une perte disproportionnée des services écosystémiques.

Malgré les efforts visant à conserver et à utiliser intelligemment les zones humides,[151] entre 64 et 71 % de ces zones ont été perdues depuis 1900,[152] et davantage ont été dégradées par la pollution, les écoulements, la surexploitation et les espèces envahissantes.[153] La perte de zones humides se poursuit à un rythme plus soutenu que pour les autres écosystèmes et s'accompagne d'une perte disproportionnée de services écosystémiques.[154] Entre 1970 et 2008, l'étendue des zones humides naturelles a diminué en moyenne d'environ 30 % à l'échelle mondiale.[155]

Ces pertes ont des effets sur la biodiversité en eau douce ainsi que sur la santé et la productivité des terres environnantes et des communautés qui y vivent. Les nappes d'eau douce ouvertes occupent moins de 1 % de la surface terrestre mais contiennent jusqu'à 12 % de toutes les espèces connues, dont un tiers de toutes les espèces de vertébrés.[157] La biodiversité en eau douce diminue[158] et une espèce de poisson d'eau douce sur trois[159] ainsi que 30 % des amphibiens[160] sont menacés d'extinction. Par exemple, le poisson-chat représente 39 % des espèces de poissons amazoniennes connues, qui dépendent de l'intégrité des zones de fraie essentielles dans le bassin versant en amont,[161] mais leur survie est menacée par des projets de construction de barrages sur les grands fleuves[162] et par la surexploitation.[163] Au-delà de la survie des espèces, la pêche est une source importante de nourriture et de revenus, la consommation de poissons par habitant étant en moyenne de 94 kg par an pour les communautés riveraines.[164] Une analyse de 145 bassins hydrographiques majeurs a révélé que les bassins présentant la plus grande valeur biologique étaient généralement les plus dégradés.[165] D'autres groupes d'espèces d'eau douce sont également menacés. Beaucoup de mollusques au déplacement limité et donc vulnérables ; sur plus de 1 200 espèces d'escargots (*Hydrobiidae*), 182 sont listées comme menacées sur la Liste rouge de l'UICN.[166]

Encadré 8.3 : La Convention de Ramsar

La Convention de Ramsar sur les zones humides, signée à Ramsar, en Iran, en 1971, est un accord international axé sur « *la conservation et l'utilisation raisonnée des zones humides et de leurs ressources.* » Les parties signataires de la convention sont tenues de désigner au moins une zone humide (généralement la liste en comporte plus d'une) sur leur territoire comme *zone humide d'importance internationale*. Alors que tous les sites Ramsar doivent respecter une gestion durable, certains sont également considérés comme des zones protégées officielles bien que d'autres restent ouverts à de multiples usages. La Convention de Ramsar fournit des conseils techniques sur la gestion et l'évaluation des zones humides, en étroite collaboration avec l'UICN et avec d'autres organisations internationales pour promouvoir la gestion durable des zones humides mondiales.

La convention favorise également l'utilisation raisonnée des zones humides, point fondamental de sa mission, et définit l'utilisation raisonnée comme « le maintien de leur caractère écologique, grâce à la mise en œuvre d'approches écosystémiques, dans le cadre du développement durable ». L'utilisation raisonnée consiste en la conservation et en l'utilisation durable des zones humides et de tous les services qu'elles fournissent, au bénéfice de la population et de la nature. Les aspects pratiques de cette utilisation raisonnée comprennent l'adoption de politiques nationales sur les zones humides ; l'établissement d'un inventaire des zones humides, d'un suivi, de recherches, de formations, de campagnes d'éducation et de sensibilisation du public ; et l'élaboration de plans de gestion intégrés sur les sites des zones humides.[156]

Lorsque les cours d'eau douce et leur biodiversité sont dégradés ou détruits, leurs services écosystémiques sont également perdus. Ces services sont généralement plus bénéfiques pour la société que les utilisations productives qui les remplacent[167] puisqu'ils sont destinés à un grand nombre de personnes, alors que les avantages tirés de la conversion et de la production ont tendance à profiter seulement à un ensemble restreint d'acteurs. On ne se rend compte de l'importance d'un service écosystémique que lorsque celui-ci est amené à disparaître, et sa restauration, quand elle est possible, est presque toujours plus coûteuse que si l'écosystème fonctionnel avait été protégé en premier lieu. Le tableau 8.1 fait état de certains des principaux services écosystémiques liés à l'eau.

Tableau 8.1 : Typologie des services écosystémiques des zones humides[168]

Services	Service écosystémique	Exemple
Soutien	Production primaire	La photosynthèse chez les plantes aquatiques et la végétation des zones humides.
	Cycle des éléments nutritifs	La plus grande valeur économique totale de tous les services écosystémiques des zones humides[169], bien que cette valeur soit généralement sous-estimée à l'heure actuelle.
	Conservation de la biodiversité	L'Amazonie compte environ 6 000 à 8 000 espèces de poissons[170] et 850 espèces de poissons du Mekong.[171]
	Zone de reproduction	Les terrains de reproduction pour les espèces aquatiques sont importants à la fois pour des raisons commerciales et de subsistance.
	Formation des sols	Les sédiments dans le Mekong représentent plus de 50 % de la production alimentaire de base du Viet Nam.[172]
	Productivité marine	Les sédiments transportés par les rivières permettent également de préserver des écosystèmes en mer. Chaque année, entre 500 et 1 000 millions de tonnes de boue provenant des rivières de l'Amazone et de l'Orinoco[173] créent d'énormes bancs de boue[174] qui préservent les mangroves[175] et maintiennent la productivité de la pêche.[176]
	Approvisionnement des aquifères	Les zones humides permanentes sont une ressource clé pour alimenter les aquifères, et souvent l'option la moins coûteuse pour stabiliser et assurer l'approvisionnement.[177]
Approvisionnement	Capture de poissons et d'autres espèces	La quantité de poissons d'eau douce pêchés en Afrique dépassent les 2,5 Mt par an ;[178] le Delta du Niger en produit entre 40 et 80 000 t/an.[179] Le Mekong produit 2 Mt par an ;[180] fournissant ainsi 80 % des protéines animales du Cambodge.[181] Pourtant, les sites de pêche sont menacés : 4 espèces sur 11 pêchées pour le commerce dans les grands lacs nord-américains ont maintenant disparu.[182]
	Collecte de plantes	De nombreuses espèces d'eau douce sont collectées pour l'alimentation et le bétail.[183]
	Collecte de matériaux	Les papyrus, les roseaux, les joncs, etc. sont utilisés pour les toitures, les outils, les clôtures, etc.
	Pâturage du bétail	Les zones humides sont souvent des zones pâturage très productives, offrant un pâturage saisonnier aux pasteurs et éleveurs.
	Cultures	Les sols riches en tourbe soutiennent l'agriculture productive.
	Source d'énergie	L'énergie hydroélectrique est une source d'énergie importante. Le papyrus est compacté en briquettes de carburant au Rwanda. La tourbe est encore un combustible domestique important dans certaines régions d'Irlande et d'Ecosse.
	Matières premières	Le bois pour le feu et le bois de construction sont collectés dans les forêts riveraines.
	Médicaments	Certaines espèces de plantes d'eau douce sont souvent utilisées comme médicaments.
Régulation	Inondation	Les zones humides absorbent l'eau issue des inondations et réduisent les risques de catastrophe.[184]
	Protection contre les risques liés aux intempéries	Les forêts riveraines et les zones humides saisonnières inondent lentement et protègent les communautés en aval.[185]
	Capture du carbone	Les zones humides et en particulier les tourbières sont le plus grand réservoir de carbone de la planète,[186] pouvant contenir jusqu'à 1 300 tonnes de carbone par ha.[187]
	Stabilisation du climat	L'évaporation des lacs contribue à réduire les phénomènes climatiques extrêmes.
	Approvisionnement en eau	Certains types de forêts, comme les forêts tropicales humides[188,189] ainsi que quelques vieilles forêts d'eucalyptus,[190] augmentent le débit en eau.
	Purification de l'eau	Les bassins versants forestiers et les zones humides fournissent une eau plus propre, ce qui réduit le besoin de traitement de l'eau.[191]
Culturel	Récréatif	Les zones humides peuvent être une attraction touristique : le delta de l'Okavango au Botswana attire 120 000 touristes par an.[192]
	Culturel et artistique	Les lacs et les rivières ont inspiré des artistes, des musiciens et des écrivains.
	Spirituel	Beaucoup de zones humides ont des valeurs locales sacrées ou sont des sites de pèlerinage importants, tels que les lacs de haute altitude sacrés en Inde.[193]
	Science et éducation	Les eaux douces fournissent des centres de recherche et d'éducation importants.

CAUSES INDIRECTES DES PÉNURIES EN EAU

La section ci-dessus a abordé certaines des causes à l'origine des pénuries en eau : irrigation et production animale mal gérées, demande excessive de l'industrie, demande énergétique et des centres urbains, pollution, construction de barrages, évolution du climat et croissance démographique. Ci-dessous, nous aborderons certaines des causes indirectes :

1. Une approche fragmentée de la gestion de l'eau
2. Stratégies et modèles d'affaires qui définissent les systèmes de gestion à forte consommation d'eau
3. Modèles de négociation et de tarification qui constituent des incitations perverses
4. Changements démographiques et urbanisation rapide
5. Changement climatique

1. Une approche fragmentée de la gestion de l'eau

L'adoption d'une approche à usage unique de la gestion de l'eau, sans politique intégrée de l'eau,[194] entraîne souvent d'importants effets négatifs. Analysons quelques exemples parlants, comme la mer d'Aral en Asie centrale qui, en 2016, avait réduit à un dixième de sa taille de 1961 ; La majeure partie de l'eau provenant de deux rivières tributaires était détournée à ds fins d'irrigation.[195] Le lac Tchad en Afrique a diminué de plus de 90 % dans certaines zones au cours des quarante dernières années en raison de la sécheresse et de l'irrigation.[196] À l'inverse, les avantages des approches intégrées ou « nexus » de la gestion de l'eau sont connus depuis un siècle, avec quelques exemples importants montrant la voie à suivre.[197]

Pourtant, les gestes de coopération à des échelles relativement importantes restent rares. La planification de la gestion de l'eau (quand elle est mise en oeuvre) tend à suivre une approche fragmentée ou épurée, avec différents secteurs (et même différents individus dans un seul secteur) entrant en concurrence au lieu d'instaurer une collaboration, au détriment du bien commun.

2. Stratégies et modèles d'affaires qui définissent les systèmes de gestion à forte consommation d'eau

L'accent mis sur les monocultures dans l'agriculture moderne tend à augmenter l'utilisation de l'eau et donc les conséquences sur les ressources en eau (voir chapitre 7). Par exemple, au cours des 50 dernières années, la superficie consacrée au soja a été multipliée par dix, jusqu'à atteindre plus d'un million de km^2 : l'équivalent de la France, de l'Allemagne, de la Belgique et des Pays-Bas combinés.[199] Sa croissance a été particulièrement accrue en Amérique du Sud où la production a progressé de 123 % entre 1996 et 2004.[200] Les estimations tablent sur une augmentation supplémentaire de 140 % pour atteindre 515 millions de tonnes d'ici 2050.[201] La culture du soja est principalement alimentée par la pluie en Amérique du Sud, mais elle est irriguée partout ailleurs.[202] La conversion à grande échelle vers une culture intensive du soja continuera probablement à réduire la disponibilité de l'eau.[203] La qualité de l'eau est également affectée par l'érosion des sols et les résidus agrochimiques, symptômes d'une forte utilisation de pesticides, comme en témoignent les champs de soja en Argentine.[204] Pourtant, le soja est un secteur pesant plusieurs milliards de dollars, se reposant sur des produits à grande valeur, comme les aliments pour animaux. Les systèmes de production alternatifs qui utilisent les ressources en eau de manière plus efficace ne peuvent pas concurrencer économiquement celui du soja, surtout lorsque le prix de l'eau est sous-évalué.

D'autres cultures menacent également les systèmes hydrologiques. Des études en Thaïlande ont révélé que la production de riz (rizière) représentait la plus forte consommation d'eau, suivie par le maïs, la canne à sucre et le manioc. La production d'une deuxième rizière réduit considérablement la capacité des bassins hydrographiques.[205] Le drainage des tourbières pour le pâturage et les cultures agricoles réduit leur capacité de rétention d'eau, ce qui entraîne une augmentation des pénuries d'eau durant les périodes de sécheresse et des pics d'inondation à la saison des pluies.[206]

L'augmentation des importations de produits agricoles a été préconisée comme solution pour les pays dont les ressources en eau sont limitées. Cette stratégie pourrait constituer une solution durable si les cultures étaient cultivées dans des pays riches en eau. Mais si cette solution utilise es sources d'eau rares, désavantage les communautés les plus pauvres, dégrade les terres et augmente le stress hydrique, elle devrait être considérée comme non-durable sur le plan environnemental et social.

© Peter Hershey

Encadré 8.4 : Gestion intégrée des ressources en terres et en eau dans la plaine du nord de la Chine

L'irrigation intensive dans le nord de la Chine a considérablement réduit le débit des rivières dans le bassin de la rivière Hai et fortement épuisé les nappes phréatiques soumises au pompage d'irrigation. Le gouvernement chinois a souligné qu'une action urgente visant à restaurer les ressources en eau et à réduire la surexploitation devait être lancée. Le centre international de coordination pour les eaux du Fonds pour l'environnement mondial (FEM) a appuyé un important effort de restauration mettant l'accent sur trois processus clés de la gestion intégrée de l'eau : (1) formation de comités nationaux interministériels ; (2) analyse de l'état de la rivière ou du bassin aquifère, des différentes utilisations de l'eau dans le secteur, des conflits et des projections futures ; et (3) élaboration d'un programme stratégique de réformes et d'investissements politiques, juridiques et institutionnels, grâce à des processus participatifs dans tous les secteurs pour équilibrer les utilisations concurrentes, négocier des compromis et former des partenariats tournés vers l'action.[198]

Le projet de GIRE du bassin du fleuve Hai, né il y a sept ans, a posé la première pierre de l'élaboration de réformes sur la gestion l'eau et des terres pour améliorer la qualité de l'eau dans la rivière et des aquifères et réduire l'utilisation de l'eau dans l'irrigation. Il a introduit des frais plus élevés pour l'eau destinée à l'irrigation ; un nouveau système de droits/d'allocations autour des ressources d'eau, en vertu de la loi chinoise, en se basant sur des estimations liées à l'évapotranspiration (ET) plutôt que sur les quantités prélevées standards ; l'utilisation de la technologie satellitaire pour justifier la délivrance et l'attribution des ressources d'eau ; ainsi que d'autres technologies d'irrigation économisant l'eau dans le but de rétablir la sécurité alimentaire et la préservation de l'eau mais aussi d'atteindre certains objectifs environnementaux dans le bassin. Le projet comprenait des mesures d'amélioration de la qualité de l'eau, le renforcement des capacités pour la commission des ressources en eau du bassin et l'utilisation de cartes de paiement individuelles pour les agriculteurs. Les quantités allouées pour le pompage ont été limitées pour garantir des économies d'eau : une fois la réserve d'un individu épuisée, il ne pouvait plus pomper d'eau. Les données satellitaires sur l'ET (sur une échelle de 30 par 30 mètres) ont été utilisées en association avec des modèles de simulation pour définir les quantités réduites à allouer aux associations de consommateurs d'eau dirigées par les agriculteurs et ainsi assigner des quotas à plus de 100 000 foyers d'agriculteurs. Les services de vulgarisation ont également aidé à recommander des pratiques d'économie d'eau à la ferme, de gestion (par exemple, le paillage, les modes de culture, la technologie de goutte à goutte) et de plantation de cultures alternatives pour augmenter les revenus des agriculteurs. Sept ans après, le revenu par habitant a augmenté de 193 %, l'utilisation rationnelle de l'eau a augmenté de 82 % et la consommation a diminué de 27 %. Ces économies d'eau ont contribué à stabiliser le niveau des nappes et à rendre de plus grandes quantités d'eau disponibles pour le fonctionnement de l'écosystème.

Le succès de ce projet a encouragé le gouvernement chinois à mettre en place un système d'accès et d'allocation de l'eau par télédétection pour toutes les nouvelles allocations d'eau. Cela a conduit à l'instauration du système d'allocation basé sur l'ET à l'ensemble du bassin du lac de Tarim et à un projet ultérieur financé par le FEM/la Banque Mondiale/la Chine pour l'ensemble du système du bassin Hai. Le projet a aussi permis la signature d'accords formels entre des ministères qui ne travaillaient jamais ensemble et l'établissement d'un système de gestion des connaissances établi pour la commission du bassin revitalisé. Enfin, la définition d'objectifs conformes à la politique du FEM a démontré qu'il était important d'évaluer et de mesurer les progrès réalisés dans le temps.

L'accaparement des terres sous-entend également l'accaparement de l'eau lorsque, de plus en plus souvent, les acquisitions de terres à grande échelle par des investisseurs étrangers leur garantissent aussi un approvisionnement en eau.

3. Modèles de négociation et de tarification qui constituent des incitations perverses

L'accaparement des terres ou l'acquisition de terres à grande échelle pour les exportations agricoles sont des sujets abordés au chapitre 5, mais une question importante y étant liée réside dans la valeur d'exportation des produits agricoles sous forme « d'eau virtuelle » (quantité d'eau cachée requise pour cultiver les aliments exportés) . L'accaparement des terres sous-entend également l'accaparement de l'eau[207] lorsque, de plus en plus souvent, les acquisitions de terres à grande échelle par des investisseurs étrangers leur garantissent aussi un approvisionnement en eau.

Le commerce virtuel de l'eau se développe, et ce solde commercial particulier entre les pays évolue au fil du temps. La Chine, qui était jusqu'à récemment un exportateur net d'eau virtuelle en lien avec le commerce de produits d'origine animale et végétale non comestibles utilisés pour la production, est maintenant le plus grand importateur virtuel d'eau au monde pour ces mêmes produits.[208] Cela peut entraîner la migration des petits agriculteurs, la dégradation accélérée des terres et la surexploitation des ressources en eau, ainsi que la naissance de conflits au niveau des sources ou des aquifères, en particulier lorsque des institutions affaiblies ne peuvent ou ne veulent pas réglementer l'utilisation de l'eau. Le contrôle des agences de gestion de l'eau est un problème de plus en plus clivant et d'ordre politique.[209] Les politiques de fixation des prix, telles que celles mises en place pour réduire les prix des denrées alimentaires

proposées aux consommateurs par les principales sociétés de distribution de produits alimentaires, réduisent les bénéfices des agriculteurs et encouragent une utilisation non durable, comme l'irrigation intensive.

4. Changements démographiques et urbanisation

L'augmentation des populations est considérée comme une menace pour les ressources en eau.[210] Si le nombre d'habitants est important, les mouvements démographiques le sont tout autant, qu'ils soient progressifs, par l'urbanisation et la migration économique, ou soudains, avec les déplacements de la population à la suite d'une catastrophe, d'une guerre ou d'un conflit interne. L'urbanisation est maintenant un phénomène mondial. Près de la moitié de la population urbaine vit dans des centres relativement petits de moins de 500 000 habitants, alors que près d'une personne sur huit vit dans l'une des 28 mégapoles de plus de 10 millions d'habitants. Jusqu'à récemment, la plupart des plus grandes villes du monde se trouvaient dans le Nord, mais aujourd'hui, elles sont de plus en plus concentrées dans le Sud. Les centres urbains les plus dynamiques sont les villes de taille moyenne et les villes de moins d'un million d'habitants situées en Asie et en Afrique.[211]

L'Afrique fournit un exemple frappant de l'urbanisation et de son impact sur l'eau. En 1960, seules 11 villes d'Afrique comptaient plus d'un demi-million d'habitants, et seulement cinq en Afrique subsaharienne, qui était majoritairement rurale. En 2015, on dénombrait 84 villes dans le sud du Sahara, dont des mégapoles comme Lagos avec ses plus de 13 millions d'habitants. D'ici 2030, on en comptera probablement plus de 140.[212] Les estimations actuelles indiquent que la nouvelle population urbaine en Afrique augmentera de plus de 300 millions d'habitants entre 2000 et 2030, soit le double de la population rurale.[213] Les zones humides et les bassins versants fournissent à la fois des services d'approvisionnement (p. ex., nourriture, eau, matières premières) et des services de régulation (p. ex., contrôle des inondations, stabilisation du climat) aux populations urbaines. Mais dans toute l'Afrique, l'urbanisation pèse sur ces deux types de services, soit directement à travers l'expansion urbaine qui draine les zones humides pour assurer le logement de la population, soit parce que la densité de population accentue l'impact sur les ressources naturelles, libère plus de polluants, introduit des espèces envahissantes et augmente la consommation d'eau pour l'agriculture, l'industrie et l'usage domestique.

Encadré 8.5 : L'eau et les villes africaines

L'expansion urbaine et périurbaine rapide observée dans de nombreuses villes africaines exerce une pression sur les ressources en eau environnantes, au moment même où leurs services écosystémiques sont plus que jamais indispensables. Par exemple, l'expansion urbaine rapide et le secteur horticole qui connait un remarquable essor menacent la zone humide de la Lutembe Bay autour de Kampala en Ouganda. La Lutembe Bay, qui est un site Ramsar, est presque complètement coupée du reste du lac Victoria par une île peuplée de papyrus. Les marécages filtrent le limon, les sédiments et les excès de nutriments provenant du ruissellement de surface, des eaux usées et des déchets industriels. Mais la zone humide est en train d'être rapidement réduite par l'agriculture et l'horticulture ; une entreprise d'horticulture s'est même implantée illégalement en 2013.[214] De même, les zones humides autour de Harare représentent des sources d'eau pour la moitié de la population du pays, elles assurent le remplissage des nappes phréatiques, le filtrage et l'épuration naturelle de l'eau (réduisant ainsi les coûts de purification), préviennent l'envasement et les inondations et représentent un piège à CO2 important. Les zones humides sont aussi considérées comme un sanctuaire essentiel pour les oiseaux, autre site d'intérêt pour la convention Ramsar. Cependant, l'hydrologie est perturbée à cause des modifications intervenues dans l'utilisation des terres, de l'agriculture informelle, de la pollution apportée par les engrais et de l'utilisation intensive de forages commerciaux, ce qui a entraîné une chute moyenne de la nappe phréatique de 15 à 30 mètres au cours des 15 dernières années. Renforcer les capacités et la sensibilisation des urbanistes et du personnel gouvernemental vis-à-vis de la protection des zones humides est donc une priorité absolue.[215]

5. Changement climatique

Le changement climatique rapide augmente presque tous les aspects décrits ci-dessus de l'insécurité autour de l'approvisionnement en eau. Les changements climatiques auront de multiples impacts sur l'approvisionnement en eau, comme la fonte des glaciers et des calottes, les perturbations de l'enneigement et des précipitations, la fluctuation accrue des conditions météorologiques et l'intensification des phénomènes climatiques extrêmes. Les pénuries d'eau dans le monde devraient augmenter.[216] Le groupe d'experts intergouvernemental sur le changement climatique en est arrivé à la conclusion (des preuves solides autour d'un accord profond) que le changement climatique risque de réduire les ressources renouvelables des eaux de surface et souterraines dans la plupart des régions subtropicales sèches. À l'inverse, dans les latitudes plus élevées, la disponibilité en eau devrait augmenter. La composition, la structure et la fonction de nombreuses zones humides changeront également, et de nombreuses espèces d'eau douce seront gravement menacés d'extinction.[217]

UNE APPROCHE INTÉGRÉE POUR LA SÉCURITÉ DE L'APPROVISIONNEMENT EN EAU AU NIVEAU MONDIAL

De nouvelles approches pour gérer les ressources en eau sont nécessaires de toute urgence.[218] Le 6ème objectif de développement durable (en anglais Sustainable Development Goals - SDG) portant sur l'eau et son assainissement met l'accent sur l'amélioration de la qualité de l'eau (objectif 6.3) et sur la protection et la restauration des écosystèmes liés à l'eau (objectif 6.6). L'amélioration de la gestion de l'eau est également une composante essentielle de l'objectif 2, notamment avec la sécurité alimentaire et de l'objectif 15 qui prévoit de lutter contre la désertification, d'arrêter et d'inverser la dégradation des terres et d'empêcher la perte de la biodiversité. Une telle approche se concentre sur l'efficacité du système, plutôt que sur la productivité des secteurs isolés, en réduisant les compromis et en générant des avantages supplémentaires qui l'emportent sur les coûts de transaction associés à une intégration plus forte dans tous les secteurs. De tels gains accéléreront les avancées vers un développement durable et encourageront les gouvernements, le secteur privé et la société civile à renforcer la sécurité de l'approvisionnement en eau.[219]

La maximisation de la sécurité de l'approvisionnement de l'eau n'est ni une solution technique simple ni la responsabilité d'un seul secteur.

La maximisation de la sécurité de l'approvisionnement de l'eau n'est ni une solution technique simple ni la responsabilité d'un seul secteur. Cela nécessite toute une gamme de réponses concernant la fourniture et la qualité de l'eau à des fins humaines ; la gestion des ressources terrestres, en particulier les sols ; la protection et, le cas échéant, la restauration des zones humides et des bassins hydrographiques ; et la réglementation des flux d'eau ainsi que leur disponibilité à long terme.[220] Les éléments clés d'une approche intégrée de la gestion de l'eau comprennent :

- **Gestion des ressources en eau grâce à une gestion durable des sols, en particulier dans l'agriculture**
- **Protection et restauration des écosystèmes naturels pour les biens et services liés à l'eau**
- **Création de villes durables**
- **Réforme des politiques au niveau local, national et international**

Les écosystèmes liés à l'eau ne peuvent être gérés isolément puisque les bassins hydrographiques ou les bassins versants se connectent sur de vastes zones et le cycle mondial de l'eau fonctionne finalement comme un système unique. La gestion intégrée des ressources en eau (GIRE)[221] favorise le développement et la gestion coordonnée de l'eau, de la terre et des ressources associées afin de maximiser le bien-être économique et social de manière équitable sans compromettre le fonctionnement et la durabilité de nos paysages exploités.

Gestion des ressources en eau grâce à une gestion durable des sols

L'irrigation entraîne des coûts élevés en eau, mais aussi des bienfaits importants en termes de production végétale. Aux États-Unis, 7,5 % des cultures et des pâturages sont irrigués, produisant 40 % de la valeur agricole et représentant 80 à 90 % de la consommation d'eau.[222] L'optimisation de l'efficacité des technologies d'irrigation et de leur application est clairement une priorité axée sur tous les aspects de l'irrigation depuis l'approvisionnement et la distribution jusqu'à la mise en oeuvre sur le terrain. Même de petites augmentations de la productivité des cultures dans les zones aux précipitations limitées auraient des implications importantes pour la productivité alimentaire globale et la disponibilité de l'eau.[223] En outre, il existe un certain nombre de pratiques attestées et rentables en matière de gestion des sols qui réduisent le gaspillage et préservent les ressources d'eau dans l'agriculture tout en offrant des avantages supplémentaires pour l'environnement et la productivité à long terme (voir tableau 8.2). Le fait que ces pratiques ne soient pas mise en oeuvre plus largement est dû à certains facteurs, tels que le manque de capacités, d'investissements ou de subventions, les règlements et autres incitations perverses qui découragent une utilisation plus efficace des ressources. Dans certains pays, les coutumes culturelles et religieuses jouent également un rôle clé, par exemple par une réticence à utiliser de l'eau grise.

La GIRE est souhaitable depuis des décennies, mais a souvent échoué dans la pratique en raison des intérêts sectoriels ancrés, des barrières politiques et des incapacités à engendrer un sentiment de responsabilité collective. Les gestionnaires de l'eau se sont concentrés traditionnellement sur la gestion de l'eau de manière isolée, alors qu'une bonne gestion de l'eau dépend en grande partie de la gestion durable des terres.[243] Le concept plus large de la gestion intégrée des ressources en terres et en eau continue de gagner du terrain, comme on peut le voir dans le nombre d'applications en constante augmentation à travers le monde.

L'un des nombreux exemples qu'on peut trouver en Chine porte sur le projet de GIRE du bassin du fleuve Hai, véritable précurseur dans l'élaboration de réformes de gestion de l'eau et des terres pour améliorer la qualité de l'eau dans la rivière et les aquifères, et réduire l'utilisation de l'eau destinée à l'irrigation.[245] Le projet démontre certains des éléments essentiels d'un programme national de conservation de l'eau, y compris une organisation centrale reposant sur des lois complètes sur l'eau ; la planification de l'utilisation des terres et des eaux au niveau des bassins versants ; les cadres décisionnels basés sur l'offre et la demande en eau à long terme ; les services adéquats de recherche, de démonstration et de vulgarisation ; un système de gestion de la demande ; un contrôle de qualité des équipements ; la promotion des associations d'utilisateurs d'eau ; et, le cas échéant, la réforme agraire et le crédit agricole pour l'irrigation.

Tableau 8.2 : Quelques exemples de mesures pour économiser l'eau en agriculture

Technique	Détails
Améliorer la disponibilité/préservation de l'eau	
Infrastructures améliorées	Les canaux et les fossés d'irrigation mal construits non étanches induisent une perte d'eau et de rentabilité certaine. Les tuyaux sont plus efficaces mais aussi plus coûteux.
Amélioration des systèmes d'irrigation	Les réseaux de canaux terrestres sont les moins efficaces, suivis par les canaux exutoires, les conduits sous pression, les tuyaux d'irrigation, les systèmes d'arrosage, les gicleurs microjet et l'irrigation par goutte à goutte : avec des rendements allant de 40 % à 80-90 %.[224]
Agriculture de conservation	Associe un labourage minimal avec des cultures de protection et en rotation pour réduire l'évaporation, le ruissellement et l'érosion[225]
Agriculture biologique	Système de production qui repose sur les processus écologiques, la biodiversité et les cycles adaptés aux conditions locales, en évitant l'utilisation d'engrais synthétiques, de pesticides, d'OGM, d'hormones de croissance et d'antibiotiques ;[226, 227] certains affirment que cela maximise le recyclage des nutriments et augmente la matière organique du sol, améliorant ainsi sa capacité à retenir l'eau[228]
Éco-agriculture	Elle met l'accent sur la restauration de la biodiversité et des services écosystémiques, et encourage le développement de ces services lorsqu'ils sont liés à l'eau
Agroforesterie	Consiste à mélanger des arbres et des cultures terrestres pour conserver l'eau en réduisant l'évaporation et la transpiration ; Au Kenya, l'évaporation du sol a été réduite de 35 % en moyenne.[229]
Gestion participative de l'irrigation	La coopération des utilisateurs peut accroître l'efficacité de leur gestion. En Nouvelle-Zélande, des économies de coûts de 65 % ont été réalisées grâce à ce type de contrôle local.[230]
Collecte d'eau de pluie	Différentes options existent, des canaux aux bassins ouverts, en passant par les gouttières filmées ou le stockage souterrain.[231]
Labourage selon les courbes de niveau, système de rétention et cultures en terrasses	Traditionnellement utilisés pour réduire l'érosion des sols et augmenter l'efficacité de la rétention d'eau.[232]
Paillage	Réduit le gaspillage d'eau et améliore les rendements ; le recours à cette méthode est souvent entravé par le manque de matériel de paillage (p. ex., à cause du brûlage ou du pâturage du chaume après la récolte).[233]
Variétés de semis précoces et diminution de la consommation d'eau	Trois facteurs sont importants : réduction du gaspillage ; augmentation de la biomasse pour la quantité d'eau donnée ; et répartition de la biomasse dans la production récoltée.[234] Par exemple, les variétés semées plus tôt peuvent pousser au cours de périodes plus fraîches dans l'année, durant lesquelles il y a moins d'évaporation.
Les pompes	Peuvent pomper des eaux souterraines et maintenir un certain niveau de productivité toute l'année dans les pays marqués par une saison humide et sèche. Les pompes à pédales constituent un système simple et bon marché.[235]
Réduction de l'utilisation de l'eau	L'arrosage peut parfois être réduit à certaines périodes sans réduire pour autant les rendements des cultures.[236]
Les SMS de prévisions météorologiques	L'utilisation de téléphones mobiles pour partager des SMS sur les prévisions météorologiques pour les périodes de plantation a permis d'optimiser l'utilisation de l'eau dans les pays du bassin du Niger.[237]
Alertes radio au sujet de fortes pluies ou de sécheresse	Au Sénégal, 915 chefs de village et de nombreuses stations de radio se sont inscrits pour assurer un service couvrant jusqu'à la moitié de la population du pays.[238]
Utilisation d'eau grise et d'effluent d'eaux usées	Les eaux usées séparées des effluents industriels peuvent être utilisées pour l'irrigation ; les eaux usées de 100 000 personnes irriguent environ 1 000 ha grâce à l'utilisation de systèmes efficaces.[239]
Dispositifs de détection d'humidité des sols et des plantes/Simulation de la croissance des cultures par ordinateur	Leur utilisation a réduit le gaspillage d'eau de 20 % en Afrique du Sud.[240] Les technologies, comme celles utilisées dans l'agriculture de précision, offrent d'énormes gains d'efficacité mais nécessitent des investissements ; moins de 10 % des exploitations américaines utilisent ces méthodes[241]
Réduction des besoins en eau	
Choix des cultures	Éviter les cultures trop gourmandes en eau dans les régions arides ou semi-arides. Choisir des cultures vivaces qui retiennent les sols et stimulent les systèmes de mycorhizes.
Agriculture intelligente face au climat	Les nombreuses techniques et technologies mentionnées ci-dessus mettent l'accent sur des pratiques résilientes au climat et localement appropriées.
Soutien aux agriculteurs	
Assurance fondée sur des indices météorologiques	Les banques peuvent fournir des services financiers intelligents pour les éléments de valeur agricole résilients au climat.[242]

Encadré 8.6 : Récolte de l'eau de pluie au Brésil[244]

Le nord-est du Brésil est une région semi-aride, caractérisée par un grave manque d'eau et des sécheresses qui contribuent au sous-développement de la région. Le programme de récolte d'eau pluviale P1MC a été lancé par des groupes de la société civile dans la région, ciblant les familles rurales sans source d'eau potable à proximité de leur domicile. En décembre 2007, 228 541 familles avaient été mobilisées ; 221 514 systèmes de récolte d'eau de pluie avaient été construits et 5 848 maçons avaient été formés dans le cadre du programme. L'objectif du programme P1MC était de construire un million de systèmes de récolte d'eau de pluie pour permettre à un million de familles d'accéder individuellement à de l'eau potable. Ce programme a profité aux femmes en particulier, en réduisant leur travail quotidien d'extraction de l'eau. En 2012, le Brésil a connu l'une des sécheresses les plus sévères jamais enregistrées, provoquant des pertes majeures de récoltes et de bétail et réduisant plusieurs réservoirs à un niveau critique. La sécheresse a attiré l'attention des différents décideurs, experts, médias internationaux et locaux, ainsi que de la population. Le Brésil a dès lors souhaité passer d'une gestion réactive des crises à des approches proactives axées sur les risques.

Protection et restauration des écosystèmes naturels

Diverses sortes de zones protégées couvrent déjà environ 20,7 % des lacs et des zones humides restant dans le monde.

Assurer la prestation future de services écosystémiques en eau douce nécessite l'adoption d'une série de stratégies coordonnées, fonctionnant au niveau du bassin hydrographique ou du bassin versant, et intégrées à la gestion des écosystèmes terrestres environnants. Bien que les investissements dans l'infrastructure nécessaire soient un élément essentiel de cette gestion,[246] « les infrastructures naturelles »[247] ou « les infrastructures vertes »[248] devront jouer un rôle de plus en plus central[249] en assurant la sécurité de l'approvisionnement en eau à long terme pour les sociétés humaines grâce à la préservation des écosystèmes naturels d'eau douce.[250]Par exemple, les bassins hydrographiques forestiers et certaines zones humides peuvent fournir de l'eau plus propre que les autres écosystèmes.[251] Certaines forêts, telles que les forêts de nuages dans les montagnes,[252] augmentent le débit net hors du bassin versant. Les forêts et les zones humides fournissent également d'importants mécanismes de contrôle des inondations en offrant un espace assez grand pour que les inondations se dissipent en toute sécurité et en bloquant leur débit ainsi que d'autres services écosystémiques importants.[253]

La reconnaissance de ces multiples rôles signifie que les écosystèmes naturels ne sont plus considérés comme improductifs et inutiles autrement que pour l'exploitation humaine, et qu'ils sont perçus comme des éléments essentiels au maintien de la santé et des moyens de subsistance des populations. Cette reconnaissance est la première étape pour sécuriser l'accès à l'eau à long terme.

Les zones protégées ont donc un rôle central à jouer dans les approches de gestion durable à l'échelle des bassins versants,[254] bien que la protection spécifique des écosystèmes d'eau douce ait souvent été négligée à cet égard.[255] Diverses sortes de zones protégées couvrent déjà environ 20,7 % des lacs et des zones humides restant dans le monde,[256]elles aident à façonner les politiques générales régissant les ressources en eau et à mettre en oeuvre des opérations de réhabilitation et de restauration à grande échelle. Ces zones jouent un rôle vital dans le maintien des services liés à l'eau en protégeant les voies d'écoulement naturel, en repoussant les espèces non indigènes et en participant parfois à la conservation de bassin entier.[257] Les inclure de manière plus consciente et centralisée dans les approches de la GIRE est un élément important qui manque encore à de nombreuses stratégies nationales relatives aux ressources en eau.

De nombreux exemples significatifs d'intégration de la GIRE existent déjà, ce qui montre l'avantage d'une approche conjointe à la conservation et au développement durable. Des villes comme New York[259] ou Melbourne[260] ont trouvé plus rentable de protéger et de restaurer les forêts en tant que fournisseurs d'eau propre plutôt que d'investir dans de

Encadré 8.7 : Utilisation des eaux usées

L'utilisation intelligente des eaux usées pour irriguer des cultures aidera à résoudre les problèmes de pénurie d'eau dans le secteur agricole. Au moment où nous devons produire plus de nourriture pour alimenter une population de plus en plus importante, les eaux usées peuvent être utilisées par les agriculteurs, soit directement via les systèmes d'irrigation, soit indirectement en réalimentant les aquifères. En Tunisie, les eaux usées sont largement utilisées dans les projets agroforestiers, en soutenant à la fois la production du bois et les efforts de lutte contre la désertification. Dans le centre du Mexique, les eaux usées municipales ont longtemps été utilisées pour irriguer les cultures. Dans le passé, les processus écologiques ont permis de réduire les risques pour la santé. Plus récemment, les restrictions sur les cultures (certaines cultures peuvent être irriguées en toute sécurité avec des eaux usées, tandis que d'autres ne le peuvent pas) et des installations de traitement des eaux ont été ajoutées au système. Bien gérées, les eaux usées peuvent être utilisées en toute sécurité pour soutenir la production végétale, soit directement via les systèmes d'irrigation, soit indirectement en réalimentant les aquifères, mais cela nécessite une gestion respectueuse des risques pour la santé, par un traitement adéquat ou une utilisation appropriée.

© Will Parson/Chesapeake Bay Program

nouvelles usines de purification. Les forêts de nuages et les tourbières de haute montagne (paramos) situées dans les zones protégées autour de Quito et de Tegucigalpa fournissent un approvisionnement en eau de grande qualité pour ces deux importantes villes d'Amérique latine.[261] Un nombre croissant de pays s'appuient sur des zones protégées stratégiquement situées dans le cadre de leurs politiques de réduction des risques de catastrophe.[262] La protection et la restauration des zones humides peuvent aider à réduire les émissions de CO2 et ainsi atténuer les effets du changement climatique, en particulier les énormes réservoirs de carbone dans les tourbières actuellement menacées.[263]

Avec la volonté politique et la participation des parties prenantes, la création et la gestion des zones protégées constituent des outils politiques ou réglementaires relativement simples permettant de maintenir l'infrastructure naturelle, qui s'accompagnent généralement d'une protection juridique applicable pour assurer une certaine pérennité, avec l'emploi, les capacités et les stratégies de gestion.[264] Cependant, la responsabilité des principaux cadres juridiques pour la conservation est généralement séparée de celle de la défense civile et des autres services, ce lien manque donc souvent dans la pratique.

Encadré 8.8 : Protéger les forêts naturelles pour contrôler les inondations

Les précipitations irrégulières en Argentine provoquent à la fois des inondations et des sécheresses. Dans tous les scénarios de changement climatique, ces conditions météorologiques se poursuivront et seront même observées de plus en plus fréquemment. À l'heure actuelle, environ un quart du pays est inondé à plusieurs reprises, en particulier au nord-est, qui abrite trois grands fleuves (Paraná, Paraguay et Uruguay), des plaines étendues en faible altitude et plus de la moitié de la population humaine. Un programme de protection contre les inondations a prévu des activités rentables pour les zones économiques et écologiques les plus importantes et une stratégie de lutte contre les inondations récurrentes : maintenance des installations de défense, systèmes d'alerte précoce contre les inondations, directives environnementales pour les zones inondables et plans d'urgence en cas d'inondation. De plus, de vastes zones de forêts naturelles ont été protégées dans le cadre du système de défense contre les inondations, ce qui offre une alternative relativement peu coûteuse à une infrastructure onéreuse avec en plus, la conservation d'une grande biodiversité.[258]

Encadré 8.9 : Services d'approvisionnement en eau des zones protégées

La majeure partie de la population mondiale vit en aval des bassins hydrographiques forestiers.[265] Ceux-ci offrent de l'eau de meilleure qualité que les bassins hydrographiques, qui ont tendance à avoir moins de couverture végétale (ce qui signifie plus d'érosion et de sédimentation du sol) et qui sont aussi susceptibles d'être davantage pollués (p. ex., avec des pesticides et des engrais ou des déchets toxiques).[266] Les avantages que fournissent les forêts ont été reconnus depuis de nombreuses années par des entreprises qui ont besoin d'eau de qualité : par exemple, la société d'eau minérale Perrier-Vittel subventionne la restauration de forêts dans le bassin versant où elle collecte de l'eau en France.[267] Un tiers (33 sur 105) des plus grandes villes du monde font venir une proportion importante de leur eau potable directement de zones protégées. Au moins cinq autres villes de ce groupe obtiennent de l'eau provenant de sources issues de bassins versants éloignés incluant des zones protégées ; et au moins huit autres obtiennent leur eau de forêts gérées de sorte à donner la priorité à leurs fonctions écologiques d'approvisionnement en eau.[268] Beaucoup de zones protégées à l'origine pour leurs valeurs touristiques ou fauniques sont aujourd'hui également considérées comme essentielles pour leurs ressources en eau. Le parc national de Yosemite, en Californie, aux États-Unis, par exemple, fournit de l'eau de haute qualité à San Francisco ; les forêts de nuages du parc national de La Tigra au Honduras fournissent plus de 40 % de l'approvisionnement annuel en eau de la capitale Tegucigalpa, et environ 80 % de la population de Quito, soit 1,5 million d'habitants, reçoivent de l'eau potable issue de deux zones protégées.[26]

Encadré 8.10 : Gestion de l'eau en Afrique du Sud

L'Afrique du Sud est l'un des 30 pays les plus secs au monde. Alors que la consommation moyenne d'eau par habitant par jour est de 173 litres, les Sud-Africains utilisent en moyenne 62 % d'eau en plus.[277] Afin d'aligner la demande et l'offre, l'Afrique du Sud a réalisé des progrès considérables au cours des dernières décennies pour accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau. En 1994, le gouvernement a d'abord publié un livre blanc sur la politique d'utilisation de l'eau et de son assainissement, qui a abouti à la loi sur les services de l'eau en 1997. Puis la Loi nationale sur l'eau (National Water Act) n° 36 de 1998 est venue favoriser une approche intégrée et décentralisée de la gestion des ressources en eau, qui soulignait l'importance de l'efficacité économique, de la protection de l'environnement, de l'équité et de l'autonomisation des personnes.[278]

L'Afrique du Sud est l'un des rares pays au monde qui a inscrit le droit fondamental d'avoir un accès suffisant aux ressources d'eau dans sa constitution, affirmant que « Tout le monde a le droit d'avoir accès à (...) de la nourriture et de l'eau en quantités suffisantes ». S'appuyant sur ces fondements, les deux lois sont complémentaires et fournissent un cadre pour une gestion durable des ressources en eau tout en améliorant et en élargissant la prestation des services. La loi nationale sur l'eau exige des gestionnaires de l'eau et des décideurs d'avoir une compréhension approfondie des valeurs économiques de l'eau et de ses diverses utilisations, ainsi que des systèmes d'informations qui intègrent les dimensions hydrologiques, économiques et sociales de l'offre et de la demande d'eau dans le cadre d'un système intégré de gestion des ressources en eau (SIGRE).[279]

Les formules de paiement pour les services écosystémiques (PSE) aident à inciter de façon économique les personnes vivant dans des zones d'approvisionnement en eau à préserver ces écosystèmes naturels en bonne santé. Une approche possible consiste à recueillir les frais d'utilisation auprès des personnes et des entreprises bénéficiant de l'eau potable pour indemniser les prestations de captage fournies par la gestion des aires protégées ou par les communautés locales. Ces systèmes de PSE sont de plus en plus considérés comme des modèles économiques viables, à condition de disposer d'une source identifiable de compensation (ceux qui sont prêts à payer), de coûts de transaction faibles, d'une bonne diffusion des informations et d'une méthode de répartition des avantages équitable parmi les individus.[270]

Les mesures de protection seules ne suffisent plus. Le monde a déjà perdu tant de zones humides et des efforts majeurs sont nécessaires pour restaurer les cours naturels des fleuves, les lacs et les étangs, les réservoirs d'eau souterraine et les zones humides actives. La restauration est donc un autre élément important de la gestion des eaux douces pour leurs services écosystémiques.[271] La restauration ne signifie pas seulement repousser les zones d'eau ou enlever les barrages redondants. Par exemple, la restauration des rivières comprend « le rétablissement des processus physiques naturels (p. ex., la variation du débit et du mouvement des sédiments), de ses caractéristiques (p. ex., la taille des sédiments et la forme de la rivière) et des habitats physiques d'un système fluvial (y compris les zones submergées, les berges et les plaines d'inondation). »[272] Des principes similaires peuvent être appliqués dans la restauration des zones côtières pour endiguer le phénomène d'érosion, impliquant une approche de « construction avec la nature », en utilisant des barrages perméables pour réduire l'énergie des vagues et stimuler la sédimentation.[273]

Une combinaison d'initiatives de restauration planifiée et de protection judicieuse des bassins hydrographiques peut ainsi assurer une plus grande salubrité de l'eau pour les consommateurs en aval.

Vers des villes durables

Bien que les villes présentent des défis particuliers pour l'approvisionnement et la gestion de l'eau, elles offrent également une gamme de solutions innovantes en reliant les personnes, en transférant les savoir-faire et en soutenant des groupes d'entreprises menant à bien des actions similaires. Des autorités locales tournées vers l'avenir peuvent encourager des améliorations rapides. Les systèmes de transport urbain efficaces, les énergies renouvelables et le contrôle des eaux usées peuvent tous réduire la consommation et le gaspillage d'eau, tandis que les campagnes d'informations, associées à des politiques de tarification responsables, peuvent sensibiliser davantage les consommateurs sur la valeur de l'eau.

Les villes durables dépendent d'écosystèmes bien gérés. Leur dégradation peut influer sur les habitants de la ville. Les personnes vivant dans le port de Mombasa, au Kenya, comptent sur l'eau des collines de Chyulu, à une centaine de kilomètres. Bien que le Chyulu soit une zone protégée, sa gestion catastrophique autorise la construction d'installations et l'abattage illégal d'arbres, menaçant ainsi la qualité de l'eau urbaine.[274] Il est souvent judicieux pour les autorités municipales d'investir dans la gestion des écosystèmes, mais il faut que soit en place une équipe de fonctionnaires perspicaces pour établir les connexions et obtenir les fonds nécessaires. Les politiques de tarification qui encouragent une utilisation plus réfléchie de l'eau font partie d'une solution universelle consistant à s'attaquer aux pénuries urbaines, bien que l'efficacité relative de ces politiques, par rapport aux mesures techniques et aux campagnes de sensibilisation du public, reste non concluante.[275] Les étapes vers une planification urbaine plus durable sont décrites au chapitre 11.

Réforme des politiques

Beaucoup des changements identifiés ci-dessus ne peuvent être atteints que s'ils sont soutenus par des politiques et des lois fortes au niveau national, dans un contexte d'accords internationaux et une reconnaissance mondiale de la nécessité de gérer l'eau plus attentivement pour éviter les crises. Des approches proactives sont nécessaires, mettant l'accent sur la préservation de l'infrastructure naturelle pour générer de multiples avantages, augmentant la résilience des systèmes hydrologiques face aux changements environnementaux et laissant un accès plus équitable aux approvisionnements en eau propres. La modification du comportement des consommateurs est également un facteur essentiel de ce processus, et les tentatives de le faire évoluer peuvent s'appuyer sur des campagnes de sensibilisation du public, des changements technologiques, des réglementations et des politiques de tarification. Bien que tous ces processus soient utiles dans différents contextes, il existe encore un débat sur leur efficacité relative.[276] Les stratégies ne doivent pas seulement être élaborées, elles doivent être communiquées efficacement aux parties prenantes du gouvernement, de l'industrie et des communautés afin de bien faire comprendre l'importance d'assurer un approvisionnement en eau sûr et durable.

© Albert González Farran

CONCLUSION

L'accès sécurisé à l'eau est compromis, notamment à cause de la combinaison de modèles agricoles inadaptés, des changements démographiques rapides et des effets déstabilisants du changement climatique. Des mauvais choix individuels et nationaux aggravent encore la situation. Les pays et les communautés souffrent à la fois de pénuries et d'excès. La perte de zones humides, la baisse de la qualité de l'eau et les changements spectaculaires dans les régimes d'écoulement des grands systèmes hydrologiques entraînent un effondrement de la biodiversité en eau douce et la perte de services écosystémiques essentiels.

L'amélioration de la protection de l'eau nécessite une approche intégrée et intersectorielle qui s'appuie sur les liens entre les pratiques de gestion des terres et la santé des systèmes hydrologiques. En résumé, voilà certaines des étapes les plus critiques : utilisation plus efficace de l'eau dans l'agriculture, l'industrie, l'énergie et les ménages ; réglementation et législation, y compris la tarification et l'allocation des ressources, pour encourager les efforts ; protection et restauration accrues pour améliorer le fonctionnement global de l'écosystème dans le bassin hydrographique. Le savoir-faire technique pour aider à résoudre la crise de l'eau est largement connu ; la prochaine étape consiste, cette fois, à appliquer ces leçons apprises à l'échelle souhaitée.

RÉFÉRENCES

1 McIntosh, R.J. 2005. Ancient Middle Niger: Urbanism and the self-organizing landscape. Cambridge University Press, Cambridge.

2 Cunliffe, B. 2016. By Steppe, Desert and Ocean: The birth of Eurasia. Oxford University Press, Oxford.

3 Ponting, C. 1992. A Green History of the World, Penguin, Middlesex.

4 Jacobson, T. and Adams, R.M. 1958. Salt and silt in ancient Mesopotamian agriculture. Science **128**: 1251-1258.

5 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2015. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision. (ST/ESA/SER.A/366).

6 De Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., et al. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem Services **1**: 50-61.

7 Russi D., ten Brink P., Farmer A., Badura T., Coates D., et al. 2013. The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands. IEEP, London and Brussels; Ramsar Secretariat, Gland.

8 McCartney, M., Rebelo, L.M., Senaratna Sellamuttu, S., and de Silva, S. 2010. Wetlands, agriculture and poverty reduction. Research Report 137. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

9 Lopez Gunn, E. and Ramón Llamas, M. 2008. Re-thinking water scarcity: Can science and technology solve the global water crisis? Natural Resources Forum **32**: 228-238.

10 World Economic Forum. 2016. Global Risks 2016. 11th Edition. World Economic Forum within the framework of The Global Competitiveness and Benchmarking Network.

11 http://www.iwra.org/congress/2015/ accessed October 8, 2016.

12 UN World Water Assessment Programme. 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO.

13 http://www.unwater.org/sdgs/a-dedicated-water-goal/en/ accessed January 1, 2017.

14 UN Water. 2013. Water Security & the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief. United Nations University, Hamilton, Canada.

15 UN Water. 2015. http://www.un.org/waterforlifedecade/water_and_sustainable_development.shtml, accessed October 5, 2016.

16 Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.Y. 2016. Four billion people facing severe water scarcity. Science Advances **2** (2) e1500323.

17 Brauman, K.A., Richter, B.D., Postel, S., Malsy, M., and Flörke, M. 2016. Water depletion: An improved metric for incorporating seasonal and dry-year water scarcity into water risk assessments. Elementa: Science of the Anthropocene **4**: 000083.

18 World Water Council. 2000. World Water Vision, Earthscan, London.

19 Wallace, J.S. 2000. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. Agriculture, Ecosystems and Environment **82**: 105-119.

20 Bogardi, J.J., Dudgeon, D., Lawford, R., Flinkerbusch, E., Meyn, A., et al. 2012. Water security for a planet under pressure: Interconnected challenges of a changing world call for sustainable solutions. Current Opinion in Environmental Sustainability **4**: 35-43.

21 Gerten, D., Hoff, H., Rockström, J., Jägermeyr, J., Kummu, M, et al. 2013. Towards a revised planetary boundary for consumptive freshwater use: Role of environmental flow requirements. Current Opinion in Environmental Sustainability **5**: 551-558.

22 Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell Fetzer, S.E.I., Bennett, E.M., et al. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science **347.** DOI: 10.1126/science.1259855.

23 Revenga, C., Brunner, J., Henninger, N., Kassem, K., and Payne, R. 2000. Pilot Analysis of Global Ecosystems: Freshwater Systems. World Resources Institute, Washington, DC.

24 Gassert, F., Reig, P., Luo, T., and Maddocks, A. 2013. Aqueduct country and river basin rankings: A weighted aggregation of spatially distinct hydrological indicators. World Resources Institute, Washington, DC.

25 Mekonnen, M. M. and Hoekstra, A. Y. 2016. Four billion people facing severe water scarcity. Science Advances, 2(2), e1500323.

26 Ibid.

27 Micklin, P. 2016. The future Aral Sea: hope and despair. Environmental Earth Sciences **75**: 844. doi:10.1007/s12665-016-5614-5

28 Lemoalle, J., Bader, J.C., Leblanc, M., and Sedick, A. 2012. Recent changes in Lake Chad: Observations, simulations and management options (1973–2011). Global and Planetary Change **80-81**: 247-254.

29Besada, H. and Werner, K. 2015. An assessment of the effects of Africa's water cri sis on food security and management, International Journal of Water Resources Development **31**: 1, 120-133.

30 Joosten, H., Tapio-Bistöm, M-L., and Tol, S. (eds.). 2012. Peatlands – guidance for climate change mitigation by conservation, rehabilitation and sustainable use. FAO, Rome.

31 Poff, N.L., Allan, J.D., Palmer, M.A., Hart, D.D., Richter, B.D., et al. 2003. River flows and water wars: Emerging science for environmental decision making. Biological Sciences Faculty Publications. Paper 233. University of Montana.

32 Wolf, A.T., Yoffe, S.B., and Giordano, M. 2003. International waters: Identifying basins at risk. Water Policy **5**: 29-60.

33 de Villiers, M. 1999. Water Wars: Is the World's Water Running Out? London: Weidenfeld & Nicolson.

34 Shiva, V. 2002. Water Wars. South End Press.

35 Katz, D. 2011. Hydro-political hyperbole: Examining incentives for overemphasizing the risks of water wars. Global Environmental Politics **11** (1): 12-35.

36 Busby, J. 2017. Water and U.S. National Security. Discussion paper. Council on Foreign Relations, Washington, DC.

37 Wolf, A.T., Kramer, A., Carius, A., and Dabelko, G.D. 2005. Managing water conflict and cooperation. In: World Resources Institute. State of the World 2005: Redefining global security. WRI, Washington, DC.

38 Barbut, M. and Alexander, S. 2015. Land degradation as a security threat amplifier: The new global frontier. In: Chabey, I., Frick, M., and Helgeson, J. (eds.) Land Restoration: Reclaiming landscapes for a sustainable future. Elsevier.

39 Famiglietti, J.S. 2014. The global groundwater crisis Nature Climate Change **4**: 945-948.

40 Gleeson, T., Wada, Y., Bierkens, M.F.P., and van Beek, L.P.H. 2012. Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. Nature **488**: 197-200.

41 Famiglietti, J.S. 2014. Op. cit.

42 Gleeson, T., et al. 2012. Op. cit.

43 Siebert, S., Burke, J., Faures, J. M., Frenken, K., Hoogeveen, J., et al. 2010. Groundwater use for irrigation – a global inventory, Hydrology and Earth System Sciences **14**: 1863-1880, doi:10.5194/hess-14-1863

44 Siebert, S., et al. 2010. Op. cit.

45 MacDonald, A.M., Bonsor, H.C., Dochartaigh, B.É.Ó., and Taylor, R.G. Quantitative maps of groundwater resources in Africa. Environmental Research Letters **7** (2): 24009-24015.

46 Rosegrant, M.W., Ringler, C., and Zhu, T. 2009. Water for agriculture: Maintaining food security under growing scarcity. Annual Review of Environmental Resources **24**: 205-222.

47 FAO. 2011. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing systems at risk. FAO and Earthscan, Rome and London.

48 UNEP. 2012. Sustainable Land Use for the 21st Century. United Nations Environment Programme, Nairobi.

49 WWF. Undated. Thirsty Crops. WWF International, Gland, Switzerland.

50 Hoekstra, A. and Chapagain, A.K. 2006. Water footprint of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resources Management **21** (1): 35-48.

51 Eshel, G., Shepon, A., Makov, T., and Milo, R. 2014. Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States, Proceedings of the National Academy of Sciences **111** (33): 11996-12001.

52 Biancalani R. and Avagyan, A. (eds). 2014. Towards climate responsible peatlands management. Mitigation of climate change in agriculture. Series 9. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

53 Hoekstra, A. and Chapagain, A.K. 2006. Op. Cit.

54 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis, Island Press, Washington, DC, USA.

55 http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs290/en/ accessed November 17, 2016.

56 Wojciechowska-Shibuya, M. 2016. The USSGAB Journey. United Nations, New York.

57 Satterthwaite, D. 2016. Missing the Millennium Development Goal targets for water and sanitation in urban areas. Environment and Urbanisation **28**: 99-118.

58 Onda, K., LoBuglio, J., and Bartram, J. 2012. Global access to safe water: Accounting for water quality and the resulting impact on MDG progress. International Journal of Environmental Research and Public Health **9**: 880-894.

59 Bain, R., Cronk, R., Hossain, R., Bonjour, S., Onda, K., et al. 2014. Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review. Tropical Medicine and International Health **19** (8): 917-927.

60 Zingore, S., Mutegi, J., Agesa, B., Tamene, L., and Kihara, J. 2015. Soil degradation in sub-Saharan Africa and crop production options for soil rehabilitation. Better Crops **99** (1): 24-26.

61 UNICEF and World Health Organization. 2015. Progress on Sanitation and Drinking Water – 2015 update and MDG assessment. Geneva.

62 UN Habitat. 2003. Water and Sanitation in the World's Cities: Local action for global goals. Earthscan, London.

63 Liu, L., Oza, S., Hogan, D., Perin, J., Rudan, I., et al. 2015. Global, regional and national causes of child mortality in 2000-2013, with projections to inform post-2015 priorities: An updated systematic analysis. The Lancet **385**: 430-440.

64 Sutton, M.A., Bleeker, A., Howard, C.M., Bekunda, M., Grizzetti, B., et al. 2013. Our Nutrient World: The challenge to produce more food and energy with less pollution. Global Overview of Nutrient Management. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh on behalf of the Global Partnership on Nutrient Management and the International Nitrogen Initiative.

65 Erisman, J.W., Galloway, J.N., Seitzinger, S., Bleeker, A., Dise, N.B., et al. 2013. Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. Philosophical Transactions of the Royal Society B 368 (1621): DOI: 10.1098/rstb.2013.0116.

66 Pretty, J.N. and Conway, G.R. 1988. The Blue Baby Syndrome and Nitrogen Fertilizers: A high risk in the tropics? Gatekeeper Series number 5. International Institute for Environment and Development, London.

67 Smith, V.H., Joye, S.B., and Howarth, R.W. 2006. Eutrophication of freshwater and marine ecosystems. Limnology and Oceanography **51** (2): 351-355.

68 Mekonnen, M.M. and Hoekstra, A.J. 2015. Global gray water footprint and water pollution levels related to anthropogenic nitrogen loads to fresh water. Environmental Science and Technology **49**: 12860-12868.

69 Sharpley, A.N. 2015. The phosphorus paradox: Productive agricultural and water quality. Journal of Environmental Indicators **9**: 3-4.

70 Köhler, H.R. and Triebskorn, R. 2013. Wildlife ecotoxicology of pesticides: Can we track effects to the population level and beyond? Science **341**: 759-765.

71 Beketov, M., Kefford, B.J., Schäfer, R.B., and Liess, M. 2013. Pesticides reduce regional biodiversity of stream invertebrates. Proceedings of the National Academy of Sciences **110** (27): 11039-11043.

72 Bates, B., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., and Palutikof, J. (eds.) 2008. Climate Change and Water, Intergovernmental Panel on Climate Change, WMO and UNEP, Geneva.

73 Dore, M.H.I. 2005. Climate change and changes in global precipitation patterns: What do we know? Environment International **31** (8): 1167-1181.

74 Huq, S., Kovats, S., Reid, H., and Satterthwaite, D. 2007. Editorial: Reducing risks to cities from disasters and climate change. Environment and Urbanization **19**: 3.

75 Güneralp, B., Güneralp, I., and Liu, Y. 2015. Changing global patterns of urban exposure to flood and drought hazards. Global Environmental Change **31**: 217-225.

76 van Aalst, M. K. 2006. The impacts of climate change on the risk of natural disasters. Disasters, **30**:1, 5-18.

77 Douglas, I., Alam, K., Maghenda, M., McDonnell, Y., McLean, L., and Campbell, J. 2008. Unjust waters: Climate change, flooding and the urban poor in Africa. Environment and Urbanisation **20** (1): 187-205.

78 UN Water. (Undated). Water Hazard Risks: A priority for integrated water resource management. UN Water Policy Brief number 1. United Nations, Geneva.

79 Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. 2016. The Human Cost of Weather-Related Disasters, CRED and UNISDR, Brussels and Geneva.

80 Adhikari, P., Hong, Y., Douglas, K.R., Kirschbaum, D.B., Gourley, J., et al. 2010. A digitized global flood inventory (1998–2008): Compilation and preliminary results. Natural Hazards Journal **55**: 405-422.

81 International Commission for the Protection of the Danube River. 2008. The Analysis of the Danube Floods 2006: An in depth analysis of the floods on the Danube and its main tributaries in 2006. Vienna.

82 EM-DAT. 2016. Disasters in Numbers 2015. International Disasters Database, Brussels.

83 Sheffield, J., Andreadis, K.M., Wood, E.F., and Lettenmaier, D.P. 2008. Global and continental drought in the second half of the twentieth century: Severity-area-duration analysis and temporal variability of large-scale events. Journal of Climate **22**: 1962-1981.

84 Dai, A. 2011. Drought under global warming: A review. WIREs Climate Change **2**: 45-65.

85 Checchi, F. and Robinson, W.C. 2013. Mortality among populations of southern and central Somalia affected by severe food insecurity and famine during 2010-2012. A study commissioned by FAO/FSNAU and FEWS NET. Rome.

86 EM-DAT. The International Disaster Database. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters- CRED, The Ripple Effect: A fresh approach to reducing drought impacts and building resilience. Bonn, accessed January 13, 2014 and quoted in UNCCD, 2016.

87 Gosling, S.N. and Arnell, N.W. 2016. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. Climatic Change **134**: 371-385.

88 OCHA 2016. El Nino: Overview of impacts, projected humanitarian needs and response, OCHA, March.

89 El Nino and La Nina years and intensities. The Oceanic Nino index. http://ggweather.com/enso/oni.htm.

90 Wanders, N. and Wada, Y. 2014. Human and climate impacts on the 21st century hydrological drought. Journal of Hydrology **526**: 208-220.

91 Marengo, J.A., Borma, L.S., Rodriguez, D.A., Pinho, P., Soares, W.R, et al. 2013. Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: Vulnerabilities and human adaptation. American Journal of Climate Change **2**: 87-96.

92 World Bank. 2016. The Cost of Fire. An economic analysis of Indonesia's 2015 fire crisis. World Bank, Washingon, DC.

93 Koplitz,S.N., Mickley, L.J., Marlier, M.E., Buonocore, J.J., Kim, P.S., et al. 2016. Public health impacts of the severe haze in Equatorial Asia in September–October 2015: Demonstration of a new framework for informing fire management strategies to reduce downwind smoke exposure. Environmental Research Letters **11** (9): doi:10.1088/1748-9326/11/9/094023.

94 van Dijk, A.I.J.M., Beck, H.E., Crosbie, R.S., de Jeu, R.A.M., Liu, Y.Y., et al. 2013. The Millennium Drought in southeast Australia (2001–2009): Natural and human causes and implications for water resources, ecosystems, economy, and society. Water Resources Research **49**: 1040-1057.

95 Wilhite, D.A. and Glantz, M.H. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. Water International **10** (3):111-120.

96 Carrão, H., Naumann, G., and Barbosa, P. 2016. Mapping global patterns of drought risk: An empirical framework based on sub-national estimates of hazard, exposure and vulnerability. Global Environmental Change **39**: 108-124.

97 World Commission on Dams. 2000. Dams and Development: A new framework for decision-making. Earthscan, London.

98 Pearce, F. 1992. The Dammed: Rivers, dams and the coming water crisis. The Bodley Head, London.

99 Zarfl, C., Lumsdon, A.E., Berlekamp, J., Tydecks, L., and Tockner, K. 2014. A global boom in hydropower dam construction. Aquatic Sciences 77 (1): 161-170.

100 Wetlands International, 2016. New Irrigation Plans Threaten Flood Production Inner Niger Delta. Wetlands International news release. September 21, 2016. https://www.wetlands.org/news/new-irrigation-plans-threaten-food-production-inner-niger-delta/

101 Macedo, M.N., Coe, M.T., DeFries, R., Uriarte, M., Brando, P.M., et al. 2013. Land-use-driven stream warming in southeastern Amazonia. Philosophical Transactions of the Royal Society London B **368**: 20120153.

102 Pearce, F. 1992. Op. cit.

103 Douglas, E.M., Wood, S., Sebastian, K., Vörösmarty, C.V., Chomitz, K.M, et al. 2007. Policy implications of a pan-tropic assessment of the simultaneous hydrological and biodiversity impacts of deforestation. Water Resources Management **21**: 211-232.

104 Guérin, F., Abril, G. Richard G., Burban B., Reynouard C., et al. 2006. Methane and carbon dioxide emissions from tropical reservoirs: Significance of downstream rivers. Hydrology and Land Surface Studies. Geophysical Research Letters **33** (21): doi:10.1029/2006GL027929.

105 Charity, S., Dudley, N., Oliveira, D., and Stolton, S. 2016. Living Amazon Report 2016. WWF Living Amazon Initiative, Brasilia, Brazil.

106 Tundisi, J.G., Goldemberg, J. Matsumura-Tundisi, T., and A.C.F. Saraiva. 2014. How many more dams in the Amazon? Energy Policy 74: 703-708.

107 Canas, C.M. and Pine, W.E. 2011. Documentation of the temporal and spatial patterns of Pimelodidae catfish spawning and larvae dispersion in the Madre de Dios (Peru): Insights for conservation in the Andean-Amazon headwaters. River Research and Applications **27**: 602-611.

108 Castello, L. and Macedo, M.N. 2015. Large-scale degradation of Amazonian freshwater ecosystems. Global Change Biology **22** (3): 990-1007.

109 Castello, L., McGrath, D.G., Hess, L.L., Coe, M.T., Lefebvre, P.A., et al. 2013. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. Conservation Letters **6** (4): 217-229.

110 Macedo, M. and Castello, L. 2015. State of the Amazon: Freshwater Connectivity and Ecosystem Health. WWF Living Amazon Initiative, Brasília, Brazil.

111 Castello, L., et al. 2013. Op. cit.

112 Bernard, E., Penna, L.A.O., and E. Araújo. 2014. Downgrading, downsizing, degazettement, and reclassification of protected areas in Brazil. Conservation Biology **28** (2): 1523-1739.

113 Macedo, M. and Castello, L. 2015. Op. cit.

114 http://wwf.panda.org/wwf_news/?264030/Large-scale-degradation-of-Amazonian-freshwater-ecosystems

115 Finer, M. and Jenkins, C.N. 2012. Proliferation of hydroelectric dams in the Andean Amazon and implications for Andes-Amazon connectivity. PLoS ONE **7**: e35126.

116 Claudia M., Stickler, C.M., Coe, M.T., Costa, M.H., Nepstad, D.C., et al. 2013. Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales, Proceedings of the National Academy of Sciences **110** (23): 9601-9606.

117 Macedo, M. and Castello, L. 2015. Op. cit.

118 Scanlon, B.R., Jolly, I., Sophocleous, M., and Zhang, L. 2007. Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: Quantity versus quality. Water Resources Research **43** (3) doi:10.1029/2006WR005486.

119 Scanlon, et al. 2007. Op. cit.

120 Umali, D. L. 1993. Irrigation-induced Salinity: A growing problem for development and the environment**.** World Bank Technical Paper number 215. Washington, DC.

121 Pitman, M.G. and Läuchli, A. 2002. Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Läuchli, A. and Lüttge, U. (eds.) Salinity: Environment – Plants – Molecules. Kluwer Academic Publishers, pp. 3-20.

122 Schwabe, K.A., Kan, I., and Knapp, K.C. 2006. Drainwater management for salinity mitigation in irrigated agriculture. American Journal of Agricultural Economics **88**: 133-149.

123 Umali, D. L. 1993. Op. cit.

124 Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., et al. (eds.) 2008. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Main report. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.

125 Born, v. d., G.J., Kragt, F., Henkens, D., Rijken, B., Bemmel, van, B., et al. 2016. Dalende bodems, stijgende kosten. Den Haag.

126 Hooijer, A., Page, S., Canadell, J. G., Silvius, M., Kwadijk, J., et al. 2010. Current and future CO2 emissions from drained peatlands in Southeast Asia. Biogeosciences **7**: 1505-1514.

127 Hooijer, A., Page, S., Jauhiainen, J., Lee, W.A., Lu, X.X., et al. 2012. Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. Biogeosciences **9**: 1053-1071.

128 Hooijer, A., Verminnnen, R., Mawdsley, N., Page, S., Mulyadi, D., et al. 2015. Assessment of impacts of plantation drainage on the Kampar Peninsula peatland, Riau. Deltares report 1207384 to Wetlands International, CCLUA and Norad.

129 Douglas, E.M., et al. 2007. Op. cit.

130 Pagiola, S. 1999. The Global Environmental Benefits of Land Degradation Control on Agricultural Land. World Bank Environment Paper Number 16. The World Bank, Washington, DC.

131 Ramsar Secretariat. 2002. Climate change and wetlands: Impacts, adaptation and mitigation. COP8 Information Paper, DOC 11.

132 Bridgham, S.D., Megonigal, J.P., Keller, J.K., Bliss, N.B., and Trettin, C. 2006. The carbon balance of North American wetlands. Wetlands **26**: 889-916.

133 Mcleod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., et al. 2011. A blueprint for blue carbon: Toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO_2. Frontiers in Ecology and the Environment **9**: 552-560.

134 Nahlik, A.M. and Fennessey, M.S. 2016. Carbon storage in US wetlands. Nature Communications. DOI: 10.1038/ncomms13835.

135 Turetsky, M.R., Benscoter, B., Page, S., Rein, G., van der Werf, G.R., et al. 2015. Global vulnerability of peatlands to fire and carbon loss. Nature Geoscience **8**: Pages:11-14 Year published:. DOI:doi:10.1038/ngeo2325

136 Mitra, S., Wassmann, R., and Vlek, P.L.G. 2005. An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. Current Science **88** (1): 25-35.

137 Ramsar Secretariat, Ramsar Scientific & Technical Review Panel and Biodiversity Convention Secretariat 2007. Water, wetlands, biodiversity and climate change: Report on outcomes of an expert meeting, March 23-24, 2007, Gland, Switzerland.

138 Mitra, S., Wassmann, R., and Vlek, P.L.G. 2005. An appraisal of global wetland area and its organic carbon stock. Current Science **88**: 25-35.

139 Parish, F., et al. (eds.) 2007. Op. cit.

140 Pena, N. 2008. Including peatlands in post-2012 climate agreements: Options and rationales. Report commissioned by Wetlands International from Joanneum Research, Austria.

141 Sabine, C.L., Heimann, M., Artaxo, P., Bakker, D.C.E., Chen, C.T.A., et al. 2004. Current status and past trends of the global carbon cycle. In: Field, C.B. and Raupach, M.R. (eds.) The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World. Island Press, Washington, D.C., USA, pp. 17-44.

142 Verwer, C., van der Meer, P., and Nabuurs, G. 2008. Review of carbon flux estimates and other greenhouse gas emissions from oil palm cultivation on tropical peatlands – identifying gaps in knowledge, Alterra report 1741. Alterra, Wageningen, Netherlands.

143 Trumper, K., Bertzky, M., Dickson, B., van der Heijden, G., Jenkins, M., et al. 2009. The Natural Fix? The role of ecosystems in climate mitigation, A UNEP rapid response assessment, United Nations Environment Programme, UNEP WCMC, Cambridge, UK.

144 Hooijer, A., Silvius, M., Wösten, H., and Page, S. 2006. PEAT-CO2, Assessment of CO_2 emissions from drained peatlands in SE Asia. Delft Hydraulics report Q3943.

145 Callaghan, T.V., Björn, L.O., Chapin III, F.S., Chernov, Y., Christensen, T.R., et al. 2005. Arctic Tundra and Polar Desert Ecosystems. In ACIA, Arctic Climate Impact Assessment, Cambridge University Press, Cambridge UK.

146 Hansen, J., Sato, M., Kharecha, P., Russell, G., Lea, D.W., et al. 2007. Climate change and trace gases, Philosophical Transactions of the Royal Society **365**: 1925-1954.

147 Erwin, K. 2009. Wetlands and global climate change: The role of wetland restoration in a changing world. Wetlands Ecology and Management **17**: 71-84.

148 Farrell, C. and Doyle, G. 2003. Rehabilitation of industrial cutaway Atlantic blanket bog in County Mayo, North-West Ireland. Wetlands Ecology and Management **11**: 21. doi:10.1023/A:1022097203946.

149 Wetlands International 2008. Advice to UNFCCC Parties for COP14 and associated meetings, December 2008, Wetlands International, Wageningen, Netherlands.

150 http://thebluecarboninitiative.org/ accessed February 17, 2017.

151 Mauerhofer, V. 2011. A bottom-up 'Convention-Check' to improve top-down global protected area governance. Land Use Policy **28**: 877-886.

152 Davidson, N. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. Marine and Freshwater Research **65**: 934-941.

153 Revenga, C. and Yura, K. 2003. Status and Trends of Biodiversity of Inland Water Ecosystems. Technical Series number 11. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

154 Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.

155 Dixon, M.J.R., Loh, J., Davidson, N.C., Beltrame, C., Freeman, R., et al. 2016. Tracking global change in ecosystem area: The Wetland Extent Trends Index. Biological Conservation **193**: 27-35.

156 Ramsar Convention Secretariat. 2016. An Introduction to the Ramsar Convention on Wetlands, 7th edition. (previously The Ramsar Convention Manual). Gland, Switzerland.

157 Garcia-Moreno, J., Harrison, I., Dudgeon, D., Clausnitzer, V., Darwall, W., et al. 2014. Sustaining freshwater biodiversity in the Anthropocene. In: Bogardi, J., Bhadurim, A., Leentvaar, J. and Marx, S. (eds.) The Global Water System in the Anthropocene: Challenges for Science and Governance. Springer, Switzerland, pp. 247-270.

158 Strayer, D.L. and Dudgeon, D. 2010. Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. Journal of the North American Benthological Society **29**: 344-358.

159 Collen, B., Whitton, F., Dyer, E.E., Baillie, J.E.M., Cumberlidge, N., et al. 2014. Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. Global Ecology and Biogeography **23**: 40-51.

160 Stuart, S.N, Hoffman, J.S., Chanson N.A., Cox, et al. 2008. Threatened Amphibians of the World. Lynx Editions, Barcelona.

161 Barthem, R. and Goulding, M. 1997. The catfish connection: Ecology, migration and conservation of Amazon predators. Columbia University Press, New York.

162 Finer, M. and Jenkins, C.N. 2012. Op. cit.

163 Petrere, M. Jr., Borges Barthem, R., Agudelo Córdoba, E., and Corrales Gómez, B. 2004. Review of the large catfish fisheries in the upper Amazon and the stock depletion of piraíba (Brachyplatystoma filamentosum Lichtenstein). Reviews in Fish Biology and Fisheries **14**: 403-414.

164 Castello, L., McGrath, D.G., Hess, L.L., Coe, M.T., Lefebvre, P.A., et al. 2013. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. Conservation Letters 6: 217-229.

165 Revenga, C., Murray, S., Abramovitz, J., and Hammond, A. 1998. Watersheds of the World: Ecological Value and Vulnerability. World Resources Institute, Washington, DC.

166 Darwall, W., Smith, K., Allen, D., Seddon, M., Mc Gregor Reid, G., et al. 2008. Freshwater biodiversity – a hidden resource under threat. In: Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C., and Stuart, S.N. (eds.) The 2008 Review of the IUCN Red List of Threatened Species. IUCN, Gland, Switzerland.

167 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.

168 Modified from De Groot, R.S., Stuip, M.A.M., Finlayson, C.M., and Davidson, N. 2006. Valuing wetlands: Guidance for valuing the benefits derived from wetland ecosystem services, Ramsar Technical Report No. 3/CBD Technical Series No. 27. Ramsar and the CBD, Gland, Switzerland and Montreal, Canada.

194 Llamas, J. 1987. Risk of drought and future water requirements on a regional scale. International Journal of Water Resources Development **3**: 260-265.

195 Micklin, P. 2016. Op. cit.

196 Gao, H., Bohn, T.H., Podest, E., McDonald, K.C., and Lettenmaier, D.P. 2011. On the causes of the shrinking of Lake Chad. Environmental Research Letters **6** (3).

197 Huxley, J. 1943. TVA: Adventure in Planning. The Architectural Press, London.

198 Duda, A.M., Menzies, S., Severin, C., Hume, A., Sundstrom, K.R., et al. 2012. Contributing to Global Security: GEF Action on Water, Environment, and Livelihoods. Global Environment Facility, Washington, DC.

199 WWF. 2013. Soy and Biodiversity Loss: Expanding markets, declining ecosystems and what we can do about it. WWF International, Gland, Switzerland.

200 FAO. 2007. Future Expansion of Soybean 2005-2014. FAO Regional Office for Latin America and the Caribbean, Rome, Italy.

201 Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050: By how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? Paper presented at the FAO Expert Meeting, June 24-26, 2009, Rome on "How to Feed the World in 2050." Food and Agriculture Organization of the United Nations, Economic and Social Development Department, Rome, Italy.

202 Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. 2006. Op. cit.

203 Bäse, F., Elsenbeer, H., Neill, C., and Krusche, A.V. 2012. Differences in throughfall and net precipitation between soybean and transitional tropical forest in the southern Amazon, Brazil. Agriculture, Ecosystems and Environment **159**: 19-28.

204 Pengue, W. 2005. Transgenic crops in Argentina: The ecological and social debt. Bulletin of Science, Technology and Society **25**: 314-322.

205 Gheewala, S.H., Silalertruksa, T., Nilsalab, P., Mungkung, R., Perret, S.R., et al. 2014. Water footprint and impact of water consumption for food, feed, fuel crops production in Thailand. Water **6** (6): 1698-1718.

206 Biancalani R. and Avagyan, A. 2014. Op. cit.

207 Mehta, L., Veldwisch, G.J., and Franco, J. 2012. Introduction to the Special Issue: Water grabbing? Focus on the (re) appropriation of finite water resources. Water Alternatives **5** (2): 193-207.

208 Carr, J.A., D'Odorco, P., Laio, F., and Ridolfi, L. 2013. Recent history and geography of virtual water trade. PLoS One **8** (2): e55825.

209 Barlow, M. and Clarke, T. 2002. Blue Gold: The battle against corporate theft of the world's water. Earthscan, London.

210 De Sherbinin, A. and Dompka, V. (eds.) 1998. Water and Population Dynamics: Case studies and policy implications. American Association for the Advancement of Science, New York.

211 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2015. Op. cit.

212 Satterthwaite, D. 2014. Cities of more than 500,000 people, Visualisation. International Institute for Environment and Development, London. http://www.iied.org/cities-interactive-data-visual

213 Currie, E.L.S., Fernández, J.F., Kim, J. and Kaviti Musango, J. 2015. Towards urban resource flow estimates in data scarce environments: The case of African cities. Journal of Environmental Protection **6**: 1066-1083.

214 Information from the Ramsar Secretariat.

215 http://www.monavalevlei.com/, accessed February 1, 2015.

216 Gosling, S.N. and Arnell, N.W. 2016. A global assessment of the impact of climate change on water scarcity. Climatic Change **134**: 371. doi:10.1007/s10584-013-0853-x.

217 IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.

218 Gleik, P. 2003. Global freshwater resources: Soft path solutions for the 21st century, Science **302**: 1524-1528.

219 Hoff, H. 2011. Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm.

220 Van Beek, E. and Lincklaen Arriens, W. 2014. Water Security: Putting the concept into practice. TEC Background Papers number 20. Global Water Partnership, Stockholm.

221 Grigg, N.S. 2008. Integrated water resources management: Balancing views and improving practice. Water International **33** (3): 279-292. DOI:10.1080/02508060802272820.

222 Schaible, G.D. and Aillery, M.P. 2012. Water Conservation in Irrigated Agriculture: Trends and Challenges in the Face of Emerging Demands, EIB-99, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service.

223 Brauman, K.A., Siebert, S., and Foley, J.A. 2013. Improvements in crop water productivity increase water sustainability and food security – a global analysis. Environmental Research Letters **8**: doi:10.1088/1748-9326/8/2/024030.

243 Bossio, D., Geheb, K., and Critchley, W. 2010. Managing water by managing land: Addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. Agricultural Water Management **97**: 536-542.

244 Noguiera, D. 2008. http://genderandwater.org/en/gwa-products/knowledge-on-gender-and-water/articles-in-source-bulletin/brazil-rainwater-harvesting-in-semi-arid-region-helps-women-1/brazil-rainwater-harvesting-in-semi-arid-region-helps-women.

245 Song, X., Ravesteijn, W., Frostell, B., and Wennersten, R. 2010. Managing water resources for sustainable development: The case of integrated river basin management in China. Water Science and Technology, **61**: 499-506.

246 Tortajada, C. 2014. Water infrastructure as an essential element for human development. International Journal for Water Resources Development **30** (1): 8-19.

247 Krchnak, K.M., Smith, D.M., and Deutz, A. 2011. Investing in Natural Infrastructure to advance water-energy-food security. IUCN and The Nature Conservancy, Gland, Switzerland and Washington, DC.

248 Benedict, M.A. and McMahon, E.T. 2006. Green Infrastructure: Smart cities for the 21st century. Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series. The Conservation Foundation, Washington, DC.

249 Gartner, T., Mulligan, J., Schmidt, R., and Gunn, J. 2013. Natural Infrastructure: Investing in forested landscapes for source water protection in the United States. World Resources Institute, Washington, DC.

250 Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., et al. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. Nature **467**: Pages:

555-561.

251 Aylward, B. 2000. Economic Analysis of Land-use Change in a Watershed Context presented at a UNESCO Symposium on Forest-Water-People in the Humid Tropics, Kuala Lumpur, Malaysia, July 31 –August 4, 2000.

252 Bruijnzeel, L.A. and Hamilton, L.S. 2000. Decision Time for Cloud Forests, IHP Humid Tropics Programme Series no. 13, IHP-UNESCO, Paris.

253 Turner, R.K., Georgiou, S., and Fisher, B. (eds.) 2008. Valuing Ecosystem Services: The case of multifunctional wetlands, Earthscan, Oxford.

254 Naughton-Treves, L., Buck Holland, M., and Brandon, K. 2005. The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. Annual Review of Environmental Resources **30**: 219-252.

255 Abell, R., Allan, J.D., and Lehner, B. 2007. Unlocking the potential of protected areas for freshwaters. Biological Conservation **134**: 48-63.

256 Juffe-Bignoli, D., Harrison, I., Butchart, S.H.M., Flitcroft, R., Hermoso, V., et al. 2016. Achieving Aichi Biodiversity Target 11 to improve the performance of protected areas and conserve freshwater biodiversity. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems **26** (Supplement 1): 133-151.

257 Saunders, D.L., Meeuwig, J.J., and Vincent, A.C.J. 2002. Freshwater protected areas: Strategies for conservation. Conservation Biology **16** (1): 30-41.

258 World Bank. 2010. Convenient Solutions to an Inconvenient Truth: Ecosystem-based approaches to climate change, The World Bank, Washington, DC.

259 Collins, B.R. and Russell, E.W.B. (eds.) 1988. Protecting the New Jersey Pinelands: A New Direction in Land Use Management, New Brunswick and London: Rutgers University Press.

260 Peel M., Watson, F., Vertessy, R., Lau, A., Watson, I., et al. 2000. Predicting the Water Yield Impacts of Forest Disturbance in the Maroondah and Thomson Catchments using the Macaque Model Technical Report, Report 00/14, December 2000, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology and Melbourne Water, Australia.

261 Gorenflo, L.J. and Warner, D.B. 2016. Integrating biodiversity conservation and water development: In search of long-term solutions. WIRES Water **3** (3): 301-311.

262 Dudley, N., Buyck, C., Furuta, N., Pedrot, C., Renaud, F., et al. 2015. Protected Areas as Tools for Disaster Risk Reduction. A handbook for practitioners. IUCN and Ministry of Environment Japan, Gland, Switzerland and Tokyo.

263 Joosten, H., Tapio-Biström, M.L., and Tol, S. (eds.) 2012. Peatlands – guidance for climate change mitigation through conservation, rehabilitation and sustainable use: Second edition. FAO and Wetlands International, Rome.

264 Dudley, N. and Stolton, S. 2003. Op. cit.

265 Reid, W.V. 2001. Capturing the value of ecosystem services to protect biodiversity. In: Chichilenisky, G., Daily, G.C., Ehrlich, P., Heal, G., and Miller, J.S. (eds.) Managing human-dominated ecosystems. Monographs in Systematic Botany 84, Missouri Botanical Garden Press, St Louis.

266 Stolton, S. and Dudley, N. (eds.) 2010. Arguments for Protected Areas. Earthscan, London.

267 Johnson, N., White, A., and Perrot-Maître, D. 2002. Developing markets for water services from forests: Issues and lessons for innovators. Forest Trends, USA.

268 Dudley, N. and Stolton, S. 2003. Op. cit.

269 Hamilton, L. 2008. Forests and water, FAO Forestry paper 155. FAO, Rome.

270 Stavins, R.N. 2002. Experience with market-based environmental policy instruments, Nota di Lavoro, Fondazione Eni Enrico Mattei, No. 52.2002.

271 McDonald, R.I. and Shemie, D. 2014. Urban Water Blueprint: Mapping conservation solutions to the global water challenge. The Nature Conservancy, Washington, DC.

272 Addy, S., Cooksley, S., Dodd, N., Waylen, K., Stockan, J., et al. 2016. River Restoration and Biodiversity: Nature-Based Solutions for Restoring the Rivers of the UK and Republic of Ireland. IUCN National Committee for the UK.

273 van Wesenbeeck, B.K., Balke T., van Eijk P., Tonneijck, F., Siry, H.Y., et al. 2015. Aquaculture induced erosion of tropical coastlines throws coastal communities back into poverty. Ocean and Coastal Management **116**: 466-469.

274 Information from a protected area management effectiveness tracking tool assessment, carried out for the Zoological Society of London, September 2015.

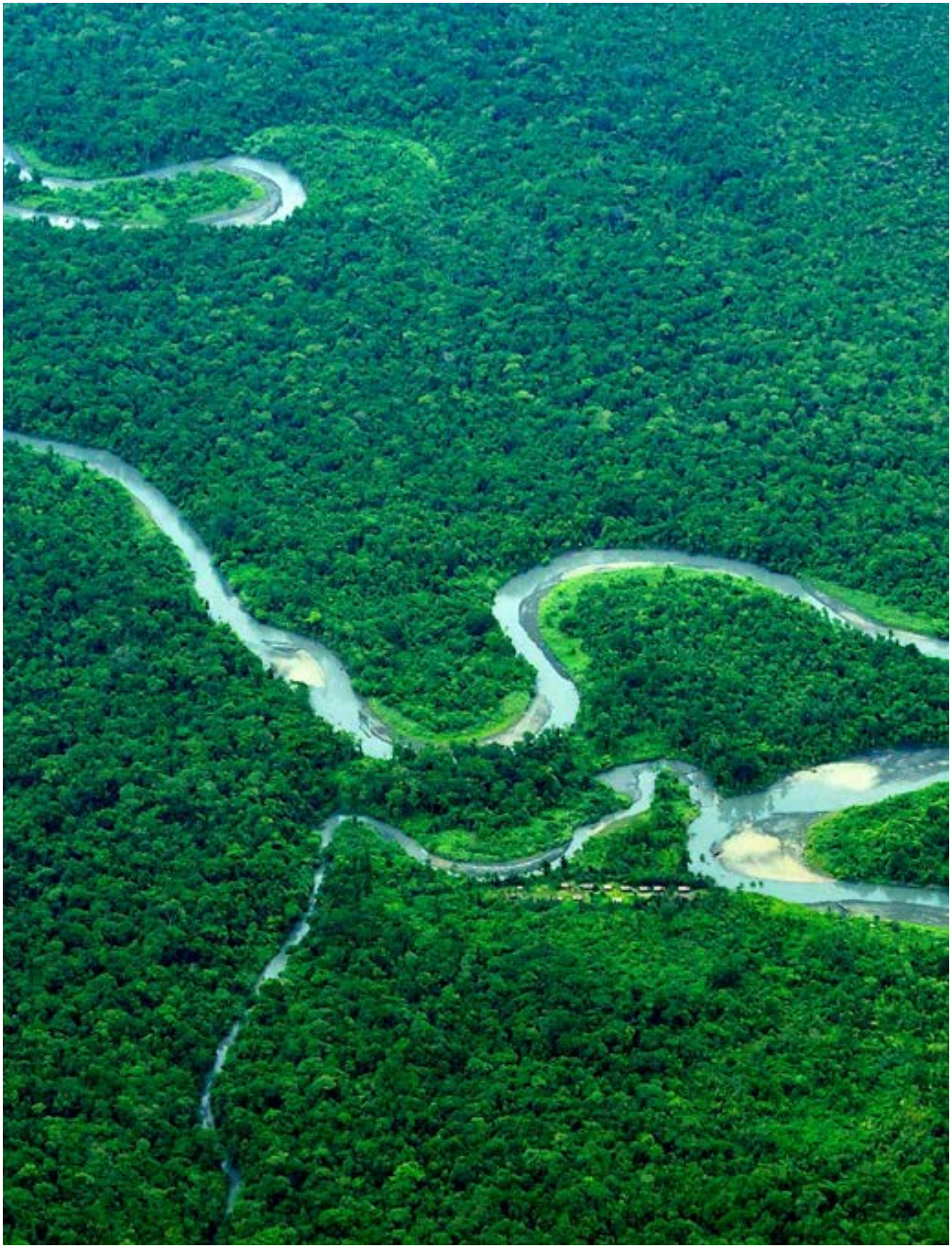
275 Saurí, D. 2013. Water conservation: Theory and evidence in urban areas of the developed world. Annual Review of Environment and Resources **38**: 227-248.

276 Saurí, D. 2013. Op. cit.

277 Government on water scarcity and drought 2015. South African Government. http://www.gov.za/speeches/government-water-scarcity-and-drought-13-nov-2015-0000

278 Hassan R. and Crafford J. 2006. Environmental and economic accounts for water in South Africa. Edward Elgar Publishing, UK. 114-168.

279 McKinney, D., Cai, X., Rosegrant, M., Ringler, C., and Scott, C. 1999. Modelling water resources management at the basin level: Review and future directions. International Water Management Institute, Sri Lanka.



© Mokhammad Edliadi (CIFOR)

Partie 2

CHAPITRE 9

BIODIVERSITÉ ET SOLS

À mesure que les niveaux de population et de consommation augmentent, les écosystèmes naturels sont remplacés par l'agriculture, l'énergie, les mines et le habitations. Une mauvaise gestion des terres se traduit par une perte généralisée de la biodiversité des sols, compromettant les systèmes de production alimentaire dans le monde entier. Les écosystèmes s'effondrent sous l'assaut de la déforestation, de la disparition des pâturages, du drainage des zones humides et des perturbations liées à l'écoulement, entraînant une crise de la biodiversité et le taux d'extinction le plus rapide de l'histoire de la Terre.

Pourtant, nous dépendons des sols vivants et de la biodiversité qui sous-tend des écosystèmes fonctionnels et qui favorise la productivité du capital naturel terrestre. Les menaces augmentent, ce qui nécessite une réponse engagée et soutenue. Un mélange de protection, de gestion durable et, le cas échéant, de restauration est requis à l'échelle du paysage pour assurer l'avenir d'une planète vivante et diversifiée.

© John A. Kelley, Service de conservation des ressources naturelles du Département de l'Agriculture des États-Unis.

INTRODUCTION

Le terme « biodiversité » désigne la diversité totale de la vie : les écosystèmes, les espèces et la variation à l'intérieur des espèces.[1] Son importance critique est soulignée par l'existence de la Convention sur la diversité biologique (CDB) signée en 1992. Toutefois, malgré les efforts mondiaux en matière de conservation, la biodiversité, sur et sous les sols, régresse, menaçant la base terrestre et les services qu'elle fournit à l'humanité. Cinq tendances clés sont évidentes :

- **Dégradation des sols et de sa biodiversité**, minant la production alimentaire et d'autres services écosystémiques essentiels
- **Déforestation et dégradation des forêts**, en particulier dans les régions tropicales
- **Perte de prairies naturelles** et transformation en écosystèmes enclins à l'érosion et pauvres en espèces
- **Disparition des zones humides**, à l'origine d'une crise pour la biodiversité en eau douce
- **Extinction de masse**, perte sans précédent d'espèces végétales et animales sauvages

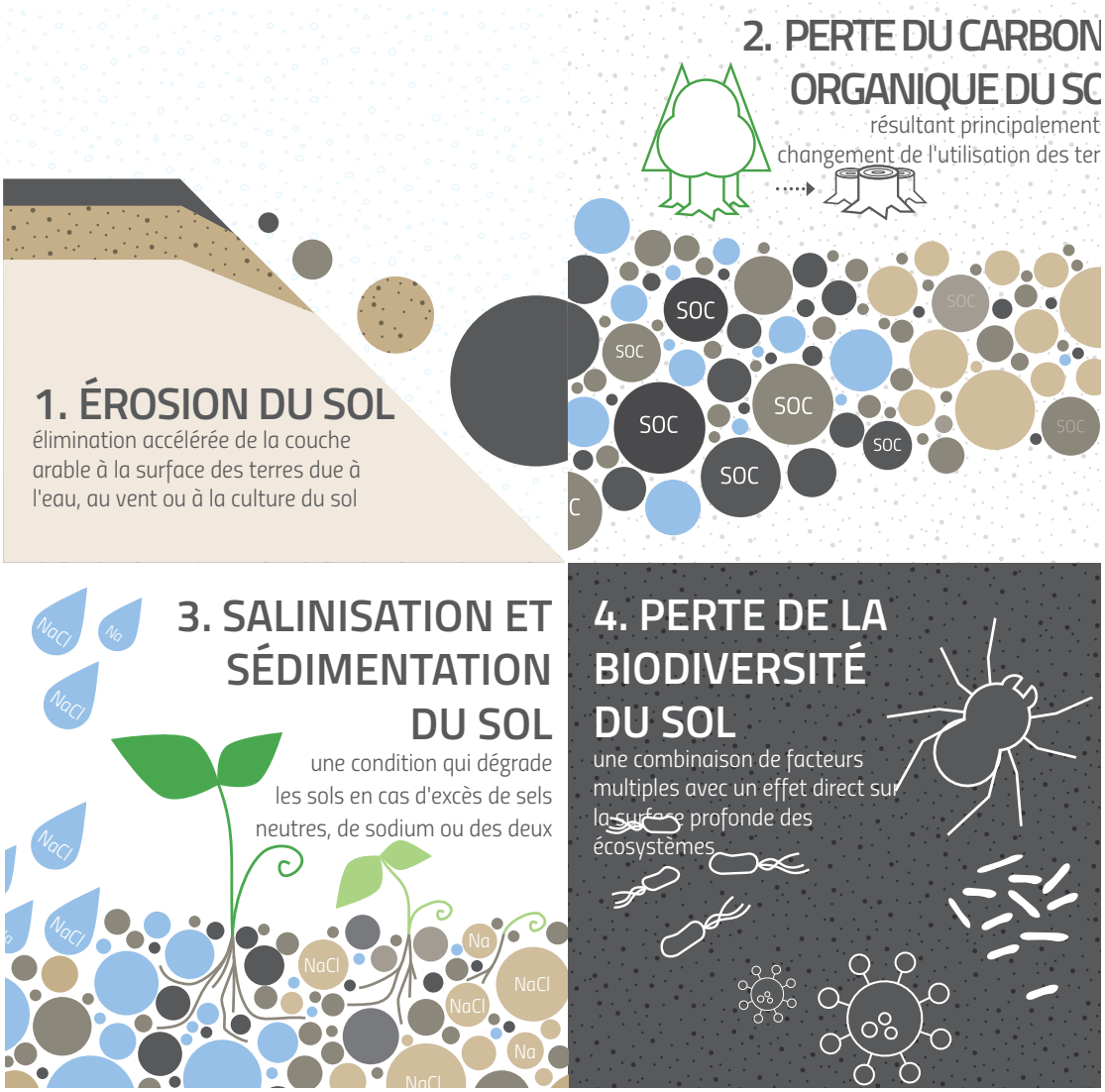
Nombre de ces tendances déconcertantes sont généralement bien connues. En effet, l'objectif 15.5 de développement durable recommande de « *prendre des mesures urgentes et significatives pour réduire la dégradation des habitats naturels, freiner la perte de biodiversité et, d'ici 2020, protéger et prévenir l'extinction des espèces menacées.* »

Les sols constituent la base de tous les écosystèmes terrestres, mais leur statut et biodiversité sont souvent ignorés dans les évaluations environnementales. En tant que composante essentielle des ressources foncières, les problèmes liés aux sols font l'objet d'une attention particulière.

1. Dégradation des sols et de leur biodiversité

Un aspect de la biodiversité, souvent éclipsé par l'accent mis sur les espèces emblématiques et ostensibles, est la santé et la sécurité de l'écosystème des sols. La Charte mondiale des sols stipule que « *les sols sont fondamentaux pour la vie sur Terre, mais les pressions humaines sur les ressources terrestres atteignent des limites critiques. Une nouvelle perte de sols productifs amplifiera la volatilité des prix alimentaires et appauvrira des millions de personnes. Cette perte est évitable. Une gestion minutieuse des sols assure non seulement une agriculture durable, mais constitue également un levier précieux pour la régulation du climat et une voie pour la sauvegarde des services écosystémiques.* »[2]

Les services écosystémiques issus des sols (qui peuvent notamment contribuer à la sécurité alimentaire, à l'atténuation des changements climatiques, à la rétention de l'eau et à la biomasse) diffèrent considérablement en fonction des types de sols, certains offrant de nombreux avantages et d'autres très peu.[3] Pourtant, environ un cinquième de la population mondiale vit et travaille sur des terres agricoles dégradées,[4] et les communautés, les gouvernements et les entreprises[5] tirent actuellement la sonnette d'alarme à cause de la nécessité absolue d'adopter une nouvelle



approche de la gestion durable des sols. Maintenir ou, dans bien des cas, rétablir la santé des sols dans les écosystèmes stressés nécessitera des politiques publiques ciblées.[6]

Les sols sains contribuent à assurer la sécurité alimentaire, la régulation du climat, la qualité de l'eau et de l'air, ainsi que la richesse de la biodiversité sur et sous les sols. Ils contribuent également à prévenir l'érosion, la désertification et les glissements de terrain.[7] Les termes « terre » et « sol » sont souvent utilisés de manière incorrecte comme synonymes. La terre est la surface solide de notre planète, qui n'est pas en permanence sous l'eau, tandis que le sol est un matériau minéral ou organique non consolidé, à la surface immédiate de la Terre, servant de milieu naturel à la croissance des plantes terrestres.[8] Les modifications de l'utilisation des terres affectent les conditions des sols, entraînant généralement leur détérioration.

Le rapport de 2015 sur l'*État des ressources du sol dans le monde*[9] a identifié les principales menaces pour les sols. Au niveau mondial, l'érosion des sols, la perte de carbone organique et les déséquilibres nutritifs ont été considérés comme les menaces les plus graves. Viennent ensuite la salinisation et la sodification, la perte de biodiversité, la contamination, l'acidification et le compactage des sols, ainsi que les inondations, l'étanchéité des sols et l'occupation des terres.[10]

Érosion des sols : disparition accélérée de la terre végétale à la surface terrestre par l'eau, le vent ou le labour. Les taux estimés d'érosion des sols dans les terres arables ou intensivement pâturées sont 100 à 1 000 fois plus élevés que les taux d'érosion naturelle et nettement supérieurs aux taux de formation des sols.[11] Les pertes nutritives subséquentes doivent être remplacées par la fertilisation à des coûts économiques et environnementaux significatifs. Par exemple, si les prix américains des engrais chez l'exploitant sont utilisés comme référence, l'érosion mondiale des sols coûte chaque année entre 33 et 60 milliards de dollars pour l'application d'azote et entre 77 et 140 milliards de dollars pour l'application de phosphore.[12]

Il est difficile d'estimer les coûts mondiaux de l'érosion des sols, mais les scientifiques commencent à mettre en garde contre la crise qui sévit actuellement. L'étendue probable de

l'érosion mondiale des sols par l'eau est de 20 à 30 Gt par an. Les taux de l'érosion éolienne sont très incertains avec environ 430 millions d'hectares de terres arides particulièrement prédisposées.[13] Les estimations imposent une limite supérieure à la mobilisation de la poussière par érosion éolienne sur les terres arables à environ 2 Gt par an.[14] Les taux d'érosion sur les terres cultivées vallonnées dans les régions tropicales et sous-tropicales peuvent atteindre 50 à 100 tonnes par ha et par an, avec une moyenne mondiale de 10 à 20 tonnes par ha et par an. Les prairies ne sont pas nécessairement plus stables. Les prairies et les pâturages dans les zones tropicales et sous-tropicales peuvent subir une érosion à un rythme semblable à celui des terres cultivées tropicales, surtout en cas de surpâturage. Par ailleurs, l'érosion des sols par l'eau induit des flux annuels de 23 à 42 Mt d'azote et de 14,6 à 26,4 Mt de phosphore provenant des terres agricoles,[15] dont une grande partie contamine les écosystèmes d'eau douce.

Carbone organique du sol : le principal moteur de la perte de carbone organique du sol (COS) à l'échelle mondiale est la modification de l'utilisation des terres et les pratiques de gestion subséquentes, en particulier par le remplacement des forêts tropicales par des terres cultivées et, dans une moindre mesure, les pâturages et les plantations,[16] ainsi que par la conversion des prairies tropicales en terres cultivées et en plantations.[17] L'exploitation forestière sélective a moins d'impacts.[18] Cette modification de la couverture terrestre est le moteur principal qui influence la modification du COS au fil du temps, suivi de la température et des précipitations.[19] Le COS augmente lorsque les terres cultivées sont reboisées, laissées en jachère, plantées avec du fumier vert ou transformées en prairies.[20] De la même manière, des puits de COS durables sont créés grâce à la reconversion des terres cultivées en forêts ou en prairies dans les climats tempérés.[21] Les autres options de piégeage du carbone sont les cultures sans labour ou à faible labour, en ajoutant du biochar ou des verres de terre (augmentant les matériaux récalcitrants), ou l'utilisation de cultures pérennes. Le carbone organique du sol est dynamique et les pratiques de gestion peuvent transformer le sol en un puits net ou en une source de gaz à effet de serre.[22]

La déforestation est une cause majeure de la perte de carbone des sols, les impacts dans les tropiques étant deux fois plus élevés en moyenne que ceux enregistrés dans les régions tempérées.[23] Les pratiques de gestion des terres, notamment le labour, sont le deuxième facteur majeur des pertes de COS, avec des évaluations régionales en Afrique, en Asie et dans certaines parties du Pacifique identifiant les périodes de jachère décroissante et les utilisations concurrentes d'intrants organiques (par exemple, l'utilisation de fumier animal comme combustible ou le brûlage de chaume pour contrôler les agents pathogènes du sol)[24] comme principales raisons de la réduction du COS. Le feu, en particulier les incendies de forêt, diminuent également les taux de carbone et d'azote des sols.[25] Les tourbières représentent un écosystème du sol, qui émet des quantités particulièrement importantes de carbone lorsqu'elles sont drainées.[26] Dans le monde, on estime à 250 000 km^2 les tourbières drainées sous les terres cultivées et les prairies[27] et à plus de 500 000 km^2 sous les forêts.[28]

Bilan nutritif des sols : il s'agit du gain net ou de la perte de nutriments de la zone des sols accessible par les racines des plantes. La flore et la faune des sols jouent un rôle clé dans la détermination du bilan nutritif grâce à la fixation de l'azote, à l'élévation du minerai et à d'autres procédés. Un bilan nutritif négatif indique une perte nette, et donc une diminution de la fertilité des sols, alors qu'un bilan nutritif positif indique un gain net et qu'un ou plusieurs nutriments végétaux pénètrent dans les systèmes des sols plus rapidement qu'ils n'en sortent. Les bilans nutritifs positifs suggèrent également une utilisation inefficace des ressources naturelles (énergie et ressources limitées, telles que le phosphore et le potassium), ce qui entraîne des fuites contribuant aux changements climatiques et réduisant la qualité des ressources hydriques de surface et souterraines. À l'échelle mondiale, les bilans nutritifs des sols concernant l'azote et le phosphore sont positifs sur l'ensemble des continents, à l'exception de l'Antarctique, et ils devraient rester stables ou, dans le pire des cas, subit une augmentation jusqu'à 50 % d'ici l'an 2050.[29] À l'inverse, à l'échelle régionale et locale, en particulier dans certaines parties de l'Afrique, de l'Asie et de l'Amérique du Sud, les nutriments des sols sont rares et présentent des soldes négatifs limitant la croissance végétale.[30]

Salinisation et sodification des sols : un état dans lequel les sols sont dégradés par une quantité excessive de sels neutres, de sodium ou les deux. L'excès de salinité des sols peut endommager les plantes en modifiant leur capacité à absorber l'eau et parfois par toxicité directe. Les sels s'accumuleront dans les sols par le drainage ascendant des eaux souterraines salées, des précipitations ou de l'irrigation plus rapidement qu'ils ne filtrent du système. Les causes naturelles comprennent l'altération des matériaux parents du sol, l'intrusion d'eau salée et le dépôt atmosphérique humide ou sec du sel des océans. Les causes induites par l'homme comprennent l'utilisation de l'eau d'irrigation à haute teneur en sel ou en sodium, une mauvaise gestion des sels et du sodium dans les sols et des pratiques qui permettent aux eaux souterraines d'augmenter près de la surface du sol, comme le drainage insuffisant des sols et le remplacement de la végétation à racines profondes par des plantes au système racinaire peu profond. Globalement, l'étendue des sols affectés par le sel est de 955 Mha alors que la salinisation secondaire affecte environ 77 Mha, dont 58 % se trouvent dans les zones irriguées.[31] On estime que 20 % des terres cultivées irriguées ont des baisses de rendement induites par le sel, entraînant une perte économique estimée à 27,3 milliards de dollars.[32]

Perte de la biodiversité du sol : plusieurs facteurs, uniques ou combinés, influent directement sur les écosystèmes de surface et ont un impact direct sur les écosystèmes de surface. La perte de la biodiversité des sols n'est pas seulement un problème de conservation mais entrave les multiples fonctions de l'écosystème, y compris les taux de décomposition, la rétention des nutriments, le développement de la structure des sols et le cycle des éléments nutritifs.[33] Ces fonctions sont nécessaires pour avoir une eau propre, contrôler les organismes nuisibles et les agents pathogènes, fertiliser les sols, assurer la production végétale et atténuer les changements climatiques. L'élimination des pertes dans la biodiversité des sols est donc une étape clé dans la restauration de sols sains.

Les organismes du sol sont très divers, regroupant des millions d'espèces et plusieurs milliards d'individus en un seul écosystème,[34] et comprenant des niveaux élevés d'endémisme.[35] Les sols abritent une grande partie de la biodiversité totale du monde.[36] Les groupes d'organismes de loin les plus abondants et les plus diversifiés sont les bactéries et les champignons, qui jouent un rôle essentiel dans la décomposition de la matière organique en reliant les agrégats du sol pour empêcher l'érosion et permettre un drainage efficace, la retenue de l'eau et l'aération. La faune du sol se compose également de protozoaires (amibes, flagellés, ciliés), nématodes (se nourrissant de racines, microbes ou nématodes), acariens, collemboles, enchytréides et vers de terre. Ensemble, ces organismes forment des réseaux trophiques qui alimentent les processus de l'écosystème du sol, comme le cycle des nutriments et la capture du carbone, et sont des composants majeurs du cycle mondial de la matière, de l'énergie et des nutriments.[37] Les réseaux trophiques du sol jouent également un rôle clé dans la préservation des services écosystémiques (qui contribuent à maintenir la productivité des cultures)[38] et la conservation de la biodiversité.[39] (Voir le tableau 9.1)

Contamination du sol : l'abus d'intrants agricoles, de résidus miniers, de combustibles fossiles et d'autres contaminants peut créer des concentrations dangereuses de métaux lourds, d'oligo-éléments, de radionucléides, de pesticides, de nutriments végétaux et d'autres polluants.[43] L'ampleur de la

Tableau 9.1 : Flore et faune des sols

Biotes du sol	Exemples	Fonctions
Faune	Vers de terre	Décomposeurs majeurs de la matière organique morte et pourrissante, tirent leur nourriture des bactéries et des champignons, menant au recyclage des nutriments Génèrent des tonnes de moulages chaque année, améliorant la structure du sol Stimulent l'activité microbienne Mélangent et agrègent le sol Augmentent l'infiltration Ouvrent des canaux pour la croissance des racines et l'habitat d'autres organismes L'invasion des espèces de vers de terre d'Europe et d'Asie dans le nord des États-Unis (où s'étendaient les glaciers) a entraîné une perte de la litière forestière, qui menace maintenant la régénération future des forêts.[40]
	Nématodes	Broutent les microbes, contrôlant les maladies et recyclant les nutriments Aident à la dispersion des microbes Omnivores ou parasites végétaux se nourrissant de racines de plantes[41]
	Arthropodes (p. ex., collemboles, coléoptères)	Détruisent la matière organique Stimulent l'activité microbienne Améliorent l'agrégation des sols Améliorent l'infiltration d'eau Luttent contre les nuisibles
	Protozoaires	Minéralisent les nutriments s'attaquant aux bactéries, aux champignons et à la faune du sol, ce qui rend les nutriments minéraux disponibles pour les plantes et autres organismes du sol et contribuent ainsi au recyclage des éléments nutritifs Stimulent la production de racines latérales en produisant des analogues d'auxine[42]
Flore	Champignons	Recyclage des nutriments par décomposition de matière organique Transformation des éléments nutritifs dans les plantes à l'aide d'hyphes fongiques (champignons mycorhiziens) Dynamique de l'eau Suppression des maladies Améliorent l'agrégation des sols Décomposent la matière organique, créent le carbone organique du sol et améliorent la structure du sol
	Bactéries	Décomposent et consomment la matière organique du sol Font partie de l'énergie et du flux de nutriments à travers le réseau trophique du sol Décomposent et dissolvent les pesticides et les polluants Améliorent l'agrégation des sols Transforment l'azote en formes réactives et non réactives
	Actinobactéries	Dégradent les composés récalcitrants

contamination des sols est difficile à évaluer ou à quantifier. En Europe de l'Ouest, 342 000 sites contaminés ont été identifiés[44] et les sites contaminés affectent 9,3 Mha aux États-Unis,[45] dont environ 1 400 sont des sites Superfund hautement contaminés.[46] Bien que ces endroits présentent une contamination extrême, les données sur les terres touchées par des sources contaminantes diffuses, telles que le dépôt d'aérosols de métaux lourds à partir des fonderies en amont, sont moins disponibles mais représenteraient une part importante de la ressource terrestre dans de nombreux pays. En général, les excès de nutriments et de pesticides constituent un problème majeur dans de nombreuses régions agricoles.

L'acidification du sol : un processus naturel à long terme impliquant le lessivage des cations basiques du sol qui peut être accéléré par des pratiques de gestion agricole (p. ex., l'utilisation d'engrais contenant de l'ammonium ou la récolte continue de cultures fixant l'azote), les dépôts acides provenant des combustibles fossiles et le drainage minier. Les sols naturellement acides se retrouvent surtout dans les zones de sols anciens ou de climats humides. Jusqu'à 30 % des terres sans glace ont des sols acides (pH inférieur à 5,5), soit quelque 4 000 Mha,[47] et la moitié des terres potentiellement arables du monde est acide.[48] L'acidification du sol limite la disponibilité des nutriments des plantes, peut entraîner des niveaux toxiques d'aluminium et de manganèse solubles, et inhibe la fixation de l'azote par les légumineuses. S'attaquer à cette menace entraîne des coûts économiques et environ-

© David Lebech

Une estimation récente suggère que 50 à 70 Gt de carbone ont été relâchés des terres agricoles mondiales au cours de l'histoire humaine.

nementaux associés à des applications de chaux, de gypse et d'autres matériaux basiques pour réduire les niveaux d'acidité.

Compactage du sol : réduit considérablement la productivité à long terme des sols, affecte la production des récoltes, augmente le ruissellement et l'érosion de l'eau, et parfois augmente également les impacts de l'érosion éolienne.[49] Le compactage du sous-sol, causé par la circulation lourde et le labour,[50] fait partie des formes les plus permanentes de dégradation des sols, qui peut durer des décennies ou des siècles.[51] Une cause principale de compactage du sol est l'augmentation du poids et de la fréquence d'utilisation des véhicules,[52] bien que le piétinement excessif par le bétail puisse également être un facteur.[53] Le compactage inhibe la croissance de micro-organismes bénéfiques vivant dans le sol,[54] réduit l'habitat des micro-invertébrés,[55] limite l'accès aux nutriments[56] et peut entraîner l'émission de méthane.[57] Le travail réduit du sol sur le long terme ou des initiatives de conservation permettraient de minimiser cette menace.[58]

Scellement du sol : l'urbanisation rapide et le manque d'aménagement du territoire peuvent conduire au scellement du sol,[59] une étanchéité plus ou moins permanente de la surface du sol avec du béton, du bitume ou d'autres surfaces imperméables. Parallèlement à la perte directe de terres agricoles, le scellement des sols réduit la capacité des surfaces à absorber l'eau et est donc plus susceptible d'augmenter les inondations urbaines. Ces problèmes sont examinés plus en détail au chapitre 11.

Les sols utilisés dans l'agriculture (« sol domestiqué ») sont des formes grandement modifiées de leurs prédécesseurs sauvages et ont souvent perdu beaucoup de leurs propriétés d'origine, y compris une grande partie de leur teneur en carbone et d'autres nutriments. Une estimation récente suggère que 50 à 70 Gt de carbone ont été relâchés des terres agricoles mondiales au cours de l'histoire humaine.[60]

Tableau 9.2 : Fronts de déforestation

Front de déforestation	Estimations des pertes en millions d'hectares d'ici 2030
Amazonie	23-48
Chocó-Darién	3
Cerrado	11
Forêt Atlantique / Gran Chaco	10
Bassin du Congo	12
Forêt côtière de l'Afrique de l'Est	12
Bornéo	21,5
Sumatra	5
Nouvelle-Guinée	7
Grand Mékong	15 -30
Australie	6
Total de 11 fronts de déforestation	**136,5-176,5**

2. Déboisement et dégradation des forêts

L'objectif 15.2 de développement durable déclare « *promouvoir la mise en œuvre d'une gestion durable de tous les types de forêts, stopper la déforestation, restaurer les forêts dégradées et augmenter considérablement le boisement et le reboisement à l'échelle mondiale.* »

Les impacts au-dessous de la surface terrestre sont reflétés et influencés par une transformation rapide au-dessus du sol. Certains des changements les plus spectaculaires ont eu lieu dans les forêts. La déforestation est pratiquée depuis la préhistoire, s'est accélérée lors de l'expansion coloniale européenne,[61] et elle continue aujourd'hui. Dans la plupart des régions tempérées, les forêts se développent à présent, après avoir atteint un bas niveau historique,[62] mais cette dynamique est plus qu'estompée par des pertes enregistrées dans les tropiques.[63] De nombreuses forêts tropicales qui subissaient une déforestation il y a quelques décennies[64] ont maintenant pratiquement disparu. Bien que le taux global de déforestation diminue, la superficie des forêts tropicales s'est néanmoins réduite de 5,5 millions d'hectares par an de 2010 à 2015 ;[65] d'autres types de forêts ont subi une dégradation[66] ou ont été surexploitées, transformées en terres d'arbustes et de broussailles, ou converties en plantations. Jusqu'à 70 % des forêts mondiales risquent d'être dégradées.[67]

Jusqu'à 70 % des forêts mondiales risquent d'être dégradées.

La perte nette de forêt devrait se poursuivre pendant plusieurs décennies. Un ensemble de 11 fronts de déforestation (voir le tableau 9.2) montre les endroits où la plus grande perte permanente de forêt ou des dégradations sévères sont prévues entre 2015 et 2030 si les pratiques courantes continuent sans interventions.[68] La perte de forêt a de graves répercussions sur la terre, en particulier si les forêts poussent sur de la tourbe où la déforestation risque de libérer de grandes quantités de carbone, ou dans les zones arides où l'absence d'arbres entraîne une érosion rapide des sols.

Les taux de perturbation forestière sont encore plus élevés. Entre 40 et 55 % des forêts tempérées et boréales ont été classées en 2003 comme « non perturbées par l'homme » (c'est-à-dire non perturbées depuis au moins 200 ans). Plus de 90 % d'entre elles se trouvaient en Russie et au Canada, avec des zones plus petites aux États-Unis, en Australie (où des pertes importantes ont été enregistrées depuis), dans les pays nordiques, au Japon et en Nouvelle-Zélande. Dans le reste de l'Europe, la proportion de forêts non perturbées est généralement comprise entre 0 et moins de 1 %, ce qui fait que les forêts tempérées européennes sont parmi les écosystèmes les plus fortement menacés au monde.[79]

3. Perte de prairies naturelles

Les prairies naturelles et semi-naturelles ont été fortement impactées par la gestion humaine, qui a à la fois détruit et créé des prairies, et changé radicalement leur composition et leurs modes de renouvellement. Ces impacts comprennent : des changements dans la fréquence et l'intensité des incendies ;[80] les types de pâturages et leur intensité ;[81] l'introduction de graminées exogènes ;[82] l'épandage de produits agrochimiques ;[83] l'arrivée d'espèces invasives de plantes et d'animaux ;[84] et la pollution de l'air.[85] La suppression de forêts naturelles crée souvent de nouvelles zones de prairies.[86] À l'inverse, les prairies sont détruites pour produire du soja, de l'huile de palme,[87] du coton,[88] de la pâte de bois[89] et des biocarburants.[90] Des changements dramatiques dans les prairies se produisent en Amérique latine,[91] Amérique du Nord,[92] Afrique,[93] Asie,[94] Australasie,[95] et en Europe.[96] Bien que certains de ces changements se soient produits sur des millénaires et que les écosystèmes aient donc pu s'adapter dans une certaine mesure, le rythme des changements s'accélère dans de nombreuses régions du monde. La crise mondiale qui frappe la santé du sol est étroitement liée à la gestion des prairies naturelles et semi-naturelles du monde.

On connaît assez peu l'état écologique des prairies comparativement à celui des forêts et autres écosystèmes. On a tenté de distinguer les prairies naturelles et non naturelles,[97] et de cartographier leur répartition,[98] de définir des critères pour les prairies à haute valeur de conservation,[99] et d'identifier les prairies riches en biodiversité en Amérique latine.[100] Mais tout ceci n'a pas été traduit en évaluations globales.[101] La connaissance de l'état des prairies est incomplète à l'échelle mondiale, bien qu'elle devrait mettre en exergue de graves pertes.

Encadré 9.1 : Déforestation dans les forêts sèches d'Amérique du Sud

Le Gran Chaco est la plus grande forêt sèche d'Amérique du Sud, s'étendant sur 100 millions d'hectares,[69] en Argentine, au Paraguay, en Bolivie et au Brésil,[70] avec des niveaux élevés de biodiversité.[71] De 2000 à 2012, le Chaco en Argentine, au Paraguay et en Bolivie a connu le taux de perte de forêt tropicale le plus élevé au monde,[72] atteignant 1 973 hectares ***par jour*** en août 2013.[73] De 2010 à 2012, 823 868 hectares ont été défrichés dans ces pays, dont les trois quarts au Paraguay.[74] En Argentine, 1,2 à 1,4 million d'hectares (85 % du total national) ont été défrichés en 30 ans, le taux de déforestation s'accélérant.[75] Au fur et à mesure que les contrôles ont été resserrés sur l'abattage de la Forêt Atlantique, dans d'autres parties du pays, les tensions se sont intensifiées sur le Gran Chaco, ce qui a engendré des coûts sociaux, la résistance étant parfois violemment réprimée.[76] En Bolivie, la déforestation a progressé de 16 000 ha/an dans les années 80 et de 120 000 ha/an dans les années 1990, avec 80 % de la forêt considérablement fragmentée depuis 1998 ;[77] les zones protégées ont également été affectées.[78]

En 2000, une analyse a révélé que 49 % des prairies étaient légèrement à modérément dégradées et que 5 % étaient sévèrement dégradées.[102] Les prairies tempérées sont l'écosystème terrestre le plus altéré,[103] avec seulement 4,5 % d'entre elles se trouvant dans des zones protégées.[104] La conservation des forêts peut accroître les menaces pesant sur les prairies,[105] comme au Brésil, où le moratoire volontaire sur le soja de l'Amazone augmente la pression sur la savane du Cerrado.[106]

De nombreux écosystèmes de prairies sont altérés par l'élevage.[107] En 2000, les prairies couvraient 40 % de la surface terrestre mondiale[108], dont 18 à 23 % étaient pâturées par le bétail domestique (à l'exclusion de l'Antarctique).[109] Selon une estimation plus récente, le pâturage couvre 26 % des terres sans glace, avec 33 % de terres arables supplémentaires utilisées pour le fourrage du bétail.[110]

Malgré ces changements, les prairies naturelles et semi-naturelles conservent des valeurs écologiques importantes. Les prairies gérées peuvent abriter des niveaux élevés de biodiversité ;[111] les pratiques de gestion influencent la biodiversité[112] mais peuvent également la soutenir en l'absence d'herbivores naturels.[113]

4. Zones humides en voie de disparition

Parallèlement à la destruction des lacs et des zones humides, les rivières sont également transformées et canalisées. Près de la moitié du flux mondial des rivières est déjà affecté par la régulation et/ou la fragmentation des flux,[125] et il y a actuellement 3 700 projets de barrages supplémentaires prévus dans le monde entier, ce qui perturbera sans aucun doute de nombreuses rivières sauvages restantes.[126] Les barrages réduisent l'écoulement de sédiments en aval, endommagent les pêches côtières et bloquent la migration des poissons. Par exemple, plusieurs espèces de poisson-chat parcourent 6 000 km depuis l'Atlantique pour se rendre dans des zones de frai dans les cours d'eau de l'Amazone,[127] mais cette migration absolument unique est menacée par des projets de barrage sur certains grands fleuves.[128] La pêche amazonienne était évaluée à 389 millions de dollars par an en 2003.[129]

Les habitats d'eau douce couvrent moins de 1 % de la surface de la Terre mais abritent au moins 100 000 espèces reconnues sur les 1,8 million qui existent.[114] Pourtant, le nombre de zones humides diminuent rapidement.[115] Malgré les efforts pour les conserver (p. ex., par la Convention de Ramsar),[116] 64 à 71 % des zones humides mondiales ont disparu depuis 1900,[117,118] entraînant avec elles leur biodiversité et leurs services écosystémiques,[119] et les pertes s'accélèrent.[120] Les causes de la perte et de la dégradation des zones humides sont multiples : le drainage ; l'assèchement dû à un détournement en amont ; la pollution et la sédimentation ; les impacts des espèces exotiques envahissantes ; la surexploitation des espèces ; les changements climatiques et les changements du régime d'écoulement.[121]

© Milo Mitchell, IFPRI

Encadré 9.2 : Perte d'espèces d'eau douce en Méditerranée orientale[122]

La Méditerranée orientale abrite 4,4 % de la population humaine mondiale mais ne contient que 1,1 % de ses ressources en eau renouvelables.[121] L'utilisation de l'eau, principalement pour l'irrigation, a conduit à l'épuisement rapide des eaux souterraines[122] tandis que la construction des barrages modifie les débits, et que la pollution agricole et domestique entraîne d'autres problèmes. De plus, le changement climatique entraîne une augmentation des températures annuelles moyennes. La réduction des débits d'eau a causé la perte totale de certaines masses d'eau (par exemple, le lac Amik en Turquie et l'oasis Azraq en Jordanie) et l'assèchement saisonnier de rivières jadis permanentes (p. ex., la rivière Qweik en Turquie et en Syrie). 19 % des espèces d'eau douce sont globalement menacées, dont 58 % sont endémiques. Six espèces, toutes des poissons, sont désormais éteintes et 18 autres (7 poissons et 11 mollusques) sont considérées comme « en danger critique d'extinction, éventuellement éteintes » par l'UICN. Le manque de données concernant de nombreux endroits peut conduire à une sous-estimation des pertes.

L'objectif 6.6 de développement durable vise à « *protéger et restaurer les écosystèmes liés à l'eau, y compris les montagnes, les forêts, les zones humides, les rivières, les aquifères et les lacs.* »

On observe aussi un inversement faible mais significatif de ces tendances, certains barrages étant désaffectés suite à l'envasement de leurs réservoirs, ou parce qu'ils sont devenus dangereux ou tout simplement parce qu'ils avaient fait leur temps. Une centaine de barrages ont déjà été démantelés aux États-Unis.[130] Les pressions contre le changement climatique et les intérêts en matière de conservation fusionnent pour encourager les gouvernements à rétablir l'hydrologie et les régimes de crues naturelles.[131]

Au cours du dernier demi-siècle, les activités humaines ont transformé les écosystèmes plus rapidement qu'à toute autre période de l'histoire.

5. Extinction massive

Au cours du dernier demi-siècle, les activités humaines ont transformé les écosystèmes plus rapidement qu'à toute autre période de l'histoire. Cela a provoqué une « extinction de masse », où même des projections pro-conservation prévoient une extinction au cours du siècle prochain cent fois plus rapide que dans des conditions naturelles,[132] bien que la vitesse et l'ampleur des extinctions futures restent difficiles à prévoir.[133] Les écologistes craignent que le changement d'utilisation des terres ait été tellement répandu que la biodiversité terrestre a été poussée au-delà des « limites planétaires », provoquant un déclin continu,[134] bien que d'autres soutiennent que les seuils de sécurité demeurent incertains.[135] Même lorsque les espèces ne sont pas éteintes, les populations ont souvent diminué de façon spectaculaire : une étude a révélé en moyenne une baisse de 38 % du nombre d'espèces depuis 1970,[136] et même jusqu'à 81 % pour les espèces vivant en eau douce.[137] La proportion d'espèces menacées d'extinction varie de 13 % pour les oiseaux à 63 % pour les cycas (un ancien groupe de plantes sporangifères), les niveaux de menace continuant d'augmenter.[138] La perte de biodiversité réduit le fonctionnement global de l'écosystème et les services écosystémiques[139] d'une manière qui n'est pas encore bien comprise,[140] mais cela risque de s'aggraver au fil du temps,[141] avec des impacts sur la productivité foncière semblables à ceux qui résultent du changement climatique.[142]

Encadré 9.3 : Biodiversité en Amazonie

L'Amazonie est une mosaïque de différents types de végétation et abrite le plus grand bassin hydrographique du monde. La forêt tropicale à feuilles persistantes couvre environ 80 % de la région, ainsi que des forêts inondées et à feuilles caduques, des marécages et des savanes amazoniennes menacées.[148] Près de 7 % ont été transformés en zones agricoles.[149] Le bassin versant a un régime de crues saisonnières culminant à 15 mètres, créant des étendues de forêts inondées.[150] Une fraction de la biodiversité de l'Amazonie est connue des scientifiques : seulement 2 à 10 % des insectes ont été répertoriés,[151] environ 6 000 à 8 000 espèces de poissons sont en grande partie inconnues,[152] et 2 200 nouvelles espèces végétales et animales ont été décrites depuis 1999. Les dauphins de l'Amazone (*Inia geoffrensis*) sont un indicateur clé de la santé environnementale. Concurrençant les pêcheurs de par leur consommation de poissons dans de nombreuses zones du fleuve, ils sont activement persécutés et sont également victimes de « prises accidentelles » lorsqu'ils s'enchevêtrent dans les filets de pêche.[153] D'autres menaces existent, comme la construction de barrages hydroélectriques, la pollution et la réduction des stocks de poissons. La protection des dauphins est souvent entravée par le manque de compréhension de leurs habitats et de leurs déplacements.[154]

Le déclin des espèces est reflété par (et dans une large mesure, provoqué par) un déclin plus important des écosystèmes naturels,[143] plus de 60 % d'entre eux étant déjà dégradés.[144] Même si beaucoup de pertes sont préhistoriques ou historiques,[145] les pertes et les dégradations se poursuivent et souvent s'accélèrent. Un dixième des régions sauvages restantes (3,3 millions d'hectares) a disparu au cours des vingt dernières années, en particulier en Amazonie et en Afrique centrale.[146] La CDB s'était fixé comme objectif de « réduire de manière significative » le taux de perte de biodiversité d'ici 2010, mais cela n'a pas été réalisé. Malgré les efforts de conservation mondiaux, la perte de biodiversité se poursuit ou même s'accélère.[147]

© Georgina Smith / CIAT.

RÉPONDRE À LA PERTE DE LA BIODIVERSITÉ ET DU SOL

Il existe des raisons impérieuses, à la fois pratiques et éthiques, de stopper l'extinction qui détruit actuellement la biodiversité mondiale et qui sape la santé et la productivité de la terre. Si on considère la question de la gestion des terres, cela signifie à long terme assurer la survie de vastes zones d'écosystèmes naturels, subvenir aux besoins des plantes sauvages et des espèces animales dans les zones gérées, et restaurer et protéger l'écosystème du sol. Tous sont nécessaires, ce n'est pas une question de l'un ou de l'autre : de nombreux écosystèmes ont déjà été tellement dégradés que des initiatives concrètes sont nécessaires pour retrouver au moins certaines de leurs fonctions et valeurs. Trois éléments sont essentiels pour la biodiversité et la conservation des sols :

- **La protection**, grâce à des aires protégées et d'autres mécanismes formels ou informels
- **La gestion** qui favorise un fonctionnement sain de l'écosystème
- **La restauration** des écosystèmes naturels et semi-naturels après dégradation

Ces trois voies d'action doivent être intégrées dans une stratégie de gestion coordonnée à grande échelle, souvent appelée *approche paysagère*.[155]

1. Protection

Les pressions exercées sur les ressources foncières sont si considérables dans de nombreuses régions du monde qu'il n'est plus possible de préserver les écosystèmes naturels restants sans une politique et une réglementation agressives, sans réelle gestion et sans décisions juridiques fermes. Une tendance actuelle suggère qu'au moins 50 % de la surface terrestre mondiale devrait rester dans un état plus ou moins naturel pour assurer la continuité des services essentiels des écosystèmes et de la biodiversité qui les sous-tend.[156] En outre, cette moitié de la planète doit inclure des quantités suffisantes de tous les écosystèmes ; il ne suffit pas de conserver les déserts, les hautes montagnes et d'autres terres à faible potentiel d'exploitation.

Un des manières de garantir le maintien des paysages naturels est la création de zones protégées officielles ou non.

Une des manières de garantir le maintien des paysages naturels est la création de zones protégées officielles ou non : les zones de terre et d'eau mises à disposition comme refuges pour la biodiversité et les services écosystémiques, et parfois aussi pour préserver les paysages culturels, les communautés humaines fragiles, les sites spirituels et les espaces récréatifs. Ils sont définis par la Commission mondiale des aires protégées de l'UICN (CMAP) comme : *un espace géographique clairement défini, reconnu, dédié et géré, par des moyens juridiques ou autres moyens efficaces, pour assurer la conservation à long terme de la nature avec des services écosystémiques et des valeurs culturelles connexes.*[157] Les méthodes de gestion varient considérablement selon les zones protégées. La CMAP définit 6 catégories par objectif de gestion, allant des réserves fauniques strictement protégées aux zones de paysages terrestres ou marins bénéficiant de certaines fonctions de protection.[158]

Les zones protégées peuvent être la pierre angulaire des stratégies nationales et régionales en matière de conservation. Elles constituent des refuges pour les espèces et les processus écologiques qui ne peuvent pas survivre dans des paysages et des paysages marins gérés de manière intensive, et elles offrent un espace pour l'évolution naturelle et la régénération écologique. Les hommes, d'une manière ou d'une autre, bénéficient du potentiel génétique des espèces sauvages et des services environnementaux des écosystèmes naturels, tels que les possibilités de loisirs et les sanctuaires attribués aux sociétés traditionnelles et vulnérables. Les zones protégées majeures sont aussi importantes pour l'héritage d'une nation que, par exemple, la cathédrale Notre-Dame ou le Taj Mahal.

Environ 15 % de la zone terrestre et des eaux intérieures de la planète sont désignées comme des zones protégées,[164] une superficie supérieure à celle de l'Amérique du Sud et de l'Amérique centrale. Plus de la moitié ont été reconnues comme telles depuis 1970, exemple unique des gouvernements et d'autres acteurs qui modifient sciemment les approches de gestion de la terre et de l'eau à une échelle significative. La superficie totale couverte est complétée par des zones protégées qui ne sont pas incluses dans la Liste officielle des zones protégées de l'ONU, mais établies par les communautés locales, les peuples autochtones, les particuliers, les fiducies à but non lucratif, les groupes religieux et les entreprises, dont certaines, comme les territoires indigènes en Amazonie, peuvent être très vastes. Elles sont soumises à différents types de gouvernance : gouvernance nationale, cogouvernance entre différentes parties prenantes, gouvernance privée et gouvernance par les populations autochtones et les communautés locales.

Les zones protégées sont efficaces pour conserver la biodiversité,[165] mais seulement si elles sont correctement gérées et dotées de ressources. Nombre d'entre elles sont confrontées à de graves pressions, comme leur utilisation illégale,[166] l'indifférence des pouvoirs publics[167] et les changements climatiques.[168] Dans le même temps, leurs valeurs sociales et culturelles plus larges sont de plus en plus reconnues.[169] Le rôle de certaines des approches de conservation moins formelles est considéré comme important, mais il n'est pas encore largement quantifié.[170]

Outre les endroits qui sont explicitement reconnus comme des zones protégées, de nombreuses autres régions spatialement délimitées ont plus ou moins été définitivement écartées du développement : les territoires des peuples autochtones, les prairies naturelles contrôlées par

© Centre international pour la recherche en agroforesterie

des communautés et utilisées pour le pâturage de bas niveau, les zones hydrographiques protégées urbaines, les zones côtières protégées, les zones d'entraînement militaire, les pentes abruptes inadaptées à l'agriculture ou à la foresterie, etc. Récemment, on a tenté de définir et de décrire de telles zones, avec les *autres mesures efficaces de protection de l'environnement par zone (OECM),*[171] car elles ont été officiellement reconnues par la CDB en 2010.[172]

Encadré 9.4 : Zones protégées - un concept ancien

Les zones protégées ne sont pas un concept moderne. Elles existent depuis des millénaires, bien que les premières aient généralement eu des objectifs utilitaires ou récréatifs plutôt que de protection consciente de la nature pour sa valeur intrinsèque. Citons comme exemples des communautés autochtones gardant des sites sacrés,[159] les zones « tapu » pour l'utilisation des ressources communales dans le Pacifique,[160] *hima* dans la péninsule arabique pour maintenir le pâturage et les services écosystémiques,[161] ainsi que les zones de chasse réservées aux classes dirigeantes.[162] Les zones d'habitats naturels ou semi-naturels ont été longtemps protégées par des groupes religieux particuliers, et ces sites naturels sacrés peuvent souvent avoir des valeurs de conservation élevées.[163]

2. Gestion

Les approches durables de la gestion des terres visent à préserver plusieurs valeurs, notamment la biodiversité, au sein du paysage géré. Ces approches sont axées sur une plus large gamme de services écosystémiques, comme ceux fournis par des sols sains et productifs. La gestion consciente des valeurs de la biodiversité peut également fournir un habitat pour une parties des espèces sauvages, évitant les dommages ou la pollution aux habitats naturels environnants, qui pourraient compromettre leur intégrité. À quelques exceptions notables,[173] les terres de production gérées ne soutiendront jamais la gamme complète de la biodiversité et des services écosystémiques, d'où le besoin de conservation des écosystèmes naturels. L'équilibre entre la conservation et la gestion durable (l'épargne foncière par rapport au partage des terres) a été débattu par les écologistes depuis des années. Dans la pratique, les deux sont nécessaires.[174]

Une grande partie des éléments de la gestion durable des terres sont décrits dans d'autres chapitres. Du point de vue de la biodiversité et de la santé des sols, on les retrouve dans 6 grandes catégories :

1. Éviter de défricher de nouvelles zones abritant une végétation semi-naturelle ou naturelle importante
2. Protéger l'écosystème des sols pour optimiser la productivité et limiter la dégradation

Encadré 9.5 : Gestion durable des sols

La gestion des services écosystémiques des sols est une partie essentielle de la gestion des terres. La réduction de la perturbation des sols et l'augmentation des matières organiques peuvent favoriser la santé des sols, de même que l'utilisation de variétés végétales améliorées (comme des variétés à enracinement plus profond),[177] des cultures de couverture,[178] des modifications de la rotation des cultures[179] et, dans certains cas, la méthode du semis direct (sans labour).[180]

On compte diverses approches visant à réduire l'érosion des sols : des mesures d'ingénierie, telles que la construction de terrasses et de fosses,[181] l'amélioration des voies d'eau, des mesures végétatives, telles que les approches de l'agroforesterie, les bandes suivant les courbes de niveau et les cultures de couverture.[182] La technique du semis direct peut radicalement améliorer les propriétés physiques des terres arables.[183] Les mesures visant à réduire l'érosion éolienne comprennent l'utilisation d'espèces résistantes à la sécheresse, de pâturages en rotation et de brise-vent, associée aux techniques du semis direct et de la culture avec paillis de chaume.[184]

Le renversement de la dégradation des sols et l'accumulation des matières organiques des sols pourraient également contribuer à atténuer les changements climatiques en isolant le carbone atmosphérique dans le sol et, en parallèle, en améliorant la résilience des systèmes agricoles.[185] L'augmentation du carbone organique dans le sol dans les systèmes de culture entraîne en permanence une augmentation des rendements, en particulier dans les zones de précipitations faibles et variables.[186]

Pour éviter la salinisation des sols, il est conseillé d'utiliser de l'eau d'irrigation de haute qualité et de mettre en place un drainage adéquat grâce à l'utilisation de drains et/ou de fossés d'écoulement. Des applications occasionnelles de gypse peuvent également être nécessaires. La prévention du compactage du sol nécessite une gestion spécifique du site, car la restauration peut prendre de nombreuses décennies. Le travail de conservation ou réduit à long terme est considéré comme une approche efficace dans de nombreuses régions du monde entier.[187]

L'adoption de mesures de conservation des sols a souvent été lente. Bien qu'essentielles pour la santé des sols sur le long terme, ces mesures ne fournissent souvent pas d'avantages tangibles immédiats aux agriculteurs. Cela est vrai tant dans les systèmes mécanisés intensifs que dans les petites exploitations agricoles des pays en développement. Les agriculteurs ne sont donc pas directement encouragés à adopter des mesures de conservation des sols, surtout lorsqu'ils ne sont pas des propriétaires terriens, et des incitations plus fortes sont nécessaires.[188]

3. Maintenir les zones d'habitat naturel dans les zones aménagées, y compris les corridors écologiques et les relais de soutien de la connectivité paysagère
4. S'assurer que toute utilisation des ressources naturelles renouvelables, comme le poisson, les produits forestiers non ligneux ou les pâturages, ne dépassent pas les niveaux durables
5. Réduire les impacts du développement économique sur la terre, y compris les impacts hors site, tels que la pollution et les dommages causés aux sols
6. Limiter l'empreinte mondiale de l'utilisation des terres, y compris l'utilisation de l'énergie et d'autres ressources, afin de réduire les impacts sur la biodiversité dans d'autres parties du monde

Il existe de nombreuses façons d'encourager et de soutenir de telles actions : des instruments juridiques et réglementaires aux incitations financières (notamment l'élimination des subventions perverses), aux systèmes de certification volontaire,[175] en passant par les systèmes de critères et d'indicateurs[176], par les meilleurs conseils en matière de gestion ou encore les codes de pratique. Les services de vulgarisation agricole et le renforcement des capacités sont nécessaires pour aider les agriculteurs et les autres gestionnaires de l'occupation foncière à adopter et à étendre les approches de la gestion durable des sols. Ce soutien doit être cohérent et soutenu sur le long terme.

Gestion durable des terres, l'objectif principal de ces *Perspectives territoriales mondiales* et de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) doit aborder tous les aspects de l'utilisation des terres. Des efforts énormes ont été faits au cours des dernières décennies, impliquant différents acteurs, des gestionnaires de l'occupation foncière individuels aux militants de la société civile, en passant par les institutions mondiales de recherche et de politique :

- **Gestion durable de l'eau**,[189] ou la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), avec de nouvelles initiatives, telles que l'Alliance for Water Stewardship et la coordination mondiale de la Convention de Ramsar sur les zones humides et le Partenariat mondial pour l'eau [190]
- **Gestion durable des forêts**,[191] avec plusieurs processus en cours, de nombreux systèmes de certification volontaire, des codes de pratique et un leadership au sein des Nations Unies par la FAO et le Forum sur les forêts[192]
- **Pastoralisme durable**,[193] qui cherche à créer des sociétés pastorales viables avec l'initiative mondiale pour un pastoralisme durable (IMPD) jouant un rôle clé[194]

- **Agroforesterie**,[195] sous l'égide d'institutions telles que le Centre pour la recherche forestière internationale et le Centre international pour la recherche en agroforesterie[196]

L'adoption de ces initiatives et d'autres dispositions semblables dans un programme d'action mondiale cohérent est une étape cruciale pour progresser vers les objectifs de développement durable à l'horizon 2030.

3. Restauration

La restauration de l'environnement est requise lorsque l'écosystème dégradé est incapable de s'autoréparer : elle est définie comme « *la procédure d'aide à la récupération d'un écosystème dégradé, endommagé ou détruit.* »[197] L'objectif principal de la restauration est de rétablir les processus et les fonctions écologiques qui sont résilientes et adaptables au changement et qui fournissent des services écosystémiques majeurs. La restauration améliore la stabilité et l'état des sols, la qualité des eaux de surface et souterraines, ainsi que les valeurs de l'habitat et de la biodiversité. Elle améliore la stabilité du climat mondial et du microclimat et offre aux hommes des avantages culturels, récréatifs et des commodités.[198] Les approches de paysage intégré relatives à la restauration des ressources terrestres et hydriques offrent des possibilités d'adoption plus large, en minimisant les compromis et en profitant des synergies entre la production de nourriture et de bois et l'approvisionnement en eau, la conservation de la biodiversité, la fourniture d'autres services écosystémiques et la lutte contre la pauvreté.[199]

La restauration des terres dégradées améliorera également le flux de nombreux autres services écosystémiques en conservant et en améliorant l'état du capital naturel.[200] La restauration de l'environnement peut également apporter des avantages économiques.[201] Une estimation récente montre que la restauration des écosystèmes des prairies pourrait fournir un rapport avantages-coûts jusqu'à 35:1 si la valeur monétaire du flux des services écosystémiques supplémentaires fournis est prise en compte.[202] De plus, les avantages pour l'emploi et les effets positifs de la restauration représentent un atout pour les économies nationales. Par exemple, le secteur de la restauration de l'environnement aux États-Unis génère directement environ 126 000 emplois et 9,5 milliards de dollars de dépenses annuelles, ainsi que 95 000 emplois et 15 milliards de dollars de dépenses annuelles de manière indirecte.[203]

Un grand nombre d'écosystèmes sont déjà à un stade où la survie à long terme des espèces et du fonctionnement de l'écosystème sont menacés, et où la restauration est urgente.[204] Par exemple, certaines des écorégions forestières les plus importantes au monde ont perdu au moins 85 % de leurs forêts, avec parfois même moins de 1 à 2 % qui subsistent.[205]

La restauration n'est généralement pas une question de rétablissement d'un écosystème historique bien connu. Une modification extensive de l'écosystème, combinée à une évolution mondiale rapide, entraînera vraisemblablement l'émergence d'écosystèmes nouveaux et hybrides, en particulier dans les paysages qui ont subi des degrés de dégradation plus élevés et qui sont donc moins résistants aux changements rapides.[206] En conséquence, il peut être irréaliste de tenter de restaurer les paysages à un état de pré-perturbation.[207] Par ailleurs, il peut ne pas y avoir d'écosystème de référence approprié pour guider la restauration.

La restauration devra tenir compte des trajectoires futures du climat, de l'utilisation des terres, des changements démographiques et socioéconomiques, ainsi que des modifications des aires des espèces. Par exemple, les graines provenant de la restauration devraient être tirées d'espèces adaptées aux climats futurs modélisés sur le site de restauration, combinées aux graines de provenance locale.[208] La restauration devra être plus adaptée aux multiples fonctions des paysages,[209] afin de satisfaire les exigences des écosystèmes et des paysages pour fournir différents services écosystémiques,[210] notamment un large éventail de valeurs culturelles et sociales.[211] En outre, les programmes de restauration réussis, tels que les 300 000 ha de bois d'acacia et de miombo réhabilités dans la région de Shinyanga en Tanzanie, sont guidés par l'expertise technique, certes, mais pas seulement. Leur succès est facilité par un mélange complexe de personnalités,

Encadré 9.6 : Restauration majeure des forêts en Corée du Sud

Il y a trente-cinq ans, le PIB de la Corée du Sud était similaire à celui du Kenya ou de la Tanzanie. Aujourd'hui, les salaires moyens dans le pays sont à peu près les mêmes qu'en Australie. En une génération, la Corée du Sud s'est imposée parmi les nations les plus riches. L'une des raisons de ce succès a été un effort massif de restauration de l'environnement. Le pays a subi une dégradation environnementale dévastatrice pendant la Seconde Guerre mondiale et la guerre civile ultérieure, laissant l'écologie en crise ; la plupart des forêts ont disparu suite aux conflits et à la consommation du bois de chauffage. Depuis lors, le gouvernement coréen a entrepris l'un des programmes de restauration forestière les plus ambitieux de l'histoire,[221] reboisant 2,8 millions d'hectares et multipliant le bois sur pied par 12,[222] de sorte que la majorité des terres est maintenant recouverte de forêts en pleine maturité. La Corée a développé un système de zones protégées qui couvre 16 000 km^2 et qui est très populaire auprès de la société principalement urbanisée ; en 2007, 38 millions de personnes ont visité les parcs nationaux, et 99 % étaient des touristes sud-coréens.[223]

de politiques de soutien et de problèmes liés à la politique sexiste, aux institutions et connaissances traditionnelles, et à la participation.[212] Chaque cas est unique et il n'existe aucun modèle qui garantit le succès.

Dans les systèmes de production animale sud-africains, la restauration de différentes terres de conservation a bénéficié aux revenus agricoles à long terme en augmentant le rendement en foin.[213] En outre, le rendement économique potentiel d'autres services écosystémiques dans la zone restaurée dépasse de 7:1 les rendements du pâturage intensif.[214]

Dans de nombreux paysages, on peut observer une caractéristique visible : l'abandon des terres agricoles marginales et moins productives. D'après les estimations, elles couvrent 60 % des terres arables à l'échelle mondiale[216]. Les terres agricoles marginales à faible productivité sont caractérisées par un apport inférieur en produits agrochimiques, des niveaux de mécanisation bas et une forte dépendance au travail manuel. Les facteurs d'abandon sont le vieillissement et le déclin des populations rurales, la mécanisation, l'éloignement des marchés et l'augmentation de la productivité de l'agriculture partout ailleurs. En Europe, les populations rurales ont diminué de 17 % depuis 1961, certaines régions rurales montagneuses de la zone méditerranéenne ont même connu une baisse de plus de 50 %.[217]

Une option est de permettre à ces terres abandonnées de « redevenir sauvages » en aidant de manière passive la régénération naturelle des forêts et d'autres habitats naturels, éliminant progressivement le contrôle et l'influence de l'homme.[218] L'abandon ne se limite pas aux pays plus riches : plus de 360 000 km^2 de terres abandonnées en Amérique latine et dans les Caraïbes ont naturellement été reboisées entre 2001 et 2010.[219] La régénération naturelle n'est pas sans controverse. Les paysages agricoles européens possèdent des valeurs culturelles et historiques importantes,[220] et certaines personnes s'opposent aux paysages sauvages en partie en raison de leur lien avec l'augmentation de grandes populations de carnivores. Une approche équilibrée de la planification des paysages, qui comprennent les terres régénérées dans le cadre de paysages agricoles polyvalents, fournira différents services écosystémiques et sera probablement acceptée par la société.

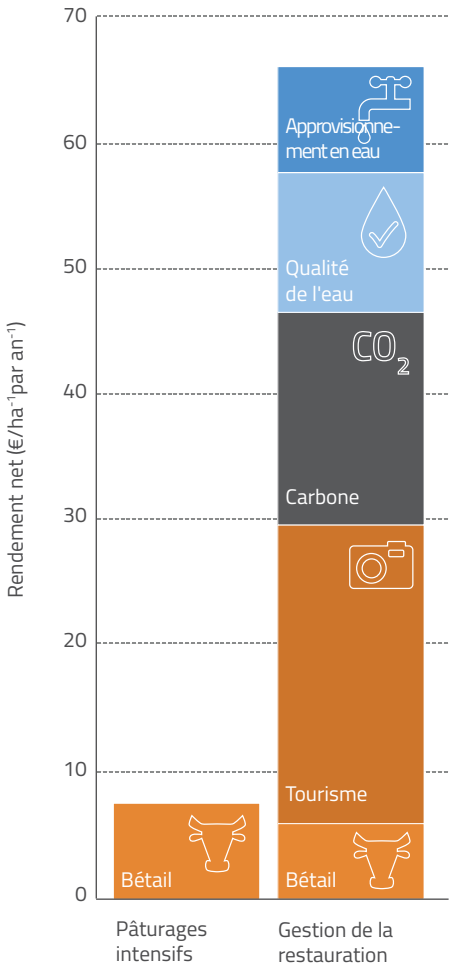


Figure 9.1 : Restauration des pâturages en Afrique du Sud : Adapté de [214]

CONCLUSION : APPROCHES PAYSAGÈRES

Ces trois éléments (conservation, gestion durable et restauration) font partie intégrante d'un cadre unique de gestion cohérente, communément appelé l'approche paysagère et défini comme suit : *Un cadre conceptuel par lequel les acteurs d'un paysage visent à concilier les objectifs sociaux, économiques et environnementaux concurrents.*[224]

Pour opérer à une échelle relativement importante avec ce qui sera inévitablement un large éventail d'intérêts concurrents, l'approche paysagère implique fondamentalement la négociation de compromis entre les différentes parties prenantes. S'assurer que la conservation de la biodiversité et la protection d'un ensemble de services écosystémiques supportent des intérêts plus étroits et plus personnels nécessitent un engagement à long terme, un leadership fort et localement intégré, des politiques et des conseils clairs, ainsi que la disponibilité de financements adéquats comme des subventions, des fonds publics et des investissements privés.

Encadré 9.7 : Éléments et catalyseurs de l'approche à l'échelle du paysage[225]

1. Les acteurs intéressés se rassemblent pour dialoguer et agir dans une plate-forme multipartite.
2. Ils entreprennent un processus systématique pour échanger des informations et discuter des points de vue afin de parvenir à une compréhension commune des conditions, des défis et des opportunités du paysage.
3. Cela permet de créer un leadership et une planification collaboratifs afin de développer un plan d'action systémique convenu à long terme.
4. Les parties prenantes mettent alors en œuvre le plan avec soin pour respecter les engagements collaboratifs.
5. Les parties prenantes entreprennent également un suivi de la gestion et des responsabilités adapté, ce qui alimente des cycles de dialogue, des échanges de connaissances et des propositions pour élaborer une nouvelle action collaborative.
6. La réussite du projet est catalysée par une bonne gouvernance, une planification à long terme et l'accès à des financements et à des marchés adéquats et durables, tous présentés dans la troisième partie de ces *Perspectives*.

© Jewel Chakma

RÉFÉRENCES

1 Wilson, E.O. (ed.) 1988. Biodiversity. National Academy Press, Washington, DC.

2 FAO. 2015. Revised World Soil Charter. Retrieved from http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/GSP/docs/ITPS_Pillars/annexVII_WSC.pdf, accessed May 10, 2017.

3 FAO and ITPS. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. FAO and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome.

4 Barbier, E. and Hochard, J. 2016. Does land degradation increase poverty in developing countries? PLoS ONE **11**: 12-15.

5 Davies, J. 2017. The business case for soil. Nature **543**: 309-311.

6 The World Bank. 2012. Carbon Sequestration in Agricultural Soils. Washington, DC.

7 Smith, P., Cotrufo, M.F., Rumpel, C., Paustian, K., Kuikman, P.J., et al. 2015. Biogeochemical cycles and biodiversity as key drivers of ecosystem services provided by soils. SOIL **1**: 665-685.

8 Definition of soil from glossary of the Soil Science Society of America: https://www.soils.org/publications/soils-glossary/ accessed April 12, 2017.

9 FAO and ITPS. 2015. Op. cit.

10 Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., et al (eds.). 2016. Global Soil Biodiversity Atlas. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

11 Montgomery, D. 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences **104**: 13268-13272.

12 FAO and ITPS. 2015. Op. cit.

13 Ravi, S., D'Odorico, P., Breshears, D.D., Field, J.P., Goudie, A.S., et al. 2011. Aeolian processes and the biosphere. Reviews of Geophysics, **449** (3): RG 3001.

14 FAO and ITPS. 2015. Op. cit.

15 Ibid.

16 Don, A., Schumacher, J., and Freibauer, A. 2011. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks—a meta-analysis. Global Change Biology **17**: 1658-1670.

17 Guo, L.B. and Gifford, R.M. 2002. Soil carbon stocks and land use change: A meta-analysis. Global Change Biology **8** (4): 345-360.

18 Berenguer, E., Ferreira, J., Gardner, T.A., Oliveira Cruz Aragão, L.E., et al. 2014. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. Global Environmental Change **20**: 3713-3726.

19 Stockmann, U., Padarian, J., McBratney, A., Minasny, B., de Brogniez, D., et al. 2015. Global soil organic carbon assessment. Global Food Security **6**: 9-16.

20 Don, A., Schumacher, J., and Freibauer, A. 2011. Op. cit.

21 Poeplau, C., Don, A., Vesterdal, L., Leifeld, J., Van Wesemael, B., et al. 2011. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone—Carbon response functions as a model approach. Global Change Biology **17**: 2415-2427.

22 Ibid.

23 West, P.C., Gibbs, H.K., Monfreda, C., Wagner, J., Barford, C.C., et al. 2010. Trading carbon for food: Global comparison of carbon stocks vs. crop yields on agricultural land. Proceedings of the National Academy of Sciences **107**: 19645-19648.

24 Bailey, K.L. and Lazarovits, G. 2003. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. Soil and Tillage Research **72** (2): 169-180.

25 Nave, L.E., Vance, E.D., Swanston, C.W., and Curtis, P.S. 2011. Fire effects on temperate forest soil C and N storage. Ecological Applications **21**:1189-1201.

26 Hooijer, A., Page, S., Canadell, J.G., Silvius, M., Kwadijk, J., et al. 2010. Current and future CO_2 emissions from drained peatlands in Southeast Asia. Biogeosciences **7**: 1505-1514.

27 Tubiello, F.N., Biancalani, R., Salvatore, M., Rossi, S., and Conchedda, G. 2016. A worldwide assessment of greenhouse gas emissions from drained organic soils. Sustainability **8**: 371.

28 Joosten, H. 2010. The Global Peatland CO_2 Picture. Peatland status and drainage related emissions in all countries of the world. Wetlands International.

29 Bouwman, L., Goldewijk, K.K., Van Der Hoek, K.W., Beusen, A.H.W., Van Vuuren, D.P., et al. 2013. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900-1950 period. Proceedings of the National Academy of Sciences **110**: 20882-20887.

30 Tan, Z.X., Lal, R., and Wiebe, K. D. 2005. Global soil nutrient depletion and yield reduction. Journal of Sustainable Agriculture **26**, 123-146.

31 Metternicht, G.I. and Zinck, J.A. 2003. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints. Remote Sensing of Environment **85**: 1-20.

32 Qadir, M., Quillerou, E., Nangia, V., Murtaza, G., Singh, M., et al. 2014. Economics of salt-induced land degradation and restoration. Natural Resources Forum **28**: 282-295.

33 Wagg, C., Bender, S.F., Widmer, F., and van der Heijden, M.G.A. 2014. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. Proceedings of the National Academy of Sciences **11** (14): 5266-5270.

34 Bardgett, R.D. and van der Putten, W.H. 2014. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. Nature **515**: 505-511.

35 Orgiazzi, A., Bardgett, R.D., Barrios, E., Behan-Pelletier, V., Briones, M.J.I., et al. (eds.) 2016. Global Soil Biodiversity Atlas. European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

36 FAO and ITPS. 2015. Op. cit.

37 Wolters, V., Silver, W., Coleman, D.C., Lavelle, P., Van der Putten, W.H., et al. 2000. Global change effects on above- and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: Interactions and implications for ecosystem functioning. Bioscience, **50**: 1089-1098.

38 Brussaard, L., de Ruiter, P.C., and Brown, G.G. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystems and Environment **121**: 233-244.

39 Hooper, D.U., Dangerfield, J.M., Brussaard, L., Wall, D.H., Wardle, D.A., et al. 2000. Interactions between above and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems, patterns, mechanisms, and feedbacks. Bioscience **50**: 1049-1061.

43 Pierzynski, G.M., Sims, J.T., and Vance, G.F. 2005. Soils and Environmental Quality, Third Edition. Taylor and Francis, Boca Raton, FL, USA.

44 Joint Research Center. 2014. Progress in the management of contaminated sites in Europe. Reference report by the Joint Research Centre of the European Commission.

45 Office of Land and Emergency Management. 2014. Protection and Restoring Land, Making a visible difference in communities, OSWER FY14 End of Year Accomplishments Report, Executive Summary.

46 United States Environmental Protection Agency. 2016. https://www.epa.gov/superfund, accessed May 10, 2017.

47 von Uexküll, H.R. and Mutert, E. 1995. Global extent, development and economic impact of acid soils. Plant and Soil **171**: 1-15.

48 Kochian, L.V., Piñeros, M.A., Liu, J., and Magalhaes, J.V. 2015. Plant adaptation to acid soils: The molecular basis for crop aluminum resistance. Annual Review of Plant Biology **66**: 571-598.

49 Hartge, K.H., and Horn, R. 2016. Essential Soil Physics. Schweizerbart Science Publ. ISBN: 978-3-510-65339-3

50 Verbist, K., Cornelis, W. M., Schiettecatte, W., Oltenfreiter, G., Van Meirvenne, M., & Gabriels, D. 2007. The influence of a compacted plow sole on saturation excess runoff. Soil and Tillage Research, **96**: 292-302.

51 Horn, R. 2011. Management effects on soil properties and functions. 447-455. In: Glinski, J., Horabik, J., and Lipiec, J. (eds.) Encyclopedia of Agrophysics. Springer Verlag, Dordrecht.

52 Riggert, R., Fleige, F., Kietz, B., Gaertig, T., and Horn, R. 2016. Stress distribution under forestry machinery and consequences for soil stability. Soil Science Society of America Journal **80** (1): 38-47.

53 Krümmelbein, J., Horn, R., and Pagliai, M. 2013. Soil degradation. Advances in Geoecology **42**. ISBN: 978-3-923381-59-3.

54 Dörner, J. and Horn, R. 2006. Anisotropy of pore functions in structured stagnicluvisols in the weichselian moraine region in Northern Germany. Journal of Plant Nutrition and Soil Science **169**: 213-220.

55 Beylich, A., Oberholzer, H.R., Schrader, S., Höpper, H., and Wilke, B.M. 2010. Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. Soil and Tillage Research **109** (2): 133-143.

56 Duttmann, R., Schwanebeck, M., Nolde, M., and Horn, R. 2014. Predicting soil compaction risks related to field traffic during silage maize harvest. Soil Science Society of America Journal **78** (2): 408-421.

57 Haas, C., Holthusen, D., Mordhorst, A., Lipiec, J., and Horn, R. 2016. Elastic and plastic soil deformation and its influence on emission of greenhouse gases. International Agrophysics **30**: 173-184.

58 Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., and Hongwen, L. 2010. Current status of adoption of no-till farming in the world and some of its main benefits. International Journal of Agricultural and Biological Engineering **3** (1), 1-25.

59 Darwish, T., Faour, G., and Khawlie, M. 2004. Assessing soil degradation by land use-cover change in coastal Lebanon. Lebanese Science Journal **5** (N1) 45-59.

60 Amundson, R., Berhe, A.A., Hopmans, J.W., Olson, C., Sztein, A.E, et al. 2015. Soil and human security in the 21st century. Science **348** (6235): 1261071-1261071.

61 Gadgil, M. and Guha, R. 1992. This Fissured Land: An ecological history of India. Oxford University Press. New Delhi.

62 Dudley, N., Schlaepfer, R., Jackson, W., Jeanrenaud, J.P., and Stolton, S. 2006. Forest Quality: Assessing forests at a landscape scale. Earthscan, London.

63 Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., et al. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. Science **333**: 988-993.

64 Lanly, J.P. 1982. Tropical forest resource, FAO Forestry Paper No. 30. FAO, Rome.

65 Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Grainger, A., et al. 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. Forest Ecology and Management **352**: 9-20.

66 Sloan, S. and Sayer, J.A. 2015. Forest Resource Assessment of 2015 shows positive trends but forest loss and degradation persist in poor tropical countries. Forest Ecology and Management **352**: 134-145.

67 Haddad, N.M., Brudvig, L.A., Clobert, J., Davies, K.F., Gonzalez, A., et al. 2015. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems, Science Advances **1** (2) e1500052.

68 Taylor, R., Dudley, N., Stolton, S., and Shapiro, A. 2015. Deforestation fronts: 11 places where most forest loss is projected between 2010 and 2030. XIV World Forestry Congress, Durban South Africa, 7-11 September 2015.

69 Ceballos, G. and Garcia, A. 1995. Conserving neotropical biodiversity: The role of dry forests in western Mexico, Conservation Biology **9** (6): 1349-1353.

70 The Nature Conservancy, Fundación Vida Silvestre Argentina, Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco and Wildife Conservation Society Bolivia. 2005. Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano / Gran Chaco Americano Ecoregional Assessment, Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires.

71 Ibid.

72 Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, A., et al. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. Science **342** (6160): 850-853.

73 Information prepared by Asociación Guyra Paraguay, with support from Iniciativa Redes Chaco – AVINA, Alianza Ecosistemas and the Programa WCS-USAID "Ka'aguy Reta: Bosques y Desarrollo."

74 Monitoreo Ambiental del Chaco Sudamericano, Guyra Paraguay 2012; and Romero, S. 2012. Vast tracts of Paraguay forest being replaced by ranches, New York Times, March 24, 2012.

75 Gaspari, N.I. and Grau, H.R. 2009. Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972-2007), Forest Ecology and Management **258**: 913-921.

76 Semino, S., Rulli, J., and Joensen, L. 2006. Paraguay Sojero: Soy expansion and its violent attack on local and indigenous communities in Paraguay: Repression and resistance. Grupo de Reflexión Rural, Argentina.

77 Steininger, M.K., Tucker, C.J., Ersts, P., Killeen, T.J., Villegas, Z., et al. 2002. Clearance and fragmentation of tropical deciduous forests in the Tierras Bajas, Santa Cruz, Bolivia. Conservation Biology **15** (4): 856-866.

78 Killeen, T.J., Calderon, V., Soria, L., Quezada, B., Steininger, M.K., et al. 2007. Thirty years of land-cover change in Bolivia, Ambio **36** (7): 600-606.

79 Dudley, N. and Stolton, S. 2003. Biological Diversity, Tree Species Composition and Environmental Protection in Regional FRA-2000. Geneva Timber and Forest Discussion Paper 33, UNECE and FAO, Geneva.

80 Pyne, S. 1994. Maintaining focus: An introduction to anthropogenic fire. Chemosphere **29** (5): 889-911.

81 Milchunas, D.G., Sala, O.E., and Lauenroth, W.K. 1988. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. The American Naturalist **132** (1): 87-106.

82 Musil, C.F., Milton, S.J., and Davis, G.W. 2005. The threat of alien invasive grasses to lowland Cape floral diversity: An empirical appraisal of the effectiveness of practical control strategies. South African Journal of Science **101**: 337-344.

83 McLaughlin, A. and Mineau, P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. Agriculture, Ecosystems and the Environment **55** (3): 201-212.

84 D'Antonio, C.M. and Vitousek, P.M. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. Annual Review of Ecological Systematics **23**: 63-87.

85 Bobbink, R., Hornung, M., and Roelofs, J.G.M. 1998. The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. Journal of Ecology **86**: 717-738.

86 Hansen, M.C., Stehman, S.V., and Potapov, P.V. 2010. Quantification of global gross forest cover loss. Proceedings of the National Academy of Sciences **107** (19): 8650-8655.

87 Gilroy, J.J., Prescott, G.W., Cardenas, J.S., González del Pliego Castañeda, P., Sánchez, A., et al. 2015. Minimizing the biodiversity impact of Neotropical oil palm development. Global Change Biology **21** (4): 1531-1540.

88 International Trade Centre. 2011. Cotton and Climate Change: Impacts and Options to Mitigate and Adapt. Geneva.

89 Fahey, B. and Jackson, R. 1997. Hydrological impacts of converting native forests and grasslands to pine plantations, South Island, New Zealand. Agricultural and Forest Meteorology **84**: 69-82.

90 Fargione, J.E., Cooper, T.R., Flaspohler, D.J., Hill, J., Lehman, C., et al. 2009. Bioenergy and wildlife: Threats and opportunities for grassland conservation. Bioscience **59**: 767-777.

91 Paruelo, J.M., Guerschman, J.P., Piñeiro, G., Jobbágy, E.G., Verón, S.R., et al. 2006. Cambios en el uso de la tierra en Argentina y Uruguay: Marcos conceptuales para su análisis. Agrociencia, **47**: 47-61.

92 Schrag, A.M. and Olimb, S. 2012. Threats assessment for the Northern Great Plains Ecoregion. WWF US, Bozeman, Montana.

93 Biggs, R., Simons, H., Bakkenes, M., Scholes, R.J., Eickhout, B., et al. 2008. Scenarios of biodiversity loss in southern Africa in the 21st century. Global Environmental Change **18**: 296-309.

94 Chuluun, T. and Ojima, D. 2002. Land use change and carbon cycle in arid and semi-arid lands of East and Central Asia. Science in China **45** (supplement): 48-54.

95 Williams, N.S.G., McDonnell, M.J., and Seagar, E.J. 2005. Factors influencing the loss of an endangered ecosystem in an urbanising landscape: A case study of native grasslands from Melbourne, Australia. Landscape and Urban Planning **7**: 35-49.

96 Stoate, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N.D., Herzon, I., et al. 2009. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. Journal of Environmental Management **91**: 22-46.

97 Faber-Langendoen, D. and Josse, C. 2010. World Grasslands and Biodiversity Patterns. NatureServe, Arlington, VA, USA.

98 Dixon, A.P., Faber-Langendoen, D., Josse, C., Morrison, J., and Loucks, C.J. 2014. Distribution mapping of world grassland types. Journal of Biogeography **41** (11): 2003-2019.

99 Brown, E., Dudley, N., Lindhe, A., Muhtaman, D.R., Stewart, C., et al. (eds.) 2013. Common guidance for the identification of High Conservation Values. HCV Resource Network, Oxford.

100 Bilenca, D. and Miñarro, F. 2004. Identifiación de Areas Valiosas de Pastizal (AVPs) en las pampas y campos de Argentina, Uruguay y Sur de Brasil. Fundacion Silvestre, Buenis Aires, Argentina.

101 Veldman, J.W., Overbeck, G.E., Negreiros, D., Mahy, G., Le Stradic, S., et al. 2015. Where tree planting and forest expansion are bad for biodiversity and ecosystem services. BioScience **65**: 1011-1018.

102 White, R.P., Murray, S., and Rohweder, M. 2000. Grassland Ecosystems, Pilot Analysis of Global Ecosystems (PAGE). World Resources Institute, Washington, DC.

103 Henwood, W.D. 2010. Towards a strategy for the conservation and protection of the world's temperate grasslands. Great Plains Research **20**: 121-134.

104 Juffe-Bignoli, D., Burgess, N.D., Bingham, H., Belle, E.M.S., de Lima, M.G., et al. 2014. Protected Planet Report 2014. UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

105 Veldman, J.W., Overbeck, G.E., Negreiros, D., Mahy, G. Le Stradic, S., et al. 2015. Op. cit.

106 Gibbs, H.K., Rausch, L., Munger, J., Schelly, I., Morton, D.C., et al. 2015. The soy moratorium: Supply-chain governance is needed to avoid deforestation. Science **347** (6220): 377-378.

107 McAlpine, C.A., Fearnside, P.M., Seabrook, L., and Laurance, W.F. 2009. Increasing world consumption of beef as a driver of regional and global change: A call for policy action based on evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. Global Environmental Change **19**: 21-33.

108 White, R.P., Murray, S., and Rohweder, M. 2000. Op. cit.

109 Blench, R. and Sommer, F. 1999. Understanding Rangeland Biodiversity. Working Paper number 121, Overseas Development Institute, London.

110 Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., et al. 2006. Livestock's Long Shadow: Environmental issues and options. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.

111 Pykälä, J., Luoto, M., Heikkinen, R.K., and Kontula, T. 2005. Plant species richness and persistence of rare plants in abandoned semi-natural grasslands in northern Europe. Basic and Applied Ecology **6** (1): 25-33.

112 Norton, D.A., Espie, P.R., Murray, W., and Murray, J. 2006. Influence of pastoral management on plant diversity in a depleted short tussock grassland, Mackenzie Basin. New Zealand Journal of Ecology **33** (3): 335-344.

113 Altesor, A., Oesterheld, M., Leoni, E., Lezama, F., and Rodríguez, C. 2005. Effect of grazing on community structure and productivity of a Uruguayan grassland. Plant Ecology **179** (1): 83-91.

114 Dudgeon, D., Arthington, A.H., Gessner, M.O., Kawabata, Z.I., Knowler, D.J., et al. 2005. Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. Biological Review **81**: 162-182.

115 Strayer, D.L. and Dudgeon, D. 2010. Freshwater biodiversity conservation: Recent progress and future challenges. Journal of the North American Benthological Society **29**: 344-358.

116 Mauerhofer, V., Kim, R.E., and Stevens, C. 2015. When implementation works: A comparison of Ramsar Convention implementation in different continents. Environmental Science and Policy **51**: 95-105.

117 Davidson, N. 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. Marine and Freshwater Research **65**: 934941.

118 Gardner, R.C., Barchiesi, S., Beltrame, C., Finlayson, C.M., Galewski, T., et al. 2015. State of the World's Wetlands and their Services to People: A compilation of recent analyses. Ramsar Convention Briefing Note **7**. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

119 Green, P.A., Vörösmarty, C.J., Harrison, I., Farrell, T., Sáenz, L, et al. 2015. Freshwater ecosystem services supporting humans: Pivoting from water crisis to water solutions. Global Environmental Change **34**: 108-118.

120 Dixon, M.J.R., Loh, J., Davidson, N.C., Beltrame, C., Freeman, R., et al. 2016. Tracking global change in ecosystem area: The Wetland Extent Trends index. Biological Conservation **193:** 27-35.

121 Darwall, W., Smith, K., Allen, D., Seddon, M., Mc Gregor Reid, G., et al. 2008. Freshwater biodiversity – a hidden resource under threat. In: Vié, J.-C., Hilton-Taylor, C., and Stuart, S.N. (eds.) The 2008 Review of The IUCN Red List of Threatened Species. IUCN, Gland, Switzerland.

122 Smith, K.G., Barrios, V., Darwall, W.R.T., and Numa, C. (eds.) 2014. The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in the Eastern Mediterranean. IUCN, Cambridge, UK, Malaga, Spain and Gland, Switzerland.

123 Frenken, K. (ed.). 2009. Irrigation in the Middle East region in figures. AQUASTAT Survey – 2008. FAO Water Reports number 34, Rome, Italy.

124 Voss, K.A., Famiglietti, J.S., Lo, M., Linage, C., Rodell, M, et al. 2013. Groundwater depletion in the Middle East from GRACE with implications for transboundary water management in the Tigris-Euphrates-Western Iran region. Water Resources Research **49** (2):904-914. Quoted in Smith, K.G., Barrios, V., Darwall, W.R.T., and Numa, C. (eds.) 2014. Op. cit.

125 Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A.E., MacDonald, G.K., Zarfl, C, et al. 2015. An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. Environmental Research Letters **10** (1): 015001 1-15.

126 Zarfl, C., Lumsdon, A.E., Berlekamp, J., Tydecks, L., and Tockner, K. 2015. A global boom in hydropower dam construction. Aquatic Sciences **77:** 161-170.

127 Barthem, R. and Goulding, M. 1997. The catfish connection: Ecology, migration and conservation of Amazon predators. Columbia University Press, New York.

128 Finer, M. and Jenkins, C.N. 2012. Proliferation of hydroelectric dams in the Andean Amazon and implications for Andes-Amazon connectivity. PLOS One **7** (4): 335126.

129 Almeida, O., Lorenzen, K., and McGrath, D. 2003. The commercial fishing sector in the regional economy of the Brazilian Amazon. The Second International Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries, February 11-14, 2003, Phnom Penh, Cambodia.

130 O'Connor, J.E., Duda, J.J., and Grant, G.E. 2015. 1000 dams down and counting. Science **348** (6234): 496-497.

131 Marris. E. 2011. Rambunctious Garden: Saving nature in a post-wild world. Bloomsbury USA, New York.

132 Ceballos, G., Ehrlich,P.R., Barnosky, A.D., García, A., Pringle, R.M., et al. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. Science Advances **1**: 5.

133 Pimm, S.L., Jenkins, C.N., Abel, R., Brooks, T.M., Gittleman, J.L., et al. 2014. The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution and protection. Science **344** (6187): 987.

134 Newbold, T., Hudson, L.N., Arnell, A.P., Contu, S., De Palma, A., et al. 2016. Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. Science **353** (6296): 288-291.

135 Oliver, T.H. 2016. How much biodiversity loss is too much? Science **353** (6296): 220-221.

136 WWF. 2016. Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era. WWF International, Gland, Switzerland**.**

137 Collen, B., McRae, L., Deinet, S., De Palma, A., Carranza, T., et al. 2011. Predicting how populations decline to extinction. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences **366 (1577): 2577-2586.**

138 Baillie, J.E.M., Griffiths, J., Turvey, S.T., Loh J., and Collen, B. 2010. Evolution Lost: Status and Trends of the World's Vertebrates. Zoological Society of London, London; and Hoffmann, M., Hilton-Taylor, C., Angulo, A., Boehm, M., Brooks, T.M., et al. 2010. The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. Science **330** (6010): 1503-1509.

139 Rao, M. and Larsen, T. 2010. Ecological consequences of extinction. Lessons in Conservation: 5-53.

140 Estes, J.A., Terborgh, J., Brashares, M.E., Power, M.E., Berger, J., et al. 2011. Trophic downgrading of Planet Earth. Science **333**: 301-306.

141 Reich, P.B., Tilman, D., Isbell, F., Mueller, K., Hobbie, S.E., et al. 2012. Impacts of biodiversity loss escalate through time as redundancy fades. Science **336**: 589-592.

142 Hooper, D.U., Adair, E.C., Cardinale, B.J., Byrnes, J.E.K., Hungate, B.A., et al. 2012. A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. Nature **486** (7401): 105-108.

143 Ellis, E.C., Klein Goldewijk, K., Siebert, S., Lightman, D., and Ramankutty, N. 2010. Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. Global Ecology and Biogeography **19** (5): 589-606**.**

144 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.

145 Crosby, A. 1986. Ecological Imperialism: The biological expansion of Europe, 900-1900. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

146 Watson, J.E.M., Shanahan, D.F., Di Moreno, M., Allan, J., Laurance, W.F., et al. 2016. Catastrophic declines in wilderness areas undermine global environment targets. Current Biology **26**: 1-6.

147 Butchart, S.H.M., Walpole, M., Collen, B., van Strien, A., Scharlemann, J.P.W., et al. 2010. Global biodiversity: Indicators of recent declines. Science **328** (5982): 1164-1168.

148 de Carvalho, W. D., & Mustin, K. 2017. The highly threatened and little known Amazonian savannahs. Nature Ecology & Evolution, 1, 0100.

149 Maretti, C.C., Riveros Salcedo, J.C., Hofstede, R., Oliveira, D., Charity, S., et al. 2014. State of the Amazon: Ecological Representation in Protected Areas and Indigenous Territories. WWF Living Amazon Initiative, Brasília and Quito.

150 Macedo, M. and Castello. L. 2015. State of the Amazon: Freshwater Connectivity and Ecosystem Health. WWF Living Amazon Initiative, Brasília, Brazil.

151 Hoorn, C. and Wesselingh, F. (eds.) 2011. Amazonia, Landscape and Species Evolution: A Look into the Past, John Wiley and Sons.

152Macedo, M. and Castello, L. 2015. Op. cit.

153 Iriarte, V. and Marmontel, M. 2013. River dolphin (Inia geoffrensis, Sotalia fluviatilis) mortality events attributed to artisanal fisheries in the Western Brazilian Amazon. Aquatic Mammals **39** (1): 116-124.

154 Gomez-Salazar, C., Trujillo, F., Portocarrero, M., and Whitehead, H. 2012. Population density estimates and conservation of river dolphins (Inia and Sotalia) in the Amazon and Orinoco river basins. Marine Mammal Science **28** (1): 1748-1762.

155 Sayer, J., Sunderland, T., Ghazoul, J., Pfund, J. L., Sheil, D., et al. 2013. Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses. Proceedings of the National Academy of Sciences **110** (21), 8349-8356.

156 Locke, H. 2013. Nature needs half: A necessary and hopeful new agenda for protected areas. PARKS **19** (2): 13-21.

157 Dudley, N. 2008. Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. IUCN, Gland, Switzerland.

158 Ibid.

159 Chatterjee, S., Gokhale, Y., Malhotra, K.C., and Srivastava, S. 2004. Sacred groves in India: An overview. Indira Gandhi Rashtriya Manav Sangrahalaya, Bhopal.

160 McMillen, H.L., Ticktin, T., Friedlander, A., Jupiter, S.D., Thaman, R., et al. 2014. Small islands, valuable insights: Systems of customary resource use and resilience to climate change in the Pacific. Ecology and Society **19** (4): 44.

161 Khalil Suleiman, M., Saleh, W., Hashemi, M., and Bhat, N.R. (eds.) 2013. Proceedings of an International Workshop: Towards an Implementation Strategy for the Human Integrated Management Approach Governance System. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait City.

162 Schama, S. 1995. Landscape and Memory. HarperCollins, London.

163 Dudley, N., Bhagwat, S., Higgins-Zogib, L., Lassen, B., Verschuuren, B., et al. 2010. Conservation of biodiversity in sacred natural sites in Asia and Africa: A review of scientific literature. In: Verschuuren, B., Wild, R., McNeely, J., and Oviedo, G. (eds.) Sacred Natural Sites. Earthscan, London: pp. 19-32.

164 UNEP-WCMC and IUCN. 2016. Protected Planet Report 2016. UNEP-WCMC and IUCN: Cambridge, UK and Gland, Switzerland.

165 Geldmann, J., Barnes, M., Coad, L., Craigie, I.D., Hockings, M., et al. 2013. Effectiveness of terrestrial protected areas in reducing habitat loss and population declines. Biological Conservation **161** (0): 230-238.

166 Dudley, N., Stolton, S., and Elliott, W. 2013. Wildlife crime poses unique challenges to protected areas. PARKS **19** (1): 7-12.

167 Mascia, M.B., Pailler, S., Krithivasan, R., Roschchanka, V., Burns, D., et al. 2014. Protected area downgrading, downsizing, and degazettement (PADDD) in Africa, Asia, and Latin America and the Caribbean, 1900–2010. Biological Conservation **169**: 355-361.

168 Brooke, C. 2008. Conservation and adaptation to climate change. Conservation Biology **22**: 1471-1476.

169 Stolton, S. and Dudley, N. (eds.) 2010. Arguments for Protected Areas. Earthscan, London.

170 Shahabuddin, G. and Rao, M. 2010. Do community-conserved areas effectively conserve biological diversity? Global insights and the Indian context. Biological Conservation **143**: 2926-2936.

171 Jonas, H., Barbuto, V., Jonas, H.C., Kothari, A., and Nelson, F. 2014. New steps of change: Looking beyond protected areas to consider other effective area based conservation measures. PARKS **20** (2): 111-128.

172 Woodley, S., Bertzky, B., Crawhall, N., Dudley, N., Miranda Londoño, J., et al. 2012. Meeting Aichi Target 11: What does success look like for protected area systems? PARKS **18** (1): 23-36.

173 Plieninger, T., van der Horst, D., Schleyer, C., and Bieling, C. 2014. Sustaining ecosystem services in cultural landscapes. Ecology and Society **19** (2): 59.

174 Kremen, C. 2015. Reframing the land-sparing/land-sharing debate for biodiversity conservation. Annual New York Academy of Sciences **1355** (1): 52-76.

175 Potts, J., Lynch, M., Wilkings, A., Huppé, G., Cunningham, M., et al. 2014.The State of Sustainability Initiatives Review 2014: Standards and the Green Economy. International Institute for Environment and Development, London.

176 MCPFE and UNECE/FAO. 2003. State of Europe's Forests 2003: The MCPFE Report on Sustainable Forest Management in Europe, Vienna and Geneva.

177 Kell, D. 2012. Large-scale sequestration of atmospheric carbon via plant roots in natural and agricultural ecosystems: Why and how. Philosophical Transactions of the Royal Society, B. **367**: 1589-1597.

178 Poeplau, C. and Don, A. 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment **200**: 33-41.

179 Burney, J.A., Davis, S.J., and Lobell, D.B. 2010. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification. Proceedings of the National Academy of Sciences **107**: 12052-12057.

180 West, T.O. and Post, W.M. 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation. Soil Science Society of America Journal, **66**: 1930-1940.

181 Pansak, W., Hilger, T.H., Dercon, G., Kongkaew, T., and Cadisch, G. 2008. Changes in the relationship between soil erosion and N loss pathways after establishing soil conservation systems in uplands of Northeast Thailand. Agriculture, Ecosystems and Environment **128** (3): 167-176.

182 Agus, F. and dan Widianto. 2004. Practical guidelines for upland soil conservation (Petunjuk praktis konservasi tanah lahan kering). Bogor, World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia.

183 Alvarez, C.R., Taboada, M.A., Gutierrez Boem, F.H., Bono, A., Fernandez, P.L., et al. 2009. Topsoil properties as affected by tillage systems in the Rolling Pampa region of Argentina. Soil Science Society of America Journal **73**: 1242-1250.

184 Fryrear, D.W. and Skidmore, E.L. 1985. Methods for controlling wind erosion. In: Follett, R.F. and Stewart, B.A. (eds). Soil Erosion and Crop Productivity. CABI.

185 Amanullah, Khan, S.U., Iqbal, A., and Fahad, S. 2016. Growth and productivity response of hybrid rice to application of animal manures, plant residues and phosphorus. Frontiers in Plant Sciences **7**: 1440.

186 Branca, G., Lipper, L., McCarthy, N., and Jolejole, M.C. 2013. Food security, climate change, and sustainable land management. A review. Agronomy for Sustainable Development **33**: 635-650.

187 Derpsch, R., Friedrich, T., Kassam, A., and Hongwen, L. 2010. Op. cit.

188 Hammad, A. and Børresen, T. 2006. Socioeconomic factors affecting farmers' perceptions of land degradation and stonewall terraces in central Palestine. Environmental Management **37**: 380-394.

189 GWP Technical Committee. 2004. Catalyzing Change: A handbook for developing integrated water resources management (IWRM) and water efficiency strategies. Global Water Partnership, Stockholm.

190 http://www.gwp.org/ accessed May 10, 2017.

191 Von Gadow, K., Pukkala, T., and Tomé, M. (eds.) 2000. Sustainable Forest Management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.

192 https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2016/12/UNSPF_AdvUnedited.pdf accessed May 10, 2017.

193 Dong, S., Wen, L., Liu, S., Zhang, X., Lassoie, J.P., et al. 2011. Vulnerability of worldwide pastoralism to global changes and interdisciplinary strategies for sustainable pastoralism. Ecology and Society **16** (2): 10.

194 https://www.iucn.org/theme/ecosystem-management/our-work/global-drylands-initiative/iucns-work-drylands/world-initiative

195 Nair, P.K.R. 1985. Classification of agroforestry systems. Agroforestry Systems **3**: 97-128.

196 http://www.worldagroforestry.org/ accessed May 10, 2017.

197 Society for Ecological Restoration. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. Society for Ecological Restoration International, Tuscon.

198 Alexander, S., Aronson, J., Whaley, O., and Lamb, D. 2016. The relationship between ecological restoration and the ecosystem services concept. Ecology and Society **21** (1): 34.

199 Estrada-Carmona, N., Hart, A.K., DeClerck, F.A.J., Harvey, C.A., and Milder, J.C. 2014. Integrated landscape management for agriculture, rural livelihoods, and ecosystem conservation: An assessment of experience from Latin America and the Caribbean. Landscape and Urban Planning **129**: 1-11.

200 Barral, M.P., Rey Benayas, J.M., Meli, P., and Maceira, N.O. 2015. Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems: A global meta-analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment **202**: 223-231.

201 Blignaut, J., Aronson, J., and de Wit, M. 2014. The economics of restoration: Looking back and leaping forward. Annals of the New York Academy of Sciences **1322**: 35-47.

© Мартин Тасев

202 de Groot, R.S., Blignaut, J., Van Der Ploeg, S., Aronson, J., Elmqvist, T., et al. 2013. Benefits of investing in ecosystem restoration. Conservation Biology **27**: 1286-1293.

203 BenDor, T., Lester, T.W., Livengood, A., Davis, A., and Yonavjak, L. 2015. Estimating the size and impact of the ecological restoration economy. PLoS ONE **10**: e0128339.

204 Aronson, J. and Alexander, S. 2013. Ecosystem restoration is now a global priority: Time to roll up our sleeves. Restoration Ecology. **21** (3): 293-296.

205 Dudley, N. and Mansourian, S. 2003. Forest Landscape Restoration and WWF's Conservation Priorities. WWF International, Gland, Switzerland.

206 Hobbs, R.J., Higgs, E., and Harris, J.A. 2009. Novel ecosystems: Implications for conservation and restoration. Trends in Ecology and Evolution **24**: 599-605.

207 Seabrook, L., McAlpine, C.A., and Bowen, M.E. 2011. Restore, repair or reinvent: Options for sustainable landscapes in a changing climate. Landscape and Urban Planning **100**: 407-410.

208 Breed, M.F., Stead, M.G., Ottewell, K.M., Gardner, M.G., and Lowe, A.J. 2013. Which provenance and where? Seed sourcing strategies for revegetation in a changing environment. Conservation Genetics **14**: 1-10.

209 Shackelford, N., Hobbs, R.J., Burgar, J.M., Erickson, T.E., Fontaine, J.B., et al. 2013. Primed for change: Developing ecological restoration for the 21st century. Restoration Ecology **21**:297-304.

210 Bullock, J.M., Pywell, R.F., and Walker, K.J. 2007. Long-term enhancement of agricultural production by restoration of biodiversity. Journal of Applied Ecology **44**: 6-12.

211 Petursdottir, T., Aradottir, A.L., and Benediktsson, K. 2013. An evaluation of the short-term progress of restoration combining ecological assessment and public perception. Restoration Ecology **21**: 75-85.

212 Barrow, E. 2014. 300,000 hectares restored in Shinyanga, Tanzania – but what did it really take to achieve this restoration? SAPIENS **7** (2).

213 Bullock, J.M., Pywell, R.F., and Walker, K.J. 2007. Long-term enhancement of agricultural production by restoration of biodiversity. Journal of Applied Ecology **44**: 6-12.

214 Bullock, J.M., Aronson, J., Newton, A.C., Pywell, R.F., and Rey-Benayas, J.M. 2011. Restoration of ecosystem services and biodiversity: Conflicts and opportunities. Trends in Ecology and Evolution **26**: 541-549.

215 Ibid.

216 Queiroz, C., Beilin, R., Folke, C., and Lindborg, R. 2014. Farmland abandonment: Threat or opportunity for biodiversity conservation? A global review. Frontiers in Ecology and the Environment **12**: 288-296.

217 Navarro, L.M. and Pereira, H.M. 2012. Rewilding abandoned landscapes in Europe. Ecosystems **15**: 900-912.

218 Corlett, R.T. 2016. Restoration, reintroduction, and rewilding in a changing world. Trends in Ecology and Evolution **31**: 453-462.

219 Aide, T.M., Clark, M.L., Grau, H.R., López-Carr, D., Levy, M.A., et al. 2013. Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001–2010). Biotropica **45**: 262-271.

220 Linnell, J.D.C., Kaczensky, P., Wotschikowsky, U., Lescureux, N., and Boitani, L. 2015. Framing the relationship between people and nature in the context of European conservation. Conservation Biology **29**: 978-985.

221 Eckholm, E. 1979. Planting for the future: Forestry for human needs. Worldwatch Paper 26. Worldwatch Institute, Washington, DC.

222 Convention on Biological Diversity, Korea Forest Service and Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (Germany). Undated. Lessons learned from the Republic of Korea's National Reforestation Programme. Seoul, Berlin and Montreal.

223 Korea National Parks System and IUCN. 2009. Korea's Protected Areas: Evaluating the Effectiveness of South Korea's protected areas system. Seoul and Gland, Switzerland.

224 Chatterton, P., Ledecq, T., and Dudley, N. (eds.) 2016. WWF Landscape Elements: Steps to achieving integrated landscape management. WWF, Vienna.

225 Drawing on Denier, L., Scherr, S.J., Shames, S., Chatterton, P., Hovani, L., et al. 2015. The Little Sustainable Landscapes Book. Global Canopy Programme, Oxford.

Partie 2

CHAPITRE 10

ÉNERGIE ET CLIMAT

L'abondance des énergie entraîne l'économie mondiale. Mais cela a un prix : nos énergies pour extraire l'énergie des combustibles fossiles et les sources renouvelables nous coûtent de grandes quantités de terres. La pollution générée par la production et la consommation d'énergie, y compris la combustion de la biomasse, modifie l'écologie de toute la planète.

Le changement climatique est le plus important et le plus grave de ces impacts, créé principalement par la combustion de combustibles fossiles, ainsi que par des émissions importantes de gaz à effet de serre provenant de la déforestation et du système alimentaire. Alors que la terre est à la fois source et victime du changement climatique, elle fait également partie de la solution. Les pratiques durables de gestion des terres peuvent contribuer aux stratégies d'atténuation du changement climatique, en stoppant et en inversant les émissions de gaz à effet de serre provenant de sources terrestres, et peuvent fournir des services écosystémiques irremplaçables qui aident la société à s'adapter aux impacts du changement climatique.

INTRODUCTION

Une explosion massive et sans précédent de la consommation d'énergie s'est mise en place depuis le XIXe siècle ; la consommation mondiale d'énergie a été multiplié par 20 au cours des 200 dernières années, dépassant largement le taux de croissance de la population.[1] En particulier, l'utilisation des combustibles fossiles a augmenté de manière spectaculaire, la fission nucléaire est apparue comme une source d'énergie d'importance mondiale, et plus récemment, une gamme de technologies axées sur les énergies renouvelables recluse dans de petits marchés de niche vient aujourd'hui prendre une place importante dans les plus grands marchés. La croissance rapide de la production et de la consommation d'énergie a eu des impacts majeurs sur les ressources des terres. Cela inclut les impacts directs, tels que le changement d'affectation des terres et la dégradation des sols, et des influences plus subtiles, comme la pollution locale et en aval des sols, de l'air et de l'eau, ainsi que des émissions de carbone provoquant des changements globaux.

L'impact le plus important fut l'accélération du changement climatique induit par l'homme. C'est au cours du XIXe siècle que les scientifiques ont en premier lieu émis l'hypothèse que les émissions anthropiques de gaz à effet de serre pouvaient changer le climat, mais l'idée n'a été plus largement acceptée qu'à partir des années 60.[2] Un consensus croissant sur la réalité, l'ampleur et le rythme du changement climatique a été atteint dans les années qui ont suivi, bien que quelques sceptiques nient toujours toute influence humaine sur le climat. La création du groupe d'experts intergouvernemental sur les changements climatiques (GIEC) en 1988 a entraîné une diffusion rapide des informations s'y rapportant. Des scientifiques du monde entier ont été encouragés à regrouper les résultats de leur recherche et à travailler ensemble pour analyser les données, élaborer des modèles climatiques et effectuer des évaluations.[3]

En 1992, lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro, la signature de la convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) a mis l'accent sur l'aspect politique du phénomène, ce qui a débouché sur un processus de négociations de plusieurs décennies sur la façon de lutter contre le changement climatique.[4] La terre et le climat ont une relation complexe : les pratiques de gestion des cultures et du bétail sont à la fois une cause du changement climatique et une solution potentielle, tant en matière d'atténuation que d'adaptation, alors que les écosystèmes terrestres seront eux-mêmes fortement modifiés. Ce chapitre fournit un bref aperçu de certains problèmes cruciaux relatifs aux terres et liés à l'énergie et au changement climatique.

L'énergie

Chaque source d'énergie a des implications sur l'état des ressources terrestres et beaucoup ont également des effets secondaires en termes de dommages sur la biodiversité, l'environnement (de façon plus large) et la santé humaine ; alors que l'ampleur de ces impacts varie, aucune source d'énergie n'est disponible sans qu'il n'y ait de prix à payer. Les coûts environnementaux et sociaux, l'analyse du cycle de vie et le ratio des retours sur investissements énergétiques sont autant de facteurs importants à prendre en considération.

Les choix politiques sont complexes et pratiquement tous les types d'approvisionnement énergétique ont au moins un groupe de la société civile exerçant des pressions contre lui.[5] Bien qu'il y ait eu des tentatives pour fournir une stratégie environnementale unifiée en matière d'approvisionnement énergétique,[6] la question reste clivante, compliquée et profondément litigieuse. Cependant, le passage à l'énergie renouvelable s'accélère et a été encouragé par l'accord de Paris sur les changements climatiques, qui vise à la « décarbonisation » mondiale.[7]

L'objectif 7 de développement durable vise à « *Assurer l'accès à une énergie abordable, fiable, durable et moderne pour tous* » avec les objectifs associés 7.1, à savoir « *assurer l'accès universel à des services énergétiques abordables, fiables et modernes* » et 7.2 « *augmenter considérablement la part des énergies renouvelables dans le mélange énergétique mondial.* »

Beaucoup de ces problèmes sont couverts ailleurs dans ces *Perspectives*, par exemple, les biocarburants sont examinés dans le chapitre 7 et l'énergie hydroélectrique dans le chapitre 8. Le tableau 10.1 résume certaines des principales implications des différentes sources d'énergie qui agissent sur ou ont un impact sur les ressources terrestres.

© Thomas Richter

Tableau 10.1 : Implications des différentes sources d'énergie pour la terre, l'environnement et la santé humaine

Source	Problèmes
Pétrole	De graves risques de pollution sont associés aux opérations d'extraction dans le sol[8], en mer, et pendant la distribution. La plus grande catastrophe mondiale liée aux hydrocarbures jusqu'à présent s'est produite dans le golfe du Mexique. Elle a libéré 4,9 millions de barils de pétrole brut,[9] impactant de vastes zones côtières. Le déversement régulier de pétrole peut également nuire à la végétation, comme les mangroves.[10] La combustion des hydrocarbures contribue grandement à la pollution de l'air ; les oxydes d'azote et les particules, principalement apportés par les transports, sont à l'origine de plus de 50 000 décès prématurés par an au Royaume-Uni, selon les estimations.[11] Les combustibles fossiles sont également le principal contributeur mondial aux émissions de gaz à effet de serre.[12] L'exploitation minière des sables bitumineux (une forme visqueuse de pétrole) au Canada est très contestée,[13] tout comme le forage en Arctique et dans les forêts tropicales.[14]
Gaz	Le rôle de la fracturation hydraulique (« fracking ») dans l'extraction des combustibles fossiles, y compris le gaz naturel difficile d'accès, a soulevé une opposition généralisée sur les sujets de la santé et de l'environnement,[15] les impacts cumulatifs sur les sols pouvant nuire à la biodiversité.[16] La combustion de gaz est également une source importante de gaz à effet de serre ; le torchage des gaz inutilisés pendant la production de pétrole crée des émissions d'environ 250 millions de tonnes de dioxyde de carbone par an.[17]
Charbon	La pollution survient lors de l'extraction et les mines à ciel ouvert tout particulièrement causent des dommages divers sur l'atmosphère, l'eau et la santé humaine.[18] Mais les mines souterraines ont en fait une plus grande empreinte environnementale de par leur consommation en piliers de bois pour le soutènement des galeries, etc.[19] Il existe de sérieux problèmes de santé et de sécurité pour les mineurs de charbon, qui souffrent d'une multitude de maladies mortelles dues à l'inhalation prolongée de poussières de charbon.[20] Les mines de charbon et les décharges de déchets détruisent l'habitat. Le charbon est une source majeure de pollution locale et de nuages nocifs, qui sont associés à une large variété de maladies humaines ;[21] les dépôts secs et humides à portée élevée (« pluie acide ») affectent l'eau douce[22], les forêts, la pollution de l'eau[23] et les émissions de gaz à effet de serre. Les mines de charbon abandonnées sont responsables d'un drainage minier acide qui peut durer des décennies.[24]
Nucléaire	Considéré par certains comme une alternative convenable en raison de ses faibles émissions de gaz à effet de serre,[25] d'autres sont au contraire très critiques vis à vis de cette perspective.[26] L'impact global sur le sol est également faible, même si les mines d'uranium peuvent avoir d'importants impacts sur la biodiversité et peuvent engendrer des problèmes sérieux de contamination et de santé chez les mineurs.[27]. Cependant, il existe une grande inquiétude concernant les conséquences pour la sécurité, démontrée par des accidents majeurs à Harrisburg aux États-Unis, Tchernobyl en Ukraine[28] et Fukushima au Japon, endommagée lors du séisme de 2011[29] et toujours très instable aujourd'hui. Les déchets hautement radioactifs provenant de la fission nucléaire nécessitent également un stockage long et sans précédent, un problème que l'industrie doit encore résoudre et qui sera probablement laissé aux gouvernements.[30]
Énergie hydroélectrique	Il y a des coûts élevés en termes de changements dans le flux des rivières, ce qui entraîne des impacts sur la biodiversité (par exemple, les poissons migrateurs), la disponibilité en nutriments en aval et les services écosystémiques, tels que les inondations périodiques pour l'irrigation.[31] Réservoirs pour la production hydroélectrique dans les vallées inondables et les zones basses, en remplacement de la végétation naturelle ou des terres agricoles et des communautés.[32] Dans certaines circonstances, les retenues hydroélectriques sont des sources importantes de méthane.[33]
Énergie marémotrice	Jusqu'à présent, elle a seulement été développée dans quelques endroits. Il existe une controverse à long terme sur les impacts potentiels d'un régime de marée dans l'estuaire de Severn au Royaume-Uni, en raison d'impacts probables sur les populations d'oiseaux.[34] Les nouvelles technologies de lagune et de marée ont des impacts environnementaux plus faibles et elles peuvent offrir des alternatives viables.
Vent	Les systèmes d'énergie éolienne ont des implications significatives sur l'utilisation des terres et ils ont générés des oppositions d'un point de vue esthétique, en termes d'impacts sur l'aspect du paysage, mais aussi en raison des impacts potentiels sur les populations d'oiseaux[35] et des zones riches en biodiversité.[36] L'agriculture peut en théorie avoir lieu dans la zone d'installation de parcs éoliens[37] et des stratégies de planification existent pour éviter les zones protégées.[38] Les parcs éoliens offshore sont moins controversés et ils deviennent plus populaires; ils peuvent avoir des impacts négatifs sur les oiseaux de mer, mais, à l'inverse, ils offrent des refuges pour les habitats benthiques et la vie marine.[39]

Source	Problèmes
Solaire	Il existe trois types d'énergie solaire : les systèmes solaires de chauffage de l'eau, les systèmes d'énergie solaire concentrés et les cellules photovoltaïques (PV).[40] L'émergence de centrales solaires - grands réservoirs de cellules photovoltaïques ou de miroirs concentriques générant de la chaleur - sur les terres agricoles et dans les régions arides a suscité des inquiétudes au sujet du compromis entre l'énergie et la production alimentaire, ainsi que la protection de la nature.[41] Cependant, les centrales solaires peuvent, si elles sont soigneusement conçues, être intégrées aux systèmes agricoles[42] et de tels systèmes "agri-solaires" sont de plus en plus mis en place.[43] Il est important de noter que les émissions de gaz à effet de serre provenant de la fabrication photovoltaïque sont elles-mêmes significatives.
Biocarburants	Plus de 2,4 milliards de personnes comptent sur le bois de chauffage et le charbon pour la cuisine et, lorsqu'ils sont récoltées de manière non durable, ils contribuent à la perte et à la dégradation des forêts.[44] Les plantations de biocarburants ont également des impacts majeurs sur l'utilisation des terres, en éliminant directement la végétation naturelle ou semi-naturelle pour établir des cultures de biocarburants ou en réduisant les cultures vivrières. À l'inverse, la gestion durable de l'herbe pour la récolte de la biomasse pourrait en théorie inciter à protéger les prairies menacées.[45] Différentes normes et systèmes de certification existent.[46] Certains biocarburants peuvent également avoir de graves répercussions sur la santé : environ 420 000 personnes meurent prématurément chaque année en Chine en raison de la pollution de l'air intérieur par le charbon et le bois de chauffage.[47] L'utilisation de combustibles fossiles est trop importante pour que les biocarburants les substituent et qu'ils soient une alternative viable.[48]
Bioénergie avec capture et stockage de carbone	Si la bioénergie est combinée à la capture et au stockage du dioxyde de carbone (BECCS), cela pourrait entraîner des émissions négatives de GES : la culture de la biomasse élimine le dioxyde de carbone de l'atmosphère, la biomasse est convertie en énergie et le dioxyde de carbone libéré de la combustion de la biomasse est capturé et stocké, offrant ainsi à la BECCS un avantage unique en termes de réduction des gaz à effet de serre si l'approvisionnement en matières premières pouvait être géré avec de faibles émissions de gaz à effet de serre. BECCS est au cœur de pratiquement toutes les stratégies pour le défi "en-dessous de 2 ° C ", ce qui nécessite des émissions de carbone négatives d'ici la fin de la 21e siècle.[49] Cependant, la technologie demeure théorique.[50]
Géothermique	Une source importante et à long terme dans les pays où l'approvisionnement est important, tels que l'Islande. L'énergie géothermique de qualité inférieure peut également être exploitée grâce à la technologie de la pompe à chaleur.[51]
Récupération d'énergie à partir de déchets	Une source d'énergie croissante, par exemple par des systèmes de traitement thermique[52] et générateurs de biogaz.[53] L'impact sur les sols et l'empreinte écologique de tels systèmes sont relativementfaibles.

© Dean Morley

Tableau 10.2 : Intensité de l'utilisation du sol dans différents systèmes énergétiques
Sources de données
(A) Trainor et al. (2016)
(B) Fthenakis et Kim (2009)
(C) IINAS (2017)
(D) PNUE (2016)
(E) estimation générique

Produit	Source d'énergie primaire		Intensité de l'utilisation des terres [m²/ MWh]				
			Données américaines(a)	Données américaines(b)	Données de l'UE (c)	UNEP (d)	Typique (e)
Électricité	Nucléaire		0,1	0,1	1,0		0,1
	Gaz naturel		1,0	0,3	0,1	0,2	0,2
	Charbon	Sous-sol	0,6	0,2	0,2		0,2
		Surface ("à ciel ouvert")	8,2	0,2	0,4	15,0	5,0
	Énergies renouvelables	Vent	1,3	1,0	0,7	0,3	1,0
		Géothermique	5,1		2,5	0,3	2,5
		Énergie hydraulique (grands barrages)	16,9	4,1	3,5	3,3	10
		PV solaire	15,0	0,3	8,7	13,0	10
		CSP solaire	19,3		7,8	14,0	15
		Biomasse (des cultures)	810	13	450		500
Combustible liquide	Pétrole		0,6		0,1		0,4
	Biocarburants	Maïs	237		220		230
		Canne à sucre (du jus)	274		239		250
		Canne à sucre (résidus)					0,1
		Graine de soja	296		479		400
		Cellulose, SRC	565		410		500
		Cellulose, résidus			0,10		0,1

Les impacts les plus importants en termes de changement direct de l'utilisation des terres proviennent des biocarburants et de l'extraction des combustibles fossiles, avec du sable à base de goudron et de l'extraction des schistes bitumineux ayant probablement la plus grande empreinte écologique directe des combustibles fossiles en termes de superficie par unité d'énergie produite. Les impacts indirects sur les terres proviennent de diverses formes de pollution, les combustibles fossiles étant encore les plus importants en termes de zone touchée, à la fois des oxydes de soufre et d'azote et plus largement par la libération de gaz à effet de serre. Le tableau 10.2[54] fournit un résumé de l'intensité de l'utilisation des terres liée aux systèmes énergétiques.

En général, les énergies non renouvelables génèrent des empreintes de 0,1 à 1 m²/ MWh (à l'exception de l'extraction du charbon à ciel ouvert), tandis que l'utilisation des terres à partir de sources renouvelables non biomasse est de l'ordre de 1 à 10 m²/ MWh, et 100 - 1000 m²/ MWh pour la biomasse (à l'exception des résidus et des déchets).[55] L'énergie nucléaire a généralement moins d'impact sur la base terrestre, bien qu'en cas de dysfonctionnement, les effets sont beaucoup plus durables.

L'hydroélectricité provoque des changements spectaculaires dans les rivières et les bassins hydrographiques, ce qui affecte les terres environnantes, réduit la disponibilité de l'eau d'irrigation, affecte la fertilité des sols et crée souvent d'autres changements dans l'utilisation des terres : les grands barrages inondent des zones, détruisent les habitats et déplacent les communautés.

Les choix d'approvisionnement en énergie ne sont pas simples et la planification doit prendre en compte tout le cycle de vie des technologies et des carburants. Il est par exemple important de distinguer les technologies centralisées (non renouvelables) qui nécessitent de l'énergie et d'autres ressources à livrer à l'installation de production et distribuées et les technologies d'énergie renouvelable qui dépendent soit du carburant sur place, soit de l'énergie locale , ce qui réduit considérablement la nécessité d'infrastructures de transport et de transmission.[56]

CHANGEMENT CLIMATIQUE

Objectif de développement durable 13 :*Prendre des mesures urgentes pour lutter contre le changement climatique et ses impacts*«reconnaitre que le changement climatique entraînera des changements fondamentaux dans le fonctionnement des écosystèmes et que les risques pour la sécurité humaine globale augmenteront». Le GIEC est catégorique lors de son examen des preuves du changement climatique, de ses causes et de ses répercussions futures sur l'environnement et la société humaine.

Impacts liés au changement climatique

Le GIEC décrit les impacts probables sur une série de problèmes dans cette *Perspective*.

- **Sécurité alimentaire :** une réduction prévue de la sécurité alimentaire. Le blé, le riz et le maïs cultivés dans des régions tropicales et tempérées seront touchés négativement par des augmentations de température locales de 2 ° C, bien que certains endroits puissent en tirer un bénéfice (indice de confiance moyen). Une forte augmentation de la température augmenterait considérablement les risques liés à la sécurité alimentaire au niveau mondial (indice de confiance élevé).
- **Sécurité de l'eau :** il est prévu une diminution des ressources en eau de surface renouvelables et des eaux souterraines dans la plupart des régions subtropicales sèches (preuve solide, degré d'accord élevé)
- **Catastrophes :** les régions côtières et les zones basses seront exposées au risque de l'élévation du niveau de la mer, qui se poursuivra pendant des siècles, même si la température moyenne globale est stabilisée (indice de confiance élevé). La preuve d'une augmentation des événements de précipitations extrêmes implique de plus grands risques d'inondation à l'échelle régionale (indice de confiance moyen). Les répercussions des évènements climatiques extrêmes récents, y compris les vagues de chaleur, les sécheresses, les inondations, les cyclones et les feux de forêt, révèlent une vulnérabilité et une exposition importantes de certains écosystèmes et de nombreuses personnes à la variabilité climatique actuelle (très fort indice de confiance).
- **Biodiversité**: Une grande partie des espèces font face à des risques d'extinction accrus pendant et au-delà du 21e siècle. La plupart des espèces végétales et animales ne pourront pas changer de zone géographique assez rapidement pour s'accommoder des conditions de changement climatique prévues dans la plupart des écosystèmes (indice de confiance élevé). À grande échelle, il y aura également des changements dans la composition, la structure, la fonction et la résilience de nombreux écosystèmes.
- **Santé humaine :** Jusqu'au milieu du siècle, les impacts prévus sur la santé humaine aggraveront les problèmes de santé existants (très fort indice de confiance), entraînant

Figure 10.1 : Impacts du changement climatique

une augmentation des problèmes de santé dans de nombreuses régions tout au long du siècle, en particulier dans les pays en développement à faible revenu (indice de confiance élevé).

- **Villes :** Dans les zones urbaines, il y aura probablement des risques accrus pour les personnes, les biens, les économies et les écosystèmes, y compris les risques liés au stress thermique, aux orages et aux précipitations extrêmes, aux inondations côtières et intérieures, aux glissements de terrain, à la pollution atmosphérique, à la sécheresse, à la pénurie d'eau, à l'élévation du niveau de la mer et aux ondes de tempête (indice confiance très élevé). Ces risques seront d'autant plus élevés pour ceux qui ne disposent pas d'infrastructures et de services nécessaires ou qui vivent dans des zones exposées.
- **Zones rurales :** Elles sont susceptibles de connaitre des répercussions majeures sur la disponibilité et l'approvisionnement en eau, la sécurité alimentaire, les infrastructures et les revenus agricoles, y compris les changements dans les zones de production des cultures vivrières et non alimentaires dans le monde (indice de confiance élevé).
- **Migration :** Un déplacement accru des personnes est probable (preuve moyenne, degré d'accord élevé). Les populations incapables d'entreprendre une migration planifiée seront plus exposées aux phénomènes météorologiques extrêmes, en particulier dans les pays à faible revenu.
- **Sécurité sociale et politique :** "Le changement climatique peut indirectement augmenter les risques de conflits violents en amplifiant les facteurs connus et bien documentés de ces conflits tels que la pauvreté et les chocs économiques (indice de confiance moyen)".[58]

La Terre se dirige vers une période d'instabilité climatique sans précédent, où les écosystèmes changeront et les phénomènes météorologiques extrêmes seront plus fréquents, ce qui risque de compromettre la sécurité humaine globale. Nous en ressentons déjà les impacts ; la poursuite des tendances actuelles pourrait entraîner des changements d'une ampleur plusieurs fois supérieure à celle déjà observée.

La gestion des terres détermine l'évolution du changement climatique

Outre les terres touchées, les pratiques d'utilisation et de gestion des terres contribuent de manière importante au changement climatique. Le changement de l'utilisation des terres, la gestion des terres et de l'eau et du climat déterminent la quantité de carbone pouvant être stockée, capturée ou libérée sous forme de gaz à effet de serre. En 2019, le GIEC publiera un rapport spécial sur les changements climatiques, la désertification, la dégradation des sols, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres.[59] Le changement de l'utilisation des terres implique souvent la conversion de systèmes vierges et riches en carbone en une utilisation des terres avec un faible potentiel de stockage du carbone (p. ex., les forêts en prairies ou les terres cultivées en zones d'infrastructures de transport). Les activités de gestion des terres peuvent augmenter les pertes de carbone en causant une perturbation du sol, une réduction de la stabilité des agrégats, une augmentation de l'incidence des incendies et une perte de couverture végétative.

L'agriculture, la foresterie et d'autres utilisations des terres (AFOLU) sont responsables d'un peu moins d'un quart des

Encadré 10.1 : Impacts probants du changement climatique

Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a publié son dernier rapport en 2014. Voici quelques constatations clés.

"Le réchauffement du système climatique est sans équivoque et depuis les années 1950, bon nombre des changements observés sont sans précédent au fil des décennies et des millénaires. L'atmosphère et l'océan se sont réchauffés, les quantités de neige et de glace ont diminué et le niveau de la mer a augmenté ...

"Les émissions anthropiques de gaz à effet de serre ont augmenté depuis l'ère préindustrielle, principalement en raison de la croissance économique et de la population et elles sont maintenant plus élevées que jamais. Cela a généré des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux sans précédent durant au moins les 800 000 dernières années. Leurs effets, ainsi que ceux d'autres facteurs anthropiques, ont été détectés dans tout le système climatique et ils sont extrêmement susceptibles d'avoir été la cause dominante du réchauffement observé depuis le milieu du 20ème siècle ...

"Au cours des dernières décennies, les changements climatiques ont eu des répercussions sur les systèmes naturels et humains, sur tous les continents et à travers les océans. Les impacts sont dus au changement climatiques observé, indépendamment de sa cause, indiquant la sensibilité des systèmes naturels et humains à l'évolution du climat ...[57]

« Les émissions continues de gaz à effet de serre accentueront le réchauffement et entraîneront des changements durables dans toutes les composantes du système climatique, augmentant la probabilité de conséquences graves, omniprésentes et irréversibles pour les hommes et les écosystèmes. Limiter le changement climatique nécessiterait des réductions substantielles et soutenues des émissions de gaz à effet de serre qui, avec l'adaptation, peuvent minimiser les risques liés au changement climatique. »

gaz à effet de serre dans le monde et la contribution totale est restée constante depuis un certain temps. Les principaux facteurs sont la déforestation et les émissions agricoles du bétail, ainsi que la gestion des sols et des nutriments, bien que la combustion de la biomasse soit également significative.[60] Les estimations suggèrent que, dans le cadre d'un scénario de continuité, le coût économique mondial du changement climatique provenant de la perte forestière pourrait atteindre 1 billion de dollars par an d'ici 2100.[61] Bien que la réduction des émissions des combustibles fossiles reste la priorité mondiale numéro un, l'arrêt et l'inversion des pertes forestières et la dégradation des sols est donc l'une des tâches les plus urgentes afin d'atténuer les changements climatiques, entièrement reconnus par les chercheurs,[62] les gouvernements[63] et les ONG.[64]

Stocker le carbone dans les écosystèmes terrestres.

Parallèlement, les écosystèmes du monde entier ont également le potentiel d'atténuer les changements climatiques en stockant et en piégeant les gaz à effet de serre et pour aider l'humanité à s'adapter aux changements en maintenant les services écosystémiques nécessaires et la biodiversité dont ils dépendent.

Afin d'atténuer le changement climatique, le défi et l'opportunité sont de transformer le terrain d'une source de carbone en un puits de carbone. Si la gestion des terres consiste à contribuer de manière significative à cette atténuation, alors les impacts des différentes utilisations des terres et des pratiques de gestion sur les taux de piégeage du carbone, la productivité des plantes et la capacité de stockage totale, doivent être mieux compris.[65] Des motivations suffisantes pour encourager les utilisations des terres qui empêchent les émissions et le piégeage du carbone supplémentaire sont nécessaires. Les changements dans les pratiques de gestion des terres pourraient réduire les émissions de gaz à effet de serre et aider à piéger le carbone de l'atmosphère (voir le tableau 10.3), mais ces mesures restent incertaines.

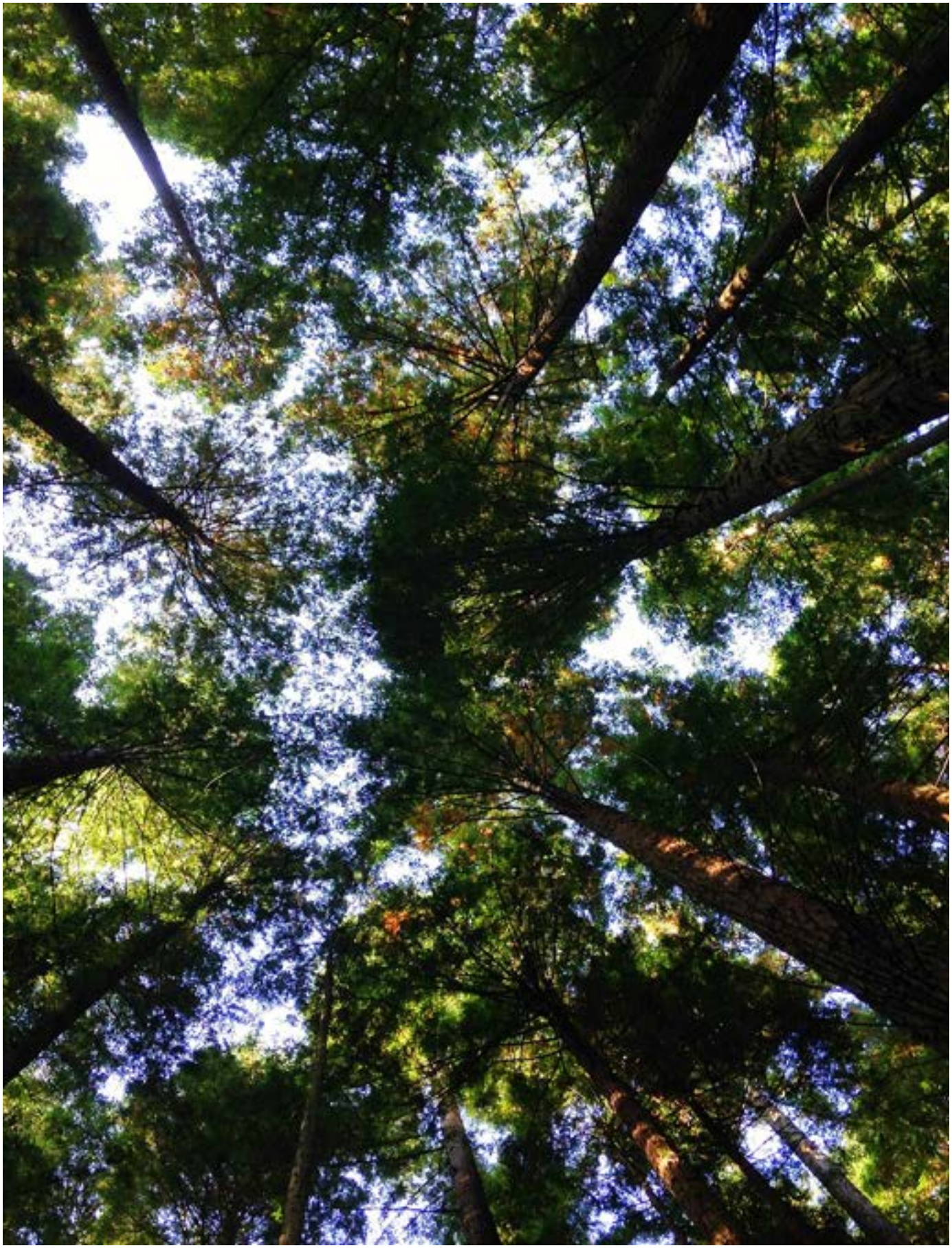
Les sols, y compris la tourbe, sont censés être le plus grand réservoir de carbone sur terre, en en détenant plus que l'atmosphère et la végétation combinées,[66] bien que ces estimations varient. Le carbone est piégé dans le sol à partir du dioxyde de carbone atmosphérique, obtenu par les plantes à l'aide de la photosynthèse et il est contenu dans les résidus de cultures et autres solides organiques. Le piégeage est augmenté par les systèmes de gestion qui ajoutent plus de biomasse au sol, réduisent les perturbations du sol, conservent l'eau, améliorent la structure du sol et améliorent l'activité de la faune du sol. À l'inverse, le carbone du sol stocké peut être perdu par une mauvaise gestion comme décrit aux chapitres 7, 8 et 9. Malgré la taille du réservoir de carbone, le rôle du carbone dans le sol a souvent été minimisé ou ignoré en tant que stratégie d'atténuation dans de nombreuses initiatives liées au changement climatique.[67]

Les forêts représentent également des réservoirs massifs de carbone. Les estimations du carbone stocké dans les forêts humides tropicales varient entre 170 et 250 tonnes de carbone / hectare (tC / ha)[68] en partie en fonction de la quantité de grandes espèces ligneuses :[69] environ 160 tC / ha dans la biomasse aérienne, 40 tC / ha sous le sol et 90-200 tC / ha dans le sol.[70] Les forêts tropicales humides capturent le carbone même après avoir atteint un stade de croissance élevé, en Amazonie[71] et en Afrique.[72] Les forêts boréales contiennent le deuxième plus grand réservoir terrestre de carbone, stocké principalement dans le sol et dans la litière foliaire, d'une moyenne de 60 à 100 tC / ha[73] et elles continuent à capturer le carbone à mesure qu'elles vieillissent.[74] La tourbe sous les forêts boréales est la principale raison pour laquelle ce type d'écosystème stocke autant de carbone. Cependant, le carbone est perdu si la probabilité d'incendie est élevée,[75] une condition susceptible d'augmenter avec le changement climatique[76] et si les volumes de récolte du bois augmentent,[77] le biome pourrait très bien passer d'un puits à une source de carbone dans le futur.

Il existe une foule de pratiques de gestion des cultures et du bétail qui protègent et restaurent la productivité des ressources des terres tout en réduisant les émissions et en piégeant le carbone (voir la figure 10.2). Les zones humides intérieures, en particulier les tourbières, sont des réservoirs

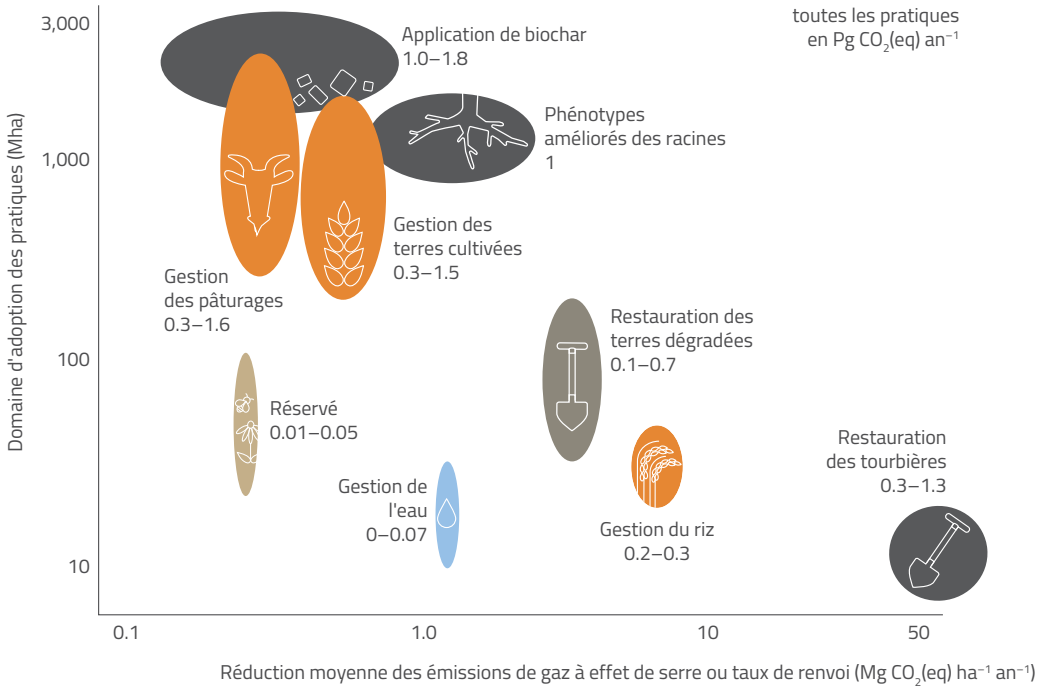
Tableau 10.3 : Le carbone stocké par le biome[86]

Biome	Carbone Gt
Forêts tropicales et subtropicales	547,8
Prairies tropicales et subtropicales, savanes, arbrisseaux	285,3
Déserts et arbustes secs	178,0
Prairies tempérées, savanes et zones arbustives	183,7
Forêt tempérée	314,9
Forêt boréale	384,2
Toundra	155,4
Total	**2049,3**



© Angela Benito

Figure 10.2 : Potentiel mondial des pratiques d'atténuation des GES basées sur l'agriculture où 1 Pg (pentagramme) est égal à 1 milliard de tonnes métriques et où 1 Mg (mégagramme) est égal à 1 tonne métrique : Conçu à partir de[78]



de carbone très importants. Alors qu'elles couvrent seulement environ 3 pour cent de la surface terrestre, la tourbe est censée contenir le plus grand stock de carbone de la planète.[79] Les tourbières intactes contiennent jusqu'à 1 300 t de tC / ha[80] avec des estimations mondiales de 550 Gt de carbone stockées.[81]

Les prairies sont également des grands réservoirs de carbone[82] détenant plus de 10 % du carbone terrestre total.[83] Les prairies tropicales et la savane ont un stockage de carbone allant de moins de 2 tC / ha lorsque les arbres sont absents et jusqu'à 30 tC / ha pour la savane boisée.[84] Les prairies tempérées et les steppes sont également des réservoirs de carbone importants.[85]

Maximiser le montant de carbone stocké dans les écosystèmes terrestres[87]

1. Réduire les émissions grâce aux changements de gestion de la terre et de la culture intensive constituant une source de gaz à effet de serre :

- Les terres inutilisées avec un potentiel de stockage de carbone plus élevé de par la conversion à l'intensification durable des terres déjà en production (principalement des terres cultivées)
- Éviter ou réduire les changements majeurs de l'utilisation des terres (p. ex. déforestation, urbanisation rapide et étalement urbain non planifié, plantations de biocarburants)
- Protéger les zones humides et les prairies de la conversion
- Améliorer les systèmes de production qui libèrent actuellement des quantités élevées de gaz à effet de serre (p. ex. réduction des émissions de gaz à effet de serre par séchage et mouillage des rizières)

2. Protéger les sols à haute teneur en carbone :

- Éviter le drainage excessif conduisant à l'oxydation et à la minéralisation des sols organiques ; maintenir les niveaux d'eau souterraine à une hauteur optimale en régulant leur niveaux ; protéger et restaurer les zones humides
- Éviter les pratiques agronomiques et les systèmes de production qui accélèrent l'érosion des sols et la décomposition de la matière organique du sol ; remplacer par des systèmes sans labour du sol ou avec très peu de préparation de la terre, sols permanents, pâturages, etc.
- Éviter le déblaiement de buissons ou de forêts liés à la combustion, au surpâturage et à la surexploitation de la végétation, ce qui réduit la matière organique au-dessus et au-dessous du sol

3. Augmenter la piégeage du carbone et améliorer la capacité de stockage

- Restaurer les terres cultivées ou les pâturages utilisés de manière intensive vers des systèmes plus étendus, tels que le remodelage des sols organiques ou l'inversion de l'utilisation des terres (p. ex., des terres cultivées en prairies ou la restauration des zones humides)
- Augmenter le piégeage du carbone et les stocks de carbone des sols minéraux ; appliquer des pratiques de gestion agronomique qui améliorent la production de

biomasse au-dessus et en-dessous du sol ainsi que la rétention de résidus
- Si nécessaire, maintenir les «feux froids» par brûlage prescrit et éviter les feux sauvages importants.

L'atténuation du changement climatique grâce à l'amélioration de l'utilisation et de la gestion des terres est un investissement à long terme qui implique des compromis, dans certains cas en raison du temps requis et du manque de bénéfices immédiats pour les utilisateurs des terres locales. Par exemple, la gestion améliorée des sols minéraux en plantant des cultures de couverture et en réduisant les perturbations du sol, elle peut améliorer les stocks de carbone sans augmenter le niveau d'eau souterraine. Cela réduit le risque d'émissions de méthane dans les sols organiques et minéraux et cela démontre pourquoi le bilan global du carbone doit être soigneusement calculé. Certaines stratégies visant l'atténuation des changements climatiques, y compris le re-mouillage des sols organiques et la restauration des prairies, ont des avantages directs pour la conservation de la biodiversité et au renforcement de la résilience de l'ensemble du système.

Gérer les terres pour augmenter la résilience

En plus du piégeage et du stockage du carbone, les écosystèmes naturels et semi-naturels gérés de manière appropriée fournissent une gamme de services écosystémiques importants, comme décrit au chapitre 4. Cela inclut leur rôle dans la prévention ou la réduction des effets des catastrophes météorologiques, en fournissant un approvisionnement en eau potable et sûr, en abordant les problèmes de santé liés au climat et en protégeant les approvisionnements alimentaires, y compris les aliments sauvages, les sites de pêche et les espèces sauvages apparentées à des plantes cultivées. Plus fondamentalement, en maintenant une biosphère saine et efficace, en protégeant les cycles des nutriments et de l'eau et la formation des sols, les écosystèmes qui fonctionnent bien peuvent fournir les éléments constitutifs pour assurer une sécurité à long terme à la fois alimentaire et de l'eau.

Une adaptation efficace dépend du fait que l'écosystème continue de fonctionner, de sorte que les responsables de la gestion des espaces naturels recherchent de plus en plus d'options pour accroître la résilience face au changement climatique et à d'autres formes de stress.[88] Veiller à ce que le capital naturel terrestre soit aussi robuste que possible et géré durablement, réduit les émissions de gaz à effet de serre et piège le carbone tout en améliorant la résilience humaine et écosystémique vis-à-vis des impacts du changement climatique.

CONCLUSION

Les réponses à ces défis sont simples : des sources d'énergie moins polluantes, des solutions plus efficaces, des économies d'énergie et des pratiques d'utilisation et de gestion des terres qui donnent la priorité à la conservation du carbone dans le sol.[89] Cependant, se mettre d'accord sur ce que cela signifie en pratique s'est avéré difficile et la mise en œuvre de stratégies équitables d'énergie propre, ainsi que l'élargissement de la gestion durable des terres sont encore plus complexes.

Réconcilier l'augmentation rapide de la demande alimentaire avec la nécessité pressante d'aborder le changement climatique mondial en stabilisant ou en réduisant les émissions provenant de l'agriculture, est un problème complexe qui nécessite de nouvelles mesures politiques visant à encourager les meilleures pratiques. Les politiques d'atténuation du climat devraient donc être dirigées vers les sites où les cultures ont une teneur en émission élevée. Les résultats indiquent clairement que les politiques de régulation du climat pour les terres cultivées devraient donner la priorité à l'élimination du drainage des tourbières.[90] Les changements de régime alimentaire ont également un fort potentiel pour réduire les pertes de carbone.[91]

Certains croient que l'énergie nucléaire, quel que soit son danger, est préférable à notre dépendance continue envers les combustibles fossiles,[92] tandis que d'autres plaident pour un avenir non nucléaire, d'énergie renouvelable.[93] Certains analystes pensent que l'approvisionnement en pétrole a atteint des sommets et que le monde est confronté à de réelles pénuries d'énergie[94] alors que d'autres ne sont pas d'accord.[95] La mesure dans laquelle les pays devraient s'appuyer sur l'hydroélectricité reste un grand sujet de controverse. L'élan pour continuer dans ces approches est énorme et les principaux acteurs de l'industrie ont le pouvoir de créer des choix énergétiques qui profitent à leurs propres industries Des stratégies qui abordent les doubles défis de l'énergie et du climat commencent à émerger, mais en principe, elles se déroulent à petits pas et beaucoup plus lentement que nécessaire.

RÉFÉRENCES

1 Grübler, A. 2004. Transitions in Energy Use. In: The Encyclopedia of Energy volume 6, Elsevier, pp. 163-177.

2 Anon. 2015. Climate milestones leading to 1965 PCAST Report. Science **350**: 1046.

3 Hulme, M. and Mahony, M. 2010. Climate change: What do we know about the IPCC? Progress in Physical Geography **34** (5): 705-718.

4 Knopf, B., Fuss, S., Hansen, G., Creutzig, F., Minx, J., and Edenhofer, O. 2017. From targets to action: Rolling up our sleeves after Paris. *Global Challenges* **1** (2): 1600007.

5 Dudley, N. 2008. Back to the energy crisis: The need for a coherent policy towards energy systems. Policy Matters issue 16. IUCN Commission on Environmental, Economic and Social Policy, Switzerland.

6 See for example Singer, S. (ed.) 2011. The Energy Report: 100% renewable energy by 2050. WWF International, Gland, Switzerland.

7 UNCCD. 2016. Land Matters for Climate: Reducing the gap and approaching the target. UNCCD, Bonn.

8 Rowell, A., Marriott, J., and Stockman, L. 2005. The Next Gulf: London, Washington and Oil Conflict in Nigeria. Constable and Robinson, London.

9 Mendelssohn, I.A., Andersen, G.L., Baltz, D.M., Caffey, R.H., Carman, K.R., et al. 2012. Oil impacts on coastal wetlands: Implications for the Mississippi river delta ecosystem after the Deepwater Horizon oil spill. *Bioscience* 62 (6): 562-574.

10 UNEP 2011. Environmentaal assessment of Ogoniland. United Nations Environment Programme, Nairobi.

11 Department of Environment, Food and Rural Affairs. 2015. Draft Plans to Improve Air Quality in the UK: Tackling nitrogen dioxides in our towns and cities. HM Government, London.

12 https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data, accessed February 12, 2017.

13 Gosselin, P., Hrudey, S.E., Naeth, M.A., Plourde, A., Therrien, R., et al. 2010. Environmental and Health Impacts of Canada's Oil Sands Industry. The Royal Society of Canada. Ottawa; Timoney, K.P. and Lee, P. 2009. Does the Alberta tar sands industry pollute? The scientific evidence. The Open Conservation Biology Journal **3:** 65-81.

14 Jones, N., Pejchar, L., and Kiesecker, J. 2015. The energy footprint: How oil, natural gas, and wind energy affect land for biodiversity and the flow of ecosystem services. *BioScience* **65** (3): 290-301**.**

15 Jackson, R.B., Vengosh, A., Carey, J.W., Davies, R.J., Darrah, T.H., O'Sullivan, F., and Pétron, G. 2014. The environmental costs and benefits of fracking. Annual Review of Environment and Resources **39**: 1-655**.**

16 Dannwolf, U. and Heckelsmüller, A. 2014. Environmental Impacts of Hydraulic Fracturing Related to the Exploration and Exploitation of Unconventional Natural Gas, in Particular of Shale Gas Part 2 – Groundwater Monitoring Concept, Fracking Chemicals Registry, Disposal of Flowback, Current State of Research on Emissions/ Climate Balance, Induced Seismicity, Impacts on Ecosystem, Landscape and Biodiversity – Summary. Umweltbundesamt, Dessau.

17 Olivier, J.G.J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M., and Peters, J.A.H.W. 2014. Trends in Global CO2 Emissions: 2014 Report. PBL and JRC, The Hague.

18 Younger, P.H. 2004. Environmental impacts of coal mining and associated wastes: A geochemical perspective. In: Gieré, R. and Stille, P. (eds.) Energy, Waste and the Environment: A geochemical perspective. Geological Society London, Special Publications **236**: 169-209.

19 Berrill, P., Arvesen, A., Scholz, Y., Gils, H.C., and Hertwich, E.G. 2016. Environmental impacts of high penetration renewable energy scenarios for Europe. Environmental Research Letters **11**: 014012.

20 Chen, H., Feng, Q., Long, R., and Qi, H. 2013. Focusing on coal miners' occupational disease issues: A comparative analysis between China and the United States. Safety Science **51**: 217-222.

21 Burt, E., Orris, P., and Buchanan, S. 2013. Scientific Evidence of Health Effects from Coal Use in Energy Generation. University of Illinois at Chicago School of Public Health, Chicago.

22 National Swedish Environment Protection Board. 1983. Ecological Effects of Acid Deposition. Report SNV PM 1636. Solna, Sweden.

23 Wang, C. and Mu, D. 2014. An LCA study of an electrical coal supply chain. Journal of Industrial Engineering and Management **7**: 311-335.

24 Simate, G.S. and Ndlovu, S. 2014. Acid mine drainage: Challenges and opportunities. Journal of Environmental Chemical Engineering **2** (3): 1785-1803.

25 Brook, B. and Bradshaw, C. 2015. Key role for nuclear energy in global biodiversity conservation. Conservation Biology **29** (3): 702-712.

26 Henle, K., Gawel, E., Ring, I., and Strunz, S. 2016. Promoting nuclear energy to sustain biodiversity conservation in the face of climate change: Response to Brook and Bradshaw 2015. Conservation Biology **30** (3): 663-665.

27 Samet, J.M., Kutvirt, D.M., Waxweiler, R.J., and Key, C.R. 1984. Uranium mining and lung cancer in Navajo men. The New England Journal of Medicine **310** (23): 1481-1484.

28 Alexievich, S. 1997 (translation 2016). Chernobyl Prayer. Penguin, Harmondsworth.

29 Holt, M., Campbell, R.J., and Nikitin, M.B. 2012. Fukushima Nuclear Disaster. Congressional Research Service, Washington, DC.

30 Srinivasan, T.N. and Gopi Rethhinaraj, T.S. 2013. Fukushma and thereafter: Reassessment of the risks of nuclear power. Energy Policy **52**: 726-736.

31 World Commission on Dams. 2000. Dams and Development: A new framework for decision-making. Earthscan, London.

32 Scherer, L. and Pfister, S. 2016. Global water footprint assessment of hydropower. Renewable Energy **99**: 711-720.

33 Kemenes, A., Rider Forsberg, B., and Melack, J.M. 2007. Methane release below a tropical hydropower dam. Geophysical Research Letters 34 (12).

34 Pethick, J.S., Morris, R.K.A., and Evans, D.H. 2009. Nature conservation implications of a Severn tidal barrage – A preliminary assessment of geomorphological change. Journal for Nature Conservation **17**: 183-196.

35 Drewitt, A.L. and Langston, R.H.W. 2006. Assessing the impacts of wind farms on birds. Ibis **148**: 29-42.

36 Wu, G., Torn, M., and Williams, J. 2015. Incorporating land-use requirements and environmental constraints in low-carbon electricity planning for California. Environmental Science and Technology **49**: 2013-2021.

37 Hertwich, E., Gibon, T., Boumana, E.A., Arvesen, A., Suh, S., et al. 2015. Integrated life-cycle assessment of electricity-supply scenarios confirms global environmental benefit of low-carbon technologies. Proceedings of the National Academy of Sciences 112 (20): 6277-6282.

38 Kaza, N. and Curtis, M. 2014. The land use energy connection. Journal of Planning Literature **29** (4): 1-16.

39 Hammar, L., Perry, D., and Gullström, M. 2016. Offshore wind power for marine conservation. *Open Journal of Marine Science* **6**: 66-78.

40 Ong, S., Campbell, C., Denholm, P., Margolis, R., and Heath, G. 2013. *Land-Use Requirements for Solar Power Plants in the United States.* National Renewable Energy Laboratory Technical Report NREL/TP-6A20-56290. Golden, CO, USA.

41 Hernandez, R.R., Easter, S.B., Murphy-Mariscal, M.L., Meastre, F.T., and Tavassoli, M. 2014. Environmental impacts of utility-scale solar energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews **29**: 766-779.

42 Dinesh, H. and Pearce, J. 2016. The potential of agrivoltaic systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews **54**: 299-308.

43 http://www.agrophotovoltaik.de/english/agrophotovoltaics/, accessed May 10, 2017.

44 van Dam, J. 2017. The charcoal transition: Greening the charcoal value chain to mitigate climate change and improve local livelihoods. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

45 Donnison, I. and Fraser, M. 2016. Diversification and use of bioenergy to maintain future grasslands. Food and Energy Security **5** (2): 67-75.

46 Thrän, D. and Fritsche, U. 2016. Standards for biobased fuels and resources – status and need. In: IEA Bioenergy Conference 2015 Proceedings: 148-158.

47 Zhang, J. and Smith, K.R. 2007. Household air pollution from coal and biomass fuels in China: Measurements, health impacts and interventions. Environmental Health Perspectives **115** (6): 848-855.

48 Haberl, H., Erb, K.-H., Krausmann, F., Running, S., Searchinger, T.D., and Smith, W.K., 2013. Bioenergy: How much can we expect for 2050? *Environmental Research Letters* **8**: 031004.

49 Kartha, S. and Dooley, K. 2016. The risks of relying on tomorrow's 'negative emissions' to guide today's mitigation action. Stockholm Environment Institute Working Paper 2016-08. Stockholm.

50 Creutzig, F. 2016. Economic and ecological views on climate change mitigation with bioenergy and negative emissions. GCB Bioenergy **8**: 4-10.

51 Zarrouk, S.J. and Moon, H. 2014. Efficiency of geothermal power plants: A worldwide review. Geothermics **51**: 142-153.

52 Lombardi, L., Carnevale, E., and Corti, A. 2015. A review of technologies and performance of thermal treatment systems for energy recovery from waste. Waste Management **37**: 26-44.

53 Budzianowski, W.M. 2016. Renewable and sustainable. Energy Reviews **54**: 1148-1171.

54 Fritsche, U.R., Berndes, G., Cowie, A.L., Dale, V.H., Kline, K.L., Johnson, F.X., Langeveld, H., Sharma, N., Watson, H., and Woods, J. 2017. Sustainable Energy Options and Implications for Land Use. Working Paper for the UNCCD Secretariat and IRENA, Darmstadt.

55 Ibid.

56 Kaza, N. and Curtis, M. 2014. Op. cit.

57 IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report.

58 Ibid.

59 http://www.ipcc.ch/report/sr2/

60 Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., et al. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., et al. (eds.) Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

61 Eliasch, J. 2008. Climate Change: Financing global forests – the Eliasch Review, Earthscan, London. See also: Canadell, J.G., Le Quéré, C., Raupach, M.R., Field, C.B., Buitenhuis, E., et al. 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO2 growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. Proceedings of the National Academy of Sciences **104**: 18866-18870.

62 Malhi, Y., Roberts, J.T. Betts, R.A., Killeen, T.J., Li, W., and Nobre, C.A. 2008. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon, *Science* **319**: 169-172.

63 For example European Climate Change Programme. 2002. Working group on forest sinks: Conclusions and recommendations regarding forest related sinks & climate change mitigation.

64 Sandwith, T. and Suarez, I. 2009. Adapting to Climate Change: Ecosystem-based adaptation for people and nature, The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.

65 Erb, K.-H., Fetzel, T., Plutzar, C., Kastner, T., Lauk, C., et al. 2016. Biomass turnover time in terrestrial ecosystems halved by land use. Nature Geosciences **9**: 674-678.

66 Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* **304**: 1623-1627.

67 Scherr, S.J. and Sthapit, S. 2009. Mitigating Climate Change through Food and Land Use. World Watch Report 179. World Watch Institute, USA.

68 Malhi, Y., Wood, D., Baker, T.R., Wright, J., Phillips, O.L., et al. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. Global Change Biology **12**: 1107-1138; Chave, J., Olivier, J., Bongers, F., Chatelet, P., Forget, P.M., et al. 2008. Aboveground biomass and productivity in a rain forest of eastern South America, *Journa*l of Tropical Ecology **24**: 355-366; Lewis, S.L., Lopez-Gonzalez, G., Sonké, B., Affum-Baffoe, K., Baker, T.R., et al. 2009. Increasing carbon storage in intact African tropical forests. Nature **457**: 1003-1006.

69 Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., et al. 2004. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass, *Glob*al Change Biology **10**: 545-562.

70 Amundson, R. 2001. The carbon budget in soils. Annual Review of Earth and Planetary Sciences **29**: 535-562.

71 Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., et al. 2004. Increasing biomass in Amazon forest plots. *P*hilosophical Transactions of the Royal Society B **359**: 353-365.

72 Lewis, S.L., Lopez-Gonzalez, G., Sonke´, B., Affum-Baffoe, K., Baker, T.R., et al. 2009. Increasing carbon storage in intact African tropical forests, Nature **457**: 1003-1006.

73 Malhi, Y., Baldocchi, D.D., and Jarvis, P.G. 1999. The carbon balance of tropical, temperate and boreal forests. *Plant, C*ell and Environment **22**: 715-740; Luyssaert, S., Inglima, I., Jung, M., Richardson, A.D., Reichsteins, M., et al. 2007. CO2 balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database. Global Change Biology **13**: 2509-2537.

74 Luyssaert, S. E., Schulze, D., Börner, A., Knohl, D., Hessenmöller, D., et al. 2008. Old-growth forests as global carbon sinks. Nature **455**: 213-215.

75 Bond-Lamberty, B., Peckham, S.D., Ahl, D.E., and Gower, S.T. 2007. Fire as the dominant driver of central Canadian boreal forest carbon balance. Nature **450**: 89-93.

76 Stocks, B.J., Fosberg, M.A., Lynham, T.J., Mearns, L., Wotton, B.M., et al. 1998. Climate change and forest fire potential in Russian and Canadian boreal forests. Climatic Change **38**: 1-13.

77 Holtsmark, B. 2013. Boreal forest management and its effect on atmospheric CO_2. Ecological Modelling **248**: 130-134.

78 Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G. P., and Smith, P. 2016. Climate-smart soils. Nature, **532**: 49-57.

79 Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Jooster, H., Minayeva, T., and Silvius, M. (eds.) 2007. Assessment on Peatlands, Biodiversity and Climate Change. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen, Netherlands.

80 Pena, N. 2008. Including peatlands in post-2012 climate agreements: Options and rationales, Report commissioned by Wetlands International from Joanneum Research, Austria.

81 Sabine, C.L., Heimann, M., Artaxo, P., Bakker, D.C.E., Chen, C.T.A., et al. 2004. Current status and past trends of the global carbon cycle. In: Field C.B. and Raupach, M.R (eds.) The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate and the Natural World. Island Press, Washington, DC, USA, pp. 17-44.

82 Schuman, G.E., Janzen, H.H., and Herrick, J.E. 2002. Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands. Environmental Pollution **116**: 391-396.

83 Nosberger J., Blum, H., and Fuhrer, J. 2000. Crop ecosystem responses to climatic change: Productive grasslands. In: Hodges H.F. (ed.) Climate change and global crop productivity. CAB International, Wallingford, UK, pp. 271-291.

84 Grace, J., San José, J., Meir, P., Miranda H.S., and Montes, R.A. 2006. Productivity and carbon fluxes of tropical savannas. Journal of Biogeography **33**: 387-400.

85 Amundson, R. 2001. The carbon budget in soils. Annual Review of Earth and Planetary Sciences **29**: 535-562.

86 Trumper, K., Bertzky, M., Dickson, B., van der Heijden, G., Jenkins, M., and Manning, P. 2009. The Natural Fix? The Role of Ecosystems in Climate Mitigation. A UNEP rapid response assessment. United Nations Environment Programme, UNEP-WCMC, Cambridge, UK.

87 Liniger, H.P., Mekdaschi Studer, R., Moll, P., and Zander, U. 2017. Making sense of research for sustainable land management. Centre for Development and Environment (CDE), University of Bern, Switzerland and Helmholtz-Centre for Environmental Research GmbH – UFZ, Leipzig, Germany.

88 Andrade Pérez, A., Herera Fernández, B., and Cazzolla Gatti R. (eds.) 2010. Building Resilience to Climate Change: Ecosystem-based adaptation and lessons from the field. IUCN Commission on Ecosystem Management, Ecosystem Management Series number 9, IUCN, Gland, Switzerland; Epple, C. and Dunning, E. 2014. Ecosystem resilience to climate change: What is it and how can it be addressed in the context of climate change adaptation? Technical report for the Mountain EbA Project. UNEP World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK.

89 Swingland, I.R. (ed.) 2002. *C*apturing Carbon and Conserving Biodiversity: The market approach. Earthscan and The Royal Society, London.

90 Carlson, K. M., Gerber, J. S., Mueller, N. D., Herrero, M., MacDonald, G. K., et al. 2017. Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. Nature Climate Change. 7, 63-68.

91 Erb, K.-H., Lauk, C., Kastner, T., Mayer, A., Theurl, M.C., and Haberl, H. 2016. Exploring the biophysical option space for feeding the world without deforestation. Nature Communications **7**: 11382.

92 Walker, G. and King, D. 2008. The Hot Topic: How to tackle global warming and still keep the lights on. Bloomsbury, London.

93 Centre for Alternative Technology. 2013. Zero Carbon Britain: Rethinking the future. CAT, Machynlleth, Wales, UK.

94 Roberts, P. 2004. The End of Oil: The decline of the petroleum economy and the rise of the new energy order. Bloomsbury, London; Leggett, J. 2005, Half Gone: Oil, gas, hot air and the global energy crisis. Portobello Books, London.

95 Clarke, D. 2007. The Battle for Barrels: Peak oil myths and world oil futures. Profile Books, London.

©GIZ-Markus Kirchgessner

CHAPITRE 11

URBANISATION

La relation millénaire entre la ville et le pays est en cours de transformation. Une urbanisation rapide a lieu dans le monde entier, guidée en grande partie par la migration rurale, entraînant l'extension des banlieues et le développement des bidonvilles, ainsi que la construction d'infrastructures de qualité supérieure et l'amélioration globale du niveau de vie.

Si les projections actuelles sont exactes, 66 % de la population mondiale vivra dans des villes d'ici 2050. Cela a des répercussions dramatiques sur l'environnement et génère une pression croissante sur les ressources foncières limitées. La future expansion urbaine sera vraisemblablement à l'origine de la perte de certaines de nos terres cultivées les plus productives.

L'empreinte des villes s'étend bien au-delà de leurs limites en raison de la demande en nourriture et en eau, ainsi qu'en infrastructures de transport et d'énergie. Cependant, les villes peuvent offrir des économies d'échelle en matière d'utilisation des ressources et d'impacts environnementaux. Le concept des villes durables gagne du terrain, mais les urbanistes luttent pour mettre ces approches en pratique.

INTRODUCTION

La distinction entre les modes de vie urbains et ruraux remonte à des siècles. Les racines des plus anciennes villes de la Mésopotamie, de la Chine, de la vallée de l'Indus, de l'Égypte, du Pérou et de la Mésoamérique remontent à plus de 4 000 ans, à l'époque où elles étaient principalement des centres cérémoniels. Peu à peu, les villes se sont transformées en administrations indépendantes qui ont distribué de la nourriture, axées sur la fabrication et le commerce contrôlé. Avant 1800, les zones urbaines abritaient moins de 2,5 % de la population mondiale et la plupart étaient relativement petites. Avec l'exploitation des combustibles fossiles et l'industrialisation, des sociétés véritablement urbanisées ont commencé à émerger en Europe et en Amérique du Nord il y a environ 200 ans. Là où la terre était peu coûteuse et la densité de population faible, comme en Amérique du Nord, l'extension urbaine était vaste. Le rayon de Boston est passé de 2 à 10 miles entre 1850 et 1900.[1] En 1900, environ 10 % de la population mondiale vivait dans des villes qui commençaient progressivement à adopter les caractéristiques que nous leur reconnaissons aujourd'hui.[2]

Cependant, l'équilibre global entre les régions rurales et les zones urbaines a été plus lent à évoluer. En 1960, seules 34 % des personnes vivaient dans des agglomérations urbaines, et les deux tiers d'entre eux vivaient encore à la campagne.[3] À partir de la deuxième moitié du 20e siècle, le changement s'est accéléré. L'apparition des mégapoles symbolise le changement

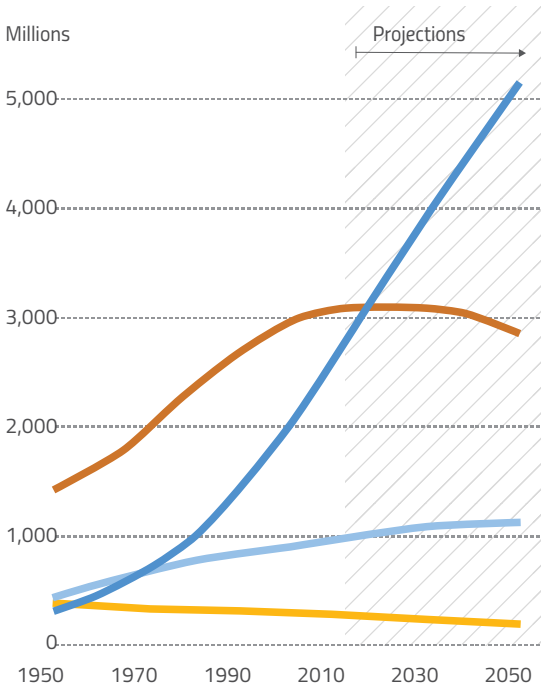


Figure 11.1 : Population urbaine et rurale dans les régions du monde développées et moins développées, 1950-2050 : Conçu à partir de[12]

Régions moins développées
Afrique, Asie (hors Japon), Amérique latine et Caraïbes, Mélanésie, Micronésie et Polynésie
Population urbaine
Population rurale

Régions plus développées
Europe, Amérique du Nord, Australie, Nouvelle-Zélande et Japon.
Population urbaine
Population rurale

Les villes se développent à une vitesse sans précédent et avec difficulté

fondamental de notre mode de vie. En 1990, il n'y avait que 10 villes de plus de 10 millions d'habitants[4], mais aujourd'hui, en 2017, il en existe 34,[5] d'entre elles abritant environ 12 % de la population mondiale.[6] Les agglomérations urbaines, englobant plusieurs villes, régions suburbaines ou périurbaines, ont commencé à se former en régions contiguës et continues.[7] En 2007, l'équilibre global entre la vie urbaine et la vie rurale a été renversé pour la première fois dans l'histoire, avec plus de personnes vivant dans les villes qu'à la campagne.[8] Les niveaux d'urbanisation ont varié d'une région à l'autre. En 2014, un taux d'urbanisation de 80 % ou plus était enregistré en Amérique latine, dans les Caraïbes et en Amérique du Nord, alors que 73 % des Européens, 48 % des Asiatiques et 40 % des Africains vivaient dans des zones urbaines.[9] Certains pays sont presque complètement urbanisés. Singapour est considéré comme 100 % urbain, suivi par le Qatar à 99,2 %, le Koweït à 98,3 %, le Japon à 93,5 % et Israël à 92,1 %.[10]

Urbanisation future

Au début du 21e siècle, les villes ont généré plus de la moitié du PIB mondial, et cette domination économique aide à stimuler leur croissance.[13] Addis-Abeba, par exemple, compte 2,6 millions d'habitants, représentant seulement 4 % de la population de l'Éthiopie, mais près d'un cinquième du PIB national.[14] En 2014, 28 mégapoles abritaient 453 millions de personnes. D'ici 2030, 13 nouvelles mégapoles devraient voir le jour dans les régions moins développées.[15]

Près de 90 % de cette augmentation devrait avoir lieu en Asie et en Afrique, où les prévisions de croissance des populations urbaines sont respectivement de 56 % et de 64 %.[16] Les estimations actuelles indiquent que le nombre de nouveaux habitants des villes africaines augmentera de plus de 300 millions entre 2000 et 2030, soit plus du double des populations rurales.[17] Alors que les villes africaines, telles que Dar es-Salaam et Kinshasa, sont parmi les plus dynamiques au monde, seulement 12 % des habitants vivent dans des villes comptant 1 à 5 millions d'habitants et 52 % dans des villes de moins de 200 000 habitants.[18] Les changements ont été plus spectaculaires en Asie, où des pays comme la Chine sont passés de sociétés majoritairement rurales à des sociétés de plus en plus urbaines en une seule génération. 22 des 100 plus grandes villes du monde se trouvent maintenant en Chine.[19] Bien que relativement faible numériquement, le taux d'urbanisation le plus rapide a été noté dans les

© UN Photo/ Kibae Park

Caraïbes, avec 62 % de la population résidant dans les zones urbaines au début du millénaire, atteignant 70 % en 2015 et qui devrait atteindre 75 % d'ici à 2025.[20]

Dans la plupart des régions du monde, l'empreinte carbone urbaine se développe plus rapidement que les populations urbaines.[22] Alors que les populations urbaines devraient atteindre environ 5 milliards en 2030 et 6,3 milliards de personnes en 2050,[23] l'étendue des zones urbaines devrait tripler par rapport au chiffre de référence de 2 000 au cours de la même période,[24] augmentant de 1,2 million de km^2.[25]

Encadré 11.1 : urbanisation rapide en Inde

Des projets de grande envergure en Inde mettent l'accent sur les développements d'infrastructure et les changements d'utilisation des terres associés à une urbanisation rapide, qui devrait dépasser 50 % d'ici 2050 :[26]

- **Infrastructure de transports :** New Delhi compte à elle seule 1 400 nouvelles voitures par jour sur ses routes. Pour améliorer les systèmes de transports, le pays a construit et rénové 20 000 km de nouvelles routes entre 2012 et 2017.
- **Agglomérations urbaines :** Un couloir industriel est prévu entre Bombay et Delhi, qui développera jusqu'à six nouvelles villes.
- **Infrastructure énergétique :** Des investissements de 250 milliards de dollars (USD) sont prévus pour les centrales est réseaux électriques.[27]

Bien que les tentatives de prévision de la croissance de la population n'ont pas toujours été très précises,[28] la tendance à l'urbanisation semble pourtant irréversible.[29] Les économistes relient généralement l'urbanisation à la croissance[30] et aux possibilités d'accroître l'efficacité de l'utilisation des terres et des ressources ; la diminution des taux de fécondité dans les populations urbaines réduira également la croissance démographique globale.[31] Mais les villes soutiennent également les plus grandes inégalités en matière de richesse,[32] les plus grandes villes étant aussi les plus inégales.[33] Les villes ont des impacts majeurs sur les terres environnantes : l'expansion urbaine est la cause principale du changement d'utilisation des terres et un facteur important de la perte d'habitat et de l'extinction des espèces.[34] Les défis du développement durable seront de plus en plus concentrés dans les villes, en particulier dans les pays à revenu faible et intermédiaire où le rythme d'urbanisation est le plus rapide.[35] Les villes doivent assumer une responsabilité accrue pour concevoir et mettre en œuvre des solutions aux défis qu'elles créent et à leurs impacts sur le reste de la planète.[36] Cependant, il faut aussi reconnaître que de nombreuses autorités municipales sont confrontées à des défis, comme un manque d'orientation des gouvernements nationaux et des attentes de plus en plus grandes, sans le soutien financier nécessaire. Le reste de ce chapitre traite de certains défis et impacts générés par un avenir de plus en plus urbain.

INTERACTIONS ENTRE ZONES RURALES ET URBAINES

Les zones urbaines offrent des fonctions centralisées et des services publics qui sont souvent trop coûteux à mettre en place dans les zones rurales, tandis que les zones rurales fournissent aux villes des biens et des services relativement peu coûteux, comme la nourriture, l'eau et le carburant. Idéalement, les zones urbaines compactes permettraient aux zones rurales de prospérer tant qu'il y a une infrastructure adéquate pour faciliter les flux de biens et de services nécessaires. Cependant, en réalité, les liens entre les zones rurales et urbaines fonctionnent difficilement, et sans surprise, il existe un décalage croissant entre les villes et leurs environs.[39] Il existe tout particulièrement deux facteurs liés à la vie urbaine qui ont une incidence sur la santé des paysages ruraux :

- **Migration** à destination et en provenance des zones urbaines, due à des facteurs tels que les opportunités économiques, la dégradation des terres et les politiques gouvernementales
- **Péri-urbanisation** entraînant un étalement urbain et des bidonvilles

1. Migrations

La migration des zones rurales vers les zones urbaines est souvent considérée comme une conséquence naturelle du développement régional inégal[40] avec de fortes disparités de revenu entre les habitants des zones rurales et urbaines considérées comme une motivation majeure pour les gens en ce qui concerne la migration,[41] souvent associée à un désir plus général d'augmenter leur qualité de vie.[42] Cependant, parallèlement à la possibilité de revenus plus élevés, de nombreux autres facteurs affectent ces flux migratoires, tels que l'accès à des aménagements améliorés, des possibilités d'éducation et une participation aux « économies du savoir »,[43] ainsi qu'éviter les changements climatiques[44] et les catastrophes météorologiques.[45] Il existe également des forces compensatoires qui peuvent restreindre la migration, telles que les contraintes imposées par les finances, la distance, l'accès à l'information, les réseaux sociaux et les limites imposées par les politiques gouvernementales.[46] Dans de nombreux pays, les migrants ruraux sont considérés comme une sous-classe au sein des villes. Dans le même temps, l'exode des zones rurales réduit l'assiette fiscale et les ressources dont disposent les municipalités rurales pour les activités de développement. La migration est multidirectionnelle et complexe, et comprend des mouvements permanents et temporaires au sein des zones rurales, des petites aux grandes villes ainsi qu'entre les villes. Les migrants ruraux-urbains retournent souvent dans leur zone d'habitation ou dans d'autres zones rurales si l'économie urbaine s'affaiblit ou que les prix augmentent,[47] ou une fois qu'ils sont retraités.[48]

La décision de migrer dépend donc d'une variété de facteurs qui fonctionnent simultanément, qui vont des décisions politiques nationales ou mondiales aux circonstances personnelles ou locales, dont certaines peuvent être attribuées aux décisions d'utilisation des terres. La libéralisation des politiques agricoles en Afrique subsaharienne, par exemple, a conduit à la suppression des subventions et à la faillite de certaines fermes, entraînant une migration vers les villes.[49] Dans certains cas, la migration rurale-urbaine a entraîné l'expansion des forêts et d'autres écosystèmes naturels en raison de l'abandon des terres agricoles.[50] Parallèlement aux processus mondiaux et régionaux, les politiques macroéconomiques nationales basées sur la réforme et

Encadré 11.2 : impact des migrations villageoises au Pakistan et au Népal

La migration peut avoir des implications complexes pour la terre.

Dans certaines régions du Pakistan, l'émigration des hommes des villages de montagne à la recherche de travail a entraîné la dégradation des pâturages. Les femmes, les enfants, et les personnes âgées laissées derrière sont moins capables de faire respecter les limites traditionnelles des utilisateurs, permettant aux étrangers d'en profiter pour faire paitre un grand nombre d'animaux. En outre, les ménages n'ont pas la main-d'œuvre nécessaire pour garder le bétail. Les femmes commencent à élever des chèvres, qui sont plus faciles à entretenir tout en gérant le ménage, mais l'errance des chèvres provoque des dommages plus importants sur la végétation fragile de la montagne que le pâturage du bétail.[56]

Au Népal, l'exode actuel des zones de hautes terres vers les villes ou pays étrangers a entraîné des changements démographiques marqués dans les collines. Une fois encore, la tâche de gérer les terres incombe à ceux qui restent, principalement les femmes et les personnes âgées. Les pénuries de main-d'œuvre dans les zones rurales entraînent souvent des pratiques agricoles et des habitudes d'utilisation des terres encore plus insoutenables. Malgré cela, il y a eu des impacts environnementaux positifs : une pression démographique plus faible et de meilleures mesures de gestion ont favorisé la croissance de la forêt et contribué à stabiliser les pentes, à mesure que le fourrage et le bois de feu étaient moins prélevés. Cependant, les sols dans les régions en plein exode, sur les pentes ou les hauteurs, sont maintenant moins fertiles, car il y a moins de bétail et donc moins de fumier. Les villages en fond de vallée, avec un nombre croissant de personnes, subissent également une diminution de la fertilité des sols en raison de l'augmentation des cycles de culture passant de deux à trois par an.[57]

Les impacts des migrations terrestres peuvent être positifs. L'exode rural peut entraîner un flux d'argent, de technologies et d'informations dans les zones rurales.

l'ajustement ont également un impact sur les relations rurales-urbaines et le mouvement des individus. Le flux de migrants ruraux vers les villes en Chine a augmenté à la suite de réformes du marché en 1992.[51] Il en a résulté une transition d'une économie planifiée vers une économie de marché associant industrialisation et urbanisation, une croissance économique et un étalement urbain, la perte de terres agricoles près des villes et l'industrialisation rurale dans les zones proches des villes avec des économies libéralisées.[52] Des disparités régionales accrues ont entraîné un changement d'affectation des terres en Chine,[53] y compris la dégradation des terres, la pollution due à une industrialisation croissante, une réduction de la sécurité alimentaire lorsque les terres agricoles sont converties ou abandonnées et des pratiques agricoles trop intensives.[54] À l'inverse, l'abandon des zones agricoles marginales a entraîné la reprise de la végétation naturelle dans certaines zones montagneuses.[55]

Les impacts des migrations terrestres peuvent être positifs.[59] L'exode rural peut entraîner un flux d'argent, de technologies et d'informations dans les zones rurales. Cela peut financer l'innovation dans l'agriculture ou la diversification vers des activités non agricoles, ce qui ouvre des terres à d'autres usages.[60] La relation entre le dépeuplement rural et la couverture forestière est également ambiguë et dépend à la fois des facteurs locaux et non locaux.[61] Certaines études sur l'exode rural corroborent la « théorie de la transition forestière »[62]qui met en évidence la façon dont cela conduit au reboisement ainsi qu'à l'abandon des terres agricoles.[63] À l'inverse, l'émigration peut conduire à une culture accrue, en particulier lorsque les migrants rentrent avec des économies pour réinvestir dans l'agriculture ou embaucher de la main-d'œuvre en leur absence,[64] stimulant les approvisionnements alimentaires mais sapant encore davantage la productivité de la terre. Cela peut également entraîner une perturbation des systèmes de gestion écologiquement rationnels basés sur le travail qui n'est plus disponible.[65]

2. La péri-urbanisation

Les zones périurbaines représentent l'interface entre la ville et la campagne, un paysage hybride avec des caractéristiques à la fois rurales et urbaines. Au mieux, ces zones peuvent représenter un pont utile entre les régions urbaines et rurales, fournissant des services aux deux communautés, comme les zones récréatives, les marchés et les centres commerciaux, ou les sites d'élimination des déchets. Dans certaines conditions, les exigences périurbaines relatives aux services écosystémiques et aux zones récréatives peuvent entraîner la régénération des forêts et d'autres écosystèmes naturels dans les zones agricoles marginales situées autour des villes.[66] Cependant, elles peuvent aussi constituer des obstacles. L'étalement urbain, clairement défini comme un développement dispersé, excessif et gaspilleur,[67] peut rapidement dégénérer en bidonvilles non réglementés devenus des zones virtuelles de non-droit excluant ceux qui y vivent. L'urbanisation non réglementée et non planifiée, souvent exacerbée par des structures de gouvernance faibles et le manque de coordination institutionnelle,[68] peut conduire à la dégradation des terres, à la perte de biodiversité, à la pollution et à la contamination de l'eau, à des niveaux plus élevés de criminalité et de congestion et à la propagation de la maladie.[69,70]

L'argent et le pouvoir impliqués dans la propagation des villes signifie que les zones périurbaines sont souvent prédisposées à un domaine éminent (achat obligatoire), à des acquisitions de terres et à des changements de tenure qui peuvent avoir des répercussions sociales et environnementales perturbatrices.[71] Par exemple, le développement périurbain informel que sont lesejidos sur les terres de Xalapa, au Mexique menace le reste de la forêt de nuages des montagnes, qui ont non seulement une importance biologique intrinsèque, mais régulent également le climat local et le microclimat urbain en raison de leur couverture arborescente.[72] Les petits agriculteurs exploités par les villes en expansion dans les Andes péruviennes expriment des craintes quant à la sécurité alimentaire, alors que les terres fertiles disparaissent sous le béton.[73]

Les bidonvilles représentent une proportion importante de l'expansion urbaine, en particulier dans de nombreux pays en développement. Les bidonvilles sont souvent considérés comme l'archétype de la « sur-urbanisation » par laquelle les agglomérations se développent de manière informelle sans infrastructure et assainissement adéquats. Environ 828 millions de personnes vivent dans les bidonvilles aujourd'hui et ce nombre continue d'augmenter :[74] en Afrique subsaharienne, 62 % de la population urbaine vit dans des bidonvilles,[75] tout comme la moitié de la population de Bombay, en Inde.[76] Les agglomérations non planifiées sont souvent formées par des individus saisissant ou envahissant des terres qui ne leur appartiennent pas ; la répartition équitable des terres, initiée par exemple dans des programmes de privatisation des terres, peut signifier que les individus sont amenés à occuper la terre comme un mécanisme de survie.

Les politiques visant à régir l'expansion urbaine incontrôlée comprennent les plans de développement spatial (par exemple, la limite de croissance urbaine, les ceintures vertes) et les règlements d'application. Une limite de croissance urbaine est une stratégie commune axée sur l'utilisation responsable des terres et la préservation des fonctions rurales. Cette approche exige une législation solide afin de contrôler le développement et d'assurer une mise en œuvre efficace, dont le succès dépend du développement qui se déroule dans le cadre existant de

planification urbaine. De même, les stratégies de ceinture verte favorisent les villes compactes, qui réduisent non seulement leur empreinte écologique urbaine, mais aussi le coût de la fourniture des services et d'infrastructures supplémentaires.

Les bidonvilles sont souvent situés dans des zones présentant un risque environnemental élevé (p. ex., inondations ou glissements de terrain) et sont potentiellement plus affectés par l'évolution des conditions climatiques, notamment lorsqu'ils sont construits sur des terres jugées inadaptées au développement urbain. Dans le même temps, l'aggravation des conditions environnementales dans les zones rurales peut accroître le développement périurbain non planifié. Dhaka au Bangladesh est la mégapole dont la croissance est la plus rapide au monde[77], elle est alimentée par les migrations venues des zones côtières et rurales souvent affectées par des facteurs environnementaux. Les inondations côtières détruisent les cultures de légumes et les champs de riz, car l'eau salée progresse vers l'intérieur et les berges des rivières s'érodent.[78] Les communautés se déplacent, souvent d'abord des îles vers le continent,[79] puis dans les bidonvilles urbains.[80] Ce développement urbain imprévu est directement stimulé par la dégradation de l'environnement et les impacts dus au changement climatique, lui-même largement influencé par les émissions de gaz à effet de serre des pays développés.

Les zones urbaines dans les zones côtières à faible altitude (LECZ) augmentent plus rapidement qu'ailleurs. Une étude récente, portée sur près des deux tiers des zones urbaines avec des populations de plus de cinq millions, révèle qu'un tiers des villes se situe à moins de 10 mètres d'une LECZ. Sans une protection adéquate, les impacts du changement climatique vont dévaster les économies et les infrastructures.[81] On estime que 400 millions d'habitants urbains sont exposés à des risques associés à l'élévation du niveau de la mer.[82] Les zones urbaines dans les LECZ et les régions les moins développées, comme Dhaka, sont susceptibles de subir des catastrophes liées au changement climatique, une gouvernance efficace est donc nécessaire pour se préparer à de telles situations.[83] En Afrique, la liste des pays avec plus de 50 % des zones urbaines côtières vulnérables aux tempêtes liées au changement climatique inclut le Mozambique, la Tanzanie, la Côte d'Ivoire, la Guinée équatoriale et le Maroc.[84] Alors que 70 % des pays à revenu élevé intègrent l'utilisation des terres et la gestion des risques naturels, seulement environ 15 % des pays à faible revenu le font.[85]

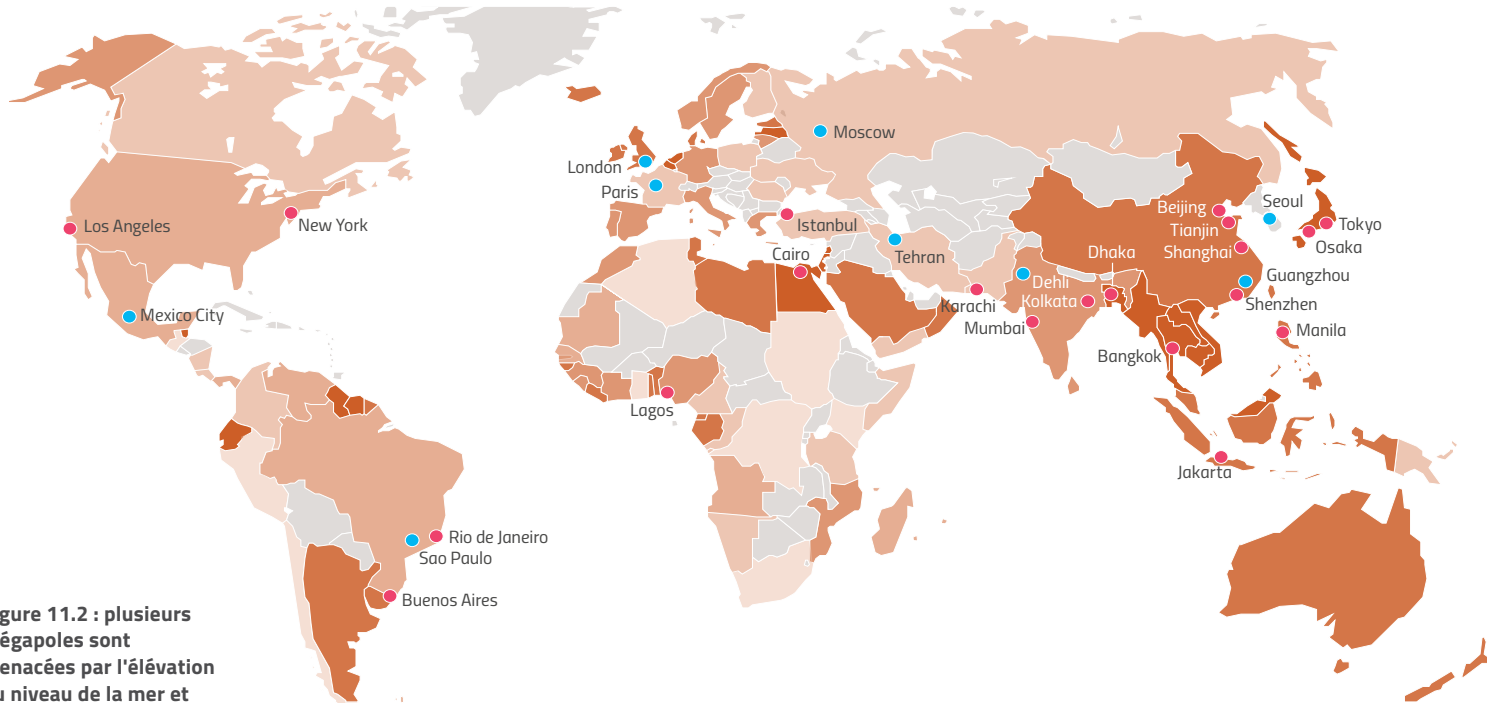


Figure 11.2 : plusieurs mégapoles sont menacées par l'élévation du niveau de la mer et les vagues de tempête : Conçu à partir de[86]

- En zone de basse altitude
- Pas en zone de basse altitude

L'EMPREINTE ÉCOLOGIQUE DES VILLES

Les villes concentrent la plus grande partie de l'humanité dans une très petite région, mais ont des impacts au-delà de leurs limites. Les villes ne couvrent que 3 % des terres de la Planète,[87] Environ 200 000 km² au total, mais leur étendue limitée dissimule une empreinte de consommation beaucoup plus grande. L'expansion urbaine et périurbaine croissante, conjuguée à l'augmentation de la population, à l'évolution des modes de vie et aux besoins en ressources qui en résulte, a donné lieu à une consommation et à une production de déchets sans précédent au cours des 20ème et 21ème siècles.[88] Les empreintes urbaines se répandent largement au delà de leurs limites : un ménage typique dans une ville européenne utilise des biens et des services qui causent des émissions de gaz à effet de serre, des prélèvements excessifs d'eau et des changements d'utilisation des terres dans des dizaines de pays à travers le monde.[89] La population dense dans les villes et les salaires relativement plus élevés de nombreux citadins[90] signifient également que les modes de consommation urbaine sont différents de leurs homologues ruraux, avec une consommation plus élevée de viande, de produits laitiers et d'aliments transformés, nécessitant proportionnellement plus de ressources foncières.[91] L'empreinte de la ville - l'impact que la ville a au-delà de ses limites - comporte de nombreux éléments, dont six sont détaillés ci-dessous :

- **Impacts alimentaires**, à la fois directement dus au changement d'utilisation des terres et de la pression accrue pour produire de la nourriture pour les citadins
- **Utilisation de l'eau**, les personnes vivant dans les zones urbaines ayant tendance à utiliser proportionnellement plus d'eau que les habitants des régions rurales
- **Infrastructure de transports**, tant du point de vue des ressources que de la fragmentation de l'habitat
- **L'imperméabilisation des sols urbains** et les impacts sur le cycle global de l'eau ainsi que la vulnérabilité face aux phénomènes météorologiques extrêmes
- **Perte de biodiversité**
- **Impacts sur le changement climatique**

1. Impacts alimentaires

En raison de leur conception et de leur densité de population, les villes ne peuvent pas fournir de quantités significatives de nourriture à leurs propres habitants, ce qui signifie que les aliments doivent être importés des zones environnantes et, de plus en plus, d'autres parties du monde. Alors que dans un passé récent la part des importations alimentaires était assez faible, et concernait des denrées chères qui se conservaient, comme les épices ou autres produits rares, aujourd'hui, le transport de masse de nourriture parcourt de longues distances. Par exemple, une analyse de l'empreinte écologique de Londres a constaté qu'environ 80 % des aliments consommés dans la ville sont importés d'autres pays.[93] Une empreinte semblable pour les Pays-Bas a révélé que pour répondre aux besoins alimentaires de ce petit pays fortement urbanisé, il faut une superficie terrestre quatre fois plus grande que celle du pays dans son ensemble.[94] Les problèmes de ce système alimentaire sont examinés plus en détail dans le chapitre 7.

L'urbanisation rapide transpose de plus en plus les impacts de la malnutrition des zones rurales vers les zones urbaines : la sécurité alimentaire dans les villes dépend principalement de l'accès à l'argent, plutôt qu'à la culture ou à la récolte d'aliments, et les ménages urbains pauvres dans de nombreux pays en développement consacrent plus de la moitié de leur budget à la nourriture. Un enfant handicapé sur trois vit maintenant en milieu urbain.[95]

Mais alors que les villes ont besoin de plus de terres pour nourrir leurs populations, elles s'étendent tout autour et réduisent ainsi la quantité de terres cultivables disponibles. Bien que la superficie totale soit relativement petite, ces terres sont souvent les plus adaptées à la production de nourriture pour nourrir la population de la ville. Par exemple, à Tripoli, la deuxième plus grande ville de Libye, la zone urbaine a augmenté de 208 % de 1984 à 2000, avec une diminution simultanée de 35 % des terres agricoles proches, principalement les sols fertiles de la plaine côtière, qui se composait auparavant de vergers d'agrumes.[96] Plus de 60 % des terres cultivées irriguées

Figure 11.3 : Expansion de la zone urbaine sur les terres cultivées au Nigeria, en Inde et en Chine : Utilisée avec permission[38]

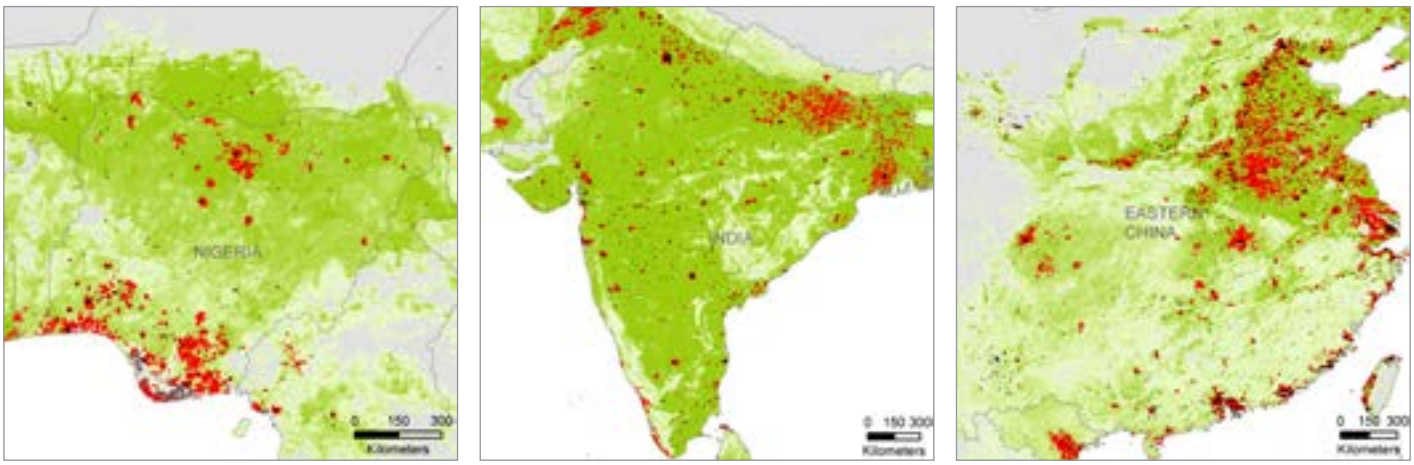


Tableau 11.1 : Implications globales et régionales de l'expansion de la zone urbaine sur les terres cultivées[102]

Région ou pays	Perte escomtée de terres agricoles, en millions d'hectares	Perte relative de terres cultivées	Perte de production	Productivité par rapport à la moyenne régionale
Monde	**30**	**2,0 %**	**3,7 %**	**1,77**
Asie	18	3,2 %	5,6 %	1,59
Afrique	6	2,6 %	8,9 %	3,32
Europe	2	0,5 %	1,2 %	2,18
Amérique	5	1,2 %	1,3 %	1,09
Australasie	0,1	0,2 %	0,2 %	0,94

dans le monde sont situées à proximité des zones urbaines ; et plus les villes grandiront, plus la concurrence s'exercera sur les terres pour décider de leur affectation agricole, urbaine ou d'infrastructure. En 2000, on prévoyait que 30 millions d'hectares de terres cultivées dans le monde devraient être urbanisées d'ici 2030, ce qui représente une perte totale de terres arables d'environ 2 % (voir la figure 11.3). Avec les taux d'expansion urbaine les plus rapides, l'Afrique et l'Asie devraient totaliser une perte de 80 % de terres cultivées de la planète en raison de l'expansion de la zone urbaine.[97] L'impact de ces pertes est plus grave car l'expansion a lieu sur les principales terres agricoles, dont la production est deux fois plus productive que les moyennes nationales ;[98] Les Nations Unies identifient 58 pays à forte fécondité,[99] dont 39 en Afrique.[100] Une perte de 3 % de ces terres cultivées les plus précieuses se traduit par une diminution de production de 6 % en Asie et de 9 % en Afrique.[101]

Il est clair que la gouvernance de l'expansion urbaine sera essentielle pour assurer les moyens de subsistance dans ces économies agraires, notamment en ce qui concerne les réseaux de distribution alimentaire. D'autre part, en consommant des denrées produites dans des systèmes agricoles plus raisonnés, les villes peuvent contribuer à réduire la superficie totale de l'agriculture.

2. Utilisation de l' eau

Bien que l'agriculture reste le plus grand consommateur d'eau (voir chapitre 8), l'utilisation des eaux urbaines augmente en raison de la croissance de la population et de la consommation par habitant. Beaucoup de ces sources d'eau pour les villes sont menacées. Les bassins hydrographiques de source pour les villes du monde couvrent plus de 37 % des terres sans glace ; 40 % d'entre eux montrent des degrés de dégradation allant de modérés à élevés, ce qui influe sur la qualité et la quantité d'eau.[103] En outre, la moitié de toutes les villes avec des populations supérieures à 100 000 habitants sont situées dans des bassins hydrographiques épuisés avec des sources d'eau douce (rivières, lacs ou aquifères) qui fonctionnent à sec car une quantité plus importante d'eau est extraite que rechargée.[104] En conséquence, environ 150 millions de personnes vivent actuellement dans des villes à pénuries d'eau aiguës.[105] La situation va probablement empirer à mesure que la demande d'eau devrait dépasser de 40 % la capacité d'extraction d'ici à 2030 ; et jusqu'à un milliard de citadins pourraient connaître des pénuries d'eau d'ici à 2050.[106]

La crise de l'eau en milieu urbain a longtemps été ignorée. Les planificateurs urbains et agricoles de l'utilisation de l'eau ont accordé plus d'attention à l'accès aux réserves supplé-

Encadré 11.3 : Développement des politiques de l'eau en milieu urbain[112]

Cinq étapes génériques qui peuvent être appliquées dans le développement des politiques urbaines de l'eau :

- **Utilisation des sources d'eau locales**: jusqu'à ce qu'elles soient épuisées. À ce stade, il y a un passage des eaux souterraines aux eaux de surface (ou vice versa), car les niveaux des sources utilisées se sont effondrés en raison de la consommation agricole et urbaine. La construction de réservoirs est importante pour permettre aux villes d'exploiter plus pleinement les réserves locales d'eau de surface.
- **Importations d'eau inter-bassins** : une étape généralement à court terme, car ces importations ont tendance à être scrutées pour leurs impacts environnementaux et sociaux, ainsi que pour leur coût. En conséquence, les villes se tournent vers la conservation de l'eau au lieu d'ajouter de nouvelles importations.
- **Conservation de l'eau** : de nombreuses villes ont commencé à conserver l'eau dans les années 1980, avec une attention et des investissements croissants dans les approches et les technologies de conservation de l'eau au cours des dernières décennies.
- **Recyclage de l'eau** : en particulier le recyclage et la réutilisation des eaux usées ou pluviales ont commencé à contribuer largement aux approvisionnements urbains en eau dans les années 1990 et ils se développent rapidement.
- **Dessalement** : généralement une solution de dernier recours en raison de sa forte demande en énergie par rapport à d'autres options d'approvisionnement. Le dessalement ne représente qu'environ 1 % de la consommation mondiale d'eau, mais compte tenu du fait que les villes sont confrontées à des limites en matière d'importation d'eau et aux progrès de l'énergie solaire, il s'agit d'une option de plus en plus viable.

© UN Photo/ Kibae Park

mentaires d'eau qu'à la conservation et préservation plus efficace de l'eau, ce qui a récemment été admis comme une considération importante (voir encadré 11.3).[108] Contrairement aux tendances attendues de la population, de l'urbanisation et du PIB, certaines régions pourraient voir leurs taux de croissance économique diminuer jusqu'à 6 % du PIB d'ici 2050 en raison de pertes liées à l'eau.[109] la Chine et l'Inde[110] sont au centre du débat sur l'eau et l'urbanisation.
En Chine, les ressources en eau sont de plus en plus rares et la qualité de l'eau affecte gravement la santé et les moyens de subsistance de l'ensemble de la nation ; malgré des investissements impressionnants dans l'infrastructure de l'eau, les politiques ne se sont pas toujours penchées sur l'efficacité à long terme, ni sur les conditions sociales et environnementales.[111]

Beaucoup de centres urbains sont approvisionnés en eau provenant des zones naturelles environnantes ou l'acheminent depuis les bassins hydrographiques lointains ; les pratiques de gestion des terres dans ces zones déterminent la qualité de l'eau, la régulation des débits et, dans certains cas, la quantité d'eau disponible. Au chapitre 8, on décrit diverses options de gestion qui peuvent aider à accroître la sécurité des approvisionnements en eau dans les zones urbaines, y compris l'utilisation de zones protégées pour maintenir des bassins versants fonctionnant en bonne santé.

3. Développement de l'infrastructure de transports

La croissance urbaine rapide tend à coïncider avec le développement de l'infrastructure, en particulier pour les réseaux de transport. Dans l'Union européenne, les kilomètres d'autoroute ont triplé entre 1970 et 2000 ; en Inde et en Chine, le réseau routier a augmenté de 4 à 6 % par an au cours de la dernière décennie.[113] En Chine, par exemple, 41 000 km d'autoroutes ont été ajoutés au réseau de transport national et 400 000 km de routes locales et secondaires ont été améliorées entre 1990 et 2005.[114] Le secteur du transport mondial utilise environ un quart de la consommation mondiale totale d'énergie livrée.[115] Le transport d'énergie et les émissions de dioxyde de carbone ont augmenté de 28 % depuis 2000.[116] Les villes influencent les systèmes de transport dans la ville, et ceux reliant les zones périurbaines aux zones urbaines. Il en résulte une demande intensive de ressources qui aboutit à un réseau plus large qui impacte l'ensemble du paysage.

Les villes peuvent, en théorie, mettre en place des systèmes de transport hautement efficaces qui réduisent l'utilisation des ressources et la pollution, mais en réalité, nous observons un engorgement et une importante pollution atmosphérique qui sévit dans le monde. Il y a plus de quarante ans, le philosophe Ivan Illich a souligné que la vitesse moyenne d'un voyage en ville en voiture aux États-Unis était de 4 miles/heure, soit la vitesse d'une marche rapide,[117] et dans de nombreuses villes, la vitesse a même davantage ralenti. Les niveaux de pollution des transports causent une crise mondiale de la santé : à Delhi et dans ses villes satellites, on estime le nombre de décès prématurés entre 7 350 et 16 200 et 6 millions de crises d'asthme ont lieu chaque année en raison de la pollution due aux particules, dont un tiers provient des pots d'échappement des véhicules.[118] Les

mauvaises décisions de planification aggravent rapidement les choses. En Afrique du Sud, une politique consistant à construire des maisons subventionnées dans les régions isolées pour économiser de l'argent n'a pas pris en compte la distance du lieu de travail, ce qui a conduit les résidents à se déplacer en taxis collectifs, coûteux et lents, en raison de l'infrastructure routière médiocre, et qui causent davantage de pollution.[119] Il convient de noter que si la qualité de l'air atmosphérique est plus élevée dans les zones rurales, l'utilisation de poêles inefficaces et polluants, alimentés par le bois, le charbon de bois et le charbon entraîne des niveaux de pollution de l'air intérieur nocifs pour de nombreux habitants des campagnes.

Du point de vue du sol, la construction de grands réseaux routiers et ferroviaires entre les villes s'avère encore plus dommageable si les routes traversent les écosystèmes naturels et semi-naturels en vue d'un développement rapide et souvent non planifié. Plus de 95 % de la déforestation, des incendies et des émissions atmosphériques de carbone dans l'Amazonie brésilienne ont lieu à moins de 50 km d'une route :[120] il y a déjà 22 713 km de routes publiques et 190 506 km de routes non officielles,[121] incluant tout un réseau dense de routes privées dérivées des routes publiques,[122] connu sous le nom d'effet « arête de poisson ».[123] Plus de 20 projets de construction de routes prévoient de passer dans une forêt intacte.[124] Des routes comme l'autoroute Belem-Brasilia,[125] et l'autoroute interocéanique reliant le Pérou et le Brésil[126] jouent un rôle important dans la déforestation[127] et la dégradation des forêts, en ouvrant de nouvelles zones aux migrants.[128] Même les zones protégées ne sont pas sécurisées : une route planifiée à travers le parc national du Serengeti en Tanzanie perturberait de façon permanente la plus grande migration de mammifères du monde et offrirait un accès facilité aux braconniers.[129] Pour répondre à la demande des villes, les nouvelles infrastructures de transport encouragent également l'étalement urbain le long des routes, en outre en déplaçant la production alimentaire locale et en impactant les écosystèmes naturels. S'assurer que la politique, la planification et la mise en œuvre des infrastructures considèrent explicitement les atouts écologiques, à l'intérieur et à l'extérieur des limites de la ville, est une étape clé vers le développement de villes durables.[130]

4. Imperméabilisation des sols urbains

L'étanchéité du sol, dans un contexte urbain, se réfère à la couverture de sol avec des matériaux imperméables, comme le béton, et s'observe principalement dans les zones urbaines ; cela rend non seulement le terrain indisponible pour la production alimentaire, mais aussi pour la plupart des autres services écosystémiques, en particulier la filtration et la régulation de l'eau. Sans sol et végétation ouverts pour absorber l'eau, de fortes précipitations peuvent rapidement entraîner des inondations,[131] avec un écoulement d'eaux pluviales souvent contaminées par des déchets et des résidus huileux.[132] L'étanchéité du sol dans les zones résidentielles, commerciales et industrielles réduit la vie du sol,[133] et modifie l'albédo de surface (réflectivité) et le transfert de chaleur de l'évapotranspiration, ce qui peut contribuer à augmenter les températures et les problèmes de santé durant les vagues de chaleur.[134]

La couverture terrestre urbaine mondiale dans les zones de haute diversité biologique augmentera de plus de 200 % entre 2000 et 2030.

L'étanchéité du sol est un problème mondial : dans les villes européennes, elle varie entre 23 et 78 %,[135] et est considérée comme l'une des principales menaces pour la fonction du sol, près de la moitié du sol des nouvelles zones urbanisées de l'Union européenne est étanche.[136] Dans la région de l'Émilie-Romagne en Italie, on estime que, de 2003 à 2008, quelques 15 000 ha de terres agricoles ont été perdues, principalement en raison de l'urbanisation, ce qui équivaut à un potentiel de production de cultures pouvant nourrir 440 000 personnes.[137] Les risques d'inondation dans la région ont également augmenté de manière significative, en particulier pour les cours d'eau plus petits, ce qui nécessite des investissements supplémentaires dans le contrôle des inondations.[138]

5. Perte de la biodiversité

Au fur et à mesure que les villes se développent, elles détruisent les écosystèmes naturels et les infrastructures de transport et d'énergie qui lui sont associées fragmentent ce qu'il en reste. En 2010, une méta-analyse globale de la conversion des terres urbaines a révélé que près de la moitié des villes étudiées se trouvaient à moins de 10 km d'une zone protégée terrestre ; plus significativement, le taux d'expansion annuel moyen de ces villes de 1970 à 2000 était supérieur à 4,7 %.[139] Aux États-Unis, l'expansion du logement urbain est maintenant considérée comme une menace majeure pour les zones protégées,[140] avec 17 millions d'unités de logement supplémentaires qui devraient être construites à moins de 50 km d'espaces protégés d'ici 2030.[141] Des recherches comparant l'expansion urbaine estimée à une liste mondiale de sites Alliance for Zero Extinction (les endroits où les espèces évaluées en voie d'extinction ou en danger critique d'extinction selon les critères de la liste rouge de l'UICN sont limités à un seul site restant) ont constaté que plus d'un quart des espèces amphibiennes, mammifères, et des classes reptiliennes seront affectées à des degrés divers par l'expansion urbaine. Au total, les habitats de 139 espèces d'amphibiens, 41 espèces de mammifères et 25 espèces

Encadré 11.4 : Urbanisation dans les zones de haute diversité biologique

L'expansion de la superficie urbaine risque d'entraîner une perte considérable de biodiversité, par exemple :

- L'urbanisation à grande échelle dans l'est de l'Afromontane, dans les forêts guinéennes de l'Afrique de l'Ouest et dans les Ghâts occidentaux et les zones sensibles du Sri Lanka pourrait, d'ici 2030, augmenter les zones urbaines d'environ 1 900 %, 920 % et 900 % respectivement par rapport à leurs niveaux de l'an 2000, entraînant une perte de biodiversité importante.
- Dans les habitats déjà diminués et gravement fragmentés, tels que les zones sensibles de la Méditerranée et de la Forêt atlantique sud-américaine, des diminutions relativement faibles de l'habitat peuvent entraîner une augmentation exponentielle des taux d'extinction.
- Les 5 zones de haute diversité biologique présentant les plus grands pourcentages d'urbanisation prévue de leurs terres sont principalement des régions côtières ou des îles particulièrement importantes pour les espèces endémiques.[144]

d'oiseaux qui se trouvent sur les listes en danger critique d'extinction ou en voie de disparition de l'UICN, pourraient être réduits ou dévastés à la suite de l'urbanisation.[142]

L'expansion urbaine endommage de manière disproportionnée les zones humides, qui ont tendance à être inondées, drainées ou polluées, réduisant ainsi leur capacité à réguler la quantité et la qualité de l'eau et à se prémunir contre les phénomènes météorologiques extrêmes. Les zones humides autour de Harare, au Zimbabwe, sont la source d'eau de la moitié de la population du pays et sont responsables du réapprovisionnement de la nappe phréatique, de la filtration et de l'épuration de l'eau, de la prévention de l'envasement et des inondations, et fournissent un précieux piège à carbone ; elles représentent également un sanctuaire d'oiseaux important. Cependant, la pression sur ces zones humides, provenant de la transformation, de l'agriculture informelle, de la pollution des engrais et de l'utilisation du tubage pour les puits de forage à but commercial, a entraîné une baisse moyenne annuelle de la nappe phréatique de 15 à 30 mètres au cours des 15 dernières années.[143]

La récolte de bois de chauffage (généralement converti en charbon de bois) pour les villes des pays en développement influe de manière significative sur la santé des zones environnantes, entraînant une dégradation des forêts voire une déforestation. La pauvreté et le manque d'accès aux sources d'énergie alternatives imposent à de nombreux habitants des villes à dépendre du bois de chauffage. La majorité de ce bois provient de zones périurbaines et forestières situées à proximité des villes. Sans une gestion et une réglementation efficaces, la dégradation des forêts et le déboisement a tendance à s'étendre à partir des centres urbains à mesure que les populations augmentent, avec des chaînes d'approvisionnement qui sont souvent officieuses, fragmentaires et illégales.

Par exemple, le bois et le charbon de bois représentent plus de 80 % de l'utilisation du combustible domestique en Afrique, soit plus de 90 % du bois récolté, ce qui en fait la principale cause de dégradation des forêts en Afrique.[146] Autour de Dar es Salaam, en Tanzanie, le rayon d'exploitation forestière a augmenté de 120 km en 14 ans ; un front de déforestation qui à l'origine permettait de récupérer des arbres de grande qualité fournit aujourd'hui une biomasse ligneuse pour le charbon de bois.[147] La croissance de la population ou un afflux soudain de migrants entraîne une augmentation rapide de l'utilisation du bois de chauffage, comme dans le cas d'Abéché, au Tchad. Kinshasa et Abuja qui connaissent d'énormes augmentations de populations urbaines en raison des conflits et de la pauvreté rurale, sont responsables d'une déforestation plus rapide.[148]

L'utilisation non raisonnée du bois de chauffage n'est pas seulement mauvaise pour les forêts. En 2010, la pollution de l'air domestique par la biomasse solide a causé plus de morts que le paludisme, et le taux de décès devrait continuer à augmenter.[149] Dans les zones où le niveau de vie le permet, les citadins passent au charbon, qui est plus propre à consommer mais qui nécessite plus de bois et dégage de multiples polluants durant sa production.

6. Changements climatiques

Les villes influencent le climat à la fois sur le plan local et mondial, et sont, à leur tour, affectées par le changement climatique. Les zones urbaines altèrent le climat local via la modification de l'albédo de surface et de l'évapotranspiration, et l'augmentation des aérosols et des sources de chaleur anthropiques, entraînant des températures élevées[150] et des bouleversements au niveau des précipitations locales.[151][152] Les villes sont généralement plus chaudes que les zones rurales environnantes, un phénomène connu sous le nom « d'îlot thermique urbain » ; ces différences sont encore plus importantes pendant les vagues de chaleur, augmentant l'inconfort et les risques pour la santé.[153] Les villes contribuent au changement climatique mondial en émettant des gaz à effet de serre provenant des systèmes de chauffage et de refroidissement, des transports et de l'industrie. Si l'on considère l'empreinte urbaine dans son ensemble, on estime que les villes représentent 60 à 80 % de la consommation des ressources et de l'utilisation d'énergie, et environ de la moitié des émissions mondiales de dioxyde de carbone anthropique ; elles jouent également un rôle majeur dans la dégradation de l'écosystème.[154] L'analyse suggère que les émissions urbaines par habitant sont elles-mêmes souvent inférieures à la moyenne pour les pays dans lesquels elles se trouvent.[155] À l'inverse, les populations urbaines dans les

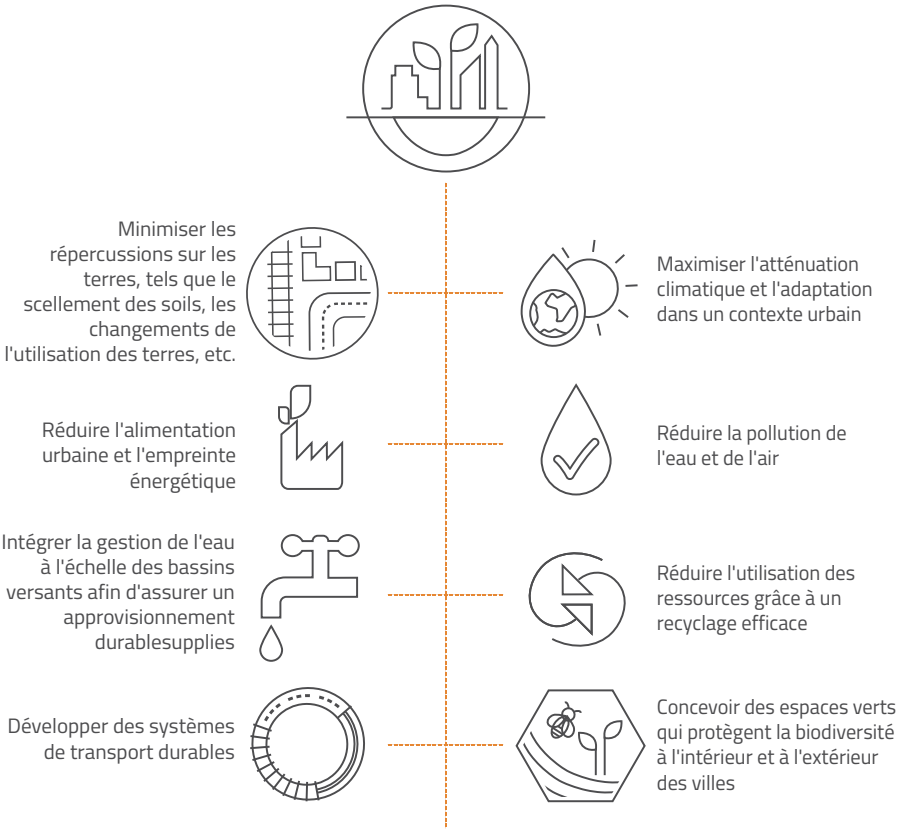


Figure 11.4 : Construction de villes durables

pays en développement ont tendance à générer des émissions de gaz à effet de serre plus élevées par habitant que les populations rurales environnantes en raison de l'utilisation intensive de la biomasse et des combustibles fossiles.[156]

Les villes sont de plus en plus vulnérables aux risques liés au changement climatique à mesure que leur taille augmente, en particulier si la croissance est ponctuelle ou imprévue. Avec des terrains de qualité supérieure, les habitants les plus pauvres des villes s'installent dans des zones précaires telles que les plaines inondables, les régions côtières basses, les rivières, les pentes raides et dans les endroits où l'ombre naturelle et la végétation sont faibles ; tandis que les personnes les plus riches peuvent se permettre de prendre des mesures pour faire face aux impacts du changement climatique, comme fortifier et isoler les maisons, améliorer les drains et autres mesures de prévention face aux catastrophes. Des centaines de millions de citadins n'ont pas de routes praticables en toutes saisons, d'eau courante, de systèmes de drainage, d'égouts ou d'électricité, et vivent dans des maisons mal construites sur des terrains illégalement occupés ou subdivisés, avec peu de possibilités de se prémunir des événements climatiques.[157] Les changements climatiques entraîneront probablement plus d'inondations, de sécheresses, de vagues de chaleur et d'élévations du niveau de la mer.[158] Les villes côtières émergentes auront plus de zones exposées aux inondations : des estimations pour 53 villes africaines avancent que 11,6 millions de personnes supplémentaires seront exposées à des épisodes de tempête d'ici 2100.[159] D'autres estimations suggèrent que 16 millions de personnes par an seront confrontées à des inondations d'ici 2100, dont 10 millions seront forcées de migrer ailleurs.[160]

CONSTRUIRE DES VILLES DURABLES

« L'urbanisation durable exige que les villes génèrent de meilleures sources de revenus et d'emplois, élargissent l'infrastructure nécessaire à l'eau et à l'assainissement, à l'énergie, aux transports, à l'information et aux communications ; assurent un accès égalitaire aux services ; réduisent le nombre de personnes vivant dans les bidonvilles ; et préservent les atouts naturels dans la ville et ses environs ».[161]

L'objectif 11 de développement durable vise à « *rendre les villes et les établissements humains inclusifs, sûrs, résilients et durables* » et l'objectif 11.6 s'efforce de « *réduire l'impact environnemental défavorable par habitant des villes* ».

Le Nouveau programme pour les villes, adopté durant la conférence Habitat III, stipule que « *nous voulons des villes et des établissements humains qui : [...] protègent, conservent, restaurent et favorisent leurs écosystèmes, l'eau, les habitats naturels et la biodiversité, réduisent leur impact environnemental et privilégient des modes de consommation et de production durables.* »[162]

La distinction entre urbanisme et planification rurale n'a plus de sens dans la mesure où les deux sont interconnectés ; les approches durables de la gestion des villes doivent tenir compte des zones urbaines, des terres rurales, des communautés et des écosystèmes dont elles dépendent.[163] Améliorer les villes est possible mais la planification à long terme basée sur des critères environnementaux est souvent mal vue. La banque mondiale note que les pays confrontés à des contraintes de financement sévères peuvent avoir

à choisir entre « construire correctement » (ce qui peut sembler opportun d'un point de vue économique et environnemental) et « construire davantage » (ce qui peut être nécessaire sur le plan social).[164] Parmi les étapes nécessaires pour réaliser des villes durables, on peut citer :

- **Minimiser l'impact sur la terre**, comme l'étanchéité des sols, le changement d'utilisation des terres, etc.
- **Réduire l'empreinte alimentaire et énergétique urbaine**
- **Intégrer la gestion de l'eau** à l'échelle du bassin versant pour assurer des approvisionnements durables
- **Développer des systèmes de transport durables**
- **Maximiser l'atténuation du changement climatique et l'adaptation au climat** dans le contexte urbain
- **Cesser la pollution** de l'eau et de l'air
- **Réduire l'utilisation des ressources grâce au recyclage efficace**
- **Concevoir des espaces verts et protéger la biodiversité** à l'intérieur et à l'extérieur de la ville

1. Minimiser l'impact sur la terre

L'urbanisation peut aider à alléger la pression sur les écosystèmes naturels et semi-naturels, mais seulement si son expansion est limitée et si l'interface rurale-urbaine est soigneusement gérée. Les villes compactes et bien organisées minimisent leurs impacts sur les zones environnantes en réduisant la demande de biens et de services liés issus de la terre. Par exemple, à Singapour, les densités planifiées varient selon la localisation, l'utilisation et la disponibilité des infrastructures, avec des densités plus élevée situées à proximité des stations de métro.[165] Les communautés urbaines à forte densité ont également une consommation d'énergie par habitant et des émissions de gaz à effet de serre plus faibles que les banlieue à faible densité en développement ; les coûts de transport et de chauffage diminuent également.[166] Philadelphie a mis au point un plan d'infrastructure vert qui transformera 34 % des surfaces imperméables existantes en « hectares verts » d'ici 2036.[167]

La régénération et la refonte des villes, plutôt que l'expansion dans des terres agricoles productives et des écosystèmes naturels, réduiront ainsi les modifications d'étanchéité des sols et d'utilisation des terres. Une planification urbaine efficace offre des opportunités pour une croissance économique durable. Au Royaume-Uni, Londres a dépensé 13,4 milliards de dollars sur le site dédié aux jeux olympiques, transformant une zone délabrée en un centre récréatif, divertissant et commercial avec des logements accueillant 8 000 familles.[168]

Bien que près de la moitié des habitants urbains au niveau mondial vivent dans des agglomérations relativement peu peuplées de moins de 500 000 habitants,[169] le rôle des petites et moyennes villes et leur contribution aux économies nationales sont souvent négligés.[170] Veiller à ce que ces petites villes adoptent une trajectoire de développement durable dès le début peut leur permettre d'éviter de nombreux problèmes auxquels font face les grandes villes du monde.[171] De telles initiatives sont urgentes car beaucoup de ces villes sont sur le point d'amorcer une expansion rapide.[172]

2. Réduire l'empreinte alimentaire et énergétique urbaine

Les villes peuvent fournir des modèles positifs et négatifs pour une production alimentaire durable. Des communautés compactes offrent des économies d'échelle et peuvent en théorie minimiser les déchets. Mais si elle est mal planifiée, les déchets alimentaires et l'empreinte alimentaire peuvent augmenter en raison de l'urbanisation. Des politiques solides et une planification minutieuse sont essentielles à la réussite de ces efforts.

Alors que les villes comptent sur des aliments cultivés à l'extérieur, il existe des possibilités inexploitées pour maximiser l'efficacité une fois que les aliments se trouvent à l'intérieur de la ville. La défense de l'agriculture urbaine et périurbaine et la maximisation de la production alimentaire relativement locale augmentent la nutrition et la sécurité alimentaire, préservent les aliments régionaux, réduit les kilomètres-assiettes et contribuent à limiter l'expansion urbaine. Des villes comme Bujumbura, au Burundi, incluent l'horticulture dans le projet urbain général.[173] La production alimentaire durable dans les villes apporte une gamme de services écosystémiques différents en plus de la nourriture. Cependant, les producteurs locaux ont parfois du mal à rivaliser économiquement avec des exploitations agricoles plus vastes et plus éloignées, et ont parfois besoin de soutien pour survivre. Une méta-analyse globale de la conversion actuelle des terres urbaines a révélé que la présence de subventions agricoles dans ces régions abaissait le taux annuel moyen d'expansion urbaine de 2,43 %.[174] Les agriculteurs sont souvent réticents à investir dans des mesures de conservation agricole, même avec des perspectives d'augmentation de la productivité et des coûts d'eau réduits, car les ratios coût-bénéfice et les périodes de d'amortissement des coûts ne sont pas assez attrayants. Les villes peuvent aider à faire pencher la balance.[175]

Les villes offrent des moyens de réduire l'utilisation globale de l'énergie grâce au partage et à l'optimisation de l'énergie, et à la réduction des déchets, à travers des initiatives telles que l'élaboration de systèmes de chauffage urbain, l'intégration de mesures d'économie d'énergie dans les nouvelles constructions et l'installation de dispositifs générateurs d'énergie, comme les panneaux solaires et les cellules photoélectriques. Des grilles intelligentes (grilles d'électricité qui harmonisent l'offre et la demande) proposent de faire des économies supplémentaires, en combinant de plus grandes connexions à l'intérieur et entre les pays, en s'appuyant sur les progrès rapides de la technologie de stockage et en générant une souplesse suffisante du côté de la demande.[176]

Figure 11.5
Les principaux éléments et flux d'un fonds d'eau :
Redessiné de[180]

Les nouvelles technologies peuvent relier les producteurs individuels et les consommateurs sans nécessité d'un distributeur centralisé, rendant l'utilisation de l'énergie excédentaire plus facile et plus efficace.[177] L'amélioration du stockage et de l'efficacité offre de nouvelles possibilités, telles que l'utilisation du courant continu dans les appareils et les cellules photovoltaïques.[178] Les solutions naturelles, comme la plantation d'arbres urbains, peuvent aider à réduire les factures de climatisation des foyers,[179] et offrir de nombreux autres avantages. Des fonds pour l'eau ont été développés ces 15 dernières années pour promouvoir une interface urbaine-rurale saine. L'objectif est de rassembler collectivement les utilisateurs d'eau pour investir dans la protection de l'habitat en amont et dans la gestion des terres, et mobiliser des sources de financement novatrices. Les principaux éléments intervenant dans de tels fonds sont illustrés dans la figure 11.5.

3. Intégrer la gestion de l'eau

Maintenir un bon flux d'eau potable est peut-être la meilleure occasion par laquelle les autorités d'une ville peuvent travailler de manière étroite et synergique avec les communautés rurales voisines. De tels développements pourraient être intégrés à des systèmes d'assainissement efficaces au sein des villes. Un conseil municipal ou une compagnie des eaux qui propose des mesures incitatives aux communautés rurales pour la protection et la restauration des bassins versants crée une stratégie mutuellement bénéfique où les villes obtiennent des ressources en eau rentables et où les revenus ruraux augmentent. On estime qu'un grande ville sur six (environ 690 villes comptent plus de 433 millions d'habitants) a le potentiel de compenser complètement ses coûts de conservation grâce à des économies sur le traitement de l'eau.[180] De telles initiatives peuvent être renforcées par des mesures visant à réduire l'utilisation de l'eau et les déchets grâce à des campagnes de sensibilisation et à des politiques de tarification de l'eau.[181]

L'un des exemples les plus connus reste l'ensemble de politiques et de soutiens financiers qui relie le réseau d'eau de New-York à la gestion des trois bassins hydrographiques qui fournissent de l'eau à la ville. En travaillant avec des propriétaires fonciers privés pour promouvoir des bassins hydrographiques sains, New-York a réussi à mettre en place le plus grand approvisionnement en eau non filtré des États-Unis, économisant ainsi plus de 300 millions de dollars par an sur les coûts de traitement et d'entretien de l'eau.[182]

4. Développer des systèmes de transport durables

Parce qu'elles sont compactes, les villes sont des endroits où, avec les plans et investissements stratégiques adéquats, l'empreinte environnementale des transports peut être minimisée grâce à des mesures de réduction du trafic, des pistes cyclables, des moyens de transport en commun, des passerelles pour piétons et des bonus/malus financiers, tels que les taxes sur les véhicules privés ou les subventions pour le transport public. La conception de villes plus compactes réduirait les coûts de transport urbain.[184] Ces changements concernent autant les habitudes culturelles que les connaissances techniques ou les modèles politiques : par exemple, des villes comme Amsterdam et Cambridge ont longtemps privilégié les déplacements à vélo, alors qu'à Toronto, un maire a été élu en partie parce qu'il promettait de

faire disparaître les pistes cyclables suite à l'opposition des automobilistes.

Les problèmes pratiques dus au déplacement en voiture créent un changement graduel d'attitude. Bangkok et Delhi ont toutes deux atteint une saturation complète jusqu'à la mise en place de leurs métros. Certains analystes pensent déjà que la planète a atteint un seuil critique en terme de voiture par habitant et que la tendance à favoriser les services ferroviaires urbains est à la hausse, même dans les villes traditionnellement dépendantes de la voiture en Amérique du Nord et en Australie.[185] Les systèmes de transport public bon marché et l'utilisation de nouvelles technologies modifient les attitudes vis-à-vis du transport urbain. Une étude de l'OCDE qui a modélisé l'utilisation de voitures sans chauffeur à Lisbonne a révélé que les véhicules autonomes partagés pourraient réduire le nombre de voitures nécessaires de 80 à 90 %. La réduction du nombre de voitures libérera également de l'espace urbain : jusqu'à un quart de la superficie de certaines villes américaines est dédiée au stationnement.[186]

5. Maximiser l'atténuation des changements climatiques et améliorer notre adaptation

Le développement d'une urbanisation compacte, conjugué à une forte densité d'habitations et d'emplois, peut réduire la consommation d'énergie, les déplacements motorisés et les émissions de dioxyde de carbone.[187] La ville de Dongtan, près de Shanghai, cherche à devenir la première éco-ville du monde conçue avec des moyens de transport durables, des systèmes d'acheminement d'eau efficaces et des espaces verts qui lui permettront d'atteindre l'objectif d'être neutre en carbone. Une fois achevée, on prévoit que la ville consomme 64 % moins d'énergie qu'une ville moderne de taille similaire.[188]

La réorientation des investissements qui allaient aux industries produisant des émissions intensives de carbone vers des solutions intelligentes face au climat, telles que les énergies renouvelables et les microcrédits, est une manière importante pour le secteur financier de soutenir les villes durables. Cela nécessite une compréhension poussée du risque que représente le carbone et une volonté accrue de rechercher les opportunités les plus appropriées d'investissement renouvelables et à faible émission de carbone. Les investissements de ce type sont promus par des organisations internationales telles que l'OCDE, le FMI et la banque mondiale.[189]

Les villes dépendront également des services écosystémiques proposés par les régions avoisinantes pour améliorer leur adaptation au changement climatique.[190] Par exemple, les mangroves du littoral peuvent aider les villes côtières à faire face à l'augmentation de la fréquence des tempêtes ;[191] une végétation bien maîtrisée dans les zones arides peut réduire les effets des tempêtes de poussière et minimiser la formation de dunes ;[192] et les forêts situées sur des pentes abruptes stabilisent la neige et le sol.[193] Dans la ville elle-même, de nombreuses options existent pour utiliser des services écosystémiques, comme l'augmentation des zones naturelles ou vertes pour absorber l'excès de pluie[194] et la plantation d'arbres pour créer de l'ombre.[195]

6. Réduire la pollution

La pollution de l'air et de l'eau de nos villes a des effets terribles sur la santé humaine. Mais certains exemples montrent que beaucoup d'entre eux peuvent être inversés ; les rivières en Europe sont beaucoup plus propres qu'elles ne l'étaient il y a quelques décennies et beaucoup voient leur vie aquatique se reconstituer. La qualité de l'eau potable est souvent plus élevée que dans les zones rurales peuplées. La gestion des terres est essentielle à la gestion de l'eau : quatre villes sur cinq pourraient significativement réduire la pollution des sédiments ou des nutriments (au moins de 10 %) grâce à la protection des forêts, au reboisement des pâturages et aux bonnes pratiques de gestion agricole. Cela pourrait potentiellement conduire à 10 Gt supplémentaires d'atténuation du dioxyde de carbone par an.[196]

7. Réutilisation et recyclage

Le recyclage offre d'importants avantages sociaux et environnementaux qui réduisent la pression sur les activités de production terrestre et leurs impacts. Recycler seulement trois métaux - ferreux, aluminium et cuivre - réalise une économie annuelle de 572 millions de tonnes de dioxyde de carbone par rapport à l'extraction et à la transformation de nouveaux métaux.[197] Le recyclage des plastiques réduit l'énorme charge de pollution qu'ils créent : environ 250 000 tonnes de plastiques se trouvent actuellement dans les océans du monde.[198] Les villes ont également la possibilité de mettre en œuvre des stratégies éprouvées et rentables pour le recyclage et la réutilisation. Le recyclage a trois principaux moteurs : (i) une incitation économique (souvent parmi les plus pauvres de la société) ; (Ii) un élément volontaire, tel que la séparation des déchets ou des visites dans les centres locaux de recyclage, principalement les comportements appris et (iii) les lois et les politiques qui encouragent fortement le recyclage. Alors que le marché du recyclage est compliqué et que la valeur des matériaux est chroniquement instable, le recyclage continue à croître dans le monde entier. Environ 4 Gt de déchets sont recyclés chaque année dans le monde entier,[199] ce qui est encore une proportion minime du potentiel réel.

8. Maximiser les espaces verts et protéger la biodiversité

Comme décrit au chapitre 9, les villes peuvent faire face aux pertes de biodiversité en réduisant leur impact sur le paysage plus vaste. Les zones urbaines peuvent également

s'harmoniser avec la nature plus directement en créant des espaces verts. L'existence d'arbres, de parcs et de jardins n'est pas incompatible avec les villes compactes et fait, ils font partie intégrante de certaines des zones urbaines les plus densément peuplées du monde. Les arbres ont de multiples avantages, tels que la réduction du ruissellement et des émissions de CO_2, la purification de l'air et la valorisation esthétique tout en améliorant la qualité de vie dans les zones surpeuplées. À Lisbonne, au Portugal, les bénéfices liés aux arbres des rues ont permis l'amélioration de la qualité de l'air, les économies d'énergie, l'augmentation des valeurs immobilières et la réduction du dioxyde de carbone, soit un gain de 4,48 dollars (USD) par dollar (USD) investi.[200]

Certaines villes vont plus loin et donnent la priorité aux espaces verts dans leurs modèles d'expansion. Singapour valorise son image verte avec des plans d'infrastructure verts comme l'une des principales raisons pour lesquelles il continue d'attirer de gros investissements.[201] L'Afrique du Sud a identifié neuf domaines clés dans son programme d'économie verte, y compris l'augmentation du recyclage, l'agriculture urbaine et les interventions non commerciales afin d'éviter l'étalement urbain.[202] Au niveau de la ville, cela correspond à des opérations, telles que le Plan d'Action Objectifs Verts pour la Coupe du monde 2010 au Cap qui prévoit de remanier Johannesburg afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre provenant des transports.[203]

En plus des parcs et des espaces verts dans les zones urbaines, ceux situés en périphérie peuvent jouer un rôle clé dans la protection de l'environnement (par exemple, les bassins hydrographiques), les activités récréatives et la protection de la biodiversité locale ; parfois avec des coûts comparativement inférieurs en raison de leur emplacement dans des pentes abruptes ou des terrains souvent inondés.

CONCLUSION

Les villes sont et continueront probablement à être les moteurs de la croissance économique, nécessitant des investissements publics majeurs. Elles continueront également à avoir des répercussions sur les ressources foncières et sur les services écosystémiques associés qui constituent l'infrastructure naturelle dont elles dépendent.[204] Il est prévu que 65 % de l'ensemble de la superficie des terres urbaines en 2030 sont urbanisés au cours des 3 premières décennies du 21e siècle.[205] Les décisions en matière de développement urbain sont à long terme et il est difficile de les inverser. Les politiques visant à assurer une urbanisation durable sont urgentes compte tenu des tendances actuelles.

La croissance de l'importance et de l'étendue des villes est en train de transformer notre approche de la gouvernance. À mesure que les activités économiques se dispersent en raison de la privatisation, de la déréglementation et de la mondialisation croissante, de nouvelles alliances stratégiques entre les villes se forment en tant qu'alternative verte aux territoires nationaux traditionnels.[206] Une collaboration accrue entre les villes dans le partage des meilleures pratiques sera vitale pour développer la durabilité. Certaines villes participent déjà à des partenariats coopératifs et elles commencent à jouer un rôle plus actif dans les impacts et la gestion des ressources à l'échelle régionale, voire mondiale. Par exemple, les réponses des villes aux émissions de GES comprennent le C40 Cities Climate Leadership Group et le Conseil mondial des maires sur le changement climatique.[207]

© Dan

RÉFÉRENCES

1 Ponting, C. 1991. A Green History of the World. Sinclair-Stevenson, London.

2 Ibid.

3 UNFPA. 2007. State of World Population 2007: Unleashing the Potential of Urban Growth, UNFPA, New York.

4 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352).

5 Data from FAO need ref from Elaine Springgay

6 UN. 2014. World urbanization prospects – The 2014 revision. United Nations Department of Economic and Social Affairs, New York, USA.

7 d'Amour, C.B., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., et al. 2016. Future urban land expansion and implications for global croplands. Proceedings of the National Academy of Sciences, doi:10.1073/pnas.1606036114

8 UN. 2014. Op. cit.

9 UN. 2014. Op. cit.

10 Tollin, N. and Hamhaber, J. 2016. Op. cit. Sustainable Urbanization in the Paris Agreement. Comparative review for urban content in the Nationally Determined Contributions (NDCs). United Nations Human Settlements Programme, Nairobi.

11 World Bank. 2013. Planning, Connecting, and Financing Cities—Now: Priorities for City Leaders. World Bank, Washington, DC.

12 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. World Urbanization Prospects: The 2014 Revision.

13 Oxford Economics. 2015. Future Trends and Market Opportunities in the World's Largest 750 Cities. How the Global Urban Landscape Will Look in 2030. Oxford, UK.

14 Cour, Jean-Marie. 2004. Assessing the 'benefits' and 'costs' of urbanization in Vietnam. Annex to Urbanization and Sustainable Development: A Demo-Economic Conceptual Framework and its Application to Vietnam. Report to Fifth Franco-Vietnamese Economic and Financial Forum. Ha Long, Vietnam.

15 UN Department of Economic and Social Affairs, Population division. 2014. Population Facts.

16 UN. 2014. Op. cit.

17 Currie, E.L.S., Fernández, J.F., Kim, J., and Kaviti Musango, J. 2015. Towards urban resource flow estimates in data scarce environments: The case of African cities, Journal of Environmental Protection 6: 1066-1083.

18 World Bank. 2005. The Urban Transition in Sub-Saharan Africa: Implications for Economic Growth and Poverty Reduction, Urban Development Unit, Africa Region, Working Paper Series, No 97.

19 Get source from Elaine Springgay

20 UNEP. 2016. GEO-6 Regional Assessment for Latin America and the Caribbean. Nairobi.

21 Seto, K.C., Güneralp, B., and Hutyra, L.R. 2012. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. Proceedings of the National Academy of Sciences 109 (40): 16083-16088.

22 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.

23 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. Op. cit.

24 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.

25 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.

26 Seto, K.C, Sanchez-Rodriguez, R., and Fragkias, M. 2010. The new geography of contemporary urbanization and the environment. Annual Review of Environment and Resources 35: 167-194.

27 Urban Land Institute and Ernst & Young. 2013. Infrastructure 2013: Global Priorities, Global Insights. Urban Land Institute, Washington, DC.

28 Alho, J.M. 1997. Scenarios, uncertainty and conditional forecasts of the world population. Journal of the Royal Statistical Society Series A 160: 71-85.

29 Seto, K.C., Fragkias, M., Güneralp, B., and Reilly, M.K. 2011. A meta-analysis of global urban land expansion. PLoS ONE 6 (8): e23777. doi:10.1371/journal.pone.0023777

30 UN-Habitat. 2016. World Cities Report. Nairobi.

31 Aide, T.M. and Grau, H.R. 2004. Globalization, migration and Latin American ecosystems. Science 305: 1915-1916.

32 Adomaitis, K. 2013. The World's Largest Cities are the Most Unequal, Euromonitor International. http://blog.euromonitor.com/2013/03/the-worlds-largest-cities-are-the-most-unequal.html, accessed, November 27, 2016.

33 Glaeser, E. 2011. Triumph of the City: How our greatest invention makes us richer, smarter, greener. Pan Macmillan, London.

34 Hahs, A.K., McDonnell, M.J., McCarthy, M.A., Vesk, P.A., Corlett, R.T., et al. 2009. A global synthesis of plant extinction rates in urban areas. Ecology Letters 12: 1165-1173.

35 United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2014. Op. cit.

36 Seitzinger, S.P., Svedin, U., Crumley, C.L., Steffen, W., Abdullah, S.A., et al. 2012. Planetary stewardship in an urbanizing world: Beyond city limits. Ambio 41 (8):787-794.

37 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.

38 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.

39 Sassen, S. 2005. Global City: Introducing a Concept, Brown Journal of World Affairs 11 (2): 27-43.

40 Todaro, M.P. 1969. A model of labor migration and urban unemployment in less developed countries. American Economic Review 59: 138-148.

41 Lucas, R. 2015. Internal migration in developing economies: An Overview, KNOMAD Working Paper 6, May 2015.

42 Andersen, L.E. 2002. Rural-urban migration in Bolivia. Advantages and disadvantages. Instituto de Investigaciones Socioeconómicas. La Paz, Bolivia.

43 Clark, W.A.V. and Maas, R. 2015. Interpreting migration through the prism of reasons to move. Population, Space and Place. 21: 54-67.

44 Brown, O. 2008. Migration and Climate Change. International Organization for Migration, Geneva.

45 Internal Displacement Monitoring Centre. 2016. Global Estimates 2015: People displaced by disasters. Geneva.

46 Liang, Z. 2016. China's great migration and the prospects of a more integrated society. Annual Review of Sociology 42: 451-471.

47 Beauchemin, C. and Bocquier, P. 2004. Migration and urbanisation in Francophone West Africa: An overview of the recent empirical evidence. Urban Studies 41(11): 2245-2272.

48 Ofuoka, A.U. 2012. Urban-rural migration in Delta State, Nigeria: Implications for agricultural extension service. Global Journal of Science Frontier Research 12 (6). https://globaljournals.org/GJSFR_Volume12/1-Urban-Rural-Migration-in-Delta-State-Nigeria.pdf.

49 Owusu, G. 2005. The role of district capitals in regional development: Linking small towns, rural-urban linkages and decentralisation in Ghana, (Unpublished PhD Thesis), Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.

50 Kuemmerle, T., Olofsson, P., Chaskovskyy, O., Baumann, M., Ostapowicz, K., et al. 2011. Post-Soviet farmland abandonment, forest recovery, and carbon sequestration in western Ukraine. Global Change Biology 17: 1335-1349.

51 China File. 2014. China's Fake Urbanization, China File Infographics. http://www.chinafile.com/multimedia/infographics/chinas-fake-urbanization, accessed, October 24, 2016.

52 Long, H.L., Li, Y.R., Liu, Y.S., Michael, W., and Zou, J. 2012. Accelerated restructuring in rural China fueled by 'increasing vs. decreasing balance' land-use policy for dealing with hollowed villages. Land Use Policy 29: 11-22.

53 Long, H.L. 2014. Land Use Policy in China: An Introduction, Land Use Policy, 40: 1-5.

54 Ibid.

55 Xu, J., Yang, Y., Fox, J., and Yang, X. 2007. Forest transition, its causes and environmental consequences: Empirical evidence from Yunnan of Southwest China. Tropical Ecology 48: 137-150.

56 Tabassum, I., Rahman, F., and Haq, F. 2014. Dynamics of communal land degradation and its implications in the arid mountains of Pakistan: A study of District Karak, Khyber Pakhtunkuwa. Journal of Mountain Science, 11 (2): 485-495.

57 Jaquet, S., Schwilch, G., Hartung-Hofmann, F., Adhikari, A., Sudmeier-Rieux, K., et al. 2015. Does outmigration lead to land degradation? Labour shortage and land management in a western Nepal watershed. Applied Geography 62: 157-170.

58 DNV GL AS. 2015. Global Opportunity Report 2015. DNV GL AS, Høvik, Oslo.

59 Grau, H.R. and Aide, T.M. 2008. Globalization and land use transitions in Latin America. Ecology and Society 13 (2): 16.

60 Eppler, U., Fritsche, U., and Laaks, S. 2015. Urban-Rural Linkages and Global Sustainable Land Use, GLOBALANDS Issue Paper. Globalands, Berlin.

61 Gray, C. and Bilsborrow, R. 2014. Consequences of out-migration for land use in rural Ecuador. Land Use Policy 36: 182-191.

62 Mather, A. and Needle, C. 1998. The forest transition: A theoretical basis. Area 30: 117-124.

63 Kull, C. 2007. Tropical forest transitions and globalization: Neo-liberalism, migration, tourism, and international conservation agendas. Society and Natural Resources: An International Journal 20 (8): 723-737.

64 Gray, C. and Bilsborrow, R. 2014. Op. cit.

65 Harden, C. 1996. Relationship between land abandonment and land degradation: A case from the Ecuadorian Andes. Mountain Research and Development 16: 274-280.

66 Grau, H.R., Hernández, M.E., Gutierrez, J., Gasparri, N.I., Casavecchia, C., et al. 2008. A peri-urban neotropical forest transition and its consequences for environmental services. Ecology and Society 13 (1): 35.

67 Fang, Y. and Pal, A. 2016. Drivers of urban sprawl in urbanizing China – a political ecology analysis. Environment and Urbanization 28 (2), doi: 10.1177/0956247816647344.

68 Song, Y. and Zenou, Y. 2009. How differences in property taxes within cities affect urban sprawl, Journal of Regional Science 49: 801-831.

69 Davis, M. 2006. Planet of the Slums. London, Verso.

70 Einstein, M. 2016. Disease poverty and pathogens. Nature 531: 61-63.

71 Verburg, P.H., Crossman, N., Ellis, E.C., Heinimann, A., Hostert, P., et al. 2015. Land system science and sustainable development of the earth system: A global land project perspective. Anthropocene 12: 29-41.

72 Benitez, G., Perez-Vazquez, A., Nava-Tablada, M., Equihua, M., and Alvarez-Palacios, L. 2012. Urban expansion and the environmental effects of informal settlements on the outskirts of Xalapa city, Veracruz, Mexico. Environment and Urbanization 24 (1): 149-166.

73 Haller, A. 2014. The "sowing of concrete": Peri-urban smallholder perceptions of rural-urban land change in the Central Peruvian Andes. Land Use Policy 38: 239-247.

74 Tollin, N. and Hamhaber, J. 2016. Op cit.

75 Hatcher, C. (forthcoming) Legalising urban informality: Squatting, property law and possessory title.

76 Hatcher, C. 2015. Globalising homeownership: Housing privatisation schemes and the private rental sector in post-socialist Bishkek, Kyrgyzstan. International Development Planning Review 37 (4): 467-486.

77 Ishtiaque, A. and Ullah, S. 2013. The influence of factors of migration on the migration status of rural-urban migrants in Dhaka. Human Geographies: Journal of Studies and Research in Human Geography 7 (2): 45-52.

78 Agrawala, S., Ota, T., Ahmed, A.U., Smith, J., and van Aalst, M. 2003. Development and Climate Change in Bangladesh: Focus on coastal flooding and the Sundarbans. OECD, Paris.

79 Islam, M., Sallu, S.M., Hubacek, K., and Paavola, J. 2014. Migrating to tackle climate variability and change? Insights from coastal fishing communities in Bangladesh. Climate Change 124: 733-746.

80 Perch-Nielsen, S., Bättig, M., and Imboden, D. 2008. Exploring the link between climate change and migration. Climatic Change 91: 375-393.

81 Seto K.C., et al. 2011. Op. cit.

82 DNV GL AS. 2015. Op. cit.

83 Friedman, L. 2009. Adaptation: A city exploding with climate migrants, Climate Wire, March 16, 2009, Available at: http://www.eenews.net/stories/75520, accessed: October 24, 2016.

84 Dasgupta, S., Laplante, B., Murray, S., and Wheeler, D. 2009. Climate change and the future impacts of storm-surge disasters in developing countries. Center for Global Development, Working Paper 182.

85 World Bank. 2012. Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development. Washington, DC: World Bank.

86 DNV GL AS. 2015. Op. cit.

87 Tollin, N. and Hamhaber, J. 2016. Op. cit.

88 Seitzinger, S.P., et al. 2012. Op. cit.

89 Lenzen, M. and Peters, G.M. 2010. How city dwellers affect their resource hinterland. Journal of Industrial Ecology 14:73-90.

90 Young, A. 2013. Inequality, the urban-rural gap, and migration. The Quarterly Journal of Economics 128 (4): 1727-1785.

91 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.

92 Tollin, N. and Hamhaber, J. 2016. Op. cit.

93 Satterthwaite, D. 2011. How urban societies can adapt to resource shortage and climate change. Philosophical Transactions of the Royal Society A 369: 1762-1783.

94 Rood, G.A., Wilting, H.C., Nagelhout, D., ten Brink, B.J.E., Leewis, R.J., et al. 2004. Tracking the effects of inhabitants on biodiversity in the Netherlands and abroad: An ecological footprint model. Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven, Netherlands.

95 Ruel, M., Garrett, J., and Yosef, S. 2017. Growing cities, new challenges. In: Global Food Policy Report 2017. International Food Policy Research Institute, Washington, DC, pp. 24-33.

96 Darwish, T., Atallah, T., El Moujabber, M., and Khatib, N. 2005. Status of soil salinity in Lebanon under different cropping pattern and agro climatic zones. Agricultural Water Management 78: 152-164.

97 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.

98 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.

99 United Nations. 2011. World Population Prospects: The 2010 Revision. New York.

100 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.

101 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. cit.

102 d'Amour, C.B., et al. 2016. Op. op cit.

103 Abell, R., Asquith, N., Boccaletti, G., Bremer, L., Chapin, E., et al. 2017. Beyond the Source: The Environmental, Economic and Community Benefits of Source Water Protection. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.

104 Richter, B.D., Abell, R., Bacha, E., Brauman, K., Calos, S., et al. 2013. Tapped out: How can cities secure their water future? Water Policy 15: 335-363.

105 DNV GL AS. 2015. Op. cit.

106 DNV GL AS. 2015. Op. cit.

107 Richter, B.D., et al. 2013. Op. cit.

108 Ibid.

109 Abell, R., et al. 2017. Op. cit.

110 Urban Land Institute and Ernst & Young. 2013. Op. cit.

111 Tortajada, C. 2016. Policy dimensions of development and financing of water infrastructure: The cases of China and India. Environmental Science and Policy 64: 177-187.

112 Richter, B.D., et al. 2013. Op. cit.

113 Wunder, S., Kaphengst, T., Smith, L., von der Weppen, J., Wolff, F., et al. 2013. Governance screening of global land use. Discussion paper. Ecologic Institute and Öko-Institute, Berlin.

114 World Bank. 2013. Op. cit.

115 US Energy Information Administration. 2016. International Energy Outlook 2016. Washington, DC.

116 https://www.iea.org/topics/transport/

117 Illich, I. 1973. Energy or Equity? Harper and Row.

118 Guttikuna, S.K. and Goel, R. 2013. Health impacts of particulate pollution in a megacity – Delhi, India. Environmental Development 6: 8-20.

119 World Bank. 2013. Op. cit.

120 Laurence, W.F. and Balmford, A. 2013. Land use: A global map for road building. Nature 495 (7441): 308-309.

121 Barber, C.P., Cochrane, M.A., Souza, C.M. Jr., and Laurance, W.F. 2014. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. Biological Conservation 17: 203-209.

122 Arima, E.Y., Walker, R.T., Sales, M., Souza, C. Jr., and Perz, S.G. 2008. The fragmentation of space in the Amazon basin. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 74 (6): 699-709.

123 Ahmed, S.E., Souza, C.M. Jr., J. Riberio, J., and R.M. Ewers. 2013. Temporal patterns of road network development in the Brazilian Amazon. Regional Environmental Change 13 (5): 927-937.

124 Kis Madrid, C., Hickey, G.M., and Bouchard, M.A. 2011. Strategic environmental assessment effectiveness and the Initiative for the Integration of Regional Infrastructure in South America (IIRSA): A multiple case review. Journal of Environmental Assessment Policy and Management 13 (04): 515-540.

125 Laurance, W.F., Goosem, M., and Laurance, S.G. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. Trends in Ecology and Evolution 24 (12): 659-666.

126 Killeen, T.J. 2007. A Perfect Storm in the Amazon Wilderness: Development and conservation in the context of the Initiative for the Integration of Regional Infrastructure of South America (IIRSA). Advances in Applied Biodiversity Science 7. Conservation International, Washington, DC.

127 Ferretti-Gallon, K. and Busch, J. 2014. What drives deforestation and what stops it? Working Paper 361, Centre for Global Development, London.

128 Müller, R., Pacheco, P., and Montero, J.C. 2014. The context of deforestation and forest degradation in Bolivia: Drivers, agents and institutions. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia.

129 Dobson, A.P., Borner, M., Sinclair, A.R.E., Hudson, P.J., Anderson, T.M., et al. 2010. Road will ruin Serengeti. Nature 467: 272-273.

130 WWF and ADB. 2015. African Ecological Futures 2015. Nairobi.

131 Roth, M., Ulbert, C., and Debiel, T. (eds.) 2015. Global Trends 2015 – Prospects for World Society. Development and Peace Foundation, Institute for Development and Peace and Käte Hamburger Kolleg/Centre for Global Cooperation Research, Bonn.

132 UNEP. 2016. GEO-6 Regional Assessment for North America. Nairobi.

133 Scalenghe, R. and Ajmone Marsan, F. 2009. Anthropogenic sealing of soils in urban areas. Landscape and Urban Planning 90: 1-10.

134 EEA. 2010. The European environment — state and outlook 2010: Land Use (Vol. 196). European Environment Agency, Copenhagen.

135 van Delden, H. and Vanhout, R. 2014. ET2050 — Territorial scenarios and visions for Europe. Volume 5: Land use Trends and Scenarios. European Union.

136 EEA. 2016. The direct and indirect impacts of EU policies on land. European Environment Agency, Copenhagen.

137 Malucelli, F., Certini, G., and Scalenghe, R. 2014. Soil is brown gold in the Emilia-Romagna region, Italy. Land Use Policy 39: 350-357.

138 Pistocchi, A., Calzolari, C., Malucelli, F., and Ungaro, F. 2015. Soil sealing and flood risks in the plains of Emilia-Romagna, Italy. Journal of Hydrology: Regional Studies 4: 398-409.

139 Seto K.C., et al. 2011. Op. cit.

140 Radeloff, V.C., Stewart, S.I., Hawbaker, T.J., Gimmi, U., Pidgeon, A.M., et al. 2010. Housing growth in and near United States protected areas limits their conservation value. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 107: 940-945.

141 UNEP. 2016. GEO-6 Regional Assessment for North America. Nairobi, Kenya.

142 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.

143 http://www.monavalevlei.com/ , accessed February 1, 2015.

144 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.

145 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.

146 Kissinger, G., Herold, M., and De Sy, V. 2012. Drivers of Deforestation and Forest Degradation: A Synthesis Report for REDD+ Policymakers. Lexeme Consulting, Vancouver, Canada.

147 Ahrends, A., Burgess, N.D., Milledge, S.A.H., Bulling, M.T., Fisher, B., et al. 2010. Predictable waves of sequential forest degradation and biodiversity loss spreading from an African city. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 107 (33): 14556-14561.

148 FAO. 2012. Urban and peri-urban forestry in Africa: The outlook for woodfuel. Urban and peri-urban forestry working paper number 4. Rome. 95 pages.

149 The World Bank Group. 2012. State of the Clean Energy Sector in Sub-Saharan Africa. Washington, DC.

150 Arnfield, A.J. 2003. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. International Journal of Climatology 23: 1-26.

151 Rosenfeld, D. 2000. Suppression of rain and snow by urban and industrial air pollution. Science 287: 1793-1796.

152 Shepherd, J.M., Pierce, H., and Negri, A.J. 2002. Rainfall modification by major urban areas: Observations from spaceborne rain radar on the TRMM satellite. Journal of Applied Meteorology 41: 689-701.

153 Li, D. and Bou-Zeid, E. 2013. Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves: The impact in cities is larger than the sum of its parts. Journal of Applied Meteorology and Climatology 52: 2051-2064.

154 Global Footprint Network. 2012. National footprint accounts 2008, 2nd edition. Global Footprint Network, Oakland, USA.

155 Dodman, D. 2009. Blaming cities for climate change? An analysis of urban greenhouse gas emissions inventories. Environment and Urbanization 21 (1): 185-201.

156 Dhakal, S. 2010. GHG emissions from urbanization and opportunities for urban carbon mitigation. Current Opinion in Environmental Sustainability 2 (4): 277-283.

157 Satterthwaite, D., Huq, S., Pelling, M., Reid, H., and Romero Lankao, P. 2007. Adapting to Climate Change in Urban Areas: The possibilities and constraints in low- and middle-income nations. Human Settlements Discussion Paper Series. International Institute for Environment and Development, London.

158 Gasparini, P., di Rocco, A., and Bruyas Amra, A.M. Undated. Research Briefs. Climate Change and Urban Vulnerability in Africa (CLUVA), Naples, Italy.

159 Calculated from data accompanying Dasgupta, S., Laplante, B., Murray, S., and Wheeler, D. 2009. Climate change and the future impacts of storm-surge disasters in developing countries. Center for Global Development, Working Paper 182.

160 Brown, S., Kebede, A.S., and Nicholls, R.J. 2011. Sea-Level Rise and Impacts in Africa: 2000-2100. University of Southampton.

161 UN. 2014. Op. cit.

162 Habitat III: New Urban Agenda, adopted in Quito in October 2016.

163 Seitzinger, S.P., et al. 2012. Op. cit.

164 World Bank. 2013. Op. cit.

165 World Bank. 2013. Op. cit.

166 Norman, J., Maclean, H.L., Asce, M., and Kennedy, C.A. 2006. Comparing high and low residential density: Life-cycle analysis of energy use and greenhouse gas emissions. Journal of Urban Planning Development 132: 10-21.

167 UNEP. 2016. Op. cit.

168 Urban Land Institute and Ernst & Young. 2013. Op. cit.

169 UN. 2014. Op. cit.

170 Bolton, T. and Hildreth, P. 2013. Mid-sized cities: Their role in England's economy. Centre for Cities, London.

171 DNV GL AS. 2015. Op. cit.

172 Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P.J., et al. 2013. Stewardship of the biosphere in the urban era. In: Elmqvist, T., Fragkias, M., Goodness, J., Güneralp, B., Marcotullio, P.J., et al. (eds). Urbanization, biodiversity and ecosystem services: Challenges and opportunities: A global assessment. Springer, Dordrecht, pp. 719-746.

173 FAO. 2012. Growing greener cities in Africa. Rome.

174 Seto K.C., et al. 2011. Op. cit.

175 Richter, B.D., et al. 2013. Op. cit.

176 National Infrastructure Commission. 2016. Smart Power. HM Government, London.

177 DNV GLAS. 2017. Global Opportunity Report 2017. Oslo.

178 Vossos, V., Gerbesi, K., and Shen, H. 2014. Energy saving from direct-DC in U.S. residential buildings. Energy and Buildings 68: 223-231.

179 McPherson, E.G. and Simpson, J.R. 2003. Potential energy savings in buildings by an urban tree planting programme in California. Urban Forestry and Urban Greening 2: 073-086.

180 Abell, R., et al. 2017. Op. cit.

181 Saurí, D. 2013. Water conservation: Theory and evidence in urban areas of the developed world. Annual Review of Environment and Resources 38: 227-248.

182 Abell, R., et al. 2017. Op. cit.

183 Abell, R., et al. 2017. Op. cit.

184 Creutzig, F., Baiocchi, G., Bierkandt, R., Pichler, P.P., and Seto, K.C. 2015. Global typology of urban energy use and potentials for an urbanization mitigation wedge. Proceedings of the National Academy of Sciences 112 (20): 6283-6288.

185 Newman, P., Kenworthy, J., and Glazebrook, G. 2013. Peak car use and the rise of global rail: Why this is happening and what it means for large and small cities. Journal of Transportation Technologies 3: 272-287.

186 http://www.economist.com/news/leaders/21706258-worlds-most-valuable-startup-leading-race-transform-future accessed April 16, 2017.

187 National Research Council. 2009. Driving and the built environment: The effects of compact development on motorized travel, energy use, and CO2 emissions. Transportation Research Board, Washington, DC.

188 DNV GL AS. 2015. Op. cit.

189 http://www.worldbank.org/en/topic/climatefinance

© martin-ezequiel-sanchez

190 Huq, S., Kovats, S., Reid, H., and Satterthwaite, D. 2007. Editorial: Reducing risks to cities from disasters and climate change. Environment and Urbanization 19: 3.

191 Costanza, R., Perez-Maqueo, O., Martinez, M.L., Sutton, P., Anderson, S.J, et al. 2008. The value of coastal wetlands to hurricane prevention. Ambio 37: 241-248.

192 Al-Dousari, A.M. 2009. Recent studies on dust fallout within preserved and open areas in Kuwait. In: Bhat, N.R., Al-Nasser, A.Y., and Omar, S.A.S. (eds.) Desertification in Arid Lands: Causes, consequences and mitigation, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait: pp. 137-147.

193 Lateltin, O., Haemmig, C., Raetzo, H., and Bonnard, C. 2005. Landslide risk management in Switzerland. Landslides 2: 313-320.

194 Farrugia, S., Hudson, M.D., and McCulloch, L. 2013. An evaluation of flood control and urban cooling ecosystem services delivered by urban green infrastructure. International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management 9 (2): 136-145.

195 Livesley, S.J., McPherson, E.G., and Calfapietra, C. 2016. The urban forest and ecosystem services: Impacts on urban water, heat and pollution cycles at the tree, street and city scale. Journal of Environmental Quality 45: 119-124.

196 Abell, R., et al. 2017. Op. cit.

197 Grimes, S., Donaldson, J., and Grimes, J. 2016. Report on the Environmental Benefits of Recycling. Bureau of International Recycling, Brussels.

198 Eriksen, M., Lebreton, L.C.M., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., et al. 2014. Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. PLoS ONE 9 (12): e111913.

199 Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., and Heinz, M. 2015. How circular is the global economy? Journal of Industrial Ecology 19 (5): 765-777.

200 DNV GL AS. 2015. Op. cit.

201 http://www.ggbp.org/case-studies/singapore/sustainable-city-singapore [February 2, 2016]

202 Department of Environmental Affairs and Tourism. 2008. People – Planet – Prosperity: A national framework for sustainable development in South Africa. Johannesburg.

203 Johannesburg Development Agency. City of Johannesburg Development Plan 2012-2013. http://www.jda.org.za/keydocs/business_plan1213.pdf , accessed January 26, 2016.

204 Abell, R., et al. 2017. Op. cit.

205 Seto, K.C., et al. 2012. Op. cit.

206 Sassen, S. 2005. Op. cit.

207 Seitzinger, S.P., et al. 2012. Op. cit.

CHAPITRE 12

ZONES ARIDES

Les terres arides couvrent 41 % de la surface terrestre, produisent 44 % des cultures, et plus de 2 milliards de personnes et la moitié du bétail mondial y vivent. Les régions arides sont souvent des régions marquées par une pénurie d'eau, mais avec une biodiversité immensément riche, comprenant certaines des espèces les plus emblématiques. Elles abritent également une culture humaine variée, y compris certaines des plus grandes villes du monde.

Les communautés rurales dans les zones arides sont souvent plus pauvres qu'ailleurs et les terres sont plus vulnérables aux dégradations dues aux changements climatiques et aux actions humaines directes. Une mauvaise gestion peut conduire à la désertification. Nous savons comment gérer les terres arides de manière durable, mais souvent, n'y parvenons pas dans la pratique ; les politiques et les systèmes agricoles doivent être transformés si nous voulons éviter la dégradation continue de la santé et de la productivité dans les zones arides.

INTRODUCTION

Les terres arides couvrent environ 41 % des continents.[1] Elles servent le plus souvent à la production animale, dont les pâturages en occupent les trois quarts, tandis que près de 20 % sont utilisées pour l'agriculture pluviale et irriguée. Les terres arides comprennent certaines des zones les plus productives de la planète, mais aussi certaines des plus fragiles, où des modifications mineures des conditions peuvent entraîner des altérations dramatiques de l'écologie et par la suite du bien-être humain. Aujourd'hui, les terres arides sont de plus en plus menacées par la surexploitation des ressources, une mauvaise gestion et le changement climatique. La dégradation des terres arides coûte chaque année aux pays en développement environ 4 à 8% de leur produit intérieur brut.[2] La compréhension des terres arides est essentielle pour assurer leur gestion durable à long terme. Voici résumées certaines caractéristiques biophysiques et sociales essentielles des paysages des terres arides, notamment :

- **La rareté et l'imprévisibilité de l'eau**
- **La vie spécialisée des sols adaptée à la sécheresse et aux conditions extrêmes**
- **Le rôle sous-jacent du feu dans la formation de nombreux écosystèmes des terres arides**
- **La capacité d'adaptation des espèces et les interactions écologiques dans les régions arides**
- **L'adaptation sociale et culturelle à la vie dans les zones arides**
- **La vulnérabilité au changement climatique**

1. La rareté et l'imprévisibilité de l'eau

Les terres arides sont des zones arides, semi-arides et subhumides[3] qui reçoivent moins de précipitations que la demande évaporative, et la production végétale y absorbe donc une quantité limitée d'eau pendant au moins une partie substantielle de l'année. La pénurie d'eau a façonné les écosystèmes des zones arides, leur biodiversité et les cultures humaines qui s'y sont installées.[4] La distinction entre les terres arides et les déserts est complexe, les déserts hyper-arides étant généralement exclus de la définition des terres arides ; de légers changements dans la gestion des zones arides peuvent entraîner la formation de déserts (désertification).

Les caractéristiques des zones arides sont également influencées par l'extrême imprévisibilité des précipitations. Au fur et à mesure que le climat devient plus sec, les conditions météorologiques tendent à devenir plus incertaines avec une grande variabilité d'une année à l'autre. Les données sur les précipitations sur une période de 30 ans provenant du bassin de Zarqa, dans la région de Baadia en Jordanie, montrent une pluviométrie moyenne d'environ 270 mm par an avec un minimum de 50 mm pour les années les plus sèches et un maximum de 600 mm pour les plus humides.[5] Cette différence entre le minimum et le maximum (X 12) n'est pas rare dans les zones arides. Une telle variabilité dans les climats humides causerait un stress écologique sévère, mais dans les zones sèches, diverses espèces s'y sont adaptées au fil du temps, y compris par des comportements opportunistes pour profiter de l'humidité lorsqu'elle est disponible.

Encadré 12.1 : Définir les zones arides

Les zones arides sont définies de diverses façons, même au sein des Nations Unies. Ici, c'est l'indice d'aridité (IA) qui est utilisé : le rapport entre la moyenne des précipitations annuelles et l'évapotranspiration potentielle. Entre 0,5 et 0,65, les terres arides sont classées comme sèches ou subhumides, et sont souvent dominées par des savanes à feuilles larges, parfois avec des bosquets assez denses, ou par des graminées vivaces.

Les terres sèches et subhumides représentent 18 % des surfaces terrestres mondiales, tandis que les zones semi-arides (0,2 < IA < 0,5) représentent 20 % des surfaces terrestres avec une évapotranspiration potentielle entre 2 et 5 fois supérieure à la pluviométrie moyenne. Les terres arides (0,05 < IA < 0,2), environ 7 % des terres, ont une perte potentielle d'évapotranspiration au moins 20 fois supérieure à celle des précipitations moyennes réelles et ne permettent qu'une végétation minimale.[6,7] D'après ces définitions, les zones arides couvrent entre 39 et 45 % de la surface terrestre de la planète.

Figure 12.1 : Carte mondiale des terres arides[8]

Légende

- Zones subhumides sèches
- Zones semi-arides
- Zones arides
- Zones hyper-arides

1 Pays-Bas
2 Belgique
3 Danemark
4 Lituanie
5 Lettonie
6 Estonie
7 Suisse
8 Autriche
9 Hongrie
10 République tchèque
11 Serbie
12 Moldavie
13 Bulgarie
14 Roumanie
15 Chypre
16 Syrie
17 Territoires palestiniens
18 Israël
19 Liban
20 Koweït
21 Bahreïn
22 Qatar
23 Émirats arabes unis

2. Vie spécialisée des sols

Les écosystèmes du sol des zones arides et leurs espèces ont développé des interactions spécialisées en réponse à des conditions difficiles. Dans les savanes, par exemple, les termites jouent un rôle essentiel dans le recyclage de la matière organique et le maintien de la porosité du sol, en particulier pour les sols les plus secs et les plus pauvres en éléments nutritifs. Dans de nombreuses zones arides, la végétation se développe plus vigoureusement et résiste mieux à la sécheresse autour des termitières.[9] Les bactéries dans les intestins des grands herbivores jouent un rôle similaire dans le maintien de la fertilité des sols, en digérant la végétation et en accélérant le processus du cycle nutritif ; cette interdépendance entre les grands animaux, les insectes et les prairies est à l'origine de certains des paysages les plus appréciés au monde, comme le Serengeti en Tanzanie et la steppe asiatique.

Parallèlement, les sols des terres arides sont confrontés à toute une variété de problèmes de gestion importants qui sont caractérisés ou amplifiés par les conditions sèches, y compris l'encroûtement, le compactage, le drainage restreint des sols, l'érosion du vent et de l'eau, une faible fertilité et des sols superficiels, pierreux, salés ou sodiques.[10]

3. Rôle sous-jacent du feu

Les feux d'origine naturelle sont une autre caractéristique définissant de nombreuses zones arides. Les régimes naturels des feux ont entraîné de nombreuses adaptations écologiques dans la mesure où la suppression ou la modification des régimes d'incendie peuvent entraîner des changements écologiques importants et souvent nuisibles. Certaines plantes des terres arides ont besoin du feu pour leur croissance ou leur reproduction, y compris de nombreuses graminées qui se rétablissent plus rapidement que les arbustes après des incendies, ou les espèces qui ont besoin de chaleur pour que leurs graines germent. Lorsqu'il y a moins d'incendies, cela peut conduire à une augmentation à moyen terme de la biomasse ligneuse,[11] souvent au détriment de la productivité de l'écosystème et de la biodiversité globale. Ces diminutions peuvent également générer une grosse masse de combustible qui risque de provoquer des incendies plus sévères et écologiquement nocifs, ainsi qu'une invasion d'espèces exotiques.[12]

Le feu sert fréquemment d'outil de gestion dans les systèmes de production des terres arides, par exemple pour stimuler la croissance de nouveaux pâturages ou éliminer les broussailles qui peuvent héberger des parasites. Dans certaines parties de l'Afrique de l'Est, les efforts visant à supprimer les pratiques traditionnelles de gestion des incendies ont entraîné une vaste prolifération de buissons et le retour de la mouche tsé-tsé, porteuse de maladies, qui a rendu de vastes zones de prairie inaccessibles aux troupeaux domestiques.[13]D'un autre côté, l'usage continuel du feu peut modifier la disponibilité de nutriments et la composition des espèces,[14] ce qui fait de la gestion du feu l'une des tâches primordiales pour préserver la santé des terres sèches dans de nombreuses régions.

4. Capacité d'adaptation des espèces et interactions écologiques

La biodiversité des terres arides est souvent relativement faible, bien qu'il existe des exceptions comme le Karoo Succulent en Afrique australe. En outre, des études récentes sur des terres arides apparemment pauvres en espèces (p. ex. au Sahara)[15] ont permis de trouver des niveaux plus élevés d'endémisme et de diversité qu'on le pensait. Les espèces développent des stratégies physiologiques[16] et comportementales[17] pour faire face aux variations dramatiques de la température, de la sécheresse et des incendies. On a reconnu quatre catégories principales d'adaptation : fuite de la sécheresse (espèces qui migrent en quête d'eau et de végétation), évasion (plantes aux racines profondes), résistance (cactus qui stockent l'eau) et endurance (grenouilles en sommeil en période de sécheresse). Par exemple, certaines plantes ont développé la capacité de stocker de l'eau dans les racines ou les feuilles, de s'enraciner profondément à la recherche d'eau ou de rester en sommeil pendant la saison sèche. De même, certains animaux des zones arides répondent au manque d'eau par des adaptations physiologiques ; certains estivent (plongent en sommeil prolongé) pendant la saison la plus sèche, tandis que d'autres migrent vers des régions plus humides.[18] Les immenses troupeaux qui pâturent dans les plaines du Serengeti se précipitent vers les éclairs au loin, car les pluies d'orages stimulent la croissance des plantes. La recherche fournit des preuves empiriques que la biodiversité des terres arides intactes contribue au fonctionnement de l'écosystème[19] et que la diversité des plantes accroît la multifonctionnalité dans les zones arides.[20] Les croûtes biologiques des sols, constituées de cyanobactéries, de champignons, de lichens et de mousses, forment la couverture dominante de vastes zones et jouent un rôle important, quoique encore mal compris, dans l'écologie des milieux arides.[21]

La biodiversité de nombreuses terres arides est fortement menacée. Deux grandes espèces de mammifères des zones arides sont désormais éteintes à l'état sauvage : l'oryx algazelle (Oryx Dammah) et le cerf du père David (Elaphurus davidianus), bien que ce dernier soit maintenant réintroduit en Chine. Soixante-dix espèces de mammifères, d'oiseaux, de reptiles et d'amphibiens des zones arides sont classées en voie d'extinction par l'UICN.[22] Les cactus, les plantes emblématiques des terres arides, font partie des groupes taxonomiques les plus menacés, avec près d'un tiers des espèces en danger, leur déclin étant lié à une pression humaine croissante.[23]

Encadré 12.2 : Espèces de cactus à risque inhabituel d'extinction

Les cactus sont parmi les groupes taxonomiques de plantes évalués les plus menacés à ce jour, avec 31 % des 1 478 espèces évaluées considérées comme menacées d'extinction, démontrant les fortes pressions exercées sur la biodiversité dans les zones arides. La distribution des espèces menacées et les facteurs d'extinction sont différents de ceux d'autres groupes végétaux et chez les animaux. Les menaces les plus importantes proviennent de la conversion des terres arides pour l'agriculture et l'aquaculture, leur collecte en tant que ressources biologiques pour les marchés commerciaux et le développement résidentiel et commercial. Les principaux moteurs du risque d'extinction sont la collecte illégale et non durable de plantes vivantes et de graines pour le commerce horticole et les collections ornementales privées, ainsi que l'éradication par l'élevage et l'agriculture des petits exploitants.[24]

5. Adaptation sociale et culturelle

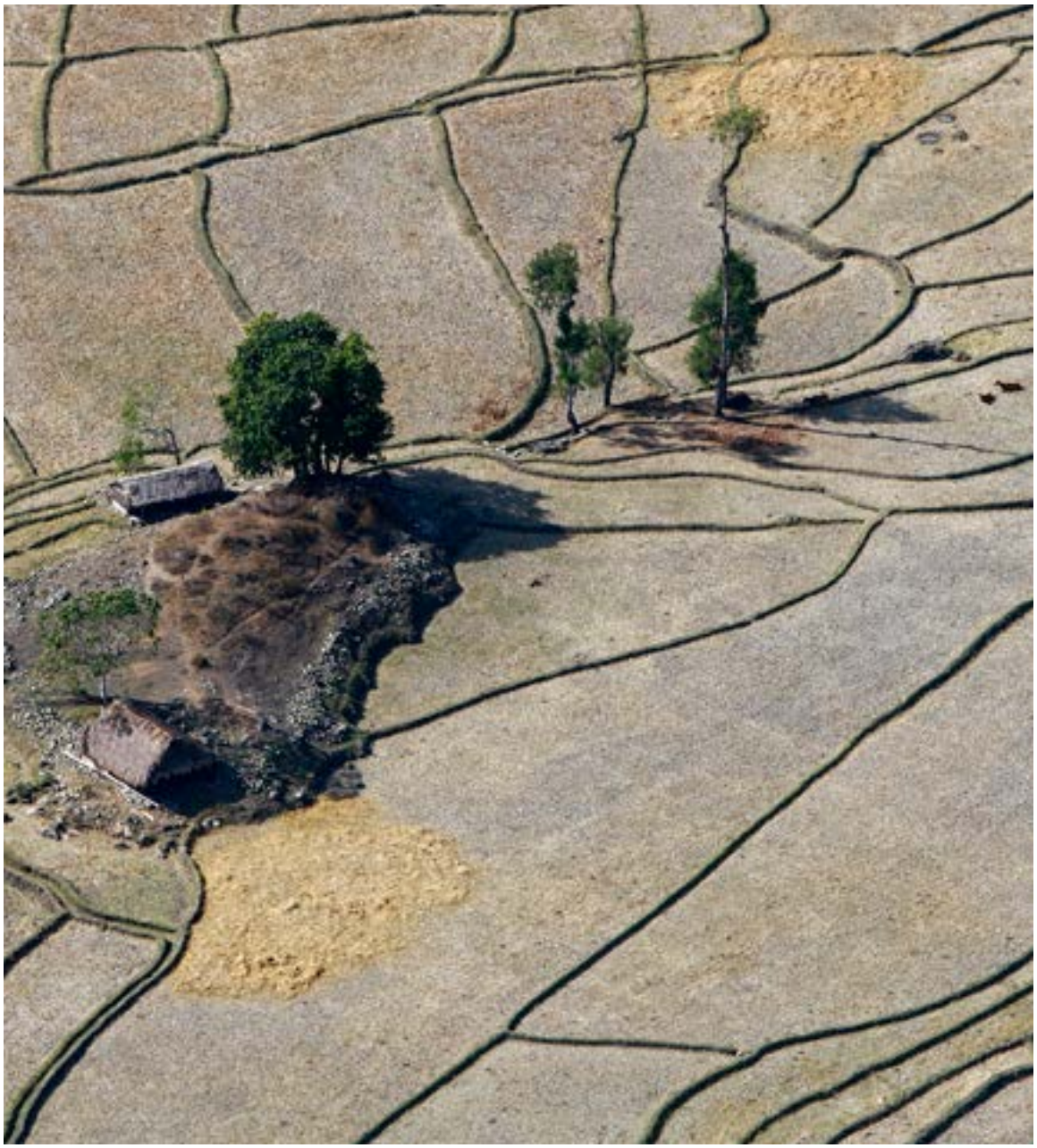
Les sociétés humaines qui ont prospéré dans les zones arides depuis des siècles sont généralement très adaptées aux deux menaces que sont la pénurie d'eau et l'incertitude climatique. Les habits, les constructions et les modes de vie sont conçus de façon à réduire les difficultés rencontrées dans des conditions de pénurie d'eau. Les adaptations agricoles et pastorales aux zones arides incluent des stratégies telles que la plantation de cultures résistantes à la sécheresse ou des pratiques comme le captage de l'eau et l'irrigation sélective. Le cas échéant, les individus ou les communautés pratiquent le nomadisme régulier ou des migrations occasionnelles en réponse à des événements météorologiques à court terme ou à des changements climatiques à long terme.

Les pasteurs bédouins en Jordanie ont traditionnellement utilisé la mobilité des troupeaux pour localiser les ressources à travers le pays, en profitant des différentes parcelles selon les conditions météo dominantes, et en adoptant des stratégies opportunistes pour capitaliser sur les années les plus productives.[25] Le peuple Sukuma en Tanzanie a réservé des zones (ngitili) pour le pâturage privé ou commun ou pour créer des réserves de fourrage utilisables lors des périodes de sécheresse.[26] Le systèmeHimadans la péninsule arabique, établi pour arrêter et inverser la dégradation des terres, aujourd'hui largement abandonné, est l'une des plus anciennes formes de « zones protégées » dans le monde.[27] Les pratiques d'élevage des terres arides comprennent l'agroforesterie et les jachères qui conservent à la fois l'humidité et la fertilité du sol, des pratiques adoptées de plus en plus en Inde, par exemple.[28] De nombreuses études montrent comment l'agroforesterie crée des variations microclimatiques dans les champs et les fermes, au sein de paysages autrement vastes et relativement homogènes, lesquelles renforcent la biodiversité et peuvent contribuer à amortir les risques climatiques.[29]

Alors que les humains et d'autres espèces ont développé des stratégies de survie face aux conditions les plus difficiles dans les zones arides, ces modes de vie sont vulnérables au changement et à la détérioration. Les pratiques traditionnelles de gestion durable déclinent en raison d'une combinaison de changements sociaux, culturels et démographiques, d'une concurrence croissante autour des ressources naturelles et parfois d'un manque d'accès légal ou officiel aux terres.

Encadré 12.3 : Les pasteurs dans les zones arides de l'Ouganda

C'est le mois de juin à Moroto, un district aride au nord-est de l'Ouganda, et c'est le pic de la saison des pluies. Les agro-pastoralistes de l'ethnie Karimojong ont planté du sorgho dans les champs près de leurs maisons et les jeunes hommes se sont déplacés vers l'ouest avec leurs troupeaux de vaches, de moutons et de chèvres pour leur faire paître les pâturages saisonniers. Au cours de la saison des pluies, ces pâturages éloignés fournissent brièvement le fourrage le plus nutritif de l'année et sont devenus accessibles grâce à la présence d'eau de surface le long des voies migratoires. Les Karimojong utilisent des variétés de sorgho adaptées aux conditions locales, résistant à la sécheresse et aux maladies. Ils ont conduit des troupeaux également bien adaptés sur de grandes distances pour profiter de prairies inattendues et clairsemées. La pluviométrie dépasse ici les 800 mm par an en moyenne ; c'est plus qu'à Londres (750 mm) ou qu'à Paris (600 mm). Cependant, ce n'est pas le niveau de précipitations qui crée les terres arides mais le potentiel de la terre à perdre son eau par évaporation et transpiration. La température annuelle moyenne de 22 °C à Moroto fait que les taux d'évapotranspiration sont élevés, c'est pourquoi la région est classée comme semi-aride. Puisque l'eau est source de vie, la capacité des écosystèmes des zones arides à minimiser l'évapotranspiration (c.-à-d. capturer et stocker l'eau) détermine leur fonctionnement.[30]



© Martine Perret

6. Vulnérabilité au changement climatique

L'augmentation du nombre d'événements climatiques et leur aggravation rendront les terres arides plus vulnérables aux changements de l'écosystème et à la dégradation des terres. Entre 1951 et 2010, une légère augmentation de la fréquence, de la durée et de la gravité des sécheresses a été observée, en particulier en Afrique, alors que la fréquence des sécheresses diminue dans l'hémisphère nord.[31] Contrairement à d'autres événements extrêmes, les sécheresses se développent lentement sur de vastes zones.[32] Leurs impacts affectent tout le cycle hydrologique, affectant l'humidité du sol, les réservoirs, les débits des rivières et les eaux souterraines. En fin de compte, les sécheresses touchent tous les secteurs de la société et l'environnement naturel (par ex. les habitats de la faune) sur des délais variables.

Les changements climatiques risquent d'entraîner une plus grande pénurie d'eau et une réduction des rendements agricoles dans les zones arides. Le changement climatique est un facteur important de la dégradation des sols et les scientifiques prédisent que les zones arides vont se développer considérablement d'ici 2100.[33] De nombreuses pratiques traditionnelles de gestion des terres augmentent la résilience aux changements climatiques et les stratégies d'adaptation dans les zones arides peuvent être transférées dans d'autres régions connaissant une aridité accrue.

LA VALEUR DES ZONES ARIDES

Bien que le terme « zones arides » évoque une image de pénurie et de conditions difficiles, ces zones fournissent un large éventail d'avantages importants pour la société, dont l'identité culturelle, et l'habitat pour des espèces sauvages et animales importantes. Peu de gens doutent de l'importance de la biodiversité dans les savanes ou de la valeur des fibres fines comme le cachemire et la laine d'alpaga produites dans des prairies sèches.

On a tendance à rejeter les zones arides comme indignes d'investissement et à les classer comme des terres à faible productivité. Plusieurs pays les ont même classées comme des « terres incultes ». Cependant, la recherche et les essais sur le terrain en Inde et en Chine démontrent que les zones arides à faible valeur apparente peuvent générer des rendements élevés. Une combinaison de réformes agricoles et d'investissements dans la recherche, l'éducation, les routes et l'électricité en Chine a stimulé la croissance dans le secteur rural non agricole, ce qui a soutenu le développement agricole et la création d'emplois pour les migrants urbains.[34] De même, en Inde, l'emploi rural non agricole a augmenté et la pauvreté a diminué en réponse aux investissements dans les infrastructures de zones arides, notamment dans les endroits où les taux d'alphabétisation ont augmenté.[35] Cinq valeurs clés des zones arides :

- **Nourriture,** tirée des espèces sauvages, des cultures et du bétail
- **Ressources en eau,** incluant certains des bassins hydrographiques les plus importants au monde
- **Patrie** pour de nombreux peuples autochtones, communautés locales et autres colons
- **Valeurs culturelles** pour la société
- **Autres services écosystémiques** des zones arides

1. Nourriture

Les zones arides subviennent aux besoins d'environ 2 milliards de personnes.[36]
On estime que 44 % des terres cultivées et 50 % du bétail dans le monde se trouvent dans des zones arides.[37] Les brousses et les prairies soutiennent une production extensive de bétail qui chevauche souvent les terres cultivées, les forêts et les terres boisées dans les zones arides. Dans des pays de zones arides comme l'Afghanistan, le Burkina Faso et le Soudan, l'agriculture génère près d'un tiers du PIB. Au Mali, au Kenya, en Éthiopie et dans de nombreux autres pays africains dotés de vastes zones arides, le secteur de l'élevage fournit plus de 10 % du PIB ; au Kirghizistan et en Mongolie, le chiffre est plus proche de 20 %.[38] Les zones arides peuvent également fournir des produits de subsistance et des produits de récolte sauvage, un filet de sécurité pour que les communautés puissent survivre durant les périodes de pauvreté ou de sécheresse : ces « aliments de famine » sont souvent la seule source de nutrition disponible lorsque les temps sont durs.[39]

2. Ressources en eau

Les zones arides comprennent des bassins hydrographiques d'importance mondiale qui fournissent de l'eau propre à des millions de personnes. Plus d'un tiers des bassins hydrographiques majeurs du monde ont au moins la moitié de leur étendue dans les zones arides, et beaucoup ont leurs sources en amont dans des zones où les précipitations sont plus importantes.[40,41] Dans ces zones, les systèmes fluviaux qui collectent et canalisent l'eau revêtent une importance cruciale pour la survie de l'homme et nécessitent une gestion minutieuse. Cependant, beaucoup de ces ressources en eau dans les zones arides sont sous pression. Le fleuve Yangtze, le plus long d'Asie, commence dans les zones arides de haute altitude du plateau tibétain, fournissant de l'eau pour l'irrigation, l'assainissement, les transports et l'industrie ; et maintenant à la plus grande centrale hydroélectrique au monde, le barrage des Trois Gorges. Le Delta du Yangtsé génère environ un cinquième du PIB de la Chine,[42] pourtant, la rivière est de plus en plus polluée et rendue boueuse avec des sols provenant de terres mal gérées en amont, réduisant ainsi la qualité de l'eau et intensifiant les inondations.[43]

3. Patrie

Les zones arides abritent environ un tiers de l'humanité.[44] La grande majorité (environ 90 %) de la population des zones arides vit dans les pays en développement.[45] Leurs moyens de subsistance varient du traditionnel à l'ultramoderne : les communautés rurales gèrent directement ou indirectement les terres et sont intimement liées à leur écologie, tandis que les citadins vivent dans des mégapoles comme Los Angeles, Le Caire et Karachi. Bien qu'il soit courant de penser que les personnes vivant dans les zones arides sont en symbiose avec leur environnement, les citadins modernes sont largement isolés et ignorent leur empreinte écologique. Pourtant, la façon dont les zones arides sont gérées affecte directement ces centres urbains et leurs habitants. La dégradation des sols et la désertification peuvent compromettre l'approvisionnement sûr et régulier en eau potable et en air, en nourriture et en carburant, ainsi que les opportunités de loisirs et d'écotourisme.

4. Valeurs culturelles

Les communautés des zones arides englobent une variété étonnante de cultures, du peuple San du Kalahari aux paillettes de Las Vegas. De nombreuses traditions religieuses anciennes sont enracinées dans les zones arides. Les trois grandes croyances monothéistes du judaïsme, du christianisme et de l'islam s'y sont développées et y sont encore en évidence avec des mosquées construites en boue au Mali, des monastères chrétiens en Arménie et Jérusalem est elle-même une ville du désert. Les autres croyances ont été influencées par leur place dans les zones arides, comme les temples hindou et jaïn au Rajasthan et les temples bouddhistes dans le Ladakh. De nombreux groupes confessionnels plus réduits se trouvent également dans les zones arides. Dans le sud de Madagascar, les communautés Mahafaly et Tandroy travaillent avec les autorités locales et le gouvernement pour conserver les forêts sacrées de Sakoantovo et Vohimasio, une partie des forêts sèches qui ont une valeur exceptionnelle en termes de biodiversité.[46]

Les cultures traditionnelles du désert sont souvent nomades, se déplaçant fréquemment selon un motif régulier pour trouver de l'eau et des pâturages. Les personnes nomades continuent à se déplacer en Asie centrale, en Afrique subsaharienne et au Moyen-Orient, dans de nombreux cas malgré les efforts du gouvernement pour les sédentariser. L'esprit nomade est profondément ancré dans la culture moderne : par exemple, les hommes d'affaires de la ville de Koweït continuent de se rendre dans leurs tentes au printemps. Les zones arides conservent certaines des plus anciennes bibliothèques du monde, comme à Tombouctou, et un éventail d'arts convoités, d'artisanat et de bijoux. Au 21e siècle, les cultures des zones arides continuent de se développer et de se renouveler, avec des célébrations culturelles telles que le festival annuel des peuples nomades Touareg du Sahara organisé dans le désert.

Encadré 12.4 : Impacts culturels et physiques de la désertification en Jordanie

Les habitants bédouins de la région jordanienne de Badia connaissent une faible productivité agricole, une perte de biodiversité et le déclin de l'approvisionnement en eau en raison de la désertification. La végétation dans la région de Badia a diminué de moitié depuis les années 1990, ce qui a eu une incidence directe sur la production animale et cela a contribué au déclin de la biodiversité, y compris des risques pour 49 espèces de plantes médicinales qui ont une valeur marchande importante, en particulier pour les femmes. La désertification a entraîné une diminution de l'infiltration de l'eau, qui est ressentie non seulement par les Bédouins, mais aussi par les consommateurs en aval, comprenant une grande partie du secteur industriel de la Jordanie. Il existe d'autres coûts externes de la désertification dans la région de Badia, tels que la sédimentation des barrages qui alimentent en énergie, la libération de gaz à effet de serre et la perte de la capacité du sol à stocker le carbone.[47]

5. Autres services écosystémiques

La nourriture et l'eau ne sont pas les seules choses que les zones arides fournissent à la société.[48] La végétation naturelle et les croûtes organiques sont des outils de contrôle importants et rentables pour l'érosion, les tempêtes de sable et de poussière,[49] et la désertification. De même, les zones arides jouent un rôle important dans l'atténuation du changement climatique grâce au stockage du carbone dans les sols.[50] Bien que les zones arides aient une faible biomasse végétale et, par conséquent, un carbone organique relativement faible dans la végétation et le sol, le carbone inorganique du sol augmente en même temps que l'aridité. Les réserves organiques du sol des terres arides représentent 27 % du total mondial.[51] Les forêts et terres boisées des zones arides contribuent également aux économies nationales grâce à la fourniture de combustible, de produits forestiers et non forestiers, et indirectement par la protection des bassins hydrographiques et d'autres services écosystémiques.[52] L'étendue des forêts dans les zones arides a jusqu'à présent été sous-estimée de 40 à 47 % ; ces 467 millions d'hectares supplémentaires augmentent d'au moins 9 % les estimations actuelles de la couverture forestière mondiale.[53] Les terres arides contiennent également une biodiversité unique et d'importance mondiale,[54] dont les plantes sources (espèces sauvages apparentées à des plantes cultivées) de plusieurs de nos cultures les plus importantes, comme le blé, l'orge, le café, les olives et de nombreux arbres fruitiers.[55]

DÉGRADATION DES TERRES ET DÉSERTIFICATION DANS LES ZONES ARIDES DU MONDE

En raison de conditions fragiles, la dégradation des terres dans les zones arides est à la fois plus grave et plus difficile à inverser, et elle peut progresser dans certains cas vers la désertification, la formation de dunes et l'effondrement écologique. L'histoire et la littérature fournissent de nombreux exemples de mauvaise gestion de l'environnement dans les zones arides, ce qui a contribué à des événements allant de l'effondrement de la civilisation maya il y a un millénaire[56] au Dust Bowl américain dans les années 1930, comme décrit dans Les raisins de la colère de John Steinbeck.[57] Pourtant, ces leçons sont largement ignorées et la dégradation des zones arides se poursuit à un rythme rapide ; en effet, la préoccupation

Encadré 12.5 : Désertification

La désertification est un phénomène complexe avec beaucoup d'incertitude quant à ses définitions, ses causes et son étendue. Selon le texte de la CLD (1994)[60], **« la désertification » désigne la dégradation des sols dans les zones arides, semi-arides et sous-humides sèches** résultant de divers facteurs, y compris les variations climatiques et les activités humaines. La lutte contre la désertification comprend des activités qui font partie d'un développement durable intégré visant à :

1. la prévention et/ou la réduction de la dégradation des terres ;
2. la réhabilitation des terres partiellement dégradées ; et
3. la réhabilitation des terres désertées.

environnementale est tellement importante qu'un accord mondial a été établi pour l'arrêter et l'inverser : la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD).[58] La désertification a été décrite par la CNULCD comme l'un des plus grands défis environnementaux de notre époque et une menace au bien-être mondial et à la sécurité humaine.[59] Un nombre croissant de pays, en particulier dans le monde en développement, expriment leurs préoccupations relatives aux défis étroitement liés à la désertification, la dégradation des terres et la sécheresse, ainsi qu'à leurs impacts sur les migrations, les conflits et la sécurité humaine globale.

Les estimations de l'ampleur de la dégradation des terres dans les zones arides diffèrent considérablement, bien que les chiffres convergent vers une dégradation modérée à sévère dans 25 à 33 % de l'ensemble des terres,[61] avec peut-être une incidence plus élevée dans les zones arides. L'absence d'un système mondial d'évaluation et de surveillance[62] contribue à cette variance et conduit à une compréhension divergente de la dégradation des sols et à une large gamme d'estimations.[63] Une étude en 2007 a estimé qu'il y avait une dégradation grave sur environ 10 à 20 % des terres arides.[64] Une analyse plus récente des tendances sur 25 ans, en utilisant la télédétection pour mesurer la végétation inter-annuelle, a permis de trouver des points névralgiques de dégradation des terres couvrant environ 29 % de la superficie terrestre mondiale, avec des biomes dominés par les terres arides affectés à une étendue supérieure à la moyenne.[65]

Causes de la désertification

De nombreux facteurs interdépendants contribuent à la désertification, dont la croissance démographique, les demandes de niveaux de production plus élevés, les technologies qui augmentent l'exploitation des ressources et le changement climatique. Une analyse en Chine a révélé qu'une combinaison de facteurs socio-économiques et, dans une moindre mesure, le climat, ont été les principaux moteurs de la désertification dans les zones arides, mais la relation entre divers facteurs est compliquée et varie selon les régions.[66] Les influences majeures sur la santé et la productivité des terres arides incluent le climat, les incendies, le pâturage, l'agriculture et les niveaux de dioxyde de carbone atmosphérique.[67] La désertification s'explique par l'augmentation de la demande de production de nourriture, de carburant et de fibres combinées à une réduction de la superficie totale des terres agricoles disponibles et à la diminution de la fertilité des sols et de l'accès à l'eau. Lorsque la désertification se produit en raison de pratiques de gestion intensives et d'efforts visant à accroître la productivité, elle est souvent associée à une mauvaise compréhension de l'écologie des terres arides et à une incapacité à gérer la fertilité du sol et l'humidité de manière appropriée. Les approches agricoles traditionnelles peuvent ne plus être suffisantes pour répondre à la demande croissante, mais elles sont souvent remplacées par des alternatives plus dangereuses et moins durables.

La pratique consistant à laisser les terres en jachère dans les zones arides du Soudan a été largement abandonnée en raison de la pression démographique et de la demande alimentaire. Les politiques nationales favorisant l'agriculture intensive ont conduit à l'élimination généralisée des terres en faveur d'une agriculture mécanisée axées sur les monocultures, l'élimination des arbres et l'abandon des rotations traditionnelles des cultures et d'autres pratiques

Figure 12.2 : Facteurs de la désertification

de gestion durable.[68] Les terres arides cultivées de cette façon perdent rapidement la biodiversité des sols (champignons, bactéries et autres organismes) qui est importante pour le recyclage des nutriments et le maintien du carbone organique dans le sol ; la diminution du carbone organique signifie que moins de nutriments et moins d'eau sont conservés dans le sol, ce qui a une incidence négative sur la production alimentaire et entraîne une dégradation des terres.

En Australie, comme dans d'autres pays de zones arides, l'un des facteurs les plus significatifs de la désertification est la salinisation. La salinité accrue est causée par le défrichage, principalement pour la production agricole, et se produit lorsque la nappe phréatique augmente et apporte des sels naturels à la surface. Ceci est en grande partie le résultat de l'utilisation de pratiques agricoles développées dans les terres tempérées d'Europe et basées sur des cultures et des pâturages peu profonds.[69] En l'an 2000, 5,7 millions d'hectares en Australie ont été évalués comme ayant un potentiel élevé de développement de la salinité et la zone affectée par le sel devrait atteindre 17 millions d'hectares d'ici 2050 sans la mise en place de mesures correctives.[70]

Il existe une relation étroite entre la pauvreté, la dégradation des terres et la désertification, et bien que les populations des zones arides aient historiquement pratiqué une gestion durable des terres, beaucoup ont de plus en plus de difficultés à le faire. Il existe de nombreuses raisons à cela : de la croissance de la population rurale à la dégradation de la gouvernance locale et à l'adoption de pratiques agricoles et de sélection des cultures inadéquates. La pauvreté dans les zones arides est souvent enracinée dans la désaffection historique de ces zones considérées comme ayant un « faible potentiel », créant une réalisation automatique du diagnostic à mesure que les ressources sont canalisées ailleurs, laissant les terres arides sans investissement. Les niveaux de pauvreté dans les zones arides, mesurés en termes de taux d'alphabétisation et d'indices sanitaires, sont supérieurs à la moyenne dans de nombreux pays. Les taux d'alphabétisation des femmes adultes dans les terres humides de l'Afrique de l'Ouest, par exemple, s'élèvent à environ 50 %, mais tombent à 5 à 10 % dans les zones arides. Dans les zones arides d'Asie, les taux de mortalité infantile sont environ 50 % au-dessus de la moyenne.[71]

Un autre facteur important de la dégradation des terres est le faible régime foncier et la gouvernance inefficace des ressources naturelles, surtout dans les zones gérées communément[72] comme les prairies et les forêts sèches. Ces terres ont historiquement bénéficié d'une gouvernance forte grâce à des arrangements et pratiques coutumiers, comme la coordination de la récolte des produits forestiers et des pâturages, et l'établissement de règles pour prévenir les négligences.[73] Dans de nombreux cas, ces institutions s'affaiblissent en raison des pouvoirs émergents de l'État qui nuisent à l'autorité coutumière et ne fournissent pas d'alternative viable.

Le renforcement de la gouvernance de l'occupation des terres est fondamental pour l'adoption accrue de pratiques de gestion durable des terres. Cela nécessite souvent des approches novatrices et spécialisées pour répondre aux exigences de gouvernance unique dans les zones arides, où le partage des ressources, la gestion communautaire et la mobilité sont des stratégies essentielles de subsistance. Des mécanismes de gouvernance hybride, qui combinent des éléments de gouvernance traditionnelle avec l'appareil d'État moderne, sont de plus en plus utilisés. Une gouvernance améliorée peut constituer une plate-forme pour le mélange efficace des institutions et des connaissances traditionnelles avec la science pertinente et des institutions plus formelles. Elle joue également un rôle important dans le soutien du développement équitable des chaînes de valeur reliant les nombreuses valeurs des zones arides aux marchés, de manière à promouvoir plutôt que d'éroder la durabilité.[74]

Coûts de la désertification

La désertification est une menace mondiale qui a un impact considérable sur les moyens de subsistance de millions de personnes à l'intérieur et à l'extérieur des zones arides. Le coût réel de la désertification est souvent sous-estimé en raison de l'ampleur inconnue de ces impacts externes et en aval. Les coûts incluent ceux qui influent directement sur la santé et le bien-être des hommes, dont la sécurité de l'approvisionnement en nourriture et en eau, ainsi que les coûts plus intangibles en termes de culture et de société, résultant tous des pertes de biodiversité et du fonctionnement de l'écosystème.

Il existe de nombreux défis dans l'estimation du coût de la désertification à l'échelle locale et nationale, et toute tentative d'identifier un chiffre mondial doit être menée avec prudence. Néanmoins, quelques exemples ont été publiés ces dernières années. Une étude menée dans quatorze pays d'Amérique latine a annoncé des pertes dues à la désertification de 8 à 14 % du produit intérieur brut agricole (PIBA) chaque année,[75] et une autre étude a estimé le coût mondial de la désertification entre 1 et 10 % du PIBA par an.[76] Certaines évaluations distinguent les coûts directs résultant de la diminution de la productivité foncière des coûts économiques indirects appelés externalités. Les coûts directs ont été estimés à 2 % du PIBA en Éthiopie, 4 % en Inde et jusqu'à 20 % au Burkina Faso et aux États-Unis.[77] Les coûts indirects peuvent être ressentis loin de la source de la dégradation et peuvent inclure la perturbation des débits d'eau et les contributions au changement climatique, aux tempêtes de sable et de poussière et à d'autres phénomènes.

© Tim Gimbert. Source : PNUE, OMM, CLD (2016).

La dégradation des terres peut perturber les cycles de l'eau et diminuer sa qualité en raison de l'envasement des cours d'eau et des réservoirs. Les paysages dégradés sont sujets à des inondations alors que l'eau de pluie s'écoule plutôt que d'imprégner le sol, ce qui augmente la perte de sol et de biodiversité et, dans des cas extrêmes, peut entraîner une inondation des communautés et des terres en aval.[78] La matière organique du sol joue un rôle important dans la rétention d'eau et, lorsqu'elle diminue, la capacité du sol à retenir l'humidité fait de même. Le taux d'infiltration d'eau peut également être réduit par le compactage de la surface, la diminution du nombre d'invertébrés du sol et d'autres facteurs liés à la désertification, aboutissant à un sol plus sec, à l'abaissement des nappes phréatiques et à l'érosion des sols. En conséquence, l'incidence de la sécheresse peut augmenter indépendamment des changements de précipitations, simplement en raison de la capacité réduite de la terre à capturer et à conserver l'eau. On a estimé que sur des terres gravement dégradées, seulement 5 % des précipitations totales sont utilisées de manière productive.[79]

Les tempêtes de sable et de poussière (TSP) se produisent lorsque des vents forts affectent les sols secs et dégradés. Les tempêtes de sable se produisent relativement près du sol, tandis que les tempêtes de poussière peuvent s'élever à plusieurs kilomètres dans l'atmosphère et être transportées sur de longues distances. Elles influent sur la santé humaine, l'agriculture, l'infrastructure et les transports ; les pertes économiques d'une seule de ces catastrophes peuvent être de l'ordre de centaines de millions de dollars. Environ 75 % des émissions mondiales de poussière proviennent de sources naturelles, comme les lits anciens des lacs, et le reste provient de sources anthropiques, principalement des masses d'eau éphémères. Cependant, l'élimination de la végétation, la perte de biodiversité et la perturbation des sédiments ou de la surface du sol (par ex. par les véhicules tout-terrain, le bétail) augmentent la sensibilité à la production de poussière. On estime que les TSP ont augmenté de 25 à 50 % au cours du siècle dernier en raison d'une combinaison de dégradation des terres et de changement climatique.[80] Des tempêtes de poussière majeures peuvent se produire en cas de période de sécheresse prolongée et de mauvaise gestion. Les impacts écologiques sont divers : selon différentes conditions, la poussière peut augmenter la sécheresse ou stimuler les précipitations, fournir des nutriments précieux aux forêts

tropicales ou nuire aux récifs coralliens éloignés. L'inhalation de particules de poussière peut causer ou aggraver l'asthme, la bronchite, l'emphysème et la silicose, tandis que l'exposition chronique à la poussière fine augmente les risques de maladies cardiovasculaires et respiratoires, de cancer du poumon et d'infections respiratoires inférieures aiguës. La poussière fine transporte également un ensemble de polluants, de spores, de bactéries, de champignons et d'allergènes potentiels, ce qui entraîne une foule d'autres maladies et gênes médicales.[81]

Les plus grandes zones à intensité élevée de poussière sont situées dans ce qu'on appelle la « ceinture de poussière », s'étendant de la côte ouest de l'Afrique du Nord au Moyen-Orient et à l'Asie centrale/du Sud, jusqu'au sud à la Chine ; d'autres zones touchées comprennent l'Australie centrale, le désert d'Atacama en Amérique du Sud et le grand bassin nord-américain. Les lieux où les humains contribuent à la mesure et à la fréquence des TSP incluent le sud du Sahel, les montagnes de l'Atlas et la côte méditerranéenne, certaines parties du Moyen-Orient, les hautes plaines d'Amérique du Nord, la Patagonie argentine et certaines parties du sous-continent indien. Les simulations suggèrent que les émissions mondiales de poussière ont augmenté de 25 à 50 % au cours du siècle dernier en raison des changements d'utilisation des terres et du changement climatique.[82]

Outre ces impacts visibles de la désertification, la société peut être affectée de manière moins visible avec l'augmentation du prix des denrées alimentaires lorsque la productivité agricole est réduite ou lorsque la pauvreté contribue à la migration, à l'échelle nationale et internationale. La désertification a également joué un rôle dans des conflits[83] en créant une concurrence accrue pour des ressources limitées, le changement climatique étant un facteur contributif supplémentaire,[84] bien que les causes des conflits soient généralement complexes. Lorsque la désertification entraîne une baisse de la production alimentaire, elle contribue à la pauvreté nationale et à la vulnérabilité des communautés les plus pauvres. Cela peut créer un cercle vicieux puisque les agriculteurs les plus pauvres sont confrontés aux plus grands défis de gestion de la dégradation des terres.[85]

Le coût le moins tangible de la désertification est peut-être celui de la perte de valeurs culturelles et esthétiques associées aux zones arides, et pourtant, dans de nombreux cas, c'est le coût qui pousse enfin les gens à agir. La terre est plus qu'un lieu de production de nourriture ou d'approvisionnement en eau ; pour beaucoup de gens, elle est inextricablement liée à leur identité culturelle et à leur dignité, et de nombreuses communautés rurales ont un sentiment de responsabilité envers la terre.[86] Attribuer un chiffre à de telles pertes est impossible, bien que des méthodologies aient été utilisées pour estimer ce que les gens seraient disposés à payer pour éviter d'avoir à payer ce prix fort. À la question de savoir pourquoi elle investissait son temps à réhabiliter les pâturages, une femme bédouine avait d'ailleurs répondu : « Je veux ouvrir ma porte le matin et voir la beauté de la nature devant moi ».[87]

Récupération de la terre dans le désert de Kubuqui, Mongolie intérieure, Chine
Ceinture de protection bien établie le long de l'autoroute 25 ans plus tard. Les dunes de sable originales peuvent être vues en arrière-plan.

© Elion Foundation. Source PNUE (2015).

© Martine Perret

Désertification et changement climatique

Les sols stockent plus de carbone que le total combiné de la biomasse et de l'atmosphère du monde et une partie substantielle de ce carbone se trouve dans les zones arides (Voir Tableau 12.1). Lorsque la terre est dégradée, le carbone peut être libéré dans l'atmosphère avec d'autres gaz à effet de serre, tels que l'oxyde nitreux, ce qui fait de la dégradation des sols l'un des facteurs les plus importants du changement climatique : environ un quart de toutes les émissions anthropiques de gaz à effet de serre proviennent de l'agriculture, de la forêt et d'autres secteurs d'utilisation des terres.[88] Les changements climatiques devraient augmenter l'aridité de certaines zones arides, avec une fréquence plus élevée de sécheresses dans les zones arides et il existe un « accord moyen, mais peu de preuves que l'étendue actuelle des déserts augmentera au cours des prochaines décennies. »[89] Au fur et à mesure que de plus en plus de terres productives sont dégradées ou perdues dans l'expansion urbaine, il y a un risque qu'une proportion croissante des changements de l'utilisation future des terres se produise dans les zones arides, augmentant leur contribution au changement climatique.

Les changements climatiques peuvent exacerber la pauvreté et compromettre davantage la capacité des personnes à gérer durablement les terres et le bétail.[91] Les personnes les plus pauvres de la Terre sont les plus vulnérables au changement climatique[92] et pour l'essentiel, elles contribuent le moins à cette menace. Étant donné que les zones arides comprennent un nombre disproportionné des personnes pauvres de la planète, elles sont susceptibles d'être parmi les plus touchées par les changements climatiques. De nombreuses communautés des terres arides ont des pratiques bien développées de partage des ressources qui les aident à répartir les risques. Dans certaines communautés pastorales, cela comprend la culture des dettes et des obligations pendant de nombreuses générations et de vastes intervalles, de sorte que, en cas de difficultés, elles peuvent faire appel au soutien de personnes qui peuvent être moins touchées. Les pasteurs mongols ont une longue histoire d'arrangements réciproques qui permettent aux familles d'éleveurs de répartir les risques climatiques, tels que le blizzard et la sécheresse. Cependant, il existe des signes selon lesquels ces institutions sont soumises à la pression des forces économiques et à l'évolution des relations entre les éleveurs et l'État.[93]

Tableau 12.1 : Rôle des sols des terres arides dans le stockage du carbone[90]

	Biomasse de carbone	Sol carbone		
		Tout sol C	Sol organique C	Sol inorganique C
Mondial	576 Gt	2 529 Gt	1 583 Gt	946 Gt
Zones arides	83 Gt	1 347 Gt	431 Gt	916 Gt
Part des terres arides	**14 %**	**53 %**	**27 %**	**97 %**

GESTION DURABLE DES TERRES ARIDES

Il existe une grande expérience de la gestion sur laquelle s'appuyer et réaliser une révision majeure de la manière dont les écosystèmes sont valorisés, protégés et gérés. Les liens entre la désertification, les changements climatiques et la pauvreté aident à attirer l'attention sur les réponses qui offrent de multiples avantages. S'attaquer à ces défis ensemble créerait des retombées positives en capturant le carbone atmosphérique dans le sol, en stoppant et en inversant la dégradation des terres, en fermant les écarts de rendement agricole et en augmentant la résilience globale des communautés et des écosystèmes dans les zones arides. Il est crucial de s'assurer que le carbone du sol soit entièrement comptabilisé et surveillé comme un indicateur de progrès non seulement pour lutter contre la désertification, mais aussi pour inverser les changements climatiques et la perte de biodiversité.[94]

Puisque la dégradation des terres est souvent le résultat de plusieurs facteurs, les réponses doivent être adaptées aux situations particulières. Les réponses simples, telles que la plantation d'arbres, ne sont pas toujours efficaces et l'abandon des terres ne conduit pas nécessairement à la récupération.[95] Le développement durable nécessite de nombreuses étapes, des approches de gestion holistique de la sélection et de la production des cultures, de l'élevage et de la conservation de l'eau, ainsi qu'une série de facteurs favorables. Celles-ci comprennent :

- **La culture durable**, comprenant le choix des espèces et pratiques de gestion
- **La gestion des pâturages** pour éviter le surpâturage et la dégradation
- **La sécurité de l'eau** via une meilleure gestion et conservation
- **Les incitations politiques** et changements juridiques, notamment une meilleure sécurité des baux et des droits fonciers
- **La recherche et le renforcement des capacités** afin de combler les lacunes des connaissances et compétences
- **L'investissement** afin d'inverser la dégradation des terres dans les zones arides

Figure 12.3 : Gestion durable des terres arides

© Ollivier Girard (CIFOR)

1. La culture durable

De nombreux éléments de « l'intensification durable »[96] dans les zones arides sont déjà bien connus et décrits au chapitre 7 : conservation des nutriments, utilisation du fumier, du compost et du paillis, microdosage des engrais, stratégies intégrées de lutte antiparasitaire,[97] sélection de mélanges de cultures appropriés et durables et une variété de techniques de conservation des sols sont tous disponibles, visant à exploiter plus pleinement les services écosystémiques pour la sécurité alimentaire à long terme.[98] Les jachères, qui ont longtemps fait partie intégrante du maintien de la fertilité des sols et de l'augmentation de l'humidité du sol dans les zones arides, montrent des signes de relance malgré un déclin mondial ces dernières années.

L'agriculture sans ou à faible labour minimise les perturbations du sol et elle maintient les résidus des cultures et d'autres matières organiques à la surface du sol, ce qui permet de réduire les pertes par évaporation et d'augmenter l'infiltration. Les preuves montrent que l'agriculture sans labour peut conduire à une plus grande concentration de carbone organique du sol près de la surface ce qui se traduit souvent par une productivité améliorée. L'impact de l'agriculture sans labour sur l'équilibre global du carbone des sols n'est toujours pas entièrement compris, mais il existe un bénéfice positif clair pour l'adaptation au changement climatique.[99] L'agriculture sans labour nécessite des changements importants dans les pratiques agricoles ; néanmoins, elle peut être plus rentable que l'agriculture conventionnelle car elle réduit le coût de la main-d'œuvre, du carburant, de l'irrigation et des machines. L'agriculture sans labour est pratiquée dans la plus grande mesure dans les zones arides des principaux pays exportateurs de grains, tels que l'Australie et l'Argentine et aux États-Unis, où elle représente 22,6 % de toutes les zones cultivées.[100]

L'agroforesterie est une autre approche éprouvée de la gestion durable des terres dans les zones arides. Les arbres sur les fermes fournissent de l'ombre aux humains, aux cultures et au bétail, ils fournissent des nutriments et ils contribuent à stabiliser les sols, ils fournissent une alimentation d'urgence pour les animaux et d'autres matières premières ; les arbres peuvent également porter des fruits et des noix comestibles. L'agroforesterie a connu un déclin au 20e siècle en raison de changements des conditions socio-économiques, de la politique publique et du régime foncier dans le cadre d'une vision alternative du développement agricole basée sur la mécanisation à grande échelle et la monoculture.[101] Cependant, les recherches montrent que le nombre d'arbres augmente de nouveau dans les fermes du monde entier, notamment au Brésil, en Indonésie, en Chine et en Inde. Environ 43 pour cent des terres agricoles à l'échelle mondiale ont au moins 10 pour cent de surface boisée.[102] Au Niger, l'agroforesterie a connu une certaine renaissance avec plus de 5 millions d'hectares restaurés grâce au renouveau de pratiques simples de protection sélective des arbres de grande valeur dans les paysages agricoles.[103] Les agriculteurs utilisent une variété de techniques pour encourager la régénération ou la plantation d'espèces d'arbres indigènes, y compris la technique Zaï, qui encourage la plantation d'arbres dans de petits trous remplis de fumier, habituellement en combinaison avec des murets en pierre dans le cadre de l'approche de Régénération naturelle gérée par les agriculteurs.[104]

2. La gestion des pâturages

L'utilisation de la terre la plus répandue dans les zones arides est la production extensive de bétail ou le pastoralisme. Les éleveurs traditionnels utilisent la mobilité des troupeaux pour suivre les ressources, car elles sont mises à disposition par les pluies. De cette façon, les troupeaux domestiques imitent le comportement des ongulés sauvages (animaux à sabots). Les éleveurs conservent des infrastructures naturelles et artificielles pour l'approvisionnement en eau, comprenant les puits profonds, les réservoirs et les étangs de surface. Les terres sont sujettes à la dégradation autour de ces points d'eau et oasis, en particulier lorsque les personnes sont encouragées à s'installer durablement avec leur bétail. Les

© Ollivier Girard (CIFOR)

éleveurs ont souvent des coutumes et des dispositions élaborées régissant l'utilisation de l'eau et des pâturages, ce qui permet une utilisation équitable des ressources communales sur de vastes zones et, dans certains cas, à travers les frontières internationales.[105] Les projets d'infrastructure d'eau mal planifiés peuvent nuire à ces systèmes traditionnels.[106] Plusieurs pays prennent des mesures afin de renforcer la réglementation locale de l'utilisation des ressources en adoptant des systèmes de gouvernance hybrides qui relient le régime foncier coutumier aux institutions de l'État, dans certains cas impliquant des outil, tels que la télédétection et les télécommunications afin de permettre une planification plus efficace des parcours de pâturage. La loi espagnole « Vias Pecuarias » de 1996 a relancé les mouvements de transhumance (mouvements saisonniers des personnes avec leur bétail) grâce à la protection d'un ancien réseau de 120 000 km de pistes de bétail – un couloir pour bétail qui ferait 3 fois le tour de la Terre – entraînant des améliorations majeures pour la biodiversité et les services écosystémiques.[107]

La gestion des pâturages peut être améliorée par la sélection d'espèces bien adaptées ou des mélanges d'espèces herbivores, choisies pour leur potentiel génétique (par ex., résistance à la sécheresse) et la capacité d'utiliser une gamme de niches écologiques ; cela pourrait inclure la désagrégation des troupeaux afin d'éviter le surpâturage et le prêt d'animaux à d'autres pour construire ou reconstruire des troupeaux en tant que forme de capital social.[108] En Namibie, certaines fermes ont remplacé ensemble le bétail domestique par la gestion et la sélection d'antilopes sauvages et de zèbres qui sont mieux adaptés aux conditions arides.[109]

3. La sécurité de l'eau

La gestion de l'eau est essentielle pour la gestion efficace des terres dans les zones arides. Comme abordé au Chapitre 8, les pratiques de gestion des terres peuvent réduire et capturer le ruissellement, réduire l'évaporation, augmenter la capacité de retenue d'eau des sols et accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau des cultures. Cependant, le ruissellement qui représente une perte à un endroit peut être une ressource vitale pour les personnes en aval et la prise de décision doit avoir lieu à l'échelle adéquate afin d'assurer des résultats équitables et durables dans l'ensemble du paysage.

Il existe une grande diversité de pratiques de récolte d'eau dans les zones arides, dont beaucoup sont connues depuis des siècles. La récolte d'eau est influencée par la topographie et le type de sol et elle peut être appliquée à différentes échelles. Les mesures à petite échelle, parfois appelées micro-bassins versants, servent à capturer le ruissellement dans les champs et à inclure des pratiques, telles que les trous d'ensemencement et le labour de niveau. Le principe est de ralentir le rythme du ruissellement et de favoriser l'infiltration localisée. Des mesures à plus grande échelle sont utilisées pour capturer le ruissellement hors des champs individuels et elles incluent des barrages et des étangs à usage communautaire. Ces macro-bassins versants nécessitent habituellement un stockage d'eau et dans les zones arides, où les pertes par évaporation sont importantes, cela peut inclure le stockage souterrain dans des citernes. Dans certains sols, des barrages de sable sont utilisés pour piéger le sable, qui à son tour retient l'eau, ce qui crée un stockage souterrain efficace.[110] Lorsque l'eau est stockée dans des macro-bassins versants ou récoltée à partir de rivières et d'aquifères, des techniques d'irrigation sont alors nécessaires pour acheminer l'eau sur le terrain. Cela peut inclure l'irrigation à grande échelle, bien que ces systèmes soient inefficaces, coûteux et difficiles à gérer et ils comportent de nombreux coûts environnementaux. L'irrigation à plus petite échelle peut être contrôlée plus soigneusement pour compléter les précipitations à des moments critiques pendant le cycle de croissance en

stimulant la croissance ou en prolongeant la saison de croissance.[111]

En Israël, l'utilisation de systèmes d'irrigation par goutte à goutte combinés au recyclage des eaux usées a entraîné une augmentation de 1 600 pour cent de la valeur des produits cultivés par les agriculteurs locaux au cours des 65 dernières années.[112] Mais l'utilisation des eaux usées entraîne souvent un risque d'augmentation de la salinisation et l'efficacité reçoit une nouvelle impulsion importante si l'on utilise de l'eau dessalée.[113]

4. Les incitations politiques

La promotion des investissements dans les zones arides dépend avant tout de la création de conditions propices, allant des lois, politiques et institutions favorables au sein des pays aux accords internationaux et aux engagements des donateurs. Toutefois, de telles conditions, pour l'essentiel, n'existent pas actuellement. Les zones arides ont généralement été exclues des principaux efforts de développement : entre 1980 et 2000, seulement 3,23 % de l'aide à l'environnement visait à remédier à la dégradation des terres.[114] Les défis de la culture dans les zones arides africaines persistent en raison de lacunes de développement fondamentales, combinées à la fréquence de la sécheresse et d'autres chocs. La population des terres arides d'Afrique devrait augmenter de 65 à 80 % au cours des 15 prochaines années ;[115] ceci, combiné à l'augmentation des investissements extérieurs dans l'agriculture industrielle à grande échelle et les industries extractives, a le potentiel d'exacerber la dégradation des terres et des sols. La dégradation augmente à son tour les conséquences de la sécheresse et de la pénurie d'eau sur les humains, qui détournent souvent les ressources du développement à long terme vers des mesures à court terme et réactives plus coûteuses. Bien qu'il soit prévu que la croissance économique dans les zones arides sera significative à moyen terme, cela pourrait ne pas suivre le rythme de la croissance démographique et de la vulnérabilité induite par le changement climatique.[116]

Les priorités politiques divergentes entre les secteurs peuvent entraîner des conséquences néfastes, en particulier lorsque la terre, l'eau, les arbres, la faune et d'autres ressources sont gérés pour différents objectifs. Ceci est particulièrement problématique étant donné l'ampleur des zones arides et le malentendu potentiel sur les voies de développement les plus appropriées. Une coordination améliorée entre les secteurs, tels que l'agriculture, la faune, la foresterie et l'eau, pilotée par un leadership politique de haut niveau et guidée par des connaissances et des preuves est nécessaire afin d'assurer une collaboration plus étroite et une action plus commune sur le terrain.

Un élément politique critique pour encourager la durabilité de la gestion des terres arides est la nécessité d'améliorer les droits aux ressources et la sécurité foncière, donnant aux gestionnaires des terres la liberté et la légitimité de mettre en œuvre des stratégies de gestion durable à long terme. Par exemple, le succès des projets de restauration forestière est grandement augmenté si les communautés locales sont convaincues qu'elles conserveront l'accès aux avantages qui en résultent. Toutefois, la sécurisation du foncier exige fréquemment des solutions innovantes qui concilient le droit légal et les droits coutumiers. Des institutions locales plus solides peuvent fournir une interface vitale entre les systèmes modernes et traditionnels et elles peuvent être la clé afin d'améliorer la gouvernance locale dans l'ensemble, ainsi qu'un meilleur accès aux marchés et à d'autres services. Dans plusieurs pays, cela est facilité par la décentralisation gouvernementale qui permet une plus grande participation à la prise de décision au niveau local et un plus grand respect des droits et responsabilités locaux. Les Directives volontaires pour une gouvernance responsable des régimes fonciers, produites par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture,[117] ont été approuvées par plus de 100 pays et elles constituent une excellente plate-forme pour renforcer les droits fonciers. En Mongolie et au Kirghizistan, par exemple, la politique publique soutient la création de Groupes d'utilisateurs de pâturages pour la gouvernance des pâturages, un mécanisme important afin d'assurer la représentation de la communauté et la coordination des activités de gestion.[118]

Les accords formels et informels visant à améliorer les efforts de conservation des terres arides influent également sur le régime foncier. Dans le monde, environ 9 % des terres arides (~ 5,4 millions de km^2) sont formellement protégées, chiffres légèrement inférieurs à la moyenne mondiale de 12,9 pour cent. Alors que les premières politiques des zones protégées étaient fréquemment exclusives, de nombreuses zones protégées protègent aujourd'hui les droits des communautés humaines résidentes. Les approches non gouvernementales, telles que les Airesprotégées par des populations autochtones et locales (APPAL) et les approches quasi gouvernementales, telles que les Aires protégées autochtones sont reconnues comme un outil afin de reconnaître légalement le régime foncier dans les zones arides et afin de promouvoir les synergies entre l'utilisation économique et les objectifs de conservation.[119]

De nombreuses zones arides sont efficacement protégées par des pratiques traditionnelles de gestion des terres qui soutiennent la biodiversité dont dépend la subsistance locale. Ces zones protégées de fait sont souvent négligées par les gouvernements et elles restent ainsi vulnérables aux intérêts concurrents. Les désigner comme APPAL pourrait offrir aux communautés plus de potentiel pour capitaliser sur les avantages environnementaux de leur système de production et encourager davantage la gestion durable des terres. Reconnaître officiellement ces terres en tant que APPAL pourrait également aider à établir des normes pour une gestion durable et un suivi amélioré, ainsi que fournir des

© Nitin Khatri

incitations à conserver des pratiques durables.[120] Ce qui est appelé réserves ou land conservancy, très développées en Namibie, créent un moyen pour les communautés d'obtenir des retombées économiques du tourisme liées à la vie sauvage et de proposer un modèle innovant, en particulier pour les pays des zones arides à faible population humaine.[121]

5. La recherche et le renforcement des capacités

Les connaissances scientifiques sur les systèmes de production des terres arides restent sous-développées et elles sont souvent mises à l'écart en faveur d'approches de gestion développées pour les terres humides. Ceci est aggravé par des données insuffisantes sur les environnements et les économies des terres arides, ce qui permet de prendre des décisions importantes dans un vide d'information. Le manque de financement pour le développement des terres arides coïncide avec le manque de soutien pour la recherche sur les terres arides ; notre compréhension des taux et des causes de la désertification reste malheureusement incomplète. La complexité des stratégies adaptées aux risques pour la gestion des terres arides et la valeur des connaissances et des pratiques locales nécessitent une attention nouvelle ; la connaissance écologique traditionnelle se perd dans de nombreux endroits. Des efforts accrus sont nécessaires afin de combiner les connaissances scientifiques locales et émergentes grâce à des partenariats appropriés, à un apprentissage participatif et à une diffusion plus efficace de l'information et de la technologie.[122]

Enfin, pour que les investissements soient mobilisés, des efforts majeurs sont souvent nécessaires afin d'améliorer les compétences des professionnels, y compris les services de vulgarisation et l'apprentissage par les pairs, dans les zones arides. Cela comprend que les professionnels travaillant dans le secteur public fournissent des conseils aux utilisateurs de la terre, tout comme ceux étant dépositaires des connaissances locales, essentielles pour améliorer la résilience des terres arides.

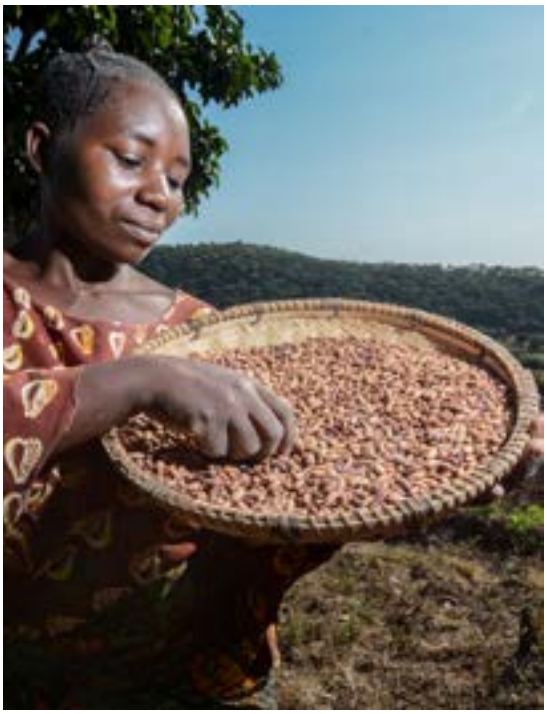
6. L'investissement

Les activités habituelles dans les zones arides verront la désertification et la vulnérabilité persister, combinées à des risques accrus liés au changement climatique, contribuant à des problèmes sociaux plus graves de pauvreté, de migration et de conflit. En 2011, les Nations Unies ont publié un rapport notant que les terres arides étaient devenues des « déserts d'investissement » où le sous-investissement chronique entraînait le sous-développement et la pauvreté.[123] Pendant ce temps, les Objectifs de développement durable adoptés en 2015 et en particulier l'objectif 15.3 sur la Neutralité de la dégradation des terres,[124] démontre une volonté croissante et un engagement afin de stopper et d'inverser la désertification. Cet enthousiasme doit être égalé par la capacité et les ressources nécessaires afin d'agir conformément aux priorités nationales de développement. Notre compréhension de la façon d'adapter les investissements aux zones arides est en constante amélioration et elle offre des raisons d'espérer.

Les problèmes des zones arides ne sont pas automatiquement résolus par la disponibilité des financements : les graves problèmes de désertification dans les pays relativement riches, tels que les États-Unis, montrent que les problèmes ne se limitent pas aux pays en développement. Mais l'ampleur de la privation humaine dans de nombreuses zones arides dans les pays en développement ne doit pas

être sous-estimée, ainsi que l'absence des conditions les plus élémentaires pour le développement humain.

Un domaine qui nécessite une attention particulière est de savoir comment capitaliser ou tirer parti de plusieurs valeurs. Les écosystèmes des zones arides offrent de nombreux avantages à l'humanité au-delà des services évidents d'approvisionnement en nourriture, en carburant, en fibres et en matériaux de construction. La réhabilitation des pâturages dans la région jordanienne de Badia a montré des améliorations modestes dans la production animale et la biodiversité commercialisable, telles que les plantes médicinales, mais des avantages beaucoup plus importants pour les eaux souterraines, le stockage du carbone et la réduction de la sédimentation dans les barrages hydroélectriques, dont tous sont appréciés par des personnes autres que celles responsables de leur protection.[125] L'incitation aux pratiques de gestion des terres les plus durables dans les zones arides nécessitera un passage de la maximisation de la production de produits individuels à l'optimisation d'une gamme de biens et services écosystémiques interconnectés.


© Georgina Smith / CIAT

Passer vers une économie basée sur l'équilibre entre les multiples valeurs d'utilisation des terres peut impliquer des défis supplémentaires afin de développer des marchés rentables. De nombreuses communautés de zones arides peuvent générer un revenu secondaire important grâce à l'écotourisme et, si il est correctement géré, il peut souvent être intégré à d'autres activités telles que la production de bétail durable. Les gestionnaires de terres d'ailleurs peuvent exploiter les marchés pour des produits de grande valeur, tels que les fruits, les huiles et les herbes, ou recevoir des paiements pour les services écosystémiques. Tout ceci dépend de la création de chaînes de valeur ainsi que de nouvelles compétences et sources de financement afin de permettre aux communautés des zones arides de capturer une plus grande proportion des avantages de la valeur ajoutée de leur travail.[126]

L'amélioration des marchés pour les produits gérés de manière durable nécessite également d'attirer les bons investisseurs. Les zones arides ont été particulièrement exposées à des acquisitions foncières à grande échelle étrangères au cours des dernières années, aidées par la sécurité du régime foncier comparativement médiocre et, dans certains cas, par la faible voix politique des habitants.[127] Les transferts de terres à plus petite échelle augmentent également, ce qui entraîne des changements imprévus ou non réglementés de l'utilisation des terres. Les gouvernements peuvent faire davantage afin de mobiliser des investissements qui soutiennent les utilisateurs de terres existants afin d'améliorer la gestion et de développer des plans à l'échelle du paysage pour intégrer les cultures, les pâturages, la gestion des forêts et de la faune et la protection des zones humides, etc. Un effort particulier est nécessaire pour mobiliser et inciter les entrepreneurs locaux à développer des petites et moyennes entreprises afin d'aider à renforcer et à diversifier les moyens d'existence en milieu rural.

Les investissements à petite échelle des agriculteurs sont essentiels à la viabilité future. Les agriculteurs et les éleveurs des terres arides investissent de différentes façons à une échelle relativement petite et multipliée des milliers de fois dans un paysage. Ces investissements peuvent être difficiles à évaluer mais ils représentent un portefeuille important et diversifié de capitaux, y compris le capital social et le travail. Les sept millions d'hectares d'agroforesterie établis au Niger ont été réalisés par des milliers d'actes individuels de petits agriculteurs à travers un vaste paysage.[128]

D'autres formes d'investissement auront un rôle à jouer dans la détermination de l'avenir des zones arides. Aujourd'hui, une source majeure d'énergies fossiles, dans le futur, les zones arides deviendront de plus en plus importantes pour différents types de sources renouvelables. Les déserts sont déjà utilisés pour l'implantation de grandes centrales solaires photovoltaïques,[129] certains soutenant que cela pourrait éventuellement être la plus grande source mondiale d'énergie. De tels développements posent déjà des problèmes aux gestionnaires de la conservation pour protéger les écosystèmes fragiles,[130] mais les zones arides « improductives » sont susceptibles d'être utilisées de plus en plus pour l'énergie, y compris les sources d'énergie éolienne[131] et géothermale[132]. L'intégration de la production d'énergie, de l'extraction minière et d'autres demandes mondiales avec une agriculture et un élevage plus traditionnels pourrait présenter d'importantes opportunités à l'avenir.

© Olivier Girard (CIFOR)

CONCLUSION

Un programme stratégique pour la gestion durable des terres arides devrait s'appuyer sur les trois piliers établis de durabilité : le social, l'environnemental et l'économique.

1. **La durabilité environnementale** dans les zones arides nécessite une révision majeure du secteur des ressources naturelles, intégrant l'agriculture et la gestion de l'environnement, sensibilisant davantage aux problèmes des terres arides et ne traitant pas la production alimentaire comme une industrie extractive. Le sol est produit lentement dans des conditions arides et il est souvent considéré comme une ressource épuisable et non renouvelable ; dans l'avenir, l'agriculture doit fondamentalement remettre dans le sol autant qu'elle en prélève. Il est particulièrement important d'élargir notre compréhension de la biodiversité, au-dessus et au-dessous du sol, et de développer des pratiques agricoles autour de la constatation que le carbone organique, principal indicateur de la fertilité des sols, fait lui-même partie de la biodiversité. Les agriculteurs, en tant que gardiens du carbone du sol, sont au cœur de l'effort pour relever les plus grands défis environnementaux de notre époque : la perte de biodiversité, le changement climatique et la dégradation des terres.

2. **La durabilité et la stabilité sociale** dans les zones arides doivent être renforcées par le développement du capital humain, y compris l'amélioration de l'accès aux services de base, tels que l'éducation, la santé et la sécurité. Elles devraient également inclure un régime foncier sécurisé, une protection sociale améliorée et une meilleure gestion et planification des pressions sociales profondes actuelles, telles que l'urbanisation, la pauvreté rurale et la marginalisation continue des femmes. La durabilité sociale nécessite des institutions efficaces pour la bonne gouvernance des ressources naturelles et économiques et elle ne sera réalisée que lorsque les droits de l'homme seront respectés en tant que base pour le développement axé sur les personnes.

3. **La durabilité économique** doit s'appuyer et fondamentalement contribuer à la durabilité écologique et sociale. Elle nécessite des investissements dans des chaînes de valeur qui reflètent la diversité essentielle des systèmes de production des terres arides, comprenant la capitalisation des services environnementaux et la certification des biens produits durablement. Cela comprend le soutien au développement des petites et moyennes entreprises qui augmentent la valeur ajoutée localement et qui créent des emplois pour le nombre croissant de pauvres des zones urbainesl. Cela nécessite également un effort pour surmonter les coûts de transaction, en particulier ceux liés à l'accès à l'information et aux transferts de technologie. Pour cela, il est nécessaire de permettre des investissements du secteur public afin de débloquer l'engagement du secteur privé et de renverser l'héritage du sous-investissement. La durabilité économique dans les zones arides doit être construite autour d'une gestion rationnelle du risque, comprenant la gestion efficace du sol et de l'eau, ainsi que le renforcement des pratiques de gestion des terres prouvées localement.

RÉFÉRENCES

1 Safriel, U. and Adeel, Z. 2005. Dryland Systems. In: Millenium Ecosystem Assessment, Ecosystems and Human Well-Being: Current State and Trends Volume 1. Hassan, R., Scholes, R. and Ash, N., (eds). Washington, DC: Island Press. p. 623–62.

2 United Nations Environmental Management Group. 2015. Box 12. United Nations, New York.

3 UNCCD. 1994. Article 2 of the Text of the United Nations Convention to Combat Desertification. http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-eng.pdf.

4 Davies, J., Barchiesi, S., Ogali, C.J., Welling, R., Dalton, J., et al. 2016. Box 12. IUCN, Gland, Switzerland.

5 Salameh, E. 1993. The Jordan River System. In: Graber, A. and Salameh, E. (eds.) Box 12. Friedrich Elbert Stiftung, Amman, Jordan, pp. 99-105.

6 UNCCD. Undated. Box 12 http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/Desertification-EN.pdf

7 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Op. cit.

8 Map produced by ZOÏ Environment Network, September 2010. Source: UNEP World Conservation Monitoring Centre

9 Black, H.I.J. and Okwakol, M.J.N. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: The role of termites. Applied Soil Ecology 6 (1): 37-53.

10 Dregne, H.E. 1982. Dryland soil resources. Agency for International Development, Department of State, Washington, DC.

11 Stevens, N., Lehmann, C.E.R., Murphy, B.P., and Durigan, G. 2016. Savanna woody encroachment is widespread across three continents. Global Change Biology DOI: 10.1111/gcb.13409

12 Keeley, J.E. and Brennan, T.J. 2012. Fire-driven invasion in a fire-adapted ecosystem. Oecologia 169: 1043-1052.

13 Mugerwa, S. and Emmanuel, Z. 2014. Drivers of grassland system's deterioration in Uganda. Applied Science Reports 2 (3): 103-111.

14 Solbrig, O.T. 1993. Ecological constraints to savanna land use. In: Young, M.D. and Solbrig, O.T. (eds.) The World's Savannas: Economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use. Man and the Biosphere Series volume 12. UNESCO and the Parthenon Publishing Group, Paris, pp. 21-48.

15 Brito, J.C., Godinho, R., Martínez-Freiría, F., Pleguezuelos, J.M., Rebelo, H., et al. 2013.Unravelling biodiversity, evolution and threats to conservation in the Sahara-Sahel. Biological Reviews 89 (1): 215-231.

16 Schwimmer, H. and Haim, A. 2009. Physiological adaptations of small mammals to desert ecosystems. Integrative Zoology 4 (4): 357-366.

17 Costa, G. 1995. Behavioural Adaptations of Desert Animals. Springer, Berlin and Heidelberg.

18 Bonkoungou, E.G. 2001. Biodiversity in Drylands: Challenges and Opportunities for Conservation and Sustainable Use. The Global Drylands Partnership. UNDP, New York.

19 Midgley, G.F. 2012. Biodiversity and ecosystem function. Science 335: 174-175.

20 Maestre, F.T., Quero, J.L., Gotelli, N.J., Escudero, A., Ochoa, V., et al. 2012. Plant species richness and ecosystem multifunctionality in global drylands. Science 335: 214-217.

21 Belnap, J. 2006. The potential role of biological soil crusts in dryland hydrologic cycles. Hydrological Processes 20: 3159-3178.

22 Davies, J., Poulsen, L., Schulte-Herbrüggen, B., Mackinnon, K., Crawhall, N., et al. Conserving Dryland Biodiversity. IUCN, Gland.

23 Goettsch, B., Hilton-Taylor, C., and Gaston, K.J. 2015. High proportion of cactus species threatened with extinction. Nature Plants 1, Article number: 15142.

24 Goettsche, B., et al. 2016. Op. cit.

25 Rowe, A.G. 1999. The exploitation of an arid landscape by a pastoral society: The contemporary eastern Badia of Jordan. Applied Geography 19 (4): 345-361.

26 Barrow, E.G.C. 1996. The Drylands of Africa: Local participation in tree management. Initiatives Publishers, Nairobi.

27 Bagader, A.A., El-Sabbagh, A.T.E., Al-Glayand, M.A., Samarrai, M.Y.I.D., and Llewellyn, O.A. 1994. Environmental Protection in Islam. IUCN, Gland, Switzerland.

28 Bose, P. 2015. India's drylands and agroforestry: A ten-year analysis of gender and social diversity, tenure and climate variability. International Forestry Review 17: 85-98.

29 Brouwer J. 2008. The importance of within-field soil and crop growth variability to improving food production in a changing Sahel. A summary in images based on five years of research at ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger. IUCN Commission on Ecosystem Management, Gland, Switzerland.

30 Stites, E. and Stefansky Huisman, C. 2010. Adaptation and Resilience: Responses to Changing Dynamics in Northern Karamoja, Uganda. Briefing Paper. Feinstein International Centre, Tufts University, Massachusetts and Save the Children Uganda.

31 Spinoni, J., Naumann, G., Carrao, H., Barbosa, P., and Vogt, J. 2013. World drought frequency, duration, and severity for 1951-2010. International Journal of Climatology 34: 2792-2804.

32 Luo, L., Sheffield, J., and Wood, E. 2008.Towards a global drought monitoring and forecasting capability. 33rd NOAA Annual Climate Diagnostics.

33 Huang, J., Yu, H., Guan, X., Wang, G., and Guo, R. 2015. Accelerated dryland expansion under climate change. Nature Climate Change. DOI:10.1038/NCLIMATE2837.

34 Fan, S. 2008 (ed.). Public Expenditures, Growth, and Poverty. Lessons from Developing Countries. The John Hopkins University Press, Baltimore.

35 Ravallion, M. and Datt, G. 1999. When is growth pro-poor? Evidence from the diverse experience of India's states. Policy Research Working Paper WPS 2263. World Bank, Washington, DC.

36 UNCCD. 2011. Global Drylands: A UN Systems-Wide Report. Committee for the Review of the Implementation of the Convention 9th session, Bonn February 21-25, 2011. ICCD/CRIC(9)/CRP.1

37 UNCCD. 2012. Desertification Land Degradation and Drought (DLDD) – Some global facts and figures. Information sheet from the UNCCD. http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/WDCD/DLDD%20Facts.pdf accessed January 29, 2017.

38 Davies, J. and Hatfield, R. 2008. The economics of mobile pastoralism: A global summary. Nomadic Peoples 11 (1): 91-116.

39 Sallu, S.M., Twyman, C., and Stringer, L.C. 2010. Resilient or vulnerable livelihoods? Assessing livelihood dynamics and trajectories in rural Botswana. Ecology and Society 15 (4): 3.

40 Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.

41 Revenga, C., Murray, S., Abramovitz, J., and Hammond, A. 1998. Watersheds of the World: Ecological value and vulnerability. World Resources Institute and Worldwatch Institute, Washington, DC.

42 Shao, M., Tang, X., Zhang, Y., and Li, W. 2006. City clusters in China: Air and surface water pollution. Frontiers in Ecology and the Environment 4 (7): 353-361.

43 Li, K., Zhu, C., Wu, L., and Huang, L. 2013. Problems caused by the Three Gorges Dam construction in the Yangtze River basin: A review. Environmental Review 21: 127-135.

44 Reynolds, J.F., Stafford Smith, D.M., Lambin, E.F., Turner, B.L., Mortimore, M., et al. Global desertification: Building a science for dryland development. Science 316: 847-851.

45 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends: Findings of the Condition and Trends Working Group, http://www.millenniumassessment.org/en/Condition.aspx.

46 WWF. 2003. The Sacred Forests of Sakoantovo and Vohimasio: Catalysing community-based forest management to conserve the biodiversity of Southern Madagascar. WWF, Antananarivo.

47 IUCN. 2013. Natural Resource Economic Valuations. Environmental Economic Valuation of the HIMA System: The Case of Zarqa River Basin – Jordan. IUCN-ROWA, Amman.

48 Dudley, N., MacKinnon, K., and Stolton, S. 2014. The role of protected areas in supplying ten critical ecosystem services in drylands: A review, Biodiversity, DOI: 10.1080/14888386.2014.928790.

49 Al-Dousari, A.M. 2009. Recent studies on dust fallout within preserved and open areas in Kuwait. In: Bhat, N.R., Al-Nasser, A.Y., and Omar, S.A.S. (eds.) Desertification in Arid Lands: Causes, consequences and mitigation, Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait: 137-147.

50 Conant, R.T., Paustian, K., and Elliott, E.T. 2001. Grassland management and conversion into grassland: Effects on soil carbon. Ecological Applications 11: 343-355.

51 Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Op. cit.

52 Davies, J., et al. 2012. Op. cit.

53 Bastin, J. F., Berrahmouni, N., Grainger, A., Maniatis, D., Mollicone, D., Moore, R., ... & Aloui, K. 2017. The extent of forest in dryland biomes. Science, 356: 635-638.

54 Davies, J., et al. 2012. Op. cit.

55 Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Global Mechanism of the United Nations Convention to Combat Desertification and OSLO consortium. 2013. Valuing the biodiversity of dry and sub-humid lands. Technical Series No.71. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.

56 Diamond, J. 2005. Collapse: How societies choose to fail or survive. Penguin Books, London.

57 Steinbeck, J. 1939. The Grapes of Wrath. Viking Press, New York.

58 UNCCD, 1994. A/AC.241/27 September 12, 1994. http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-eng.pdf

59 http://www.theguardian.com/environment/2010/dec/16/desertification-climate-change accessed January 30, 2017.

60 UNCCD, 1994. Op. cit.

61 FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. FAO and Earthscan, Rome and London..

62 Prince, S.D. 2016. Where does desertification occur? Mapping dryland degradation at regional and global scales. In: Behnke, R. and Mortimore, M. (eds.) The End of Desertification? Springer, pp. 225-263.

63 Gisladottir, G. and Stocking, M. 2005. Land degradation control and its global environmental benefits. Land Degradation and Development 16: 99-112.

64 Reynolds, J.F., et al. 2007. Op. cit.

65 Le, Q.B., Nkonya, E., and Mirzabaev, A. 2014. Biomass Productivity-Based Mapping of Global Land Degradation Hotspots. ZEF-Discussion Papers on Development Policy No. 193. Bonn.

66 Feng, Q., Ma, H., Joang, X., Wang, X., and Cao, S. 2015. What has caused desertification in China? Nature Scientific Reports. DOI: 10.1038/srep15998.

67 Andela, N., Liu, Y.Y., van Dijk, A.I.J.M., de Jeu, R.A.M., and McVicar, T.R. 2013. Global changes in dryland vegetation dynamics (1988-2008). Biogeosciences 10: 6657-6676.

68 UNEP, 2007. Sudan Post-Conflict Environmental Assessment. United Nations Environment Programme, Nairobi.

69 Carter, D.L. 1975. Problems of salinity in agriculture. In: Poljakoff-Mayber, A. and Gale, J. (eds.) Ecological Studies, Analysis and Synthesis vol. 15: Plants in Saline Environment. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

70 ABS. 2010. Measures of Australia's Progress, 2010: Is life in Australia getting better? Australian Bureau of Statistics, Canberra.

71 Middleton, N., Stringer, L., Goudie, A., and Thomas, D. 2011. The Forgotten Billion: MDG achievement in the drylands. UNDP, New York and Nairobi.

72 Mortimore, M. 2009. Dryland Opportunities: A new paradigm for people, ecosystems and development. IUCN, IIED and UNDP, Gland Switzerland, London and New York.

73 El Mangouri, H. 1990. Dryland management in the Kordofan and Darfur Provinces in Sudan. In: Dixon, J.A., James, D.E., and Sherman, P.B. (eds.) Dryland Management: Economic Case Studies. Earthscan, London: pp. 86-97.

74 Herrera, P., Davies, J., and Manzano, P. 2014. (eds.) The Governance of Rangelands: Collective action for sustainable pastoralism. Routledge, UK.

75 Morales C., Brzovic, F., Dascal, G., Aranibar, Z., Mora L., Morera, et al. 2011. Measuring the economic value of land degradation / desertification and drought considering the effects of climate change. A study for Latin America and the Caribbean. CSFD, 29-30 June 2011, Montpellier.

76 UNCCD, 2013. White Paper I: Economic and Social Impacts of Desertification, Land Degradation and Drought. United Nations Convention to Combat Desertification. http://2sc.unccd.int/fileadmin/unccd/upload/documents/WhitePapers/White_Paper_1.pdf

77 Various sources cited in UNCCD, 2013, ibid.

78 Palmer, A.R. and Bennett, J. 2013. Degradation of communal rangelands in South Africa: Towards an improved understanding to inform policy. African Journal of Range and Forage Science 30 (1-2): 57-63.

79 Humphreys, E., Peden, D., Twomlow, S., Rockström, J., Oweis, T., et al. 2008. Improving rainwater productivity: Topic 1 synthesis paper. CGIAR Challenge Program on Water and Food, Colombo.

80 UNEP, WMO and UNCCD. 2016. Global Assessment of Sand and Dust Storms. United Nations Environment Programme, Nairobi.

81 Ibid.

82 Ibid.

83 Khan, M. 2015. The hidden puppeteer: Environmental degradation and the Darfur conflict. Harvard International Review 36 (4): 12-14, Cambridge, MA.

84 Cabot, C. 2016. Climate Change, Security Risks and Conflict Reduction in Africa, A Case Study of Farmer-Herder Conflicts over Natural Resources in Côte d'Ivoire, Ghana and Burkina Faso 1960–2000. Springer, pp. 45-62.

85 Low, P.S. (ed.) 2013. Economic and Social impacts of desertification, land degradation and drought. White Paper I. UNCCD 2nd Scientific Conference, prepared with the contributions of an international group of scientists. Available from: http://2sc.unccd.int, accessed March 26, 2013.

86 Llewellyn, O. 1992. Desert reclamation and conservation in Islamic law. In: Khalid, F. and O'Brien, J. (eds.) Islam and Ecology. Cassell, pp. 87-98.

87 Davies, J. 2016. The Land in Drylands: Thriving in uncertainty through diversity. Working Paper for the Global Land Outlook, UNCCD, Bonn.

88 Smith P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., et al. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

89 Settele, J., Scholes, R., Betts, R., Bunn, S., Leadley, P., et al (eds.). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 271-359.

90 UNCCD, 2015. Pivotal Carbon. Science Policy Brief. UNCCD Science Policy Interface. http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/2015_PolicyBrief_SPI_ENG.pdf

91 Davies, J. and Nori, M. 2008. Managing and mitigating climate change through pastoralism. Policy Matters 16. Commission on Environmental, Economic and Social Policy, IUCN. http://www.iucn.org/about/union/commissions/ceesp/ceesp_publications/pm/index.cfm

92 Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Climate Change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge University Press, UK.

93 Upton, C. 2012. Adaptive capacity and institutional evolution in contemporary pastoral societies. Applied Geography 33: 135-141.

94 UNCCD, 2015. Op. cit.

95 Feng, Q., et al. 2015. Op. cit.

96 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. Annals of Botany-London 114 (8): 1571-1596.

97 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2015. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. Insects 6: 152-182.

98 Bommarco, R., Kleijn, D., and Potts, S.G. 2013. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. Trends in Ecology and Evolution 28 (4): 230-238.

99 Powlson, D.S., Stirling C.M., Jat, M.L., Gerard, B.G., Palm, C.A., et al. 2014. Limited potential of no-till agriculture for climate change mitigation. Nature Climate Change 4: 678-683.

100 Friedrich, T., Kassam, A., and Shaxson, F. 2008. Case study, Conservation Agriculture. FAO, Rome. http://www.fao.org/ag/ca/ca-publications/stoa%20project%20conservation%20agriculture.pdf.

101 WRI. 2008. Turning back the desert: How farmers have transformed Niger's landscapes and livelihoods. In: WRI, UNDP, UNEP and World Bank. World Resources 2008: Roots of Resilience—Growing the Wealth of the Poor. World Resources Institute, Washington, DC.

102 Zomer, R.J., Neufeldt, H., Xu, J., Ahrends, A., Bosio, D., et al. 2016. Global tree cover and biomass carbon on agricultural land: The contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. Scientific Reports 6: 29987 DOI:10.1038/srep29987

103 Pye-Smith, C. 2013. The Quiet Revolution: How Niger's farmers are re-greening the parklands of the Sahel. ICRAF Trees for Change series number 12. World Agroforestry Centre, Nairobi.

104 Bado, B.V., Savadogo, P., and Manzo, M.L.S. 2015. Restoration of Degraded Lands in West Africa Sahel: Review of experiences in Burkina Faso and Niger. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

105 Adams, W.M. and Anderson, D.M. 1988. Irrigation before development: Indigenous and induced change in agricultural water management in East Africa. African Affairs 87 (349): 519-535.

106 Gomes, N. 2006. Access to water, pastoral resource management and pastoralists' livelihoods: Lessons learned from water development in selected areas of Eastern Africa (Kenya, Ethiopia, Somalia). LSP Working Paper 26. FAO, Rome.

107 Manzano Baena, P. and Casas, R. 2010. Past, present and future of Transhumancia in Spain: Nomadism in a developed country. Pastoralism 1 (1): 72-90.

108 Hesse, C. and MacGregor, J. 2006. Pastoralism: Drylands hidden asset? Developing a framework for assessing the value of pastoralism in East Africa. Issues paper number 142. International Institute for Environment and Development, London.

© GIZ-Richard Lord

109 Barnes, J. and Jones, B. 2009. Game ranching in Namibia. In: Suich, H. and Child, B. with Spenceley, A. (eds.) Evolution and Innovation in Wildlife Conservation: Parks and game ranches to transfrontier conservation. Earthscan, London, pp. 113-126.

110 Reij, C., Mulder, P., and Begemann, L. 1990. Water Harvesting for Plant Production. World Bank Technical Paper number 91, World Bank, Washington, DC.

111 Adams, W.M. and Carter, R.C. 1987. Small-scale irrigation in sub-Saharan Africa. Progress in Physical Geography 11 (1): 1-27.

112 Tal, A. 2016. Rethinking the sustainability of Israel's irrigation practices in the drylands. Water Research 90: 387-395.

113 Silber, A., Israeli, Y., Elingold, A., Levi, M., Levkovitch, I., et al. 2015. Irrigation with desalinated water: A step toward increasing water saving and crop yields. Water Resources Research 51 (1): 450-464.

114 Chasek, P.S. 2013. Follow the money: Navigating the international aid maze for dryland development. Journal Box 12 4 (1): 77-90.

115 Cervigni, R., and Morris, M. (eds.) 2016. Confronting Drought in Africa's Drylands: Opportunities for Enhancing Resilience. Africa Development Forum series. Washington, DC: World Bank.

116 Ibid.

117 FAO. 2012. Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the context of National Food Security. FAO, Rome.

118 Herrera, P., et al. 2014. Op. cit.

119 Kothari , A. 2013. Communities, conservation and development, Biodiversity, DOI: 10.1080/14888386.2013.848101

120 Davies, J., et al. 2012. Op. cit.

121 NACSO. 2004. Namibia's communal conservancies: A review of progress and challenges. Namibian Association of CBNRM Support Organizations, Windhoek.

122 Mortimore, M., Anderson, S., Cotula, L., Davies, J., Faccer, K., et al. Dryland Opportunities: A new paradigm for people, ecosystems and development. IUCN, IIED, and UNDP, Gland, Switzerland, London, and Nairobi.

123 United Nations. 2011. Global Drylands: A UN Systems-Wide Report. Committee for the Review of the Implementation of the Convention. Ninth session. Bonn February 21-25, 2011. ICCD/CRIC(9)/CRP.1 February 11, 2011

124 https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300.

125 Myint, M. and Westerberg, V. 2014. An Economic Valuation of a large-scale rangeland restoration project through the Hima system within the Zarqa River Basin in Jordan. IUCN, Nairobi.

126 Davies, J. and Hatfield, R. 2008. Op. cit.

127 Allan, T., Keulertz, M., Sojamo, S., and Warner, J. (eds.) 2013. Handbook of Land and Water Grabs in Africa: Foreign direct investment and food and water security. Routledge, Abingdon, UK.

128 WRI, 2008. Op. cit.

129 Moore, S. 2013. Envisioning the social and political dynamics of energy transitions: Sustainable energy for the Mediterranean region. Science as Culture 22 (2): 181-188.

130 Stoms, D.M., Dashiell, S.L., and Davis, F.W. 2013. Siting solar development to minimize biological impact. Renewable Energy 57: 289-298.

131 Raheem, A., Abbasi, S.A., Memon, A., Samo, S.R., Taufiq-Yap, Y.H., et al. Renewable energy development to combat energy crisis in Pakistan. Energy, Sustainability and Society 6 (16): DOI: 10.1186/s13705-016-0082-z.

132 Chandrasekharam, D., Lashin, A., Al Arifi, N., Al Bassan, A., Varun, C, et al. 2016. Geothermal energy potential of eastern desert region, Egypt. Environmental Earth Sciences 75: 697. DOI:10.1007/s12665-016-5534-4.

© Charlie Pye-Smith

Partie 3
UN AVENIR PLUS SÉCURISÉ

Cette première édition des Perspectives territoriales mondiales s'est concentrée sur les liens entre la terre et la sécurité humaine, au sens de la sécurité alimentaire et hydrique ; de la sauvegarde du sol et de la biodiversité ; de la défense des communautés et des moyens de subsistance individuels ; de la sécurité des régimes fonciers et de l'égalité des sexes ; de la protection des personnes marginalisées dans l'interface entre les villes et les régions rurales ; de la sécurité contre la sécheresse, les inondations et d'autres catastrophes météorologiques ; de la réaffirmation du droit de conserver son identité culturelle et spirituelle ; et, sous-jacent à tout ce qui précède, de la sécurité sociale et politique. Le capital naturel terrestre est sous pression, ce qui menace de déstabiliser bon nombre de ces aspects de la sécurité humaine.

La troisième partie présente des voies de changement, résumant les recommandations cruciales de la deuxième partie et décrivant les priorités stratégiques pour leur mise en œuvre, en reconnaissant que les décisions prises et les investissements réalisés aujourd'hui influenceront l'utilisation et la gestion des terres demain. Nous espérons que cette dernière partie des *Perspectives* aidera à favoriser une nouvelle vision et un programme d'action pour assurer un avenir plus sûr.

Partie 3

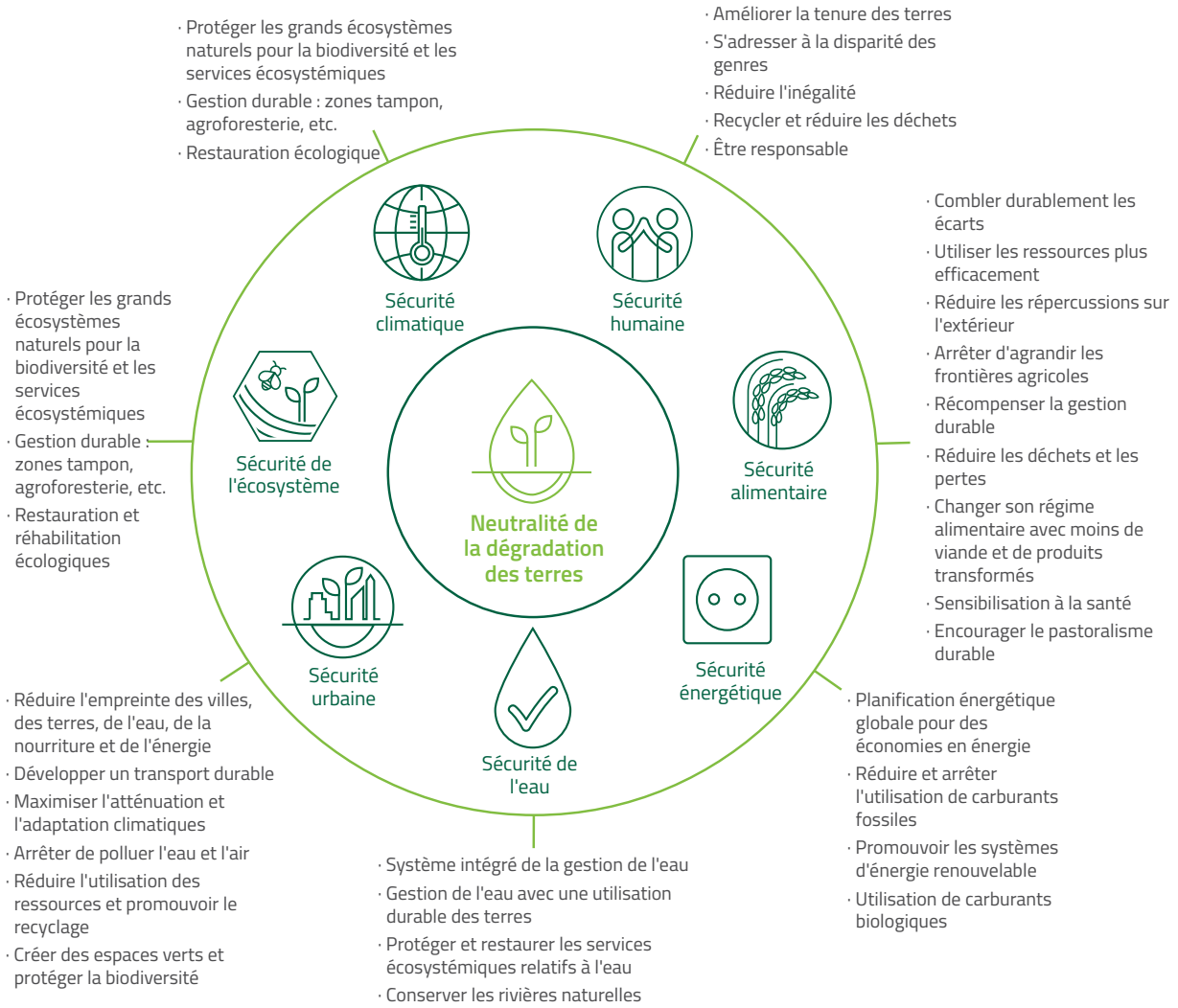
UN AVENIR PLUS SÉCURISÉ

En reconnaissant que le monde se trouve à une période critique faisant pression sur les limites planétaires, nous soutenons qu'une approche de la gestion élargie et axée sur le paysage, qui considère et intègre un large éventail de stratégies d'utilisation des terres, peut aider à inverser nombre de tendances négatives actuelles menant à la dégradation des terres. S'attaquer aux vecteurs et aux impacts de la dégradation des terres continue d'être un défi ; de nombreuses forces politiques et économiques restent engagées dans la voie du « business as usual ».

Le fait de savoir comment soulager de nombreuses pressions sur les ressources foncières est un bon début, mais sans une action concertée qui regroupe tous les secteurs et acteurs, nous ne réussirons pas à réaliser des changements.

Sous les auspices de l'Agenda 2030 pour le développement durable, des programmes innovants à travers le monde prennent forme pour stopper et inverser la dégradation des terres et des sols. La troisième partie souligne les réponses nécessaires pour atteindre l'objectif de neutralité de la dégradation des terres ainsi que les objectifs connexes de la réduction de la pauvreté, de la sécurité alimentaire et de l'eau, de la conservation de la biodiversité, de l'atténuation et de l'adaptation aux changements climatiques et des moyens de subsistance durables.

Figure 1 : action sur la terre pour améliorer la sécurité humaine globale



INTRODUCTION

Nous sommes tous des décideurs dans notre vie quotidienne et nous pouvons nous donner les moyens d'agir en sachant que nos choix ont des conséquences. Diriger la transition vers une utilisation plus efficace donc plus durable de la terre implique une compréhension des impacts des décisions de gestion à toutes les échelles, la création d'incitations appropriées pour une consommation et une production durables, et une plus grande capacité à adopter et à intensifier de meilleures pratiques de gestion des terres. Nous pouvons initier le changement nécessaire pour passer de l'actuel « âge du pillage » à un « âge de respect », qui accepte un monde régi par des limites biophysiques et cherche à maintenir la vie à l'intérieur de ces limites.[1]

La nature nous offre de nombreuses occasions par lesquelles nous pouvons transformer la façon dont nous consommons, produisons, travaillons et vivons ensemble sans compromettre la sécurité socio-économique et environnementale pour les générations actuelles et futures.

Nous présentons ici certains des principes directeurs sur lesquels les individus, les communautés, les entreprises et les pays peuvent prendre des décisions éclairées qui définiront la qualité de vie future de la planète, et décrivons comment ces principes sous-tendent une approche paysagère intégrée du développement durable. Mais auparavant, nous évoquons brièvement les concepts et l'ambition qui sous-tendent la neutralité de la dégradation des terres, cible le point 15.3 des objectifs de développement durable.

Figure 2 : actions terrestres pour atteindre de multiples objectifs de développement durable

Neutralité de la dégradation des terres (LDN)

La CNULCD définit la LDN comme « *un état dans lequel la quantité et la qualité des ressources foncières nécessaires pour soutenir les fonctions et services de l'écosystème et améliorer la sécurité alimentaire restent stables ou augmentent dans des échelles temporelles et spatiales et des écosystèmes spécifiques* ».[2] Les principaux objectifs sont les suivants :

- Maintenir ou améliorer les stocks de capital naturel et les services écosystémiques
- Maintenir ou améliorer la productivité afin d'améliorer la sécurité alimentaire, de l'eau et de l'énergie
- Augmenter la résilience des terres et des populations dépendantes de la terre
- Rechercher des synergies avec d'autres objectifs sociaux, économiques et environnementaux
- Renforcer la gouvernance responsable et équitable du régime foncier

Des stratégies de LDN efficaces agiraient également comme un accélérateur de SDG pour atteindre nombre d'objectifs plus larges de l'Agenda 2030 pour le développement durable. Un cadre conceptuel (voir l'annexe 1) a été développé pour fournir des principes directeurs aux pays qui choisissent de suivre la LDN.[3] Ces principes permettent d'éviter des résultats imprévus lors de la conception et de la mise en œuvre des mesures de LDN. Bien qu'il existe une flexibilité inhérente à son application, la structure et l'approche fondamentales du cadre conceptuel sont fixées pour assurer la cohérence et la rigueur scientifique :

- Les décisions d'utilisation des terres sont basées sur des évaluations à variables multiples, compte tenu du potentiel foncier, de l'état de la terre, de la résilience, des facteurs sociaux, culturels et économiques.
- Une hiérarchie de réponse est appliquée dans la planification des interventions LDN pour éviter, réduire et inverser la dégradation des terres.
- Un processus inclusif et participatif permet d'impliquer les acteurs concernés, en particulier les utilisateurs des terres, dans la conception, la mise en œuvre et le suivi des interventions pour parvenir à la LDN.
- Des systèmes de gouvernance responsable doivent être mis en place pour protéger les droits de l'homme, y compris le régime foncier et l'égalité des sexes, et assurer la responsabilité et la transparence.
- Le suivi des tendances en matière de dégradation des terres utilise trois indicateurs principaux (couverture terrestre, productivité foncière et stocks de carbone), complétés et renforcés par d'autres indicateurs pertinents.

La LDN est une idée simple mais révolutionnaire qui relie de nombreux buts et objectifs mondiaux en évitant la dégradation future et en progressant vers une gestion durable des terres, tout en renforçant massivement la réhabilitation et la restauration des terres et des sols. Il s'agit aussi d'un concept puissant qui nous encouragera à repenser et redéfinir notre relation avec la nature.[4]

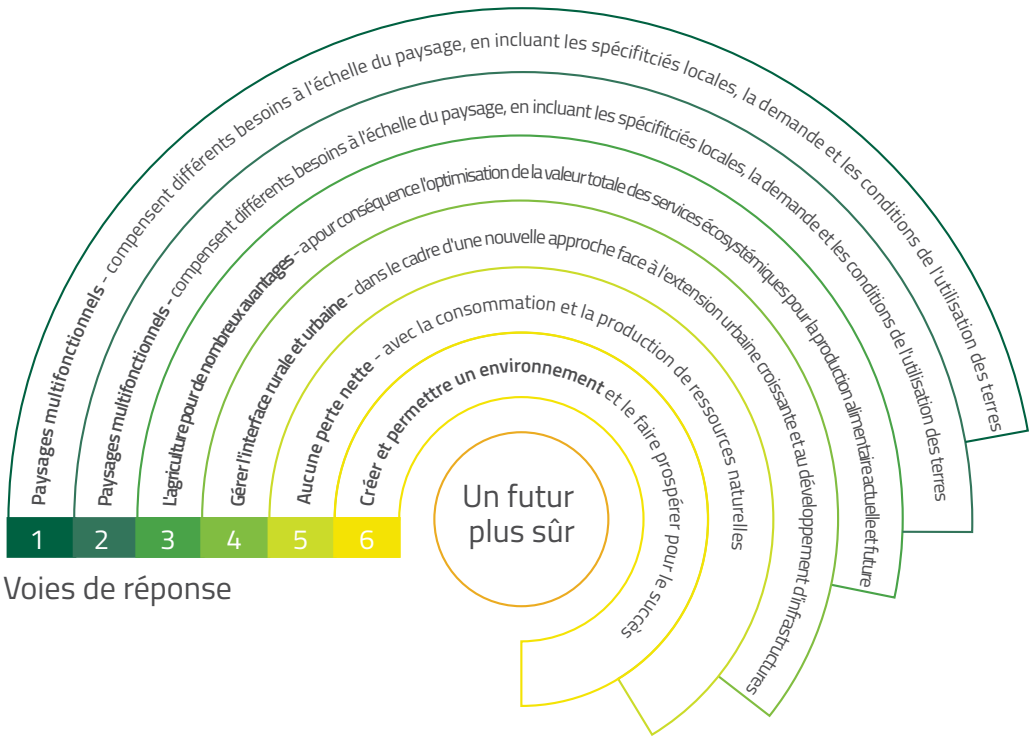
Mi-2017, plus de 100 pays utilisaient le cadre LDN pour définir des cibles individuelles, identifier des mesures prescriptives et établir des protocoles de suivi pour atteindre et surpasser une position de « non-perte nette » de terres saines et productives. Les leçons sont tirés d'expériences menées dans 14 pays pilotes.[5] Faisant partie du programme de définition des objectifs LDN, les pays peuvent appliquer une approche standardisée pour l'indicateur SDG 15.3.1 (« *Proportion de terrain dégradé sur la superficie totale des terres »)* qui se concentre principalement sur l'utilisation de trois sous-indicateurs adoptés en 2013 par les parties de la Convention : 6 la couverture terrestre et les changements de couverture terrestre, la productivité des terres et les stocks de carbone sur et dans le sol. Étant donné que la dégradation des terres est subjective et spécifique au contexte, ces indicateurs fondamentaux sont jugés nécessaires mais insuffisants, et devraient être complétés et renforcés par d'autres indicateurs pertinents aux niveaux national et local.

Dans la troisième partie, nous examinons six voies de réponse que les producteurs et les consommateurs, les gouvernements et les entreprises peuvent suivre pour stabiliser et réduire la pression sur la terre, et pour parvenir à un avenir plus sûr et équitable. Pour chaque voie, nous présentons le concept, décrivons les outils clés pour parvenir au succès, et mettons en lumière des études de cas à des fins d'illustration.

1. **Paysages multifonctionnels :** équilibrer différents besoins à l'échelle du paysage tout en intégrant la spécificité du site sur l'utilisation, la demande et l'état des terres
2. **Renforcer la résilience :** contre le changement climatique et d'autres chocs grâce à une combinaison planifiée de conservation, de gestion durable et de restauration des ressources foncières
3. **Cultiver pour de multiples avantages :** vers une optimisation de la valeur totale des services écosystémiques pour la production alimentaire actuelle et future
4. **Gérer l'interface rurale-urbaine :** encadrer une nouvelle approche face à l'étalement urbain croissant et au développement des infrastructures
5. **Pas de perte nette :** dans la consommation et la production des ressources naturelles
6. **Créer d'un environnement favorable** : pour amplifier les petits succès en changements régionaux et mondiaux transformateurs

VOIES DE RÉPONSE

Figure 3 : voies de réponse pour un avenir plus sécurisé



RÉPONSE 1 : Paysages multifonctionnels

Concepts clés

- **Des aires de terrain spécifiques doivent souvent être priorisées pour des usages particuliers – production alimentaire, services écosystémiques, transport, conservation de la biodiversité, etc. – mais ces zones doivent être équilibrées de sorte que, à l'échelle du paysage, une gamme complète de biens et de services soit produite.**
- **Pour atteindre cet équilibre, les gestionnaires fonciers doivent réfléchir au-delà de leur propre unité de gestion, équilibrer les besoins et négocier les compromis entre les différentes parties prenantes.**
- **Des outils existent pour aider à atteindre une approche paysagère prospère, y compris l'aménagement du territoire.**

QUOI DE NEUF ?

La plupart des tentatives visant à réaliser des « paysages multifonctionnels » tentent d'intégrer toutes les valeurs dans une seule parcelle de terrain, de sorte qu'aucune des fonctions potentielles n'est vraiment développée de façon optimale et, habituellement, une utilisation particulière prédomine sur les autres valeurs. Une approche paysagère reconnaît que la spécialisation est importante et acceptable sur des sites spécifiques, tant que l'ensemble de biens et services nécessaire est représenté et harmonieusement intégré à l'échelle du paysage. Ceci s'avère difficile dans les endroits où la planification est faible ou là où il existe une forte tradition de droits individuels qui ne reconnaissent pas les valeurs communes. Y parvenir implique une combinaison d'outils bien connus ainsi que de nouvelles approches de la collaboration.

Une approche paysagère[7] représente un engagement envers la planification et la gestion de l'utilisation des terres multifonctionnelles qui favorise une croissance économique saine, une bonne gestion de l'environnement ainsi qu'une cohésion et une stabilité sociales. Elle encourage les planificateurs et les décideurs à établir des priorités, à gérer les compromis et à coordonner les actions dans les différents secteurs fonciers tout en engageant toutes les parties prenantes concernées.[8] La gestion des compromis à l'échelle du paysage décidera finalement de la santé et de la productivité futures de nos ressources foncières.

Une approche paysagère multifonctionnelle n'essaie pas de fournir tous les biens et services à partir d'un seul site – une tâche impossible – mais reconnaît que la spécialisation est nécessaire à l'échelle du site. Toutefois, pour qu'une zone fournisse une gamme complète de services sur le long terme, les utilisations au niveau du site doivent être équilibrées dans le paysage.

L'appui d'un mouvement vers une gestion durable des terres est la reconnaissance que les actions au niveau local ont un impact sur les terres et les eaux environnantes. Par conséquent, dans un monde d'intérêts concurrents, de nombreux objectifs différents doivent être intégrés dans un seul paysage : par exemple, la production alimentaire, le maintien des ressources en eau et de divers services écosystémiques, la conservation de la biodiversité, la réduction de la pauvreté, le bien-être humain et d'autres formes de développement économique et social.[9] Pour une vraie durabilité, il faut un certain degré de coordination et de coopération entre les différents utilisateurs de la terre.

Par conséquent, bien que l'échelle idéale pour la planification soit au niveau du paysage ou du bassin versant, la somme des actions locales et des collaborations sur le terrain façonneront notre avenir. Il est impossible de toujours avoir des résultats gagnant-gagnant, et un élément essentiel dans la réalisation de la durabilité est la capacité à maximiser les complémentarités par la négociation et l'engagement des parties prenantes.

En conjonction avec l'aménagement du territoire national et régional, les processus interactifs et adaptables d'aménagement du territoire nécessitent une forte composante ascendante où des intérêts différents mais qui se recoupent peuvent être intégrés dans un environnement multifonctionnel. La volonté des communautés de considérer ces approches diffère considérablement à travers le monde. Dans les paysages historiques, où l'interaction et la collaboration sont ancrées depuis des générations, une telle intégration est comprise à un niveau intrinsèque ou culturel et sera relativement simple. Dans des régions plus récemment occupées, ou des cultures historiquement individualistes, des changements sociaux et culturels majeurs peuvent être nécessaires avant que l'idée d'une coopération communautaire soit acceptée ou réalisable. Dans de nombreux pays, la mise en œuvre d'une approche paysagère exigera de nouvelles politiques, législations et réglementations, ou la transformation de celles existantes, et l'adoption d'instruments et d'institutions appropriés pour appuyer la planification intégrée de la gestion des ressources en sol, eau et biodiversité. Aborder les questions de régime foncier et de d'égalité des sexes et fournir des incitations à une gestion durable sont deux éléments essentiels pour réussir.

Encadré 1 : Gestion intégrée du paysage[15]

La gestion intégrée du paysage (GIP) repose sur les principes de participation, de négociation et de coopération, et sur la collaboration à long terme entre diverses parties prenantes pour atteindre des objectifs multiples. En coordonnant les stratégies entre les différents niveaux de gouvernement, la GIP peut générer des économies de coûts et responsabiliser les communautés. Elle peut renforcer la coopération régionale et transnationale par-delà les limites écologiques, économiques et politiques. Cinq fonctions clés caractérisent la GIP, facilitent toutes les processus de développement participatif :

1. Des objectifs de gestion partagés ou convenus qui comprennent des avantages multiples issu du paysage : un accord sur le principe de travailler à l'échelle du paysage, plus un moyen de faciliter les discussions et les négociations. Une large participation garantit un processus plus démocratique et des objectifs de planification appropriés au plan local. La définition de cibles à court terme peut initier une collaboration et permettre à l'apprentissage partagé d'instaurer la confiance. Un forum reconnu, où tout le monde se sent à l'aise, est nécessaire pour que des discussions puissent avoir lieu.[16]

2. Des pratiques de terrain conçues pour contribuer à de multiples objectifs : cela ne signifie pas que tous les objectifs doivent se retrouver sur une seule parcelle de terrain, mais que la gestion d'un secteur ne doit pas compromettre les objectifs dans d'autres sites et doit, si possible, contribuer à des objectifs paysagers plus larges (tels que les services écosystémiques).

3. La gestion des interactions écologiques, sociales et économiques pour réaliser des synergies positives et minimiser les compromis négatifs : les approches doivent être fondées sur la compréhension de nombreuses questions différentes : les services écosystémiques, les priorités de développement, les possibilités de conservation et de restauration, et les interactions entre les forces sociales, économiques et environnementales qui façonnent le changement d'affectation des terres.[17] L'information spatiale telle que les cartes, le suivi des facteurs biophysiques et les variables socio-économiques et culturelles fournissent des informations cruciales.

4. Les processus de planification, de gestion et de suivi collaboratifs, engagés dans la communauté : les parties prenantes dans différents secteurs et à différentes échelles doivent travailler ensemble pour coordonner l'action, aligner les objectifs ou réduire les compromis. Cela entraîne souvent de nouvelles façons de travailler ensemble, de structurer les institutions et arrangements locaux pour renforcer la responsabilisation des communautés et des parties prenantes. Une fois la mise en œuvre en cours, un contrôle et une évaluation efficaces des résultats sont nécessaires, suivis d'un processus de gestion adaptative si nécessaire.[18]

5. La reconfiguration des marchés et des politiques publiques pour atteindre divers objectifs paysagers : les institutions de marché favorables, les politiques publiques et les programmes d'investissement peuvent encourager les synergies et minimiser les compromis entre les objectifs paysagers. Cela pourrait signifier, par exemple, récompenser les propriétaires ou les utilisateurs fonciers pour des actions de gestion qui procurent des avantages aux autres. D'autres éléments importants mettent en jeu l'établissement de systèmes d'usage sécurisés, de droits d'accès et de propriété pour les agriculteurs et les communautés. Pour être efficace, la coopération entre les organismes gouvernementaux est nécessaire à tous les niveaux pour aligner les politiques sectorielles, les fonds, les investissements et les réglementations.

Les approches paysagères et le concept de gestion intégrée des terres se sont développés rapidement au cours des dernières décennies. Plus de 80 communautés de pratique ont été documentées concernant la gestion des bassins hydrographiques, des forêts et d'autres écosystèmes, la restauration écologique, la gestion des terres en fonction du climat, les paysages indigènes, la croissance de l'agriculture verte et les systèmes alimentaires urbains ;[10] de tels processus se déroulent dans le monde entier.[11,12,13] La gestion intégrée du paysage vise à réduire les conflits liés à l'utilisation des terres, à responsabiliser les communautés et à atteindre les objectifs de développement à grande échelle. Elle repose sur les principes de la participation, de la négociation et de la coopération, et nécessite une collaboration à long terme entre différents groupes de parties prenantes afin de tirer du paysage les multiples avantages exigés.[14]

L'assimilation des infrastructures de transport et d'énergie dans l'aménagement du territoire à l'interface entre les zones urbaines et rurales et à l'échelle régionale sera également cruciale pour promouvoir la croissance économique et le développement durable. Par exemple, des infrastructures vertes ou à faible impact dans les zones urbaines et périurbaines influenceront les distributions futures de la population, aideront à réduire l'étalement urbain et la perte de terres agricoles productives, de l'habitat naturel et de sa biodiversité.

L'aménagement du territoire : un outil clé pour mettre en place des paysages multifonctionnels

L'aménagement du territoire est l'évaluation systématique du potentiel terrestre et hydrique, des utilisations alternatives des terres et des conditions socio-économiques pour formuler et mettre en œuvre les meilleures options d'utilisation des terres.[19] Son objectif principal est de sélectionner et de mettre en pratique les utilisations des terres qui répondent le mieux aux besoins des personnes tout en préservant le sol, l'eau et la biodiversité pour les générations futures. L'aménagement du territoire peut fournir un plan d'action pour la politique, le promotion et la mise en oeuvre à différentes échelles, ainsi que pour créer et soutenir des réponses efficaces, telles que la restauration écologique ou la réforme des régimes fonciers. Un tel aménagement peut être utilisé comme un moteur ou une réponse à un changement, les deux étant une reconnaissance du besoin d'un changement, d'une gestion améliorée ou de différents modes d'utilisation des terres en raison de circonstances changeantes.

L'aménagement du territoire consiste à faire le bon choix au bon endroit à l'échelle adéquate.

L'aménagement du territoire au niveau du paysage, du bassin hydrographique ou de la région peut être un instrument puissant pour favoriser la conservation, la gestion durable et la restauration des ressources foncières ; fournir une répartition des terres plus rationnelle, menant à une plus grande efficacité de l'utilisation des ressources et à la réduction des déchets ; et créer les conditions préalables ou un environnement favorable pour encourager les politiques et les pratiques qui traite la question de la dégradation des terres à l'échelle requise. Afin d'être un outil efficace qui offre de multiples avantages, l'aménagement du territoire doit être :[20]

- **Empirique**, basé sur la compréhension de la couverture terrestre et de ses multiples fonctions afin d'assurer une allocation plus efficace des ressources limitées.
- **Inclusif**, impliquant toutes les parties prenantes concernées ou affectées par l'utilisation des terres et les pratiques de gestion.
- **Intégratif**, généralisé et mis en œuvre dans tous les secteurs, guidé par une vision à long terme dans la gestion des compromis et la conciliation des conflits potentiels avec les stratégies nationales de développement.
- **Applicable**, en tant qu'instrument de planification unique à l'échelle d'un paysage, d'un bassin hydrographique ou d'une région, qui tient compte des impacts cumulés en aval des futurs usages de la terre.
- **Soutenu**, par des réponses politiques, des institutions et des incitations fondées sur les droits, les récompenses et les responsabilités afin d'équilibrer le développement économique et la gestion de l'environnement.

Encadré 2 : Aménagement du territoire aux niveaux local et national

En **Tanzanie**, la loi sur la propriété foncière dans les villages (1999) et la loi sur l'aménagement du territoire (2011) établissent un cadre juridique pour l'aménagement du territoire au niveau du village. La planification et la gestion des terres du village régissent l'utilisation des ressources foncières, renforcent la sécurité du régime foncier, résolvent les conflits liés aux terres communales et améliorent les mesures de gestion des terres en fonction des priorités et des capacités des parties prenantes. L'approche participative permet une implication directe des parties prenantes dans les différentes phases de planification, qui comprennent la cartographie participative des ressources en pâturages, l'aménagement des terres au niveau du village, la négociation de l'attribution des terres et la préparation d'accords sur l'utilisation des terres.[21]

Au **Danemark**, la loi sur l'aménagement du territoire (2007) garantit que la planification globale synthétise les intérêts de la société concernant l'utilisation des terres et contribue à protéger la nature et l'environnement du pays, ce qui permet d'atteindre un développement durable tout en respectant les conditions de vie des populations et la conservation de la faune et de la flore. L'aménagement du territoire vise à un développement convenable de l'ensemble du pays et de ses différentes régions administratives et municipalités, en fonction de la planification globale et des considérations économiques ; à créer et à préserver des bâtiments, des établissements, des milieux urbains et des paysages précieux ; à prévenir la pollution de l'air, de l'eau et du sol et les nuisances sonores ; et à impliquer autant que possible le public dans le processus de planification.[22]

La formulation et la mise en œuvre des processus d'aménagement du territoire comprennent toute une gamme d'activités. La formulation nécessite une évaluation large des utilisations actuelles des terres ainsi que des limitations et des possibilités de développement.
Après l'élaboration d'un plan de zonage ou d'aménagement spatial du territoire, des politiques, des programmes et des initiatives spécifiques doivent être identifiés pour atteindre les résultats souhaités (p. ex., paiements pour des services écosystémiques, instruments de marché, taxes, subventions, réglementation).

Un cadre et une feuille de route clairement définis peuvent faciliter la mise en œuvre et le suivi afin d'identifier et de corriger les erreurs, et d'améliorer le processus en cours. Par exemple, l'aménagement du territoire peut servir à évaluer et à déterminer les options préliminaires d'utilisation des terres lors de la définition des priorités nationales de dévelop-

© Juan Carlos Huayllapuma/CIFOR

pement ou de la sélection des projets aux niveaux local et régional.

L'aménagement du territoire peut également englober des programmes sociaux pour compenser l'exclusion de zones protégées ou d'autres formes d'utilisation des terres, ou pour encourager les investissements dans des activités aux revenus non agricoles, comme l'écotourisme ou la gestion communautaire des forêts.[23] Parmi ceux-ci figurent les projets intégrés de conservation et de développement (PICD) qui combinent le développement rural et les objectifs de conservation de la biodiversité.[24] Les ONG sont souvent des acteurs majeurs dans la conception et la mise en œuvre des PICD, en partenariat avec le gouvernement local et/ou national, comme l'illustre cette étude de cas sur les pays d'Amérique centrale.

Encadré 3 : L'aménagement du territoire pour promouvoir l'utilisation durable des terres et la préservation de la forêt tropicale[25]

Selva Maya est une région forestière tropicale couvrant une vaste zone au Belize, au Guatemala et au Mexique. Elle est exposée à un certain nombre de pressions, comme les incendies de forêt, l'exploitation forestière illégale, l'exploitation de la flore et de la faune et l'expansion agricole. Le principal défi est de protéger la Selva Maya à long terme, grâce à une utilisation durable des ressources. L'aménagement du territoire, qui tient compte de la protection de l'environnement, est l'une des missions inscrites dans un programme plus vaste visant à promouvoir la protection et l'utilisation durable de cette zone. Un aménagement participatif du territoire a été mené au niveau communautaire (Guatemala) et dans les *ejidos* (terrains appartenant aux collectivités au Mexique). Cette approche permet aux groupes de la société civile de contribuer au développement des plans. Cela augmente le niveau d'acceptation des plans et améliore considérablement leurs chances d'être mis en œuvre avec succès. Dans ce contexte, l'aménagement du territoire conduit à l'élaboration de plans de gestion pour l'utilisation durable et la protection des forêts, ainsi que de projets agroécologiques développant des capacités en agriculture durable, ainsi que dans la promotion et la commercialisation de produits. Les avantages indirects comprennent l'amélioration de la gouvernance environnementale de la région, y compris la collaboration intersectorielle entre les acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux dans chaque pays, en particulier pour améliorer la prévention des incendies de forêt, l'organisation des patrouilles transfrontalières et le développement de sources de revenus alternatives pour les communautés locales.

RÉPONSE 2 : Renforcer la résilience grâce à une combinaison d'initiatives de conservation, de gestion durable et de restauration

Concepts clés

- **Des écosystèmes sains, fonctionnels et diversifiés nous aident à nous adapter et contribuent à atténuer les changements climatiques et autres pressions environnementales**
- **Les terrains agricoles, les forêts, les prairies, les zones urbaines et périurbaines, et d'autres paysages culturels peuvent également contribuer à la résilience planétaire, s'ils sont gérés correctement**
- **Lorsque la dégradation des terres est avancée, une restauration ou une réhabilitation écologique est nécessaire pour rétablir ou récupérer partiellement les services écosystémiques**
- **De nombreux outils pour la protection des écosystèmes, des pratiques de bonne gestion et des opérations de restauration existent et doivent être utilisés de manière cohérente et coordonnée**
- **Il est primordial de mettre fin à la conversion nette des écosystèmes naturels et de la végétation**

QUOI DE NEUF ?

Différentes exploitations des terres sont souvent considérées comme concurrentes : en particulier, la conservation rencontre de la résistance, vue comme un obstacle à d'autres formes d'utilisation des terres. Cependant, lorsque la résilience et la productivité à long terme sont introduites dans l'équation, il devient clair que les options de *préservation*, de *gestion* et de *restauration* sont toutes des éléments d'un ensemble unique en termes de durabilité du paysage. Cette perspective est englobée dans le concept de la neutralité de la dégradation des terres qui identifie en particulier le besoin crucial de maintenir de grandes surfaces de nos écosystèmes naturels, qui peuvent être gérés selon une approche axée sur le paysage.

La fondation d'une planète résiliente, la lutte contre la dégradation des terres, la perte de la biodiversité et des services écosystémiques, ainsi que le changement climatique nécessitent d'établir toute une série de réponses, qui peuvent être classées dans trois stratégies de gestion principales :

- Préservation : maintenir la biodiversité et les services écosystémiques en conservant de grands écosystèmes naturels dans des aires protégées et en adoptant d'autres mesures de conservation efficaces, telles que la conservation et la restauration des bassins hydrographiques pour des approvisionnements en eau urbains peu coûteux et de haute qualité. La planification systématique peut aider à produire des résultats en matière de conservation grâce à l'identification et à la protection des zones naturelles ayant une valeur importante en termes de biodiversité, en réorientant le développement loin des zones naturelles et en atténuant les répercussions d'autres utilisations des terres sur ces zones.

- Gestion : l'adoption et l'élargissement généralisés des pratiques de gestion durable des terres sont nécessaires pour réduire la dégradation des sols et les impacts extérieurs associés, par exemple en évitant le surpâturage, en utilisant des cultures de protection, des résidus et du compost organique, en privilégiant la récupération de l'eau, la sylviculture durable, y compris l'agroforesterie, et l'adoption d'une agriculture sans labour ou presque. Le principal défi est de mettre en oeuvre la gestion durable des terres dans la pratique, de telle sorte que les producteurs en tirent des bénéfices. Les mécanismes pour stimuler cela impliquent une participation effective des parties prenantes, l'utilisation de régimes fonciers améliorés, l'accessibilité à des technologies alternatives, la création d'un cadre législatif et réglementaire, ainsi que le paiement des services environnementaux.

- Restauration : des efforts majeurs sont nécessaires pour restaurer le fonctionnement des écosystèmes au sein des paysages fonctionnels, afin de soutenir une mosaïque saine de composants naturels et semi-naturels qui fournissent des services essentiels, y compris ceux destinés à la production alimentaire, p. ex., la pollinisation, la lutte antiparasitaire, la régulation de l'eau et des nutriments. L'aménagement du territoire et les politiques encourageant la restauration ou la réhabilitation des écosystèmes peuvent s'appuyer sur des instruments tels que le zonage des terres pour créer des zones de restauration ou pour indiquer l'utilisation des terres et les restrictions de gestion au sein des zones existantes.

Approches de la conservation des écosystèmes naturels et semi-naturels

Il y a un vif débat autour de la quantité de la surface terrestre mondiale qui devrait rester à l'état naturel pour assurer la viabilité future de la planète et sur ce que signifie exactement « naturel » dans ces circonstances. Deux outils principaux pour la conservation des écosystèmes naturels sont reconnus :

Les zones protégées : la Convention sur la diversité biologique (CDB) définit une zone protégée de la façon suiante : « *une zone géographiquement définie qui est désignée ou réglementée et gérée pour atteindre des objectifs de conservation*

Encadré 4 : De quelle conservation avons-nous besoin ?

Les scientifiques, les populations autochtones et la société civile reconnaissent de plus en plus qu'il doit y avoir une limite à la transformation humaine de l'environnement afin de préserver les services écosystémiques pour les générations futures. Certains affirment que nous devons conserver la moitié de la Terre dans un état naturel et que ces zones doivent être pleinement représentatives en termes d'écosystèmes et de biodiversité ;[26] il ne suffit plus de conserver les sommets des montagnes, les déserts et les champs de glace. Les zones naturelles doivent être reliées par des corridors biologiques ou d'autres formes de connectivité pour éviter que les écosystèmes ne deviennent isolés et génétiquement appauvris au fil du temps.

Objectif d'Aichi 11 : Actuellement, la principale orientation internationale provient de la CDB, qui a fixé l'objectif suivant en 2010 : Objectif 11, améliorer l'état de la biodiversité en préservant les écosystèmes, les espèces et la diversité génétique. Le document détaille : « *D'ici 2020, au moins 17 % des eaux terrestres et intérieures et 10 % des zones côtières et maritimes, en particulier les zones de première importance pour la biodiversité et les services écosystémiques, seront préservées grâce à des systèmes d'aires protégées efficacement et équitablement gérées, écologiquement représentatives et bien connectées, et grâce à d'autres mesures efficaces de protection de l'environnement et intégrées dans des paysages terrestres et maritimes plus vastes.* »[27]

L'objectif de développement des zones de conservation a été soutenu par les objectifs de développement durable. Les objectifs de développement durable visent à : « 15.1 : *D'ici à 2020, garantir la préservation, la restauration et l'exploitation durable des écosystèmes terrestres et d'eau douce et des services connexes, en particulier les forêts, les zones humides, les montagnes et les zones arides, conformément aux obligations découlant des accords internationaux.* »[28]

Actuellement, environ 15 % des terres mondiales se trouvent en zones protégées, avec une quantité inconnue d'« d'autres mesures efficaces de protection de l'environnement par zone » (OECM), comme indiqué dans l'objectif 11 d'Aichi. Étant donné que l'objectif de 17 % a été fixé avant la définition des OECM, le ciblage des zones acceptées par la communauté internationale augmentera vraisemblablement après 2020, bien que ce débat soit ouvert.[29] Deux questions sont imbriquées : quelle superficie de terrain doit être préservée dans un état quasi naturel, et comment gérer cela ?

spécifiques. »[30] L'UICN a une définition associée : « *Un espace géographique clairement défini, reconnu, dédié et géré par des moyens juridiques ou d'autres moyens efficaces, pour assurer la conservation à long terme de la nature avec des services écosystémiques et des valeurs culturelles associés.* »[31] La CDB et l'UICN reconnaissent ces deux définitions comme équivalentes.[32] Les détails de ce qui « compte » pour une zone protégée sont déterminés par les politiques et lois nationales. Par exemple, les pays adoptent différentes approches pour traiter les relations entre les territoires autochtones et les aires protégées. Six catégories de gestion sont reconnues, allant des zones strictement protégées et sécurisées afin de préserver la biodiversité et où les visites humaines sont strictement contrôlées, aux paysages protégés où la population et la nature coexistent dans les paysages culturels. Les zones protégées peuvent également être gérées sous différents types de gouvernance, y compris par les gouvernements, les communautés, les peuples autochtones, les entreprises privées à but lucratif ou non, ou encore une variété de modèles de gouvernance partagée.[33]Des études montrent que si les zones protégées disposent de ressources suffisantes et sont efficacement gérées, elles empêchent la perte et la dégradation de la protection naturelle du sol.[34,35] Les zones protégées ont également ralenti la vitesse d'extinction d'espèces ;[36] il est prouvé que certaines espèces seraient probablement éteintes sans le concours des opérations de conservation ciblées menées dans les zones protégées.[37,38,39]

© GIZ-Along-Reichmuth

Encadré 5 : Gestion durable des pâturages en Tanzanie[40]

La croissance de la population et la baisse de productivité des terres ont augmenté les tensions autour de la question de l'utilisation des terres. En conséquence, on compte de plus en plus de conflits éclatant entre différents exploitants agricoles, souvent liés à des dispositions précaires régissant la propriété des terres, à un mauvais développement des marchés fonciers, à la dégradation des sols et des ressources en eau, à la déforestation et à l'augmentation de la migration des personnes et du bétail. Le partage des ressources (p. ex. l'eau, les pâturages) et les déplacements du bétail au-delà limites du village constitue une certaine norme, étant donné que les terres détenues par les villages sont généralement insuffisantes pour maintenir les systèmes de production des pâturages. Cependant, le déclin des régimes traditionnels de gouvernance locale a entraîné une intensification de l'exploitation non durable des terres et a enrayé le développement rural.

La loi sur la propriété foncière dans les villages et la loi sur l'aménagement du territoire établissent un cadre juridique pour l'aménagement du territoire au niveau du village, ce qui aide à réglementer et à améliorer l'utilisation des ressources foncières. Ce cadre fournit des mécanismes de résolution des conflits, une amélioration de la sécurité d'occupation des terres et des mesures de gestion foncière, en fonction des priorités et des capacités des parties prenantes. La négociation et la protection des droits d'accès aux ressources des éleveurs nomades, des agro-éleveurs nomades et des cultivateurs prennent la forme d'accords réciproques (les troupeaux transhumants apportent de d'engrais naturel sur les champs des agriculteurs, le bétail des agriculteurs est élevé dans les zones pastorales voisines). Les déplacements de bétail négociés avec soin contribuent aux moyens de subsistance locaux et à la gestion durable des pâturages, ainsi qu'à la croissance économique nationale. En outre, la loi a renforcé la prise de décision au niveau local par l'établissement de capacités institutionnelles aux niveaux de la région et du village. Des équipes participatives de gestion de l'occupation des terres ont été créées et formées dans le cadre du processus visant à mieux gérer les terres et les conflits liés à leur utilisation.

Autres mesures efficaces de protection de l'environnement : une nouvelle catégorie, issue des débats au sein de la CDB et encore en voie de finalisation. Les OECM reconnaissent que de nombreuses régions de la planète doivent être préservées dans un état naturel pour des raisons autres que la conservation, et que les efforts effectifs de planification à grande échelle doivent comprendre et quantifier ces contributions aux services écosystémiques.[41] Voici une définition préliminaire : « *Un espace géographiquement défini, non reconnu comme zone protégée, qui est gouverné et géré à long terme de manière à assurer la conservation efficace et durable de la biodiversité in situ, avec des services écosystémiques et des valeurs culturelles et spirituelles associées.* »[42] Les OECM comprennent des lieux qui ne sont pas gérés principalement pour la conservation de la biodiversité, mais qui ont néanmoins des valeurs de conservation importantes et dont on espère raisonnablement qu'ils seront maintenus dans leur état actuel sur le long terme.[43] On ne sait toujours pas comment les OECM seront intégrées dans les objectifs de gestion des terres nationales et internationales, mais elles offrent davantage de possibilités pour préserver la végétation naturelle, ce qui rend plus réalisable l'objectif de maintenir l'état naturel de la moitié du monde.

Initiatives politiques mondiales visant à accroître la restauration

Le Défi de Bonn est une initiative mondiale ambitieuse visant à restaurer 150 millions d'hectares de terres dégradées et déboisées d'ici 2020 et 350 millions d'hectares d'ici 2030.[44] C'est un moyen d'aborder les priorités nationales telles que l'eau, la sécurité alimentaire et le développement rural tout en contribuant à la réalisation des engagements internationaux en matière de changement climatique, de biodiversité et de dégradation des terres. Les plateformes régionales de mise en œuvre du Défi de Bonn sont en train d'émerger dans le monde entier, dont l'Initiative 20x20 en Amérique latine et aux Caraïbes, AFR100 pour l'Afrique, et les tables rondes ministérielles en Amérique latine, en Afrique de l'Est et centrale, et dans la région Asie-Pacifique. Le Défi de Bonn est supervisé par le Partenariat mondial pour la restauration du paysage forestier, impliquant plus de 20 institutions. Des engagements supérieurs aux deux tiers de l'objectif de 2020 ont déjà été émis, avec 2 millions d'hectares au Rwanda par exemple,[45] 12 millions d'hectares au Cameroun,[46] 12 millions d'hectares au Brésil[47] et 13 millions d'hectares en Inde.[48] Le Défi de Bonn s'appuie sur les expériences des principales initiatives de restauration qui se sont déjà avérées efficaces, comme pour la Corée du Sud.[49] Ce n'est pas un nouvel engagement mondial, mais plutôt un moyen pratique de réaliser de nombreux engagements internationaux existants, y compris l'objectif d'Aichi n° 15 de la CDB, l'objectif REDD+ de la CCNUCC, et maintenant l'objectif 15.3 des objectifs de développement durable sur la neutralité de la dégradation des terres.

© Naroo Plains © Simon Nangiro

Encadré 6 : Intégrer une planification régionale favorable au climat par le biais d'une approche collaborative

Le territoire de Trifinio est une zone historiquement marginalisée à la frontière du Salvador, du Guatemala et du Honduras, qui compte 45 communes et 800 000 habitants, principalement tributaires de l'agriculture de subsistance. L'agriculture itinérante sur brûlis et de mauvaises infrastructures ont entraîné une dégradation généralisée de l'écosystème. Sa restauration est dans l'intérêt des trois pays, puisque les bassins versants fournissent à chacun de l'eau pour les communes et l'hydroélectricité. La région dispose également de fortes valeurs de biodiversité, dont des espèces endémiques vivant dans la forêt de nuages de Montecristo. En 1987, un accord tripartite a été signé pour financer la recherche, les moyens régionaux, le reboisement et le contrôle des inondations à Trifinio. Après 30 ans de coopération, bien que certains progrès aient été réalisés, les efforts ont été entravés par des approches centralisées qui excluaient les communautés locales. Les problèmes ont subsisté, dont l'extrême pauvreté, la surexploitation menant à la dégradation des terres et des bassins hydrographiques, et une variabilité climatique accrue.

En 2014, ces problèmes ont été abordés grâce à l'engagement direct des personnes travaillant la terre, assistés par le Programme agroenvironnemental mésoaméricain du Centre de recherche et d'études agricoles tropicales (CATIE-MAP), un centre régional qui défend le modèle de gestion intégrée du paysage Climate-Smart Territory (CST). Le modèle CST suppose que les populations rurales dépendent en grande partie des ressources naturelles et sont donc affectées par la qualité de l'écosystème, ce qui implique que sa gestion nécessite la participation et l'engagement des acteurs locaux. Les limites du paysage sont définies par la façon dont les parties prenantes interagissent avec les écosystèmes. Les similitudes dans l'usage des terres génèrent un groupe lié par un sentiment partagé d'appartenance à un lieu. La gérance qui en résulte établit l'autorité de cette unité pour orienter et appliquer les décisions d'utilisation des terres afin de relever les défis, y compris ceux induits par le changement climatique. L'apport de personnes ayant une bonne connaissance du changement climatique local a aidé à décider de la manière à cibler au mieux les investissements, établir un plan d'aménagement du territoire et soutenir la résistance au changement climatique sur le terrain.

En aidant les plates-formes multipartites, le CATIE-MAP développe la capacité des populations locales à améliorer la gestion du capital naturel, humain et social, ce qui augmente leur résistance au changement climatique. Pour ouvrir des débouchés, le CATIE-MAP s'efforce de renforcer les organisations de producteurs et les chaînes de valeur associées. Les innovations pratiques facilitant la gestion de l'eau, des déchets solides, des sols et de la production agricole permettent aux populations locales de viser des objectifs de conservation plus importants tout en accédant à une source alimentaire plus fiable et plus nutritive. Elles offrent un levier crucial à une population historiquement marginalisée dans la conception de politiques qui affectent directement ses moyens de subsistance.

Encadré 7 : La restauration des terres en Israël par la privatisation et les incitations économiques[50]

Le Negev du Nord en Israël est à l'interface entre le climat aride et semi-aride. En raison de la bonne qualité du sol, la zone a été exploitée pour des cultures pluviales, des pâturages et de l'agroforesterie pendant des milliers d'années. Cependant, des années de négligence et d'agitation après la disparition de l'Empire byzantin ont laissé les écosystèmes et les terres agricoles se dégrader profondément. La propriété et l'utilisation traditionnelle des terres ont été perturbées lors de la création de l'état d'Israël, avec des possessions de terres contestées, transformées alors en pâturages, en zones agricoles intensives ou en exploitations forestières. La gestion traditionnelle du bétail a subi une détérioration de la productivité pastorale en raison du pâturage intensif, du terrassement excessif et des pratiques forestières mal orientées.[51,52]

Des exploitations privées à agriculture extensive principalement pluviale ont été créées pour améliorer la gestion des pâturages ouverts. Des agriculteurs juifs et bédouins sélectionnés ont été affectés sur des exploitations de 100 ha (baux de 50 ans), liés à des propositions détaillées de gestion. Une initiative privée alliée à des conseils scientifiques et à un apprentissage ad hoc menée sur deux propriétés, l'exploitation d'Yattir[53] et celle d'Abu Rabbia,[54] a permis de restaurer rapidement, efficacement et de manière peu coûteuse la productivité biologique, de favoriser la diversification[55] et de créer un potentiel de pâturage amélioré. La plantation de vergers d'oliviers, d'autres arbres fruitiers, de plantes médicales et d'arbres de silvopasture a amélioré la protection des bassins versants, le maintien des sols et la biodiversité et le potentiel économique.

L'impact de la gestion d'amélioration agricole a été significatif dans les deux exploitations. La récupération du sol et l'agroforesterie en terrasse ont réduit l'érosion et favorisé le stockage du dioxyde de carbone dans la biomasse et la matière organique du sol. Le revenu agricole a augmenté en raison de la disponibilité des fourrages plus élevée,[56] des revenus de l'huile d'olive et ceux d'autres produits agroforestiers.[57] Davantage de biodiversité a permis plus de résilience des écosystèmes et elle offre un potentiel d'écotourisme significatif.[58] La récupération bien documentée à partir d'un nombre limité de mesures de restauration peu coûteuses permet d'envisager ces mêmes initiatives en tant qu'option prometteuse pour la restauration à grande échelle de paysages agro-écologiques.

Photos : Les terrasses en pierre à travers les cours d'eau secs de l'exploitation d'Aby Rabbia créent des conditions idéales pour les oliviers et les autres arbres agroforestiers (à gauche). Les acacias victoriae plantés sur l'exploitation d'Yattir, ainsi que la gestion de la conservation et l'application du fumier, ont permis de tripler sagamme de productivité en 20 ans (à droite).

RÉPONSE 3: L'agriculture à avantages multiples

Concepts clés

- **Une agriculture efficace est essentielle pour l'approvisionnement alimentaire mondial, mais l'énorme superficie occupée par les terres cultivées et les pâturages est, de fait, indissociable des services écosystémiques.**
- **Un changement fondamental des pratiques agricoles est nécessaire afin de mieux soutenir et de faire reconnaître les services écosystémiques et sociaux fournis par ces terres.**
- **Un tel changement pourrait avoir une importance notable pour le demi-milliard de petits agriculteurs qui se concentrent souvent dans des zones plus marginales et qui risquent actuellement d'être déplacés**

QUOI DE NEUF ?

Les agriculteurs ont été jugés presque entièrement sur leur capacité à produire de la nourriture, abondante et à moindre coût, sans aucun autre avantage que celui des «surplus» parfois compensés, mais souvent non. L'élargissement de la portée de l'agriculture pour inclure un éventail plus large d'avantages et apporter les services écosystémiques et les valeurs culturelles au cœur du monde agricole serait un changement aussi profond que la vague d'industrialisation qui a commencé après 1945.

L'agriculture joue le rôle le plus fondamental et le plus irremplaçable dans la société humaine en fournissant de la nourriture. La modernisation de l'agriculture au cours des soixante-dix dernières années (un processus encore en cours) a réduit le risque de famine mondiale pendant une période où les populations humaines ont augmenté à une vitesse sans précédent. Cependant, ces hausses de rendement ont eu de lourdes conséquences en termes d'impacts hors site, de pollution, de consommation d'énergie et de déstabilisation du système alimentaire mondial qui a augmenté les inégalités et mené de nombreux petits agriculteurs à la faillite. Ces impacts nuisent à leur tour à la durabilité du système alimentaire mondial. Les changements observés dans les modes de consommation, les régimes alimentaires et les attentes ont atténué une grande partie des augmentations de la productivité par unité de surface. Les effets secondaires de l'agriculture moderne érodent le fonctionnement de l'écosystème sur lequel repose en fin de compte la production alimentaire, ce qui signifie que, quels que soient les rendements atteints aujourd'hui, la durabilité à long terme de l'agriculture est menacée.

Les petits agriculteurs, épine dorsale des moyens de subsistance ruraux et de la production alimentaire pendant des millénaires, sont soumis à une énorme pression due à la dégradation des terres, à des dispositions précaires régissant l'utilisation des sols et à un système alimentaire mondialisé qui favorise l'agro-industrie concentrée, à grande échelle et hautement mécanisée. De nombreux agriculteurs isolés se sentent piégés par le système actuel étant donné que leurs marges sont si serrées qu'un léger déclin peut entraîner la faillite. Nombre de petits agriculteurs, dans le monde, n'ont ni la capacité ni les capitaux pour imposer des changements importants.

Ces coûts ne sont pas inévitables et des changements se produisent. Il existe des façons de cultiver des aliments sans coûts environnementaux excessifs, tant par la modification des systèmes conventionnels que par des voies de production alternatives où les rendements approchent rapidement ceux des systèmes plus intensifs. Un nouvel accord pour les agriculteurs est donc nécessaire, comprenant quatre éléments principaux :

1. Les politiques qui contribuent à mettre l'accent sur la production alimentaire vers la gestion des terres pour la fourniture de multiples avantages.[59]
2. Le développement et l'application de méthodes considérant la production agricole non seulement par ses rendements, mais par son l'aspect nutritif et d'une manière plus générale, par son coût écologique et sociétal ainsi que par l'avantage de conserver un environnement en bonne santé.[60]
3. Les politiques de tarification qui permettent d'atteindre un équilibre entre les besoins pour les consommateurs d'avoir accès à des aliments sains et nutritionnels et ceux des producteurs qui souhaitent conserver leur activité.[61]
4. Un soutien ciblé, y compris par le biais de financement de programmes favorisant les systèmes de services écosystémiques et d'autres offrant des incitations positives à la gestion des terres multi-fonctionnelles.[62]

La plupart des éléments décrits ci-dessus ont déjà été développés ou utilisés. La question est avant tout l'intensification, un point discuté ci-dessous.

Ce nouvel accord devra également modifier le regard porté sur l'importance du demi-milliard de petites exploitations agricoles. Sur les 1,3 milliard de personnes employées dans l'agriculture, environ un milliard exploite des parcelles de moins de 2 hectares, qui fournissent une grande partie de la nourriture consommée par les résidents urbains dans les pays en développement.[63] Ces petites exploitations renforcent l'identité culturelle et elles apparaissent comme

les seuls moyens de subsistance pour les agriculteurs concernés sans alternatives viables. Dans les cas où les communautés rurales veulent rester sur le terrain, les incitations peuvent aider à maintenir leur position. Les petits agriculteurs ayant une connaissance et un sentiment intime que leurs terres peuvent souvent être les plus adaptées aux politiques de gestion agricole durable. Pourtant, les tendances historiques suggèrent que beaucoup disparaîtront dans les prochaines années, chassés par des économies d'échelle, l'urbanisation, l'évolution des attentes dans les communautés rurales et, dans certains cas, par des politiques délibérées allant des subventions agricoles en faveur de la consolidation à l'accaparement des terres.

Ces demi-milliard de petites exploitations agricoles jouent un rôle essentiel dans la fourniture de nourriture aux ménages ruraux - peut-être un cinquième de la population mondiale - qui sont parmi les moins à même de répondre à ces exigences de l'économie de marché. En outre, les petites fermes et les troupeaux de pâturage fonctionnent de plus en plus sur des terres agricoles mineures. Bien que l'abandon puisse offrir des possibilités de restauration d'écosystèmes plus naturels et des services écosystémiques qui l'accompagnent, parfois, les agriculteurs eux-mêmes jouent ou peuvent jouer un rôle essentiel dans le maintien de ces services. Le passage d'une agriculture uniquement alimentaire vers une agriculture polyvalente serait une source de motivation et une bouée de sauvetage certaine pour plusieurs millions des exploitants les plus pauvres, ce qui n'est pas en soit négligeable.

Intensification durable

La recherche sur les données provenant de 85 projets dans 24 pays a permis de déterminer que 50 % de tous les pesticides ne sont pas nécessaires en agriculture.[64] L'agriculture de conservation des ressources peut être très efficace, générer de la main-d'œuvre, réduire les intrants externes dans les petites exploitations et elle obtient fréquemment des rendements plus élevés que les systèmes conventionnels.[65] L'intensification de l'agriculture, souvent blâmée pour ses nombreux impacts environnementaux, n'est pas mauvaise en soi, mais c'est plutôt le type d'intensification qui importe.[66] Le concept d'«intensification durable» retient de plus en plus l'attention des décideurs politiques,[67] y compris en particulier les approches intégrées de gestion des éléments nutritifs et des organismes nuisibles, qui sont déjà utilisées dans plusieurs millions d'exploitations.

Les preuves montrent que des rendements plus élevés peuvent être obtenus malgré la réduction d'utilisation de pesticides,[68] la lutte anti-parasitaire peut être favorisée en veillant à la diversité des cultures intra-spécifiques,[69,70] car l'agriculture n'exige pas de monocultures à grande échelle pour être efficace.[71] Ces types de stratégies d'intensification peuvent aider à remédier à la fois à l'insécurité alimentaire et à la baisse de la biodiversité.[72] Ces gains deviennent encore plus évidents si les calculs de l'efficacité agricole prennent en compte les avantages nutritionnels nets et les impacts hors site de l'utilisation d'eau et d'énergie plutôt que de la productivité par zone seulement.[73] Il y a pourtant peu d'investissements alloués à la recherche de systèmes abaissant la part d'intrants externes et ils restent nettement sous-évalués. Il existe différentes raisons : Il y a eu, en partie, une opposition des intérêts investis, mais également une mauvaise compréhension des externalités comparatives et de la productivité des petites exploitations, ce qui a entraîné un manque de soutien dans les politiques commerciales et agricoles.[74]

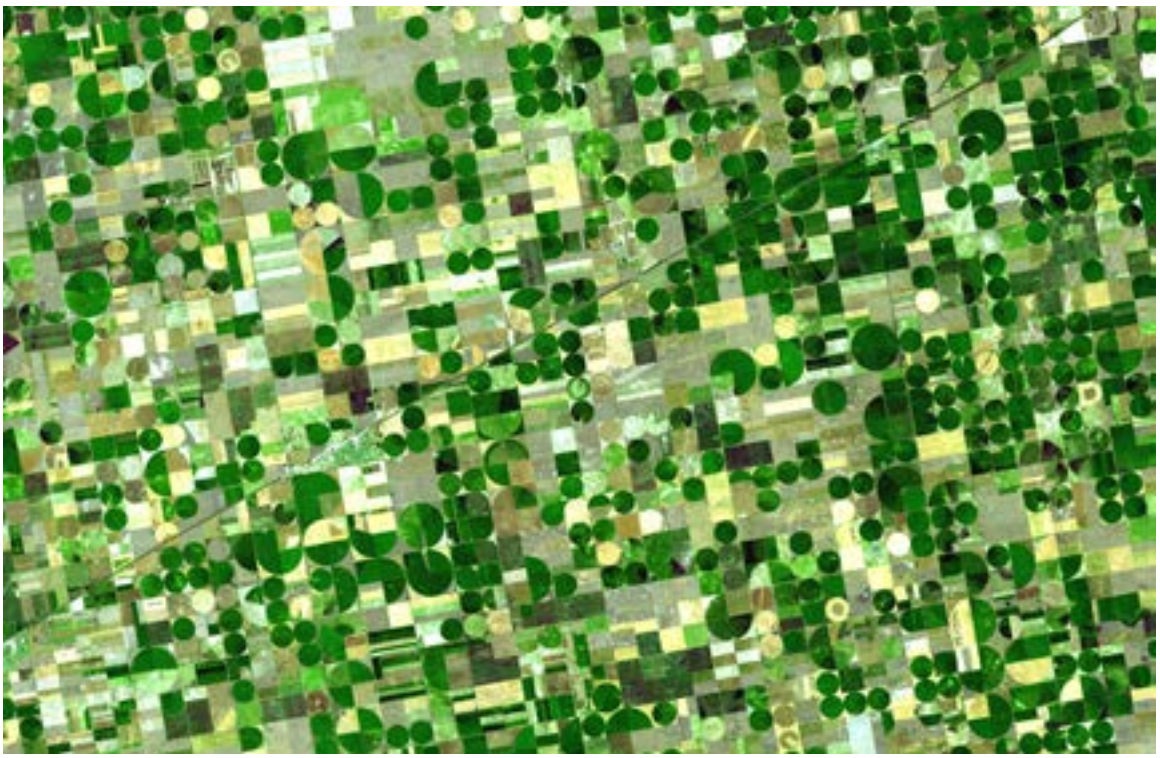
© Neil Palmer (CIAT)

Encadré 8 : La poussée du bio au niveau national et étatique

Dans certaines parties du monde, l'agriculture biologique prend de l'ampleur et elle tend à devenir majoritaire.

Inde : en janvier 2016, le Sikkim est devenu le premier État indien à devenir totalemement bio. Il a fallu 10 ans au Sikkim pour convertir 75 000 hectares de terres agricoles en exploitations certifiées biologiques.[75] L'État produit maintenant 800 000 tonnes de produits, représentant près de 65 % des 1,24 millions de tonnes de produits biologiques de l'Inde. Le Sikkim est un État modèle pour le monde car il montre que l'on peut protéger les services naturels en faisant du bio sans affaiblir la productivité et que le développement ne soit compromis. Les cinq étapes illustrent comment d'autres États peuvent emboiter le pas.

Bhoutan : en 2011, il annonçait vouloir relever l'objectif ambitieux de rendre le système agricole du pays 100 % bio d'ici 2020. S'il réussissait, ce serait le premier pays au monde à être entièrement bio dans sa production alimentaire. Avec seulement 700 000 de Bhoutanais, dont la plupart sont des agriculteurs, le seul défi est de démontrer que les avantages l'emportent sur les coûts et que les rendements ne sont pas affectés par l'utilisation d'engrais naturels. La stratégie biologique du Bhoutan consiste à adopter une approche progressive, en avançant région par région, produit par produit, reconnaissant que de nouvelles innovations sont essentielles pour trouver des moyens d'éradiquer naturellement les maladies et améliorer les rendements des cultures.[76] Simultanément, si les produits biologiques doivent être économiquement viables, la capacité de certification doit être développée au Bhoutan.



© NASA

RÉPONSE 4: Gestion de l'interface rurale-urbaine

Concepts clés

- **Les villes durables peuvent réduire les coûts environnementaux des transports, de l'approvisionnement alimentaire et de l'énergie et offrir également de nouvelles opportunités pour le recyclage et la préservation des ressources.**
- **L'exode rural peut aussi exercer une pression sur les terres, en particulier dans les zones mineures les moins adaptées à la production intensive.**
- **Les défis particuliers concernent la gestion de l'interface rurale-urbaine : les villes engendrent de nouvelles pressions sur le paysage environnant en termes de demande de ressources et de pollution, mais elles offrent également des chances de soutien ciblé aux communautés rurales.**
- **À mesure que les villes grandissent, une coopération volontaire et planifiée avec les personnes des environs augmentera les chances de développement de synergies positives**

QUOI DE NEUF ?

Les analyses environnementales traitent habituellement le cas des villes comme un problème ou bien l'ignorent complètement. Pourtant, plus de la moitié de la population mondiale vivra dans des villes et les manières dont celles-ci sont planifiées et gérées aura des répercussions profondes sur le reste de la planète. En se concentrant explicitement sur l'interface entre la ville et son environnement périurbain ou suburbain et sur l'empreinte urbaine plus large de cette dernière, le regard se focalise sur les endroits qui auront le plus grand impact sur la façon dont la terre est gérée pour le reste de la XXIe siècle et au-delà.

L'urbanisation croît à un rythme sans précédent et cette tendance semble se poursuivre, ce qui modifie l'équilibre entre les habitants des zones rurales et urbaines d'une manière qui n'a jamais été vue auparavant. Cela représente de nombreux défis, comme indiqué au chapitre 11, mais cela offre aussi une palette d'opportunités pour améliorer les moyens de subsistance dans les villes et réduire leur empreinte, qui est souvent à portée mondiale.

Ces défis et ces opportunités sont peut-être encore plus grands dans les villes nouvelles, y compris les villes émergentes de taille moyenne.[77] Les grandes villes avec une longue histoire - comme Paris, Washington ou Buenos Aires - ont déjà pris de nombreuses décisions concernant l'utilisation des ressources naturelles. Cependant, les villes qui se développent rapidement aujourd'hui, les mégapoles comme Lagos[78] mais aussi beaucoup de petites villes dans des pays comme la Chine, restent largement ignorées par le reste du monde et des débats sur la durabilité. Les décisions prises au cours des prochaines années détermineront leurs futures politiques énergétiques, de transport, d'utilisation des ressources et leur empreinte globale. Il est beaucoup plus rentable de commencer par un projet urbain durable que d'essayer d'en réaménager un dans le futur.[79]

Les zones urbaines interagissent avec les communautés rurales de deux façons distinctes : dans les zones périurbaines et les milieux ruraux immédiats et sur d'autres régions qui peuvent être très éloignées par des demandes de nourriture, d'énergie et d'autres matériaux.

Dans ces zones périurbaines, l'urbanisation apporte de nouvelles pressions et exigences, mais aussi de nouvelles opportunités. Il y aura probablement un coût net en termes fonciers en raison des nouvelles constructions de bâtiments, de routes et de chemins de fer ou autres activités de développement d'infrastructures.[80] L'utilisation traditionnelle des terres peut également être affectée par de nouvelles demandes de services écosystémiques, telles que la protection des bassins hydrographiques, le contrôle des glissements de terrain ou les zones récréatives, afin que les exploitations agricoles puissent être reconverties en bassins hydrographiques forestiers ou en zones naturelles pour assurer l'approvisionnement en eau et créer des zones pédestres pour les citadins. Les zones protégées proches des zones urbaines se développent dans le monde entier et elles jouent un rôle important dans la reconnexion des citadins au monde naturel.[81] Les autorités municipales jouent un rôle clé dans l'extension de leur planification au-delà de la limite de la ville, afin de déterminer comment les exigences foncières concurrentes peuvent être équilibrées en ville. Les outils, tels que les ceintures vertes qui limitent la propagation urbaine ou les systèmes de paiements pour services écosystémiques, peuvent tous aider à optimiser l'affectation des terres dans les zones entourant les villes. Un soutien positif et des incitations pour les aliments locaux, tels que les marchés des agriculteurs subventionnés, peuvent aider les petits producteurs à faire concurrence aux entreprises alimentaires plus grandes et plus éloignées, réduisant ainsi l'empreinte écologique alimentaire globale.[82]

Les villes ont également un impact sur des zones plus éloignées, à la fois à l'intérieur du pays par ses besoins en nourriture, en énergie et en liaisons de transport, mais aussi d'autres pays par l'importation croissante de produits issus d'agricultures intensives. Les initiatives positives, telles que les produits certifiés durables ou équitables, peuvent aider à palier les aspects négatifs de l'empreinte urbaine extérieure.[83]

Les villes durables exigent un nouveau style de leadership municipal ; pensant globalement mais agissant localement. À un moment où les gouvernements nationaux réduisent souvent leur influence, les villes prennent parfois le leadership dans l'innovation. Là où les gouvernements nationaux n'ont pas été capables de prendre des mesures afin de réduire les impacts environnementaux du développement urbain, les conseils municipaux ont, eux, proposé des modèles positifs. C'est rarement simple ; les villes n'ont souvent pas le budget ou l'expertise pour prendre en charge le rôle de l'État et elles peuvent être gênées par les politiques nationales, mais le paysage politique évolue. Le renforcement de cette capacité, en particulier dans les pays en développement en expansion rapide, est une priorité essentielle pour l'avenir immédiat.

Encadré 9 : Des villes initiatrices

Partout dans le monde, les zones urbaines prennent des initiatives pour relever les défis liés à la terre.

Bogotá, la capitale Colombienne, bénéficie d'une eau propre grâce à plusieurs zones protégées et autres bassins hydrographiques conservés. Plus de 80 % de la population reçoit de l'eau potable du Parc National de Chingaza, une zone d'importance où la végétation des *Paramos* est conservée.

Près de Séoul, en Corée du Sud : le Parc National de Bukhansan reçoit jusqu'à 10 millions de visiteurs par année, principalement des citoyens coréens. Malgré une urbanisation majeure créée en une génération, les citadins de Corée ont appris à apprécier et à faire bon usage de la nature dans les zones périurbaines et dans l'ensemble du pays.

L'Australie, les États-Unis et autres pays : tout un réseau national vient aider les citadins à soutenir les producteurs locaux, par le biais de marchés agricoles, de systèmes de boîtes locales, de systèmes d'agriculture communautaire (CSA) passant des contrats d'achat de denrées régulières avec des agriculteurs.

© UN Photo/Fred Noy

RÉPONSE 5 : Éviter la perte nette dans la consommation et la production des ressources naturelles

Concepts clés

- **L'application du concept visant à éviter toute perte nette met l'accent, non plus sur le simple rendement, mais sur une perspective plus large des bénéfices totaux de la production alimentaire**
- **L'absence de perte nette sur des terres saines et productives se traduit par l'absence d'impact environnemental social ou négatif net hors site**
- **L'absence de perte nette dans la transformation et le commerce de détail alimentaires est un objectif ambitieux reconnaissant la nécessité de limiter les niveaux actuels des pertes et du gaspillage alimentaires dans le système**
- **Le concept visant à éviter toute perte nette constituera un défi majeur, mais s'il est accepté, il aiderait à révolutionner les approches qui réduisent la pression sur les ressources foncières**
- **Le concept visant à éviter toute perte nette est décrit ci-après en termes de production alimentaire, mais a une application claire dans d'autres secteurs faisant intervenir des ressources naturelles, comme la sylviculture, l'exploitation minière, l'hydroélectricité et la gestion des terres arides**

Dans le monde entier, le manque d'efficacité et le gaspillage dans la production et la consommation des produits terrestres, ainsi que dans les chaînes de valeur qui les relient, augmentent considérablement les pressions sur les ressources naturelles, ce qui entrave le développement de leur potentiel biologique et économique. Aucun système n'est parfait et des pertes sont toujours susceptibles de se produire. Mais en poursuivant une stratégie sans perte nette, nous pouvons encourager une certaine quantité de restauration et d'autres mesures correctives nécessaires à l'équilibre
des coûts liés aux pertes des systèmes agricoles et au gaspillage en aval dans la chaîne de distribution alimentaire. Les 10 étapes, élaborées au chapitre 7, abordant certains défis de la terre pour créer des systèmes agricoles modernes sont résumées ici.

Bien que la plupart de ces problèmes aient déjà été abordés, nous examinons ici le rôle des chaînes de valeur mondiales, des régimes alimentaires changeants et des déchets / pertes alimentaires, car ils offrent tous des opportunités immédiates pour soulager la pression sur les ressources naturelles.

QUOI DE NEUF ?

Les augmentations spectaculaires des rendements des récoltes ont été accompagnées, paradoxalement, d'une hausse tout aussi spectaculaire des coûts pour l'environnement et la santé humaine, comme la dégradation accélérée des terres et des sols, les pénuries d'eau, la pollution et la disparition d'espèces et d'habitats naturels. Malgré l'augmentation de la production alimentaire, nous vivons actuellement une insécurité alimentaire très importante dans ce qui devrait être un monde d'abondance. Les tentatives pour résoudre ces problèmes ont été en grande partie réactives, fragmentaires et inefficaces. Ce document propose une réponse plus complète et plus sérieuse.

Encadré 10 : Dix étapes pour une meilleure sécurité alimentaire

1. Réduire l'écart entre les récoltes réelles et potentielles dans tous les environnements
2. Utiliser la terre, l'eau, les nutriments et les pesticides de manière plus efficace
3. Réduire les impacts extérieurs de la production alimentaire et non alimentaire
4. Arrêter l'expansion de la frontière agricole
5. Opter pour d'autres régimes alimentaires basés sur les végétaux et les aliments complets
6. Sensibiliser à la santé, à la durabilité et à la responsabilité
7. Récompenser les pratiques de gestion durable des terres
8. Réduire le gaspillage alimentaire et les pertes post-récolte
9. Améliorer la sécurité foncière et l'équité entre les sexes
10. Mettre en œuvre des approches intégrées de gestion du paysage

Chaînes de valeurs globales dans l'agriculture[84]

L'agro-industrie a radicalement changé au cours des dernières 50 années et elle concerne désormais des réseaux complexes, connus sous le nom de Chaînes de Valeur Mondiale (CVM)[85] qui s'étendent aujourd'hui dans de nombreux pays.[86] Les GVC représentent environ 80 % du commerce mondial et 30 % de la valeur ajoutée de l'économie des pays en développement.[87] Le principal résultat de ce type d'accord de marché est que le commerce a déplacé de nombreuses pressions environnementales des pays développés vers les pays en développement où la gouvernance et l'application des normes environnementales sont souvent plus défaillantes.[88] La plupart des chaînes de valeur sont axées sur la demande, avec les grands supermarchés en tant que principaux acheteurs et les grands opérateurs agissant en tant qu'intermédiaires. Les supermarchés se sont développés rapidement dans le monde entier[89] et ils détiennent aujourd'hui le pouvoir[90] de décider des prix. Ils influencent aussi les pratiques de production en raison de leurs économies d'échelle. Les producteurs alimentaires sont souvent forcés de s'engager avec des entreprises par des accords agricoles contractuels, qui fixent les conditions de vente, les délais, les quantités et à quel prix les biens seront achetés.[91]

Le gouvernement chinois a défini un plan pour réduire de 50 % la consommation de viande de ses citoyens, afin d'améliorer la santé publique et de diminuer considérablement les émissions de gaz à effet de serre.

Compte tenu de la concurrence féroce dans le secteur du commerce de détail, les entreprises doivent s'assurer que leurs opérations seront rentables. Elles mettent en œuvre des normes privées et publiques dans leurs chaînes d'approvisionnement, afin de garantir les normes de qualité et le respect des prestations sociales et environnementales souhaités. Ces normes ont des répercussions positives car elles assurent aux consommateurs que les aliments répondent à un niveau de qualité déterminé et que la production n'a pas créé d'impacts socio-environnementaux négatifs. Cependant, les normes peuvent également représenter un fardeau pour les moyens de subsistance des petits agriculteurs. Ils n'ont souvent pas les ressources financières et techniques nécessaires pour se conformer à des normes rigoureuses et ils risquent donc d'être exclus de la chaîne de valeur d'un détaillant. Parallèlement, leur bien-être est affecté par d'autres pratiques commerciales, telles que les retards de paiements, les prix qui encouragent les ventes en vrac (p. ex., les promotions : un acheté, un offert) et les normes esthétiques (p. ex., la forme / couleur des fruits et des légumes).[92]

Ainsi, les petits producteurs doivent respecter ou quitter la chaîne de valeur et entrer dans des marchés traditionnels ou informels.[93] Lorsqu'aucune option n'est lucrative, le seul choix restant pour les petits exploitants est de se vendre, souvent aux entreprises impliquées dans de grandes plantations, ce qui entraîne un regroupement accru des terres agricoles. Parallèlement, les agriculteurs peuvent essayer d'accroître leur production afin de compenser le manque à gagner qui, dans les pays en développement, entraîne souvent des changements dans l'utilisation des terres et la déforestation. Le déséquilibre de pouvoir entre les acheteurs et les producteurs est en train de fausser les marchés et d'étouffer les petits agriculteurs et de les exclure du marché. Les politiques publiques pour remédier à ce déséquilibre peuvent inclure des mécanismes financiers qui encouragent l'agriculture durable ; via des lois visant à assurer des accords équitables entre les supermarchés et les petits agriculteurs ; et des mesures aidant les agriculteurs à surmonter les défaillances du marché qui les empêchent d'accéder à des secteurs plus éloignés.

Elles encouragent à détourner des aliments issus d'agricultures intensives avec de longues chaînes de valeur, tels que les produits d'origine animale, les aliments transformés et les fruits et légumes hors saison. L'abandon progressif des produits issus de techniques agricoles trop consommatrices contribuera à accroître la sécurité alimentaire et écologique à long terme. Dans le même temps, cela réduira les prix des denrées alimentaires dans les pays en développement tout en réduisant les coûts de la surconsommation liés à la santé et ceux liés à la dégradation de l'environnement. Réduire les transports alimentaires réduirait également les pressions sur l'utilisation des terres : dans les systèmes de «circuits courts», les aliments passent directement des producteurs aux consommateurs, comme en agriculture de subsistance ou dans les marchés de producteurs ou encore lorsque les cantines scolaires se fournissent en produits locaux.

Les gouvernements et les entreprises ont un rôle clé à jouer dans la sensibilisation et l'encouragement des changements alimentaires, tels que l'adoption de jours sans viande ni lait / produits laitiers, de repas scolaires végétariens et de directives diététiques convaincantes. Le gouvernement chinois a défini un plan pour réduire de 50 % la consommation de viande de ses citoyens, afin d'améliorer la santé publique et de diminuer considérablement les émissions de gaz à effet de serre. En cas de succès, les nouvelles directives alimentaires réduiraient la consommation de viande de 14 à 27 kg par an par habitant.[94] Ces types d'initiatives peuvent se concentrer sur le rôle de la nutrition dans le développement des maladies chroniques ; des raisons physiologiques qui nous poussent vers des aliments néfastes à la santé ; des conséquences environnementales des choix alimentaires ; ou l'approche holistique vers la nourriture complète et végétale. Ces stratégies de sensibilisation ont déjà aidé des millions de personnes à travers le monde à passer à des régimes végétariens.

Réduire les déchets et les pertes alimentaires dans toute la chaîne d'approvisionnement incombe aux consommateurs, aux producteurs, aux entreprises et aux gouvernements qui souhaitent atténuer les pressions sur les terres. Environ un tiers des aliments produits sont perdus ou gaspillés. Dans les pays en développement, les pertes alimentaires se concentrent principalement après la récolte ou pendant le traitement, le stockage et le transport, tandis que dans les pays développés,

les pertes alimentaires sont principalement au niveau des commerces de détail et du consommateur.

La raison principale du gaspillage alimentaire dans les pays riches est que les gens peuvent se permettre de gaspiller les aliments. Les consommateurs dans les pays industrialisés jettent jusqu'à 40 % de la nourriture qu'ils achètent et la matière organique dans les décharges génère 20 % des émissions de méthane,[95] un puissant gaz à effet de serre. Ce type de comportement est encouragé par de multiples facteurs, tels que les restaurants qui servent des buffets à prix fixe et des magasins de détail qui offrent des incitations à l'achat massif d'un seul produit. La mise au rebut des aliments non consommésest souvent considérée comme moins chère et plus facile que son utilisation ou sa réutilisationen tant que déchets de compostage en engrais riches en éléments nutritifs.

Les consommateurs dans les pays développés s'attendent également à ce qu'une grande quantité de produits soit disponible, ce qui augmente la probabilité qu'une part de celle-ci atteigne la date «limite de vente» et qu'elle soit ainsi jetée. Une approche efficace pour réduire les déchets est de développer des marchés pour des produits «hors standard», où des organisations commerciales à but non lucratif pourraient organiser la collecte, la vente ou l'utilisation de produits alimentaires écartés qui sont pour pourtant toujours consommables, savoureux et qui ont gardé toute leur valeur nutritive. Les changements dans les attitudes des consommateurs se produiront uniquement grâce à l'éducation, à la sensibilisation et aux initiatives du secteur public, soutenues par les secteurs du marketing et du commerce de détail. Les consommateurs sont généralement prêts à acheter des produits altérés ou abîmés, dès lors que leur goût n'est pas modifié.[96] Une approche de la réduction de ce type de déchets consiste à vendre des fruits et des légumes directement aux consommateurs, sans avoir à respecter les normes de qualité établies par les supermarchés en matière de poids, de taille et d'apparence, par le biais de marchés d'agriculteurs locaux, de coopératives alimentaires et d'initiatives agricoles encouragées par la communauté.

Enfin, les consommateurs peuvent s'attaquer au gaspillage alimentaire d'une manière systémique et significative, stimulant le changement par la cuisine, ce qui est fait depuis des milliers d'années dans les cultures alimentaires du monde entier, grâce à la diversité des ressources disponibles, et aussi à la créativité et aux techniques culinaires. Par le passé, cela se traduisait par la cueillette de ce que la terre pouvait facilement fournir à chaque saison, aboutissant à un système alimentaire régi par la diversité et l'efficacité.[97]

Réduire les pertes post-récolte, notamment les plants qui pourrissent dans les champs ou qui s'abîment pendant leur stockage et transport en raison d'un manque d'infrastructure, entraîne une baisse des revenus pour les petits agriculteurs et une augmentation des prix pour les consommateurs pauvres dans les pays touchées par l'insécurité alimentaire. Les pertes de produits alimentaires interviennent généralement dans les premiers stades de la chaîne de valeur et varient selon la culture et la technique de récolte. Elles sont possiblement le résultat de contraintes financières, professionnelles ou techniques sur le terrain, ou de limitations du marché et d'infrastructures qui empêchent un stockage, un traitement et une distribution adéquats.[98] Le renforcement de la chaîne d'approvisionnement par le soutien direct des agriculteurs et les investissements dans les infrastructures, les transports, ainsi que dans le développement de l'industrie de l'alimentation et de l'emballage pourraient contribuer à réduire ces pertes.[99]

© Yusuf Ahmad/ICRAF

RÉPONSE 6 : Créer un environnement propice et évoluer pour réussir

Concepts clés

- **La création d'un environnement propice se traduit par le soutien des conditions sociales et économiques sous-jacentes appropriées qui permettent de progresser, en particulier celles liés à l'engagement des parties prenantes, au régime foncier, à l'égalité entre les sexes et à la disponibilité d'investissements et d'infrastructures durables.**
- **La plupart des techniques et des pratiques nécessaires pour atteindre la neutralité en matière de dégradation des terres et pour ne plus avoir de perte nette dans la consommation et la production durables sont connues et ont déjà été testées, mais il existe des défis majeurs dans l'expansion des petites entreprises à l'échelle du paysage**
- **Une fois que ces conditions préalables sont en place, un processus conscient d'élargissement des bonnes pratiques liées à la conception de projets et de programmes doit être mis en œuvre. Un processus d'expansion en 8 étapes est décrit.**

QUOI DE NEUF ?

On parle beaucoup du besoin de développer les meilleures pratiques en matière de gestion durable des terres, mais les projets planifient rarement une stratégie d'expansion. Des outils sont disponibles, notamment des considérations quant à l'ampleur de l'expansion dans la phase de conception et de planification, sur l'utilisation de l'apprentissage par les pairs et sur la diffusion de l'information grâce aux modes de communication locaux, mais on peut souvent déplorer le manque de financement de ces types d'activités. Les petits projets inspirants ont un rôle à jouer, mais ne suffisent plus. Nous devons passer à la vitesse supérieure.

Malgré des décennies de recherche et de travail sur la gestion durable des terres,[100] la preuve et l'analyse présentées ici montrent que nous perdons encore du terrain en termes de santé et de productivité mondiale des terres. Ce triste constat est loin d'être inévitable : il existe de nombreux exemples de gestion réussie. Pourtant, la multitude de projets à petite échelle ne se sont pas beaucoup vus adapter à grande échelle. Bien qu'une partie de l'inertie puisse être expliquée par les nombreux intérêts directs s'appuyant sur le modèle commercial de l'actuel système alimentaire, les obstacles ne sont pas immobiles. Les technologies qui favorisent l'adoption et la diffusion des pratiques de gestion durable des terres reposent sur des approches et des institutions qui encouragent et autonomisent les individus. Un environnement favorable contribue à encourager la responsabilité partagée dans la gestion des compromis, afin d'équilibrer le développement économique avec la viabilité environnementale. Des questions comme les processus participatifs, le régime foncier et l'égalité entre les sexes peuvent sembler loin des détails techniques sur la gestion des sols ou les chaînes d'approvisionnement, mais sont essentielles au succès général de l'expansion. Nous allons décrire ci-dessous certains des éléments les plus importants.

1. Engagement des parties prenantes : Une approche du paysage peut permettre de concilier les différentes perceptions et de garantir que les terres ne sont pas considérées uniquement au sens utilitariste ou financier, mais qu'elles sont aussi gérées de manière à expliquer les services écosystémiques indirects ou immatériels qui fournissent une identité culturelle et un avenir viable au secteur rural, tout en protégeant plusieurs fonctions foncières. Différents éléments sont considérés comme importants :

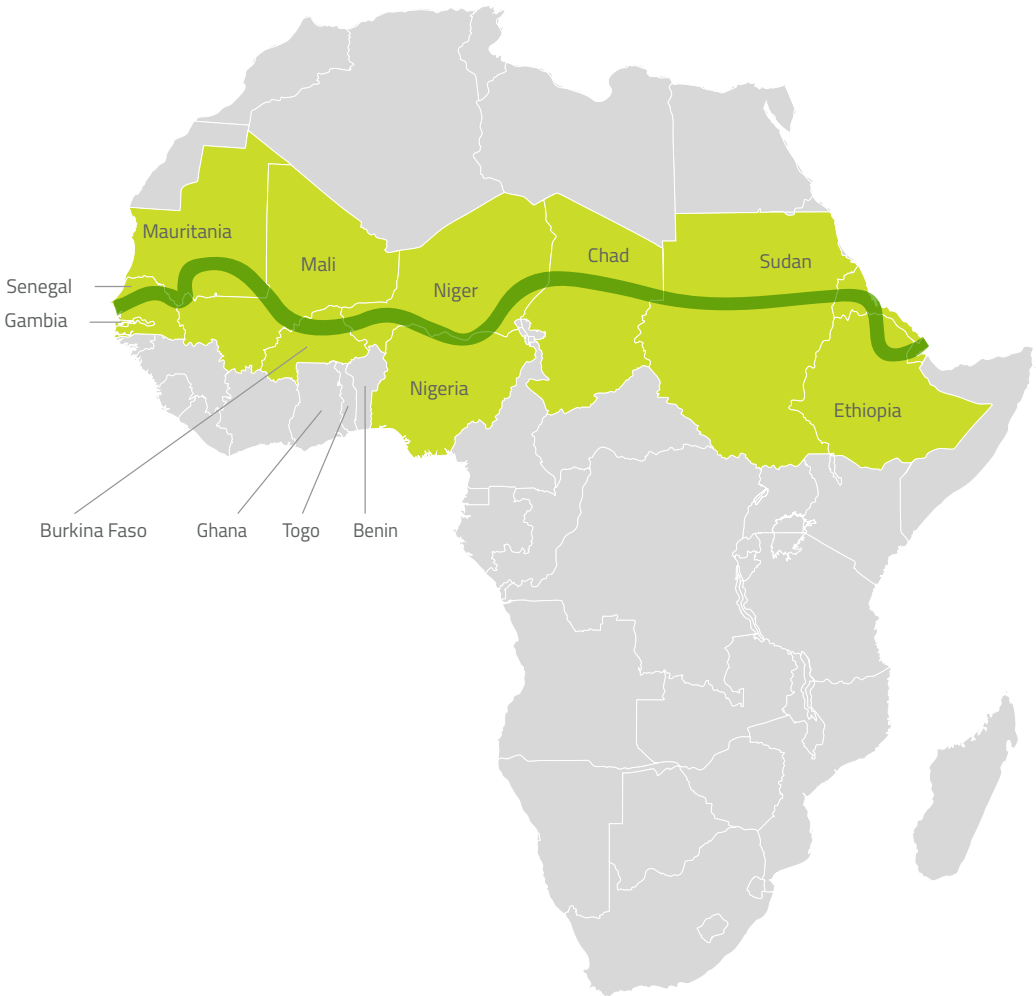
- Négocier les compromis et développer les structures et les institutions qui subsistent et que tous les acteurs respectent et avec lesquelles ils sont prêts à travailler. Il peut s'agir d'entités existantes, tels que des organismes gouvernementaux locaux, des conseils communautaires traditionnels, des organisations religieuses et agricoles, ou qui peuvent être créées spécialement dans le but d'étendre leurs activités.
- Répondre aux inégalités en matière de régime foncier, de sexes, d'accès, de revenus et de justice sociale. La gestion durable à long terme dépend des parties prenantes en présence et du respect mutuel de chacune d'entre elles.
  Les droits des minorités religieuses et culturelles, ainsi que les droits des femmes et des enfants, nécessitent généralement une attention particulière.
- Soutenir un avenir viable pour le secteur rural, avec l'accès aux marchés, à l'énergie et à l'infrastructure. La transformation rurale génère des exploitations agricoles plus vastes et plus consolidées et provoque le déplacement des petits agriculteurs.
- Reconnaître des besoins plus larges : la terre n'est pas une ressource purement biophysique, elle est également imprégnée de nombreuses valeurs historiques, culturelles, émotionnelles et spirituelles, ainsi que d'un sentiment d'appartenance.
- Répondre aux impératifs moraux et éthiques : il existe aussi un fondement éthique puissant selon lequel les hommes ne sont pas autorisés à faire disparaître les espèces et les écosystèmes.

Encadré 11 : Construire une grande muraille verte en Afrique

Dès les années 1980, Thomas Sankara, alors président du Burkina Faso, avait proposé de reverdir le Sahel. En 2007, l'initiative de la *Grande Muraille Verte pour le Sahara et le Sahel* a été adoptée par l'Union africaine. Cette initiative est une stratégie régionale harmonisée[101] pour créer une mosaïque de paysages verts et productifs en Afrique du Nord, au Sahel et dans la Corne. Les agriculteurs géreront la régénération naturelle des forêts, des terres cultivées et des prairies. Lorsque la dégradation sera avancée, une restauration active sera nécessaire, impliquant les communautés dans le choix des espèces indigènes. La muraille traversera des zones arides et semi-arides au nord et au sud du Sahara : une large bande de 7 775 km de Dakar à Djibouti, d'une superficie totale de 780 millions d'hectares, reverdira la vie de 232 millions d'habitants. Environ 10 millions d'hectares devront être restaurés chaque année.[102] La muraille vise à inverser la dégradation des terres d'ici 2025 et à réaliser une transformation régionale de la terre d'ici 2050.

De nombreux changements ont déjà eu lieu :[103,104]

- Éthiopie : 15 millions d'hectares de terres dégradées ont été restaurées, améliorant les bassins hydrographiques et la sécurité foncière, avec des incitations à la participation pour les communautés.
- Burkina Faso, Mali et Niger : environ 120 communautés impliquées dans le reverdissement ; plus de 2 millions de graines et de semis plantés à partir de 50 espèces indigènes.
- Nigeria : 5 millions d'hectares restaurés, y compris 319 km de brise-vent ; 20 000 emplois créés. Dans le nord du Nigeria, 5 000 agriculteurs ont été formés à la régénération et plus de 500 jeunes employés en tant que gardes forestiers.
- Sénégal : 11,4 millions d'arbres plantés ; 1 500 km de coupe-feux ; 10 000 ha en régénération naturelle assistée ; en tout, 24 600 hectares de terres dégradées restaurées.
- Soudan : 2 000 hectares de terres restaurées.



Encadré 12 : La Grande Muraille verte de Chine

Les déserts couvrent près d'un cinquième de la Chine, et on dénombre d'autres zones à risque de désertification, en particulier dans la Chine occidentale sèche, qui compte également parmi les régions les plus pauvres du pays. Les moyens de subsistance de 400 millions de personnes sont menacés ou affectés par la dégradation et l'empiétement des déserts. L'industrialisation et l'urbanisation rapides ont dévoré les terres agricoles, ce qui constitue un problème déjà grave. Le déboisement a exposé les terres vulnérables à l'envahissement des sables. Une sécheresse prolongée dans le nord-ouest de la Chine a aggravé les choses, ramenant plus de poussières et intensifiant les tempêtes de sable.

Depuis 1978, une *Grande Muraille verte* composée d'arbres, d'arbustes et d'herbes a été plantée dans le désert de Kubuqi pour protéger les villes méridionales, pour un coût total de 6,3 millions de dollars. Elle servait à ralentir la désertification d'environ 3 400 km^2 par an dans les années 1990 et ce chiffre est passé à quelque 2 000 km^2 par an depuis 2001. Selon une enquête gouvernementale, depuis 2010, 12 452 km^2 de terres menacées de désertification ont été réhabilitées, bien que dans certaines régions, la désertification ait augmenté.[105]

Le désert de Kubuqi est l'un des déserts les plus humides du monde, et son sable est relativement humide à 20 cm de profondeur. Les jeunes peupliers et saules du Xinjiang sont protégés par des armatures en bois enfoncées dans le sable, où leurs racines contribuent à stabiliser les dunes mobiles. Les agriculteurs locaux, autrefois sceptiques, soutiennent maintenant cette réhabilitation.[106] Cependant, la désertification reste grave et la réhabilitation n'a que partiellement réussi.[107] Les plantations concernaient généralement des monocultures d'espèces non indigènes et nombre d'entre elles ont disparu. Une épidémie de pestes a également tué un milliard de peupliers.[108] Des changements stratégiques sont nécessaires pour que les grandes ambitions soient pleinement réalisées.

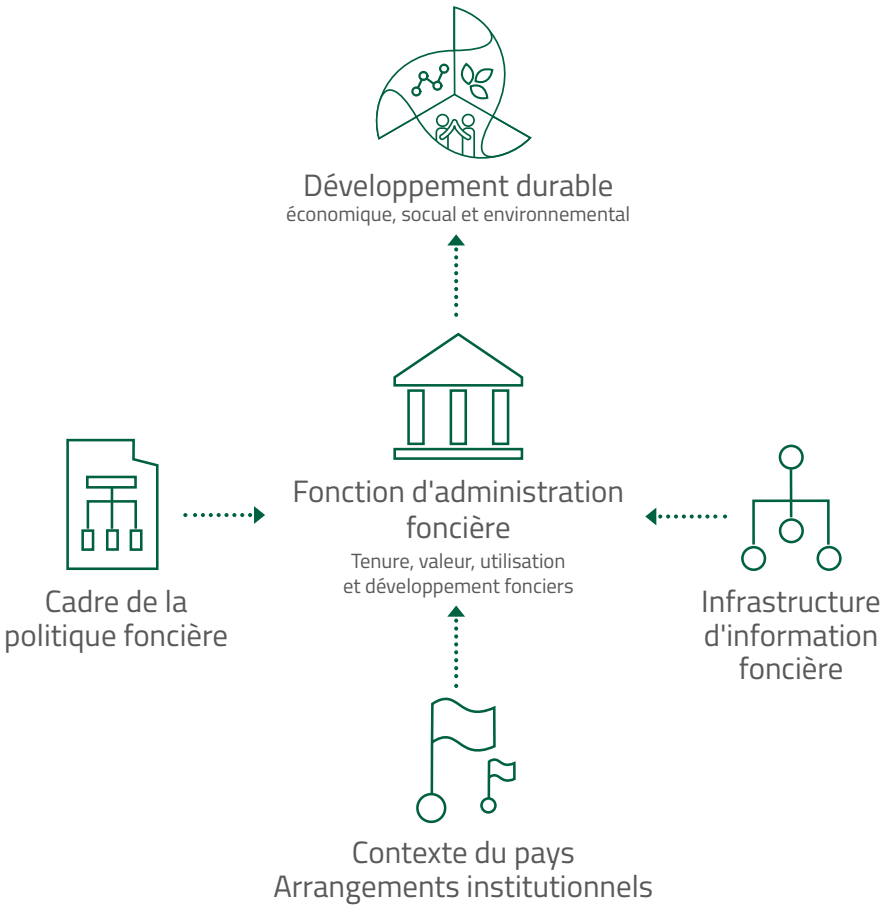
2. Régime foncier et égalité des sexes : Une gestion inadéquate du régime foncier représente une contrainte majeure dans la planification et la réalisation du développement durable, pouvant entraîner une dégradation des terres et exacerber les conflits sur l'utilisation des ressources foncières. À l'inverse, la protection du régime foncier et des droits liés aux ressources contribue à l'adoption de pratiques durables en matière de gestion des terres. Un régime foncier précaire existe toujours dans le monde entier, même si de nombreux pays ont complètement restructuré leurs cadres juridiques et réglementaires de l'administration foncière, harmonisant, dans bien des cas, leur droit écrit moderne avec les droits coutumiers.

Dans un grand nombre de pays en développement, des réformes politiques et juridiques plus efficaces sont nécessaires pour protéger les droits des petits exploitants, des communautés rurales, des populations autochtones et des femmes. Dans certains cas, cela inclut l'habilitation des utilisateurs traditionnels et coutumiers des terres au sein des systèmes officiels d'administration foncière, afin d'accroître leur confiance dans la réalisation d'investissements fonciers à long terme. L'égalité des droits pour les femmes et les hommes de détenir et d'utiliser les biens constitue une pierre angulaire des progrès sociaux, politiques et économiques.

Il est largement reconnu que les femmes jouent un rôle central dans la conservation et la gestion des ressources foncières. Bien que certains pays aient reconnu les droits fonciers des femmes dans leurs constitutions et leurs lois, dans la plupart des pays en développement, la prédominance des systèmes patriarcaux relègue les femmes à des positions minoritaires, leur octroyant seulement un accès à la terre et aux ressources associées par l'intermédiaire de leur conjoint ou de leurs proches de sexe masculin. Ce système d'accès primaire (masculin) et secondaire (féminin) à la terre, qui fait que les femmes rurales souffrent de l'insécurité du régime foncier, a une incidence sur la manière dont les hommes et les femmes gèrent les ressources naturelles tant au niveau individuel que dans les zones communales.

La terre est une ressource essentielle pour les femmes, en particulier lorsqu'elles prennent la tête du foyer, ce qui peut se produire suite à une migration, à un abandon, à un divorce ou à un décès de la figure masculine. Dans les milieux urbains et ruraux, des droits de propriété garantis pour les femmes peuvent faire la différence entre la dépendance à l'égard du soutien familial natal et la capacité à créer un ménage viable, autonome et dirigé par une femme. De même, garantir les droits fonciers des femmes pendant leur mariage peut leur accorder des droits plus importants

Figure 4 : Fonctions administratives foncières pour le développement durable : Conçu à partir de[109]



© Yusuf Ahmad/ICRAF

Encadré 13 : Autonomisation des femmes et des petits producteurs dans l'Altiplano péruvien[111]

L'Altiplano péruvien est l'une des régions les plus pauvres du monde. Sa grande variabilité climatique, sa haute altitude, la fragmentation de ses terres et l'accès limité à ses marchés et ressources financières sont à l'origine d'une agriculture à base de pommes de terre complexe et hautement diversifiée et des systèmes d'élevage à faible productivité, dans lequel l'objectif principal est de limiter la vulnérabilité alimentaire et les risques liés au climat. L'agriculture concerne les petites exploitations familiales et les terres communales, qui fournissent un revenu annuel moyen de 517 USD (± 183) par habitant et par an.

Pour améliorer la productivité agricole et le revenu familial, mais aussi pour réduire la vulnérabilité en améliorant la résilience des systèmes agricoles, une approche systémique intégrée a été utilisée et trois activités ont été sélectionnées pour organiser des chaînes de valeur pour la culture du quinoa, la production laitière et l'élevage de truites. Le travail a impliqué plus de 120 communautés rurales, et les meilleures pratiques ont été sélectionnées en fonction du climat, des ressources humaines et naturelles de la région, ainsi que de l'avantage concurrentiel des options de production en fonction de l'amélioration des opportunités du marché, des revenus et de l'autonomisation des femmes. L'organisation de groupes de producteurs, l'assistance technique, l'amélioration de l'accès au marché grâce à des produits à valeur ajoutée, la participation sociale, la disponibilité du crédit pour l'investissement dans des activités productives et la diversification des moyens de subsistance étaient des facteurs critiques favorisant l'expansion.

Les producteurs ont été encouragés à consacrer davantage de ressources à la production de quinoa, autrefois une culture faiblement prioritaire pour la consommation. En tout, 1 175 familles ont participé à la production de quinoa bio, avec le soutien d'un crédit supervisé et d'une aide au traitement et à la commercialisation. En raison de l'augmentation de la superficie plantée, des rendements supérieurs et de l'augmentation des exportations, le revenu annuel net du quinoa familial est passé de 72 USD à 700 USD entre 2006 et 2011. La production laitière a considérablement augmenté avec le fourrage et l'alimentation supplémentaires, ainsi qu'avec la création de petits silos. Quatorze usines de fromage dirigées par des producteurs ont augmenté le revenu quotidien par famille de 29 USD à 767 USD en 2011. Les usines elles-mêmes ont généré un revenu annuel moyen de 3 328 USD par famille participante.

Le projet a également permis d'organiser 7 groupes de 84 familles et a fourni une formation et un crédit pour lancer des élevages de truites. La participation des femmes était proche de 50 %. Les groupes ont planifié et géré le processus de production, construit l'infrastructure de base, normalisé le produit, géré les coûts de production et commercialisé leurs produits. Sur une période de 5 ans, les élevages ont produit 4 421 tonnes de truites pour une valeur brute supérieure à 11 millions de dollars. Le revenu annuel par famille participante variait de 784 à 7 788 USD.

Le régime foncier est un facteur important dans la planification de l'utilisation des terres, étant donné que certaines options d'utilisation des terres peuvent prédéfinir un groupe d'utilisateurs potentiels, ou vice versa, où le type de régime foncier ou de gouvernance réduit la gamme des options d'utilisation des terres. À son tour, l'aménagement du territoire peut améliorer la gouvernance en favorisant :

Cadres politiques et juridiques : Les réformes politiques et juridiques doivent garantir la sécurité des droits fonciers et des ressources naturelles pour les petits agriculteurs, les femmes et les communautés rurales. Cela implique des politiques et des lois foncières favorables aux pauvres, qui assurent les mécanismes d'accès à la terre et d'application, tout en permettant aux petits agriculteurs d'utiliser la loi. La terre appartient souvent à une « communauté » qui peut inclure différents groupes ethniques et types d'utilisateurs fonciers, de sorte que la définition des droits fonciers doit souvent tenir compte des systèmes de gouvernance traditionnels et des instruments de négociation.

Conflit ou règlement des litiges : La nature et la portée des conflits doivent être caractérisées avant l'intervention. Les décisions doivent être exécutoires et les jugements rendus. Les mécanismes de résolution ne peuvent réussir que si les citoyens les considèrent comme légitimes. Des moyens d'accommoder les « perdants » du litige ou du conflit doivent également être fournis.

Redistribution : Les modèles d'accès et d'attribution des terres doivent être identifiés, ainsi que les sources des terres disponibles, si leur distribution est une option. Les marchés locatifs doivent s'ouvrir à tout le monde, y compris aux peuples autochtones et aux femmes. Le cas échéant, la redistribution des terres devrait s'accompagner d'un processus d'octroi de droits de propriété transparent, soutenu par la planification et la fourniture d'infrastructures rurales.

Administration des terres : Dans l'ensemble, il est nécessaire d'améliorer l'efficacité des systèmes d'administration des terres, en particulier :

- Établir des systèmes d'enregistrement et de titre des droits existants, fournir des services cadastraux, améliorer l'arpentage des terres et renforcer les capacités dans les communautés locales pour soutenir l'identification et la gestion (y compris l'enregistrement) des droits coutumiers ;
- Formaliser et protéger les transactions foncières, et réguler les marchés fonciers ;

Encadré 14 : Régime foncier pour les titulaires de droits coutumiers en Ouganda[112]

Les droits des propriétaires fonciers coutumiers ont été garantis par l'arbitrage, la délimitation et l'enregistrement des terres coutumières dans le district de Kasese, en Ouganda. Auparavant, les détenteurs de droits coutumiers ne se sentaient pas en sécurité et n'investissaient pas dans la terre, car ils craignaient l'expulsion. Pour la mise en œuvre des Directives volontaires pour une gouvernance responsable des régimes fonciers applicables aux terres, aux pêches et aux forêts (VGGT), l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a appuyé la délivrance de certificats de propriété coutumière (CPC) aux titulaires de droits coutumiers comprenant des hommes et des femmes. Cela impliquait : la personnalisation du logiciel VGGT Open Tenure pour répondre aux exigences juridiques et politiques de l'Ouganda ; la formation et le renforcement des capacités du personnel du district et des comités régionaux des terres, avec la participation des étudiants de l'Université Makerere ; la sensibilisation et la mobilisation des communautés ; le travail de terrain pour l'arbitrage et la délimitation des droits fonciers ; et le traitement des données et leur téléchargement sur le serveur de la communauté. Plus de 5 000 ménages comptant environ 30 000 personnes ont bénéficié directement de cette initiative, y compris les femmes et les personnes marginalisées qui bénéficient maintenant d'une meilleure sécurité foncière. Par ailleurs, les conflits liés aux terres entre les bénéficiaires ont enregistré une diminution significative, et il était depuis lors plus facile d'accéder au capital et à la planification dans le district.

- Établir des procédures simples et équitables pour les transactions foncières et leur enregistrement officiel ; développer des mécanismes de réglementation des marchés fonciers (donner la priorité aux communautés locales, permettre aux organismes locaux de définir des règles en matière de vente de terrains aux membres extérieurs à la communauté, etc.) ; maintenir les systèmes d'information foncière et entreprendre des exercices réguliers d'évaluation foncière.

3. Développement des investissements et des infrastructures :
Un flux sécurisé d'investissements, via des mécanismes de financement prévisibles et à long terme, est nécessaire, mais pas suffisant, pour gérer durablement les ressources foncières à l'échelle du paysage. Les infrastructures, comme les marchés (crédit), le transport et l'énergie, sont souvent nécessaires pour améliorer la productivité et réduire les déchets et l'allocation inefficiente des ressources naturelles. Le secteur public doit jouer un rôle de

© Ake Mamo/ICRA

premier plan dans la fourniture des infrastructures rurales et, dans certains cas, dans les services de vulgarisation agricole, nécessaires pour encourager ou garantir des investissements continus du secteur privé dans la gestion durable des terres.

Des ressources sécurisées sont nécessaires pour gérer les paysages durables et offrir l'infrastructure appropriée. Cela impliquera la structuration des investissements dans un modèle socio-économique plus large qui garantira des avantages sociaux supérieurs, tout en offrant des avantages privés raisonnables, notamment l'accès au crédit et aux marchés :

- Une nouvelle génération de politiques publiques éclairées, reflétant à la fois des gains publics et privés visant à limiter ou à réduire les pratiques insoutenables ou celles ayant des coûts environnementaux ou sociaux lourds, tout en encourageant positivement des alternatives plus durables
- Atteindre une plus grande équité entre les besoins des consommateurs et des producteurs dans les chaînes de valeur
- Diriger l'investissement vers des produits plus durables et moins gourmands en utilisation de terres, valorisés en termes sociaux et économiques

Encadré 15 : L'Inde adopte la première politique nationale d'agroforesterie au niveau mondial[113]

En 2014, l'Inde est devenue la première nation au monde à adopter une politique agroforestière nationale, qui favorise la pratique de l'intégration des arbres, des cultures et du bétail sur la même parcelle. Les agriculteurs cultivent des arbres dans leurs fermes depuis des générations pour maintenir un sol sain et assurer des réserves de nourriture, de bois et de carburant. Toutefois, la pratique de l'agroforesterie a fortement diminué en Inde au cours des dernières décennies. L'agroforesterie a le potentiel de garantir la durabilité de l'agriculture, tout en optimisant sa productivité. La nouvelle politique traite de la coordination, de la convergence et de la synergie entre divers éléments de l'agroforesterie, dispersés dans différents projets, programmes et missions dans plusieurs ministères : Agriculture, Développement rural et Environnement. La politique sera mise en œuvre par une mission ou un conseil d'agroforesterie intégré. En outre, cette politique traite également de la sécurité du régime foncier, encourageant la recherche et le renforcement des capacités, félicitant la participation des industries à la production agroforestière et offrant des incitations aux agriculteurs.

Encadré 16 : Investir dans l'agriculture protéique végétale[114]

À mesure que les régimes à base de plantes et les viandes sans viande s'imposent progressivement auprès des consommateurs riches et urbains, principalement pour des raisons de santé et d'environnement, un grand nombre de multinationales alimentaires ont créé des fonds de capital-risque pour soutenir des formes innovantes de protéines et de modes de production alimentaire. Ces fonds sont destinés à accroître leur exposition sur un segment à croissance rapide sur le marché des protéines et aux yeux d'entrepreneurs en alimentation qui concentrent leurs efforts sur le développement de produits et de technologies qui aideront à changer notre système alimentaire existant. Pour exemple, l'*Impossible Burger*végétalien qui, comparativement au bœuf, utilise 95 % de terres en moins, 74 % d'eau en moins et émet 87 % de gaz à effet de serre en moins ; il est, en outre, à 100 % sans hormones, antibiotiques ou ingrédients artificiels. Son goût de fer semblable à celui de la viande est dû à l'ajout d'hème, une molécule en forte concentration dans le sang des animaux, qui est extraite des racines des légumineuses.[115]

Tyson Foods a lancé un fonds de capital-risque de 150 millions de dollars US pour compléter ses investissements existants et se concentrer sur les entreprises qui développent des technologies innovantes et des modèles commerciaux tels que Beyond Meats, une entreprise fabriquant des hamburgers, du poulet et d'autres produits de viande traditionnels à partir de légumes à haute teneur en protéines. De même, General Mills a créé un fonds qui a acquis des parts dans des start-ups telles que Kite Hill, une compagnie laitière singulière qui fait du yogourt, de la ricotta et même du fromage à la crème à base de lait de noix. Campbell Soup a investi 125 millions de dollars dans Acre Venture Partners qui a émis des actions privilégiées de série A pour 10 millions de dollars américains pour Back to the Roots, une entreprise qui fabrique des kits pour faire pousser des champignons et des céréales biologiques chez soi. Kellogg a mis en place un fonds de 100 millions de dollars pour investir dans des marques alimentaires émergentes qui développent des nouvelles technologies axées sur le consommateur, qui pourraient conduire à des opportunités de croissance mutuelle à long terme, comme Rhythm Superfoods, qui produit des en-cas à base de chou, betteraves, brocolis, graines et noix. Selon les données de Dow Jones VentureSource, les sociétés de capital-risque ont investi 420 millions de dollars dans les entreprises agroalimentaires au cours des trois premiers trimestres de 2016. En 2015, ces investissements ont totalisé près de 650 millions de dollars.

© pablo-garcia-saldana

Encadré 17 : L'agriculture a conduit la régénération naturelle en Afrique[116]

À l'heure actuelle, des efforts sont en cours pour valoriser la régénération naturelle des fermes ainsi que pour planter des arbres destinés à développer de nouveaux systèmes agroforestiers dans 17 pays en Afrique et plusieurs autres pays en Asie. La régénération naturelle est moins coûteuse que la plantation d'arbres et peut produire des résultats plus rapidement. En période de pénurie financière, ce sont des arguments solides pour opter pour la régénération naturelle. Mais un gros effort est nécessaire pour étendre la portée de ces systèmes et ainsi transformer les fermes des dizaines de millions d'agriculteurs les plus pauvres. Calquer les succès déjà rencontrés grâce à la régénération naturelle est une voie pragmatique à emprunter. Cela aidera à atteindre les objectifs ambitieux de restauration, ce qui ne pourra se faire en conservant l'approche actuelle limitée aux projets de plantation d'arbres. À moins que certaines conditions ne soient remplies, grâce auxquelles les utilisateurs des terres seront disposés à investir leurs ressources limitées dans la protection et la gestion d'arbres plantés dans et hors de leur exploitation agricole, la lutte contre le changement climatique, la dégradation de l'écosystème, la famine et la malnutrition ne peut être gagnée.

On parle beaucoup de la nécessité de développer des meilleures pratiques en matière de gestion durable des terres, mais les projets ne prévoit pas souvent de stratégie d'expansion. Ils proposent un budget pour les visites d'étude des agriculteurs, mais pas pour des programmes radio, qui pourraient pourtant atteindre beaucoup d'exploitations. La plupart des étapes proposées pour ce renforcement ne nécessitent qu'un financement modeste, mais elles ont tous besoin de patience, de persévérance, de créativité et d'instigateurs locaux.

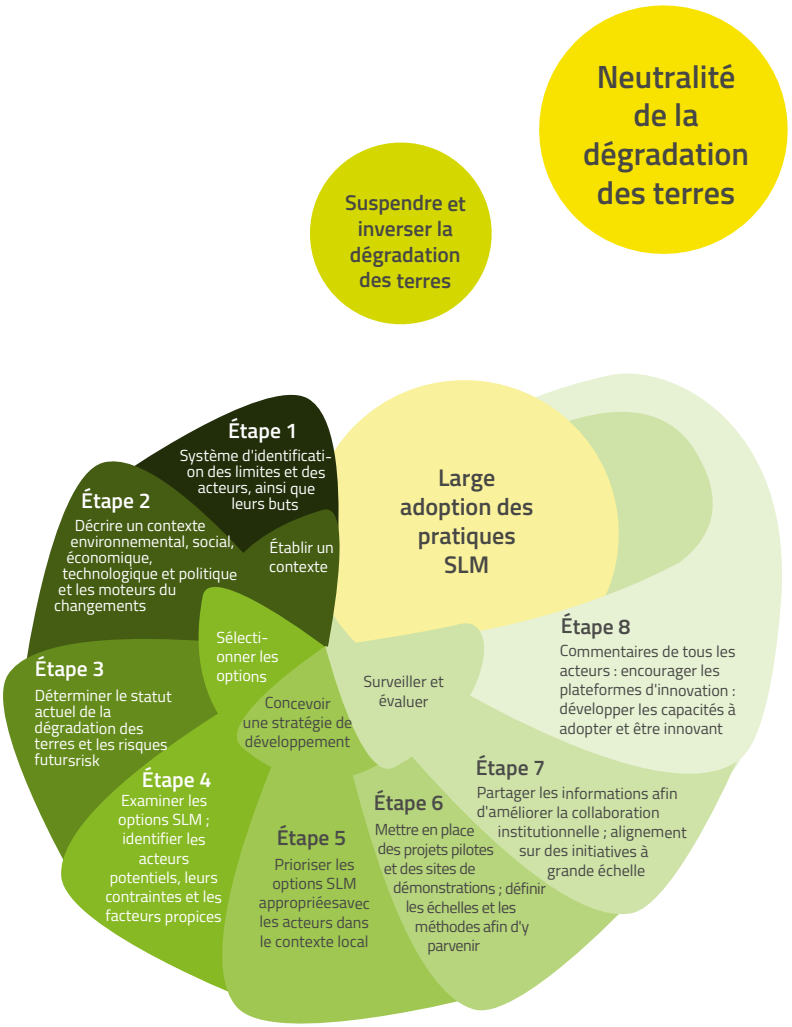
Encadré 18 : Un agriculteur lance une initiative de restauration à grande échelle en Afrique du Sud[123]

L'élevage intensif de chèvres a endommagé plus de 1,5 million d'hectares de fourrés subtropicaux dans la province d'Eastern Cape, en Afrique du Sud, ce qui a créé un paysage dégagé quasi désertique avec des températures de surface atteignant 70 °C. La réduction ou la perte de pratiquement tous les services écosystémiques fournis par le fourré a engendré une baisse des revenus des agriculteurs et une économie locale en berne. Le défi était de savoir comment restaurer la santé de l'écosystème afin de maximiser les avantages environnementaux et économiques.

Au début des années 70, un éleveur près d'Uitenhage a franchi une étape, certes minime, mais importante pour relever ce défi. Il avait construit une grange au pied d'une pente dégradée qui était inondée chaque fois qu'il pleuvait intensément. Il a donc décidé d' essayer de restaurer la pente avec un bosquet dense pour augmenter l'infiltration de l'eau de pluie et éviter l'inondation de sa grange. À l'aide de boutures d'un arbre indigène remarquable, l'arbre à éléphants *(Portulacaria afra)*, et d'autres agriculteurs, il a réussi à régénérer la structure des fourrés ; la qualité des sols et des stocks de carbone se sont améliorés, et la capacité d'accueil de ses terres, ainsi que ses revenus ont été multipliés par 10.

Étant donné les résultats obtenus par ces pionniers de l'agriculture de conservation, le gouvernement sud-africain a décidé d'investir dans la restauration à grande échelle des fourrés endommagés. Le programme de restauration des bosquets subtropicaux a été lancé et environ 8 millions de dollars ont été investis entre 2004 et 2016. Les agriculteurs, les gestionnaires de réserves, les représentants du gouvernement et les scientifiques ont uni leurs forces pour déterminer comment optimiser les efforts de restauration. À ce jour, des boutures d'arbres ont été plantés pour couvrir plus de 10 000 hectares, procurant toute la nourriture nécessaire aux éléphants au sein des réserves naturelles, sur des terres privées et à travers le parc national Addo Elephant. Une grande expérimentation sur plus de 300 parcelles d'un quart d'hectare réparties sur plus de 1 000 km a également été mise en place. C'est bien l'initiative d'un agriculteur qui est à l'origine de toute cela.

Figure 5 : Cadre échelonné pour diffuser les meilleures pratiques : Adapté de[119]



Cadre pour arrêter et inverser la dégradation des terres[117]

En théorie, les projets à petite échelle probants peuvent être reproduits à plus grande échelle dans la pratique, pour générer des changements plus importants, mais cela s'est avéré difficile. Le Panorama mondial des approches et technologies de conservation (WOCAT)[118] est un réseau mondial établi qui prend en charge les processus d'innovation et de prise de décision dans la gestion durable des terres (GDT). Comprendre pourquoi certaines innovations prennent de l'essor, et trouver les moyens les plus efficaces de développer les innovations probantes, est essentiel pour assurer la durabilité. Les faits montrent que de nombreux projets pilotes et autres démonstrations manquent souvent d'éléments indispensables pour réussir à des échelles plus importantes, telles que l'engagement des parties prenantes, certaines caractéristiques de conception ou capacités techniques. La figure 5 synthétise certaines des étapes clés de la diffusion des pratiques de GDT du plan local au plan national et au-delà.

Les efforts pour élargir les pratiques de GDT doivent commencer par une évaluation identifiant les limitations biophysiques, sociales ou administratives (étape 1). Un processus solidaire est recommandé pour engager tous les acteurs dans les décisions de gestion des terres, en diagnostiquant collectivement les contextes environnementaux, sociaux, économiques, technologiques et politiques et en identifiant les principaux facteurs de dégradation (étape 2). L'état actuel de la dégradation des terres, à la fois en termes biologiques et en termes de productivité économique, est alors clairement défini (étape 3).

Une évaluation des options de gestion possibles doit ensuite être réalisée, en utilisant certains critères, comme les améliorations dans la sélection des cultures ou la productivité de la biomasse, les coûts/avantages économiques et l'acceptation sociale et culturelle (étape 4). En parallèle, les options de GDT et leur échelle potentielle sont priorisées en termes de succès précédemment démontrés, ou de facteurs locaux habilitants (étape 5). Ensuite, les projets pilotes et les sites de démonstration doivent être sélectionnés (étape 6) en ayant

© GIZ-Michael-Tsegaye

une idée claire des éléments à renforcer et du financement nécessaire (p. ex., technologie, processus ou organisation).

Le partage de l'information, l'apprentissage par les pairs et l'établissement de partenariats collaboratifs sont importants (étape 7), sans oublier la manière dont les rôles sont attribués ou partagés entre les divers intervenants (par exemple, les agriculteurs, les ONG, les agences de vulgarisation, le secteur privé, les instances administratives, les donateurs, les organismes de recherche). Enfin, un processus et des protocoles de suivi et d'évaluation sont essentiels, tant pour fournir des retours aux acteurs du projet que pour élaborer des réponses de gestion adaptées (étape 8).

Déterminer s'il existe une base solide pour un renforcement réussi dépend en grande partie des éléments de preuve disponibles. Cela peut inclure des pratiques innovantes avec des preuves objectives minimes ; une pratique prometteuse avec des rapports isolés ; un modèle qui s'est montré probant dans certains cas ; une bonne pratique documentée avec des preuves évidentes dans de nombreux cas ; de meilleures pratiques avec la preuve de l'impact apporté dans différents contextes ; ou une politique ayant fait ses preuves.[120] Dans de nombreux cas, ces innovations sont conduites par des « instigateurs » capables d'obtenir un soutien social, politique et financier absolument nécessaire. Ce cadre reconnaît également l'importance des mécanismes impliquant plusieurs acteurs dans l'extension des pratiques de SLM, qui peuvent être utilisés pour optimiser l'adaptation et l'innovation, et aller bien au-delà de la simple diffusion d'une initiative particulière.[121]

La science et les connaissances traditionnelles jouent un rôle majeur pour comprendre dans quel contexte (p. ex., contexte biophysique, socio-économique, politique, financier), une option particulière, comme l'agriculture de conservation ou l'agroforesterie, est susceptible d'être adoptée, transmise et soutenue.[122] Cela peut contribuer à éviter les déceptions causées par de nombreux projets de développement qui ont suivi leur cours et qui ont ensuite manqué de suivi, entraînant finalement l'abandon d'interventions censées être durables. En conjonction avec un cadre national global pour la neutralité en matière de dégradation des terres qui s'efforce de mettre en œuvre des projets transformateurs, ce cadre peut servir à aligner la volonté d'obtenir des avantages privés et locaux à court terme, souvent limités à une saison de végétation, avec des bénéfices publics à long terme plus larges.

CONCLUSION : ANTICIPER

Dans un monde en colère, instable et de plus en plus dangereux, le droit à la gestion des terres doit être une priorité urgente pour tous, si l'humanité ne veut pas seulement survivre mais prospérer. Les nombreuses pratiques et approches progressives mises en lumière dans ces Perspectives servent de rappel à point nommé des voies de réponse éprouvées et rentables qui façonneront un avenir prospère et plus durable fondé sur les droits, les gratifications et les responsabilités.

La première édition des *Perspectives territoriales mondiales* donne un aperçu de l'état des ressources terrestres mondiales, examine certaines tendances et suggère un programme d'actions, une sorte de nouveau pacte avec les gestionnaires fonciers. Certains thèmes clés ont émergé lors de sa préparation, mais de nombreuses questions restent sans réponse. L'histoire est pleine de facteurs variables imprévisibles : les inventions, l'effondrement de l'écosystème et les choses apparemment banales comme les changements de goût et de mode qui font tout ou partie de tout un secteur industriel, commercial ou agricole. Par leur nature, de telles événements sont difficiles à prévoir. Voici quelques questions cruciales qui, selon nous, pourraient changer radicalement l'orientation de l'utilisation des terres au cours des prochaines années et décennies.

Les petits agriculteurs survivront-ils ?

Actuellement, il y a plus d'un milliard de petits agriculteurs. Les tendances actuelles suggèrent que beaucoup, voire la plupart, disparaîtront submergés par une vague de regroupement pour former des entreprises plus grandes et plus rentables. Un tel changement est-il inévitable ? Les gens voudront-ils continuer à cultiver quelques hectares de terres lorsque d'autres opportunités seront disponibles ? Les opportunités d'emploi s'ouvriront-elles dans de nouveaux secteurs de l'économie ou la perte de ces fermes entraînera-t-elle un dénuement ? Si l'agriculture à petite échelle doit survivre, elle nécessitera une reconnaissance et un soutien positifs venus des politiques gouvernementales, des choix des consommateurs et des services de vulgarisation. L'avenir reste très incertain.

Quel avenir attend les cultures génétiquement modifiées ?

L'industrie et certains gouvernements pensent qu'ils sont indispensables à l'agriculture. Certaines données très différentes en Asie du Sud et en Afrique épinglent les promesses non tenues des cultures OGM. Les cultures génétiquement modifiées fournissent-elles réellement des avantages globaux à l'agriculture, quelle que soit l'échelle ? Ou pouvons-nous faire mieux en nous appuyant sur la culture et l'élevage à l'ancienne des plantes et du bétail ? Le projet Drought Tolerant Maize for Africa (lutte contre la sécheresse en Afrique) a développé 153 nouvelles variétés de maïs pour améliorer les récoltes dans 13 pays. Une variété d'OGM comparable prendra au moins dix ans à voir le jour.[123]

© Neil Palmer (CIAT)

Un changement à grande échelle vers des systèmes à faible utilisation d'agents chimiques entraînera-t-il une crise alimentaire ?

L'agriculture biologique peut-elle nourrir la planète ? Ou tout autre type d'agriculture moins intensive ? Beaucoup d'agriculteurs sont convaincus que l'utilisation lourde de pesticides artificiels et d'engrais sont indispensables pour augmenter la production ; les agriculteurs qui pratiquent l'agriculture biologique dans les pays en développement adoptent souvent des produits chimiques s'ils peuvent se le permettre. Un changement à grande échelle vers des systèmes à faible dose chimique entraînerait-il une crise alimentaire ? Les aliments, boissons, compléments, produits cosmétiques et autres produits issus de l'agriculture biologique représentent un marché à croissance rapide dans les pays développés, et parmi les classes moyennes émergentes dans les pays en développement. Il est encore trop tôt pour dire si l'agriculture biologique restera un marché de niche ou deviendra une source alimentaire mondiale majeure.

Quelle réponse faut-il apporter à l'accaparement des terres ? La question de l'accaparement des terres internationales attirent beaucoup d'attention, mais les élites riches qui s'approprient des terres dans leur propre pays représentent un autre problème, peut-être même plus important. Ces deux aspects du problème possèdent des ramifications sociales et politiques importantes, déplacent les communautés sans compensation et détruisent les moyens de subsistance. Est-ce que cela est inévitable étant donné que les pays riches se prémunissent contre les futures pénuries de ressources ? Ces appropriations sont difficiles à traitées par des actions juridiques et, dans de nombreux cas, sont réalisées en utilisant des moyens illégaux ou semi-légaux. Les pays et les sociétés peuvent-ils montrer la voie à travers des opportunités de crédit-bail ?

Quel est le rôle du secteur privé ?
Beaucoup des impacts négatifs de l'utilisation des terres ont été attribués à certains aspects de l'agriculture moderne, qui est pilotée par un modèle agro-industriel fortement subventionné, qui fait que tous les coûts pour la société ne sont pas payés. Pourtant, de nombreuses entreprises s'efforcent de promouvoir la durabilité, par des certifications, des politiques d'achat et d'autres moyens. L'industrie sera-t-elle un allié ou un adversaire dans la lutte contre la dégradation des terres et pour la réalisation des objectifs de développement durable ? Quels types d'incitations économiques et autres mesures fiscales feraient pencher la balance en faveur de la durabilité ?

Que se passerait-il si d'autres sources de protéines étaient adoptées massivement ?
Certains substituts de viande sont déjà pratiquement capables d'imiter le goût de la viande ; dans quelques années, ils seront indiscernables et moins coûteux à bien des égards. Ils ne seront à l'origine d'aucun traitement inhumain envers les animaux qui sont aujourd'hui inhérents à la production industrielle de viande. Le nombre de végétariens et végétaliens augmente rapidement ; une nouvelle génération de produits à base de plantes tout aussi goûtus et nutritifs que nos aliments d'aujourd'hui pourrait transformer de grands pans de notre système alimentaire en quelques décennies. Lorsqu'on y associe une baisse des prix pour les produits locaux, biologiques et équitables ainsi qu'une diminution du gaspillage/des pertes alimentaires, il est possible de réduire considérablement la demande en ressources terrestres.

Les technologies et innovations émergentes arriveront-elles à s'imposer à grande échelle ?
Les technologies traditionnelles ont tendance à être peu coûteuses et efficaces, mais la science moderne peut-elle révolutionner leur mise en œuvre à des échelles plus importantes ? Les tours Warka utilisent simplement la gravité, la condensation et l'évaporation pour récolter de l'eau potable dans l'atmosphère (pluie, brouillard et rosée). Des innovations comme celles-ci, détenues et exploitées par des communautés, peuvent faire naître de grands changements au niveau local. Le système Vallerani est basé sur l'ensemencement direct de graines d'arbustes et d'arbres d'espèces indigènes localement disponibles, mais c'est la mécanisation des techniques traditionnelles « zaï » et les murets semi-circulaires pour la récolte d'eau qui rendent possibles certains progrés, chaque tracteur étant capable de réhabiliter environ 1 500 à 2 500 hectares par an. De même, pourrons-nous restaurer de vastes étendues de forêts à l'aide de drones ? L'agriculture de précision réduira-t-elle les écarts de récolte et protégera-t-elle nos ressources en eau et la biodiversité ? Il existe de nombreuses questions importantes et nous nous efforcerons à ce que la deuxième édition des *Perspectives territoriales mondiales* soit en mesure de fournir des réponses.

RÉFÉRENCES

1 Foley, J.A. 2017. Living by the lessons of the planet. Science **356** (6335): 251-252.

2 UNCCD. 2015. Integration of the sustainable development goals and targets into the implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification and the Intergovernmental Working Group on land degradation neutrality. Decision 3/COP12.

3 Orr, B.J., Cowie, A.L., Castillo Sanchez, V.M., Chasek, P., Crossman, N.D., Erlewein, A., Louwagie, G., Maron, M., Metternicht, G.I., Minelli, S., Tengberg, A.E., Walter, S., and Welton, S. 2017. Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn. http://www2.unccd.int/sites/default/files/documents/LDN%20Scientific%20Conceptual%20Framework_FINAL.pdf

4 UNCCD. 2016. Achieving Land Degradation Neutrality at a Country Level: Building blocks for LDN target setting. UNCCD, Bonn.

5 UNCCD. 2017. Scaling up Land Degradation Neutrality Target Setting: From lessons to actions: 14 pilot countries' experiences. UNCCD, Bonn.

6 http://www.unccd.int/en/programmes/Science/Monitoring-Assessment/Documents/Decision22-COP11.pdf

7 Reed, J., van Vianen, J., Deakin, E.L., Barlow, J., and Sunderland, T. 2016. Integrated landscape approaches to managing social and environmental issues in the tropics: Learning from the past to guide the future. Global Change Biology **22**: 2540-2554.

8 Sayer, J., Sunderland, T., Ghazoul, J., Pfund, J.L., Sheil, D., et al. 2013. Ten principles for a landscape approach to reconciling agriculture, conservation, and other competing land uses. Proceedings of the National Academy of Sciences **110** (21): 8349-8356.

9 McShane, T.O., Hirsch, P.D., Trung, T.C., Songorwa, A.N., Kinzig, A., et al. 2011. Hard choices: Making trade-offs between biodiversity conservation and human well-being. Biological Conservation **144**: 966-972.

10 Shames, S., Scherr, S.J., and Friedman, R. 2013. Defining Integrated Landscape Management for Policy Makers. EcoAgriculture Partners, Washington, DC.

11 Milder, J.C., Hart, A.K., Dobie, P., Minai, J., and Zaleski, C. 2014. Integrated landscape initiatives for African agriculture, development, and conservation: A region-wide assessment. World Development **54**: 68-80.

12 Estrada-Carmona, N., Hart, A.K., DeClerck, F.A.J., Harvey, C.A., and Milder, J.C. 2014. Integrated landscape management for agriculture, rural livelihoods, and ecosystem conservation: An assessment of experience from Latin America and the Caribbean. Landscape and Urban Planning, **129**: 1-11.

13 García-Martín, M., Bieling, C., Hart, A., and Plieninger, T. 2016. Integrated landscape initiatives in Europe: Multi-sector collaboration in multi-functional landscapes. Land Use Policy **58**: 45-53.

14 Shames, S., et al. 2013. Op. cit.

15 Thaxton, M., Shames, S., and Scherr, S.J. 2017. Integrated Landscape Management: An approach to achieve equitable and participatory sustainable development. GLO Working Paper for UNCCD.

16 Brouwer, H., Woodhill, J., Hemmati, M., Verhoosel, K., and van Vuft, S. 2015. The MSP Guide: How to Design and Facilitate Multi-Stakeholder Partnerships. The Netherlands: Centre for Development Innovation (CDI), Wageningen.

17 Neely, C. and Chesterman, S. 2015. Stakeholder Approach to Risked-informed and Evidence-based Decision-making (SHARED). World Agroforestry Centre, Nairobi.

18 Denier, L., Scherr, S.J., Shames, S., Chatterton, P., Hovani, L., et al. 2015. The Little Sustainable Landscapes Book. Global Canopy Programme, Oxford.

19 FAO. 1993. Guidelines for land-use planning. Development Series 1. Rome.

20 Metternicht, G. 2017. Land use and spatial planning to support sustainable land management. GLO Working Paper.

21 Kami, J.D.K., Mwita, V., Flintan, F., and Liversage, H. 2016. Making village land use planning work in rangelands: The experience of the sustainable rangeland management project, Tanzania, in 2016 World Bank Conference on Land and Poverty. World Bank, Washington, DC, p. 30.

22 Galland, D. 2012. Understanding the Reorientations and Roles of Spatial Planning: The Case of National Planning Policy in Denmark. European Planning Studies **20** (8): 1359-1392.

23 Wallace, G., Barborak, J., and MacFarland, C. 2003. Land use planning and regulation in and around protected areas: A study of best practices and capacity building needs in Mexico and Central America, Paper presented at the 5th World Parks Congress, Durban, South Africa.

24 Albert, P. 1996. Integrated conservation and development projects. Bioscience **46** (11): 845-855.

25 GIZ, 2017. Conservation and sustainable use of the Selva Maya. Project description: https://www.giz.de/en/worldwide/13435.html accessed April 7, 2017.

26 Wilson, E.O. 2016. Half-Earth: Our Planet's Fight for Life. Liveright Publishing, London, UK.

27 Convention on Biological Diversity, 2010. Strategic Plan on Biodiversity 2011-2020. https://www.cbd.int/sp/

28 United Nations. 2016. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. New York.

29 Büscher, B., Fletcher, R., Brockington, D., Sandbrook, C., Adams, W.M., et al. 2016. Half earth or whole earth: radical ideas for conservation and their implications. Oryx doi:10.1017/S0030605316001228.

30 Convention on Biological Diversity, 2010. Op. cit.

31 Dudley, N. (ed.) 2008. Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. IUCN, Gland, Switzerland.

32 Lopoukhine, N. and Dias, B.F. 2012. Editorial: What does Target 11 really mean? PARKS **18** (1): 5-8.

33 Borrini-Feyerabend, G., Dudley, N., Jaeger, T., Lassen, B., Pathak Broome, N., et al. 2013. Governance of Protected Areas: From understanding to action. IUCN, Gland, Switzerland.

34 Nelson, A. and Chomitz, K. 2009. Protected Area Effectiveness in Reducing Tropical Deforestation, The World Bank, Washington, DC.

35 Joppa, L.N. and Pfaff, A. 2011. Global protected area impacts. Proceedings of the National Academy of Sciences **278**: 1633-1638.

36 WWF. 2016. Living Planet Report 2016. Risk and resilience in a new era. WWF International, Gland, Switzerland.

37 Butchart, S.H.M., Stattersfield, A.J., and Collar, N.J. 2006. How many bird extinctions have we prevented? Oryx **40**: 266-278.

38 Young, R.P., Hudson, M.A., Terry, A.M.R., Jones, C.G., Lewis, R.E., et al. 2014. Accounting for conservation: Using the IUCN Red List Index to evaluate the impact of a conservation organization. Biological Conservation **180**: 84-96.

39 Hoffmann, M., Duckworth, J.W., Holmes, K., Mallon, D.P., Rodrigues, A.S.L., et al. 2015.The difference conservation makes to extinction risk of the world's ungulates. Conservation Biology **29**: 1303-1313.

40 Kami, J.D.K., Mwita, V., Flintan, F., and Liversage, H. 2016. Making village land use planning work in rangelands: the experience of the sustainable rangeland management project, Tanzania. In World Bank Conference on Land and Poverty. Washington, DC.

41 Jonas, H., Barbuto, V., Jonas, H.C., Kothari, A., and Nelson, F. 2014. New steps of change: Looking beyond protected areas to consider other effective area based conservation measures. PARKS **20** (2): 111-128.

42 IUCN. 2017. Guidelines for recognizing and reporting other effective area-based conservation measures – draft document, IUCN, Gland, Switzerland.

43 Laffoley, D., Dudley, N., Jonas, H., MacKinnon, D., MacKinnon, K., et al. 2017. An introduction to 'other effective area-based conservation measures' under Aichi Target 11 of the Convention on Biological Diversity: Origin, interpretation and some emerging ocean issues. Journal of Aquatic Conservation.

44 Laestadius, L., Maginnis, S., Minnemeyer, S., Potapov, P., Saint-Laurent, C., et al. 2011. Mapping opportunities for forest landscape restoration. Unasylva **238**: 47-48.

45 IUCN. 2015. Rwanda's Green Wall: Opportunities to engage private sector investors in Rwanda's forest landscape restoration. IUCN, Gland, Switzerland.

46 http://www.bonnchallenge.org/blog/cameroon-restore-12-million-hectares-forest-species-rich-congo-basin accessed March 3, 2017.

47 http://www.bonnchallenge.org/blog/brazil-restore-12-million-hectares-forests-under-bonn-challenge-biodiversity-and-climate accessed March 3, 2017.

48 www.bonnchallenge.org/ accessed March 3, 2017.

49 Lee, S.K., Park, P.S., and Park, Y.D. 2016. Forest restoration and rehabilitation in the Republic of Korea. In Stanturf, J.A. (ed.) Restoration of Boreal and Temperate Forests. CRC Press, Boca Raton, London and New York. 2nd edition.

50 Provided by Stefan Leu, Sustainability Lab.

51 Leu, S., Mussery, A.M., and Budovsky, A. 2014. The effects of long time conservation of heavily grazed shrubland: A case study in the Northern Negev, Israel. Environmental Management **54** (2): 309-319.

52 Helman, D., Mussery, A., Lensky, I. M., and Leu, S. 2014. Detecting changes in biomass productivity in a different land management regimes in drylands using satellite-derived vegetation index. Soil Use and Management **30**: 32-39.

53 Leu, S., et al. 2014. Op. cit.

54 Abu Rabia, K., Solowey, E., and Leu, S. 2009. Desert agriculture of the Negev Bedouin: Potential for socio-economic development and ecological rehabilitation. Management of Environmental Quality **19** (3): 353-366.

55 Mor-Mussery, A., Leu, S., and Budovsky, A. 2013. Modeling the optimal grazing regime of Acacia victoriae silvopasture in the Northern Negev, Israel. Journal of Arid Environments **94**: 27-36.

56 Ibid.

57 Abu Rabia, K., et al. 2009. Op. cit.

58 Ibid.

59 Raymond, C.M., Bieling, C., Fagerholm, N., Martin-Lopez, B., and Plieninger, T. 2015. The farmer as landscape steward: Comparing local understandings of landscape stewardship, landscape values and land management actions. Ambio. DOI 10.1007/s13280-015-0694-0.

60 Godfray, C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., et al. 2010. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. Science **327**: 812-818.

61 Lang, T. and Heasman, M. 2015 (2nd edition). Food Wars: The global battle for mouths, minds and market. Earthscan, Oxford.

62 Swinton, S.M., Lupi, F., Robertson, G.P., and Hamilton, S.K. 2007. Ecosystem services and agriculture: Cultivating agricultural systems for diverse benefits. Ecological Economics **64** (2): 245-252.

63 Lowder, S.K., Skoet, J., and Raney, T. 2016. The number, size, and distribution of farms, smallholder farms, and family farms worldwide. World Development **87**: 16-29.

64 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2015. Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. Insects **6**: 152-182.

65 Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. Proceedings of the Royal Society B **363**: 447-465.

66 Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T.C., Jackson, L., Motzke, I., et al. 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. Biological Conservation **151**: 53-59.

67 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Sustainable intensification in agricultural systems. Annals of Botany-London **114** (8): 1571-1596. doi:10.1093/aob/mcu205.

68 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2015. Op. cit.

69 Bommarco, R., Kleijn, D., and Potts, S.G. 2013. Ecological intensification: Harnessing ecosystem services for food security. Trends in Ecology and Evolution **28**, (4): pp. 230-238.

70 Ssekandi, W., Mulumba, J.W., Colangelo, P., Nankya, R., Fadda, C., et al. 2016. The use of common bean (Phaseolus vulgaris) traditional varieties and their mixtures with commercial varieties to manage bean fly (Ophiomyia spp.) infestations in Uganda, Journal of Pest Science **89**: 45-57.

71 Mulumba, J.W., Nankya, R., Adokorach, J., Kiwuka, C., Fadda, C., et al. 2012. A risk-minimizing argument for traditional crop varietal diversity use to reduce pest and disease damage in agricultural ecosystems in Uganda. Agriculture, Ecosystems and the Environment **157**: 70-86.

72 Pretty, J. and Bharucha, Z.P. 2014. Op. cit.

73 Waddington, H., Snilstveit, B., Hombrados, J., Vojtkova, M., Phillips, D., et al. 2014. Farmer Field Schools for improving farmer outcomes: A systematic review. Campbell Systematic Reviews 2016: 6.

74 De Schutter, O. and Vanloqueran, G. 2011. The new green revolution: How 21st century science can feed the world. Solutions **2** (4): 33-44.

75 Chamling, P. 2010. Sikkim Organic Mission 2015. Gangtok, India: Food Security and Agriculture Development Department, Government of Sikkim.

76 Neuhoff, D., Tashi, S., Rahmann, G., and Denich, M. 2014. Organic agriculture in Bhutan: Potential and challenges. Organic Agriculture **4**: 209-221.

77 Moonen, T. and Clark, G. 2013. The Business of Cities 2013. Jones Lang LaSalle.

78 Adelekan, I.O. 2009. Vulnerability of Poor Urban Coastal Communities to Climate Change in Lagos, Nigeria. Paper presented at the Fifth Urban Research Symposium, Marseille, France June 28-30, 2009.

79 Jones Lang LaSalle. 2013. The African Century: Twelve Pillars of Africa's Future Success. African Cities Research.

80 Newton, P.W. 2012. Livable and sustainable? Socio-technical challenges for twenty-first century cities. Journal of Urban Technology **19** (1): 81-102.

81 FAO. 2012. Growing greener cities in Africa. First status report on urban and peri-urban horticulture in Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

82 Watkins, M.H. and Griffith, C.A. (eds.). 2015. Synthesis Report from the 2nd International Conference on Urbanization and Global Environmental Change. Urban Transitions & Transformations: Science, Synthesis and Policy. Urbanization and Global Environmental Change Project, Tempe, USA.

83 Seitzinger, S.P., Svedin, U., Crumley, C.L., Steffen, W., Abdullah, S.A., et al. 2012. Planetary stewardship in an urbanising world: Beyond city limits. Ambio **41**: 787-704.

84 This box is drawn from Raschio, G. 2016. Working paper on land value chains. Produced for UNCCD as a contribution to the Global Land Outlook.

85 Taglioni, D., and Winkler, D. 2014. Making Global Value Chains Work for Development. http://siteresources.worldbank.org/EXTPREMNET/Resources/EP143.pdf.

86 Hernández, R.A, Martínez-Piva, J.M., and Mulder, N. 2014. Global Value Chains and World Trade: Prospects and Challenges for Latin America. ECLAC Book. Vol. 17. Santiago, Chile: Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).

87 Abdulsamad, A., Frederick, S., Guinn, A., and Gereffi, G. 2015. Pro-Poor Development and Power Asymmetries in Global Value Chains http://www.cggc.duke.edu/pdfs/Pro-PoorDevelopment_and_PowerAsymmetries_inGlobalValueChains_Final.pdf.

88 Yu, Y., Feng, K., and Hubacek, K. 2013. Tele-connecting local consumption to global land use. Global Environmental Change **23** (5): 1178-1186.

89 McCullough, E.B., Pingali, P.L., and Stamoulis, K.G. 2008. Small farms and the transformation of food systems: An overview. In Semba, R.D. and Bloem, M.W. (eds.) Nutrition and Health in Developing Countries **1**. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.

90 Gereffi, G., and Lee J. 2012. Why the world suddenly cares about global supply chains. Journal of Supply Chain Management **48** (3): 24-32.

91 Murphy, S., Burch, D., and Clapp J. 2012. Cereal secrets: The world's largest commodity traders and global trends in agriculture. Oxfam Research, August 2012: 1-79.

92 Brown, O. and Sander, C. 2007. Supermarket Buying Power: Global Supply Chains and Smallholder Farmers. IISD, Canada.

93 Lee, J., Gereffi, G., and Beauvais, J. 2012. Global value chains and agrifood standards: Challenges and possibilities for smallholders in developing countries. Proceedings of the National Academy of Sciences **109** (31): 12326–31.

94 https://www.theguardian.com/world/2016/jun/20/chinas-meat-consumption-climate-change, accessed May 7, 2017. Source material (in Chinese): http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzAxODEwNzYzOA==&mid=2650236377&idx=1&sn=54b06cf4ab6cf2f71a6504c9ca32df59

95 FAO. 2011. Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention. Rome.

96 Stuart, T. (2009). Waste: Uncovering the global food scandal. WW Norton & Company.

97 http://www.nytimes.com/2016/12/07/opinion/a-blueprint-for-the-future-of-food.html.

98 Lipinski B, Hanson C, Lomax J, Kitinoja L, Waite R, et al 2013. Reducing Food Loss and Waste. World Resources Institute, Washington, DC.

99 FAO. 1989. Prevention of post-harvest food losses fruits, vegetables and root crops a training manual. Rome

100 Liniger, H., Mekdaschi, R., Moll, P., and Zander, U. 2017. Making sense of research for sustainable land management. WOCAT, Berne, Switzerland.

101 African Union and Panafrican Agency of the Great Green Wall, 2010. Harmonised regional strategy for implementation of the "Great Green Wall Initiative of the Sahara and the Sahel."

102 UNCCD. 2016. The Great Green Wall: Hope for the Sahara and Sahel. Bonn, Germany.

103 Global Mechanism. The Great Green Wall for the Sahara and the Sahel Initiative. Facts and figures. http://www.global-mechanism.org/content/great-green-wall-sahara-and-sahel-initiative.

104 Ivie Ihejirika, P. 2016. Desertification: Ensuring sustainable future for communities through GGW. Leadership, Nigeria's most influential newspaper. http://leadership.ng/features/505887/desertification-ensuring-sustainable-future-communities-ggw.

105 State Forestry Administration. 2011. A Bulletin of Status Quo of Desertification and Sandification in China. Government Report, Beijing.

106 UNCCD. 2011. Desertification: A visual synthesis. UN Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany.

107 Feng, Q., Ma, Hua, Jiang, X., Wang, X. et al. 2015.What has caused desertification in China? Nature Scientific Reports **5**, number 15998. DOI: 10.1038/srep15998

108 Economist. 2014. Great green wall: Vast tree planting in arid regions is failing to halt the desert's march. The Economist August 23, 2014, London.

109 Enemark, S. 2005. Understanding the land management paradigm. In Symposium on Innovative Technology for Land Administration: FIG Commission 7 (pp. 17-27).

110 Fafchamps, M. and Quisumbing, A.R. 2002. Control and ownership of assets within rural Ethiopian households. Journal of Development Studies **38** (6): 47-82.

111 Provided by Victor Mares, CIP.

112 Committee on World Food Security. 2016. Compilation of experiences and good practices in the use and application of the Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security.

113 Chavan, S.B., Keerthika, A., Dhyani, S.K., Handa, A.K., Newaj, R., et al. 2015. National agroforestry policy in India: A low hanging fruit. Current Science **108** (10): 1826.

114 http://www.forbes.com/sites/maggiemcgrath/2016/12/05/in-a-hedge-against-a-meatless-future-tyson-foods-launches-150-million-vc-fund/#7f8b1e415d01

115 https://www.impossiblefoods.com/burger/

116 Reij, C. and Garrity, D. 2016. Scaling up farmer-managed natural regeneration in Africa to restore degraded landscapes. Biotropica **48** (6): 834-843.

117 Thomas, R.J., Reed, M., Appadurai, A.N., Mills, A.J., Kodsi, E., et al. 2017. Scaling up: Sustainable Land Management and Restoration of Degraded Land. Working Paper produced for the Global Land Outlook.

118 https://www.wocat.net/

119 Thomas, R.J., et al. 2017. Op. cit.

120 MSI. 2012. Scaling up – from vision to large-scale change: Tools and techniques for practitioners. Management Systems International, Washington, DC.

121 Wigboldus, S. and Leeuwis, C. 2013. Towards responsible scaling up and out in agricultural development: An exploration of concepts and principles. Centre for Development Innovation, Wageningen, The Netherlands.

122 Whitfield, S., Dougill, A.J., Dyer, J.C., Kalaba, F.K., Leventon, J., et al. 2015. Critical reflection on knowledge and narratives of conservation agriculture. Geoforum **60**: 133-142.

123 Gilbert, N. 2016. Cross-bred crops get fit faster. Nature **513**: 292.

© Centre international pour la recherche en agroforesterie

© GIZ-Joerg Boethling

Annexe 1

LE CADRE CONCEPTUEL SCIENTIFIQUE POUR LA NEUTRALITÉ EN MATIÈRE DE DÉGRADATION DES TERRES

Annette L. Cowie
et Barron J. Orr

Annexe 1

LE CADRE CONCEPTUEL SCIENTIFIQUE POUR LA LDN

Les ressources foncières fournissent de la nourriture, du fourrage et des fibres et elles appuient les services de réglementation et de soutien souvent négligés dont dépendent ces services d'approvisionnement, ainsi que les services culturels fournis par des écosystèmes sains. La pression sur les ressources terrestres durables dans le monde augmentera au fur et à mesure que la population grandira et son affluence augmentera. La concurrence accrue pour les ressources foncières est susceptible d'accroître l'instabilité sociale et politique, exacerbant l'insécurité alimentaire, la pauvreté, les conflits et les migrations. Le maintien de la capacité de la terre à fournir des services écosystémiques dépendra de la résilience de la base de ressources foncières.

Alors que les demandes en ressources terrestres mondiales augmentent, la santé globale et la productivité de la terre diminuent. Ainsi, il est essentiel de trouver des mesures efficaces afin de lutter contre la dégradation des terres. L'évitement et l'inversion de la dégradation des terres constitueront des avantages pour l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques, ainsi que pour la conservation de la biodiversité, en plus d'améliorer la sécurité alimentaire et le développement durable.

La neutralité en matière de dégradation des terres (LDN) est le nouveau paradigme afin de gérer la dégradation des terres, introduit pour mettre fin à la perte continue de terres saines due à une gestion insoutenable et à la conversion des terres. Défini comme « un état dans lequel la quantité et la qualité des ressources foncières nécessaires pour soutenir les fonctions et les services de l'écosystème et pour améliorer la sécurité alimentaire restent stables ou augmentent dans des échelles temporelles et spatiales et des écosystèmes déterminés »,[1] l'objectif de la LDN est de maintenir la base des ressources foncières afin qu'elle puisse continuer à fournir des services écosystémiques, tels que la fourniture de nourriture et la régulation de l'eau et du climat, tout en améliorant la résilience des communautés qui dépendent de la terre.

L'objectif de la LDN est un point important dans le cadre du Programme mondial de développement durable à l'horizon 2030 : la LDN soutiendra la réalisation de multiples Objectifs de développement durable (ODD) liés à la sécurité alimentaire, à la réduction de la pauvreté, à la protection de l'environnement et à l'utilisation durable des ressources naturelles.

Aperçu du cadre conceptuel

Le cadre conceptuel scientifique pour la neutralité en matière de dégradation des terres[2] fournit une base scientifique pour la planification, la mise en œuvre et le suivi de la LDN. Il a été développé par un groupe d'experts dirigé par l'Interface science-politique (SPI) de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), et il a été examiné par des experts techniques et des décideurs. En définissant le concept de la LDN en termes opérationnels, le cadre est conçu afin de créer un pont entre la vision et sa mise en œuvre pratique. Il articule la base scientifique de la vision et de la logique de la LDN et, sur cette base, il présente une stratégie pour la réalisation de la LDN, une approche de la surveillance du statut de la LDN et des conseils sur l'interprétation des résultats de la surveillance.

Les objectifs de la LDN, tels qu'ils sont articulés dans le cadre conceptuel, sont les suivants :

- Maintenir ou améliorer les services écosystémiques ;
- Maintenir ou améliorer la productivité pour améliorer la sécurité alimentaire ;
- Augmenter la résilience des terres et des populations dépendant de la terre ;
- Rechercher des synergies avec d'autres objectifs environnementaux ;
- Renforcer la gouvernance responsable du régime foncier.

Le cadre est structuré autour de cinq « modules » : la *Vision de la LDN*, qui articule l'objectif ambitieux de la LDN ; le *Cadre de référence*qui explique la ligne de base de la LDN par rapport à laquelle la réalisation est mesurée ; le *Mécanisme de neutralité*qui décrit le mécanisme de contrepartie ; *Atteindre la neutralité*qui présente la théorie du changement (modèle logique) décrivant la voie d'implémentation de la LDN, dont l'analyse préparatoire et les politiques d'habilitation ; et *Surveiller la neutralité*qui présente les indicateurs d'évaluation de la réalisation de la LDN. Le cadre conceptuel est décrit dans un rapport qui présente les cinq modules et qui met l'accent sur l'aspect de neutralité de la LDN, mettant en évidence les caractéristiques de la LDN qui diffèrent des approches historiques d'évaluation et de gestion de la dégradation des terres.

Le cadre présente les principes à suivre par tous les pays qui choisissent de poursuivre la LDN. Les principes régissent l'application du cadre et ils contribuent à prévenir les résultats imprévus lors de la mise en œuvre et du suivi de la LDN. Il existe une certaine souplesse dans l'application de nombreux principes, mais la structure et l'approche fondamentales du cadre sont fixées, afin d'assurer la cohérence et la rigueur scientifique. Le cadre conceptuel est résumé dans la figure 1.

Afin d'atteindre la cible de l'ODD d'un monde sans dégradation des terres, les pays ont été invités à s'engager volontairement envers la LDN au niveau national. Bien que la portée de la Convention soit limitée aux zones arides, le cadre conceptuel de la LDN est destiné à s'appliquer à tous les types de terre, à toutes utilisations des terres et à tous services écosystémiques, afin que les pays piussent l'utiliser en fonction de leur situation individuelle. Ainsi, le cadre conceptuel de la LDN est conçu pour s'appliquer à toutes les utilisations de la terre (c.-à-d. les terres gérées pour la production ; par ex. l'agriculture, la foresterie, la conservation ; par ex. les aires protégées, ainsi que les terres occupées par les établissements humains et les infrastructures) et à tous les types de dégradation des terres, dans les circonstances de la variété de pays, afin de pouvoir être mis en œuvre de manière harmonisée par tous les pays qui choisissent de poursuivre la LDN.

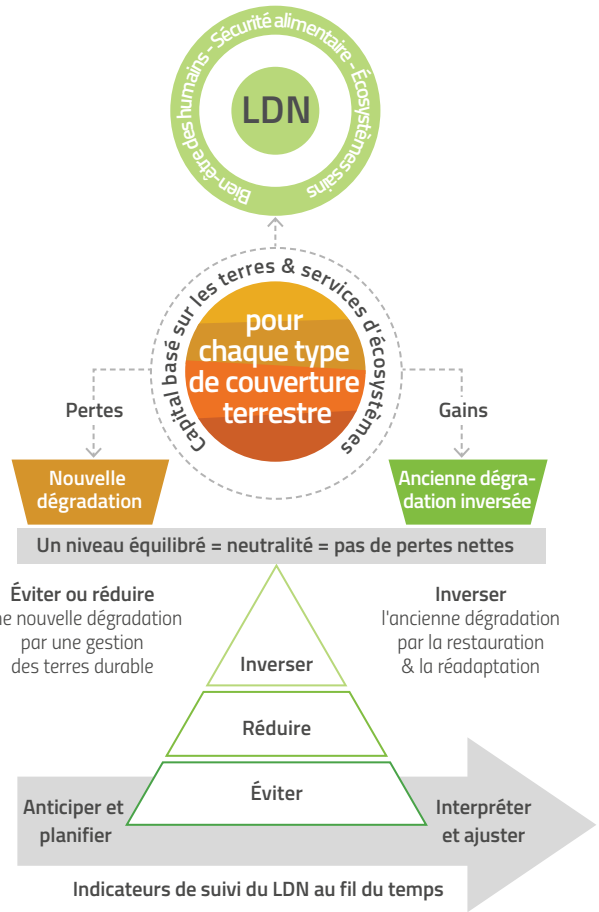


Figure 1 : Schéma du cadre conceptuel scientifique pour la neutralité en matière de dégradation des terres

Les éléments du cadre conceptuel

La vision et la base de référence L'objectif ambitieux de la LDN est de maintenir ou d'améliorer le capital naturel de la terre et les services écosystémiques terrestres associés. Par conséquent, la poursuite de la LDN nécessite des efforts afin d'éviter une perte nette supplémentaire du capital naturel terrestre par rapport à un état de référence ou à une base de référence. Ainsi, contrairement aux approches antérieures, la LDN crée une cible pour la gestion de la dégradation des terres, en favorisant une approche à deux volets de mesures visant à éviter ou à réduire la dégradation des terres, combinée à des mesures visant à inverser la dégradation passée. L'intention est que les pertes soient compensées par les gains, afin de parvenir à une situation de perte nette de terres saines et productives.

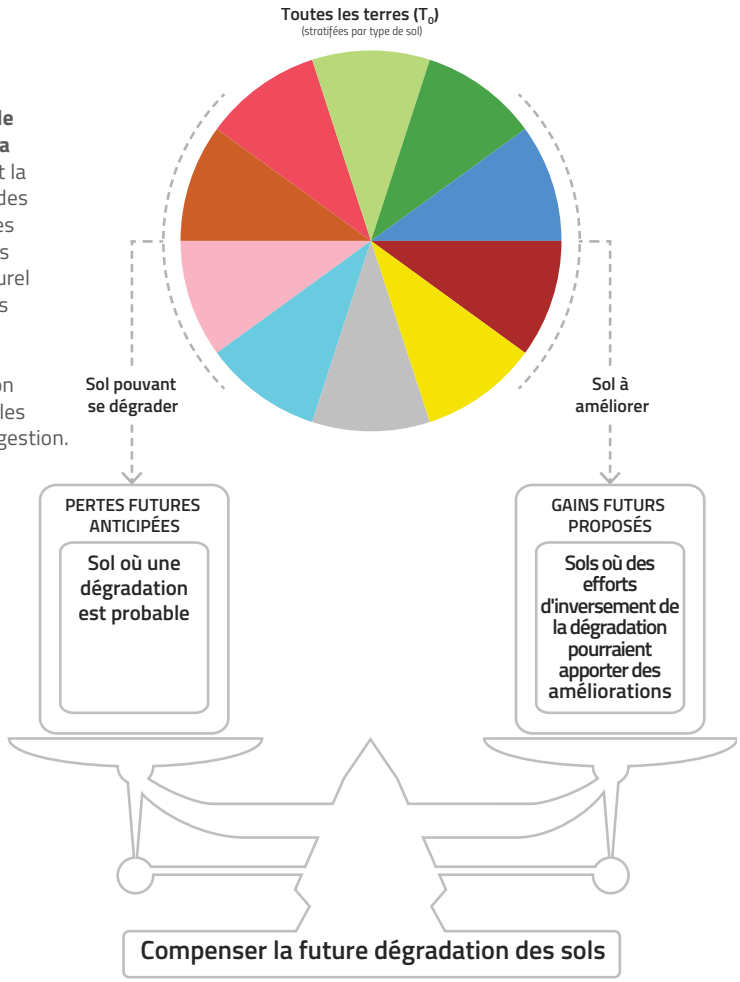


Figure 2 : Le mécanisme de la LDN pour la neutralité est la contrepartie des gains et pertes anticipés dans le capital naturel terrestre dans des types de terre uniques par l'utilisation des terres et les décisions de gestion.

Aménagement du territoire intégré et mécanisme de contrepoids Réaliser la LDN nécessitera le suivi des changements d'utilisation des terres où la dégradation est prévue afin que les impacts négatifs cumulatifs puissent être estimés et la mise en place d'un mélange optimal d'interventions visant à éviter, à réduire ou à inverser la dégradation des terres dans le but d'atteindre la neutralité à l'échelle nationale. Ainsi, le cadre conceptuel introduit une nouvelle approche dans laquelle la gestion de la dégradation des terres est couplée à l'aménagement du territoire. Les décideurs sont encouragés et guidés à considérer les effets cumulatifs sur la santé et sur la productivité des ressources foncières d'une nation causés par l'impact collectif de leurs décisions individuelles qui influencent la gestion de parcelles de terrain particulières. La LDN favorise ainsi un aménagement du territoire intégré, avec un horizon de planification à long terme prenant en compte l'impact probable des changements climatiques. Le mécanisme de contrepartie nécessite la mise en œuvre d'interventions qui permettront d'obtenir des gains en capital naturel terrestre égaux ou supérieurs aux pertes prévues dues à une dégradation ailleurs (voir la figure 2).

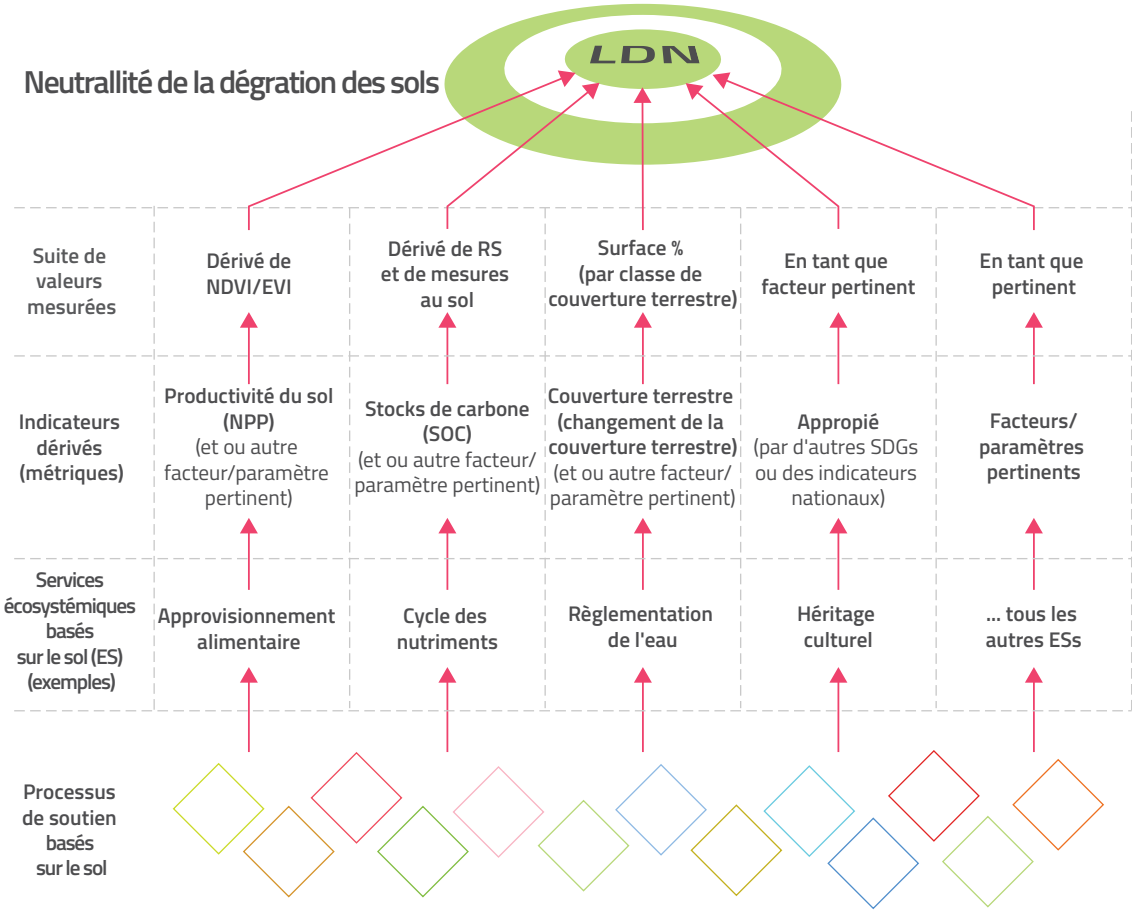
Atteindre la neutralité Les actions visant à atteindre la LDN incluent des approches durables de gestion des terres qui évitent ou réduisent la dégradation, associées à des efforts visant à inverser la dégradation par la restauration ou la réhabilitation des terres dégradées. La hiérarchie de la réponse Éviter > Réduire > Inverser la dégradation des terres (voir la figure 3) exprime les priorités dans la planification des interventions de la LDN : la plupart des efforts devraient être appliqués afin d'éviter la dégradation des terres, selon l'adage « mieux vaut prévenir que guérir », car la restauration des terres dégradées prend beaucoup de temps et elle coûte cher. La mise en œuvre de la LDN est gérée à l'échelle du paysage. La contrepartie des pertes anticipées avec des mesures visant à obtenir des gains équivalents doit être entreprise dans chaque type de terre. Les types de terre sont définis par le potentiel de la terre, qui reflète les propriétés inhérentes, telles que le type de sol, la topographie, l'hydrologie, les caractéristiques biologiques et climatiques.

Figure 3 : La hiérarchie de réponse de la LDN encourage une large adoption de mesures visant à éviter et à réduire la dégradation des sols, combinée à une action localisée afin d'inverser la dégradation et réaliser la LDN dans chaque type de terre.

Le potentiel foncier influence la composition et la productivité de la communauté végétale et il détermine l'aptitude à des utilisations telles que la culture, le pâturage, la foresterie, l'infrastructure ou le développement urbain. La contrepartie ne se produira généralement pas entre différents types de terre, afin d'assurer l'équivalence, lors de l'évaluation et de la gestion du contrepoids entre les pertes et les gains. En d'autres termes, un gain d'un type de terre ne peut pas compenser une perte dans un type de terre différent. En outre, les terres compensées devraient avoir une valeur de capital naturel élevée ou supérieure à celle qui devrait être perdue. Notez également que les terres ayant les mêmes caractéristiques biophysiques peuvent avoir une valeur différente en ce qui concerne le bien-être humain et les moyens de subsistance en fonction de l'endroit où elles se trouvent. On devrait éviter les pertes de contrepartie dans les types de terre gérés pour la conservation avec des gains dans les types de terre gérés pour la production.

Pour atteindre les objectifs de développement plus larges de la Convention et les Objectifs de développement durable, les activités de la LDN devraient viser à obtenir des résultats « gagnant-gagnant » dans lesquels la restauration et la réhabilitation des terres contribuent à des objectifs environnementaux plus larges et à des moyens de subsistance plus durables. La planification des mesures de la LDN devrait donc tenir compte de l'ensemble des implications environnementales, sociales et économiques des options alternatives. La résilience des mesures devrait être évaluée, afin de s'assurer que les activités de restauration entreprises apporteront une contrepartie de la dégradation à plus long terme.

Figure 4 : Sélection d'indicateurs basés sur les services écosystémiques à contrôler



Surveillance de la LDN Surveiller la réalisation de la neutralité permettra de quantifier l'équilibre entre la zone de gains (changements positifs significatifs dans les indicateurs de la LDN = améliorations) et la zone de pertes (changements négatifs significatifs dans les indicateurs de la LDN = dégradation), au sein de chaque type de terre dans le paysage. Les indicateurs de la LDN précisent ce qu'il faut mesurer, tandis que les paramètres indiquent comment chacun des indicateurs est évalué. Les indicateurs pour la LDN ont été sélectionnés afin de refléter les services écosystémiques basés sur le sol que la LDN cherche à soutenir. La relation entre les services écosystémiques, les indicateurs et les paramètres est illustrée à la figure 4.

Les indicateurs mondiaux de la LDN (et les mesures associées) sont la couverture terrestre (changement de couverture terrestre), la productivité foncière (production primaire nette) et les stocks de carbone (stocks de carbone organique du sol). Ces indicateurs sont appliqués selon une approche « tout ou rien » : si l'un des indicateurs montre des changements négatifs significatifs, il est considéré comme une perte et inversement, si au moins un indicateur montre une tendance positive et aucun ne montre une tendance négative, il est considéré comme un gain. Les pays sont encouragés à compléter les trois indicateurs mondiaux avec des indicateurs supplémentaires pour les services écosystémiques non couverts par les trois indicateurs mondiaux, qui peuvent inclure d'autres indicateurs d'ODD et/ou des indicateurs nationaux pertinents dans leur contexte, tels que les mesures de contamination des terres ou les impacts sur la biodiversité. Un examen participatif des résultats de la surveillance aidera à assurer leur exactitude et leur pertinence locale, permettant des affinements afin de tenir compte des faux positifs, comme l'empiétement invasif des arbustes.

Gouvernance, engagement des acteurs et apprentissage

La gouvernance de la LDN est un élément critique. Des politiques appropriées devraient être adoptées pour soutenir la mise en œuvre de la LDN. Des garanties devraient être mises en place afin de s'assurer que les communautés vulnérables ne soient pas déplacées lorsque les terres sont ciblées pour des activités de restauration. Le cadre conceptuel recommande l'adoption des Directives volontaires pour une gouvernance responsable des régimes fonciers applicables aux terres, aux pêches et aux forêts dans le contexte de la sécurité alimentaire nationale (VGGT), qui fournissent des conseils pratiques sur la façon de protéger les droits des utilisateurs locaux des terres, notamment les individus et communautés qui n'ont pas de défenseur pour les décisions d'utilisation des terres.

Les acteurs devraient participer à la planification et la mise en œuvre de la LDN, ainsi qu'à la vérification et à l'interprétation des résultats de la surveillance.

Il existe de nombreux groupes d'acteurs pertinents, dont les utilisateurs des terres, les décideurs et les organismes de réglementation au niveau local, régional et national impliqués dans l'aménagement du territoire et la gestion des ressources ; les experts en évaluation foncière et restauration et les agents de vulgarisation agricole. Lorsqu'il est disponible et efficace, l'engagement des acteurs envers la LDN devrait utiliser les réseaux locaux et régionaux existants.

L'apprentissage est un élément transversal clé du cadre conceptuel de la LDN. Les connaissances issues du suivi devraient être vérifiées grâce à une consultation des acteurs et les leçons apprises devraient être utilisées pour la gestion adaptative, c'est-à-dire appliquée afin d'ajuster les plans de mise en œuvre de la LDN et pour la gestion future de la dégradation des terres.

Principes qui doivent régir la LDN

Le cadre conceptuel propose les principes suivants pour régir la mise en œuvre de la LDN :

1. Maintenir ou améliorer le capital naturel terrestre.
2. Protéger les droits des utilisateurs fonciers.
3. Respecter la souveraineté nationale.
4. Pour la neutralité, la cible de la LDN est égale à base de référence.
5. La neutralité est l'objectif minimal : les pays peuvent choisir de fixer une cible plus ambitieuse.
6. Intégrer la planification et la mise en œuvre de la LDN dans les processus existants d'aménagement du territoire.
7. Contrebalancer les pertes prévues de capital naturel terrestre avec des interventions pour inverser la dégradation, afin de parvenir à la neutralité.
8. Gérer la contrepartie à la même échelle que l'aménagement du territoire.
9. Contrebalancer par équivalence (dans le même type de terre).
10. Équilibrer la durabilité économique, sociale et environnementale.
11. Baser les décisions d'utilisation des terres sur des évaluations à variables multiples, en tenant compte du potentiel foncier, de la condition de la terre, de la résilience, des facteurs sociaux, culturels et économiques.
12. Appliquer la hiérarchie de réponse dans la conception d'interventions pour la LDN : Éviter > Réduire > Inverser la dégradation des terres.
13. Appliquer un processus participatif : inclure les acteurs, notamment les utilisateurs des terres, dans la conception, la mise en œuvre et le suivi des interventions pour atteindre la LDN.
14. Renforcer la gouvernance responsable : protéger les droits de l'homme, dont les droits fonciers ; élaborer un mécanisme de révision ; et assurer la responsabilité et la transparence.
15. Surveiller l'utilisation des trois indicateurs mondiaux basés sur la terre de la Convention : couverture terrestre, productivité foncière et stocks de carbone.
16. Utiliser l'approche « tout ou rien » pour interpréter le résultat de ces trois indicateurs mondiaux.
17. Utiliser des indicateurs nationaux et sous-nationaux supplémentaires pour faciliter l'interprétation et combler les lacunes des services écosystémiques non couverts par les trois indicateurs mondiaux.
18. Appliquer les connaissances et les données locales pour valider et interpréter les données de surveillance.
19. Appliquer une approche d'apprentissage continu : anticiper, planifier, suivre, interpréter, réviser, ajuster, créer le prochain plan.

CONCLUSION

La neutralité en matière de dégradation des terres est une nouvelle approche de la gestion de la dégradation des terres destinée à encourager des mesures afin d'éviter ou de réduire la dégradation, mais également pour restaurer les terres dégradées, afin d'atteindre l'objectif de perte nette dans des terres saines et productives au niveau national. Le cadre conceptuel scientifique de la LDN fournit des conseils scientifiquement fondés pour la planification, la mise en œuvre et le suivi de la LDN.

Pour atteindre la LDN, les pays devront évaluer l'effet cumulatif des décisions d'utilisation des terres, puis prendre des mesures pour restaurer les terres dégradées, afin de contrebalancer les pertes anticipées. Lier les objectifs de la LDN aux mécanismes existants d'aménagement du territoire facilitera la mise en œuvre de la LDN. Les pays devraient prendre en compte les résultats sociaux, économiques et environnementaux des options alternatives lors de la planification des mesures de la LDN et ils devraient impliquer les acteurs concernés.

La contrepartie des pertes prévues avec des mesures conçues pour obtenir des gains devrait se produire sur une based'équivalence et elle devrait être gérée dans chaque type de terre.

Trois indicateurs qui reflètent les services écosystémiques terrestres ont été choisis pour faire un rapport sur la LDN : changement de couverture terrestre, productivité primaire et stocks de carbone. Le cadre conceptuel fournit des conseils pratiques, dont des exemples théoriques de la manière dont les indicateurs sont évalués. L'approche pratique présentée dans le cadre conceptuel a conduit à une importante adhésion des pays : en septembre 2016, le Mécanisme mondial (GM) de la CNULCD a annoncé que 100 pays – plus de la moitié des signataires de la Convention – avaient entrepris le processus d'établissement d'objectifs nationaux pour la LDN.

Informations supplémentaires

UNCCD/Science-Policy Interface (2016). Land in Balance: Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. Science-Policy Brief 02- September 2016. http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/10_2016_spi_pb_multipage_eng.pdf

UNCCD/The Global Mechanism (2016). Achieving Land Degradation Neutrality at the country level, Building blocks for LDN target setting. http://www2.unccd.int/sites/default/files/documents/18102016_LDN%20country%20level_ENG.pdf

RÉFÉRENCES

1 UNCCD decision 3/COP12 http://www.unccd.int/en/about-the-convention/official-documents/Pages/SymbolDetail.aspx?k=ICCD/COP(12)/20/Add.1&ctx=COP(12)

2 Orr, B, A Cowie, V Castillo, P Chasek, N Crossman, A Erlewein, G Louwagie, M Maron, G Metternicht, S Minelli, A Tengberg, S Walter, S Welton. (2017). Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. A Report of the Science-Policy Interface. UNCCD/Science-Policy Interface. http://www2.unccd.int/publications/scientific-conceptual-framework-land-degradation-neutrality

© Georgina Smith

© NASA

Annexe 2

CARTOGRAPHIE DE LA DYNAMIQUE DE PRODUCTIVITÉ FONCIÈRE :

Détection des évolutions critiques de la transformation des terres dans le monde

Stefan Sommer,
Michael Cherlet
et Eva Ivits

Annexe 2

CARTOGRAPHIE DE LA DYNAMIQUE DE PRODUCTIVITÉ FONCIÈRE :

Détection des évolutions critiques de la transformation des terres dans le monde

Toute forme de vie sur terre dépend de la conversion et de la fixation de l'énergie solaire sous forme de composés organiques du carbone. En surface, ce processus s'opère par la photosynthèse des plantes qui forment la couverture végétale terrestre, et la production résultante est généralement appelée « productivité de la terre », qui peut être quantifiée en termes de production primaire nette (PPN). Tous les autres organismes (p. ex., humains, autres espèces animales, bactéries, champignons) dépendent directement et indirectement de cette production primaire pour leur santé et leur bien-être.

Globalement, les humains s'approprient une proportion sans cesse plus élevée de cette PPN, ce qui affecte la structure et le fonctionnement des écosystèmes, et, dans de nombreux cas, dépasse leur variabilité et leur dynamique naturelles.[1] Par conséquent, la productivité foncière est une variable essentielle pour détecter et surveiller les transformations terrestres actives typiquement associées aux processus de dégradation des terres. Cela peut être exprimé en équivalent de PPN terrestre par unité de superficie et de temps, et cela reflète la capacité globale de la terre à soutenir la biodiversité et à fournir des services écosystémiques. Les changements dans la productivité de la terre sont le résultat des conditions environnementales et/ou de l'utilisation et de la gestion des terres qui influent sur la quantité et la qualité des services écosystémiques terrestres. Un déclin persistant de la productivité de la terre indique une altération à long terme de la santé et de la capacité de production de la terre, base de la croissance économique et des moyens de subsistance durables.

Dans ce contexte, les tendances de la productivité de la terre ont été adoptées par la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) comme l'un des trois indicateurs de progrès biophysique[2] pour les rapports obligatoires, lui-même proposé comme sous-indicateur de l'indicateur global pour suivre les progrès réalisés dans la réalisation de l'objectif 15.3 de développement durable (ODD) sur la neutralité en termes de dégradation des terres (LDN).[3]

Principes de base de la surveillance de la productivité au niveau mondial

L'état de la couverture végétale de la Terre et son développement au fil du temps est une représentation généralement acceptée de la productivité des terres et de sa dynamique, reflétant les conditions écologiques intégrées et l'impact des changements naturels et essentiellement anthropiques de l'environnement.

La surveillance globale de la productivité des terres repose généralement sur l'évaluation multitemporelle et thématique des séries chronologiques à long terme d'indices de végétation par télédétection, calculés à partir de mesures spectrales continues de l'activité photosynthétique. L'élaboration de séries chronologiques d'indices appropriés de végétation et en partie de la production primaire brute et nette dérivée du modèle (PPB, PPN) est abordée sur le plan opérationnel par les systèmes d'observation de la Terre nationaux et internationaux existants, coopérant étroitement dans des cadres internationaux tels que le Groupe intergouvernemental sur l'Observation la Terre (GEO) dans la mise en œuvre du Réseau mondial de systèmes d'observation de la Terre (GEOSS).

Un nombre important de recherches évaluées par des pairs sous-tendent clairement l'utilisation de ces indices pour étudier la dynamique de la végétation à l'échelle mondiale, continentale et sous-continentale. Il existe des preuves empiriques que ces données sont étroitement corrélées avec des caractéristiques de végétation biophysiquement significatives, telles que la capacité photosynthétique et la production primaire qui sont étroitement liées aux changements typiques de la surface terrestre mondiale, associés aux processus de dégradation et de récupération des terres.[4]

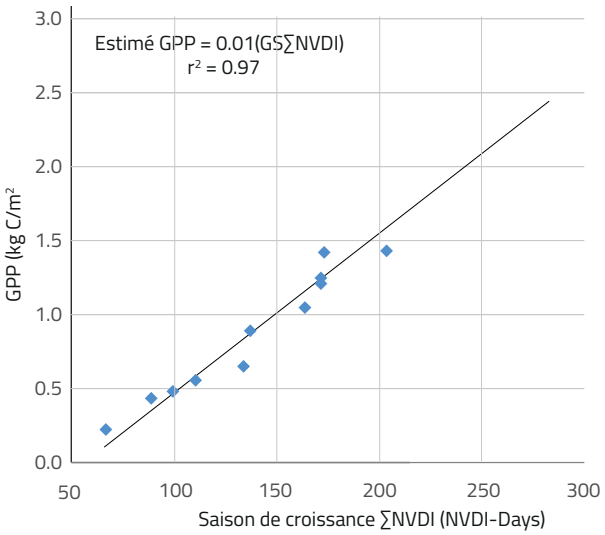


Figure 1 : Comparaison entre la production primaire brute intégrée de 12 tours de flux et l'INVD intégré de MODIS Terra, pour les saisons de végétation respectives où se situaient les tours de flux. Cela démontre la forte relation entre l'INVD et la production primaire qui est directement liée à l'abondance de la chlorophylle et à l'absorption d'énergie.[10,11]

L'utilisation de séries chronologiques continues de données sur la végétation mondiale, principalement sous la forme d'un indice de végétation par différence normalisée (IVDN), s'est rapidement développée au début des années 1990. Depuis lors, le traitement des données et les techniques d'analyse se sont considérablement améliorées. Les techniques d'évaluation de la qualité des données, la correction géométrique, l'étalonnage entre les capteurs, les corrections zénithales atmosphériques et solaires, l'évaluation des nuages et la composition des données ont abouti à plusieurs bases de données globales d'INDV de haute qualité, accessibles gratuitement sur Internet. À l'heure actuelle, la résolution spatiale de ces ensembles de données va d'une résolution grossière (8 à 1 km) à une résolution moyenne (250 m).[5]

Bien que l'INDV soit l'indice de végétation le plus couramment utilisé, d'autres indices ont été proposés et utilisés pour des études à l'échelle mondiale et régionale, comme deux variantes de l'indice de végétation améliorée (EVI),[6] l'indice de végétation ajusté au sol (SAVI)[7] et le modèle dérivé FAPAR (Fraction du rayonnement photosynthétiquement actif absorbé).[8] Bien que certains de ces indices aient été plus performants que l'INDV dans certaines conditions végétales spécifiques, p. ex. le SAVI pour une couverture de végétation éparse ou le FAPAR pour des canopées éparses et très denses, ils nécessitent des facteurs d'ajustement supplémentaires ou des modèles pour leur calcul, qui ne sont pas toujours mesurés de manière fiable et dépendent d'estimations empiriques. Un examen et une comparaison à jour des différents indices de végétation peuvent être trouvés chez Yengoh et al., 2015.[9]

Malgré ses limites évidentes et comprises, l'INDV est actuellement considéré comme l'option la plus indépendante et la plus solide pour effectuer des analyses globales de la productivité des terres, offrant les plus longues séries chronologiques consolidées et une large gamme de données opérationnelles à différentes échelles spatiales. Au cours des dernières décennies, des recherches approfondies ont démontré la forte relation entre l'INDV et la productivité primaire, comme le montre la figure 1.

Ainsi, l'utilisation des séries chronologiques d'INDV répond au besoin d'utiliser une unité de mesure qui peut fournir des équivalents de productivité primaire. Cependant, dans le contexte de la lutte contre la désertification et de la mise en œuvre de la LDN dans les cadres de la Convention et des ODD, les approches

pour évaluer la dégradation des terres avec des données satellitaires mondiales nécessitent la désagrégation des informations depuis les échelles nationales jusqu'aux unités administratives et paysagères infranationales (p. ex., les bassins hydrographiques) pour être pertinentes à l'élaboration de politiques. C'est un point essentiel car toutes les mesures visant à stopper et à inverser la dégradation des terres doivent être abordées au niveau national ou régional en tenant pleinement compte du contexte et des conditions locales.

Le défi est de savoir comment exprimer les changements de productivité du sol directement dans les unités physiques de PPB ou de PPN aux niveaux régional et local. Des mesures complètes et directes au sol, étendues dans l'espace, de PPB/PPN ne sont pas réalisables. Les résultats fournis actuellement par les satellites, tels que la PPN MODIS[12] ou la PMS (productivité de la matière sèche) COPERNICUS,[13] bien que délivrés à un échantillonnage de 1 km, sont modélisés avec des entrées de résolution très grossière des variables de rayonnement et de climat (généralement de 5 à 10 km) qui, lorsqu'elles sont désagrégées au niveau régional, ne reflètent pas l'hétérogénéité caractéristique de la végétation au niveau du paysage.[14] Les techniques plus avancées utilisant des mesures de fluorescence de la chlorophylle ont récemment commencé avec des résolutions spatiales à 10 km ou plus.[15]

Par conséquent, en termes de maturité et de « préparation opérationnelle », l'estimation de l'état de la productivité primaire et des changements aux échelles nationales et locales (à des résolutions de 250 m à 1 km) avec des valeurs de télédétection, sous la forme d'indices de végétation intégrés dans le temps en tant qu'intermédiaires pour la productivité primaire, est l'option la plus réaliste pour une utilisation régulière à l'heure actuelle.[16]

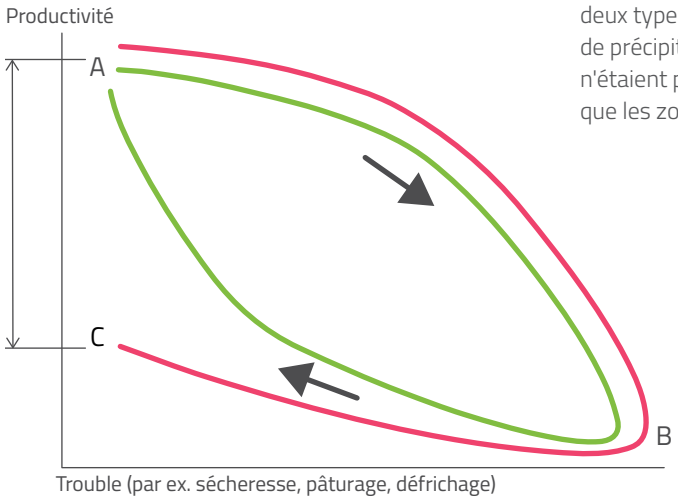


Figure 2 : Trajectoire schématique d'une courbe d'hystérésis Avec une pression croissante, la productivité diminue pour atteindre le point B jusqu'à ce que le stress soit réduit. Lorsque le stress est réduit, la productivité augmente à nouveau. Un système entièrement résilient (courbe verte) reviendra à son état d'origine (A), oscillant entre les phases A et B. Si le système a une résilience réduite (courbe rouge), il ne retournera qu'à une productivité inférieure au point C et atteindra peut-être un nouvel équilibre à un niveau de productivité plus faible. La résilience du système (R) est liée à la distance entre A et C.

Traitement des séries chronologiques pour les évaluations de la dégradation des sols : logique et stratégies

L'utilisation du changement de productivité dans la surveillance de la dégradation des sols est alignée à bien des égards avec les principes de la théorie de la résilience des écosystèmes. Dans ce contexte, il existe un concept central qu'est la capacité du système à faire face et à se remettre des perturbations et du stress, qui peut être décrite et analysée en suivant les trajectoires d'une courbe d'hystérésis comme indiqué dans la Figure 2.[17]

Cela implique que les changements de productivité des terres ne peuvent être évalués que sur la base de la comparaison des valeurs de productivité des terres exprimées en unités de production primaire (PPB, PPN) pour des années de référence uniques ou des moyennes de quelques années centrées autour d'elles. Pour être significatives, les approches doivent être basées sur une analyse des changements multitemporels et des tendances qui sont répétées en continu dans des laps de temps définis à l'aide d'une série temporelle prolongée.

En outre, il faut comprendre que l'analyse des tendances et des changements dans la productivité des terres est une méthodologie visant à détecter les zones où les chutes persistantes et actives de la productivité primaire signalent des dégradations de la terre en cours plutôt que les zones qui ont déjà subi des processus de dégradation et qui ont atteint un nouvel équilibre à partir duquel elles ne se dégradent plus au cours de la période d'observation dans les séries chronologiques utilisées. Ce fait est confirmé par des études qui ont associé et surveillé des zones non dégradées et dégradées en Afrique du Sud pendant 16 saisons de végétation ; alors que les deux types de terres étaient exposés à des régimes de précipitations identiques, les zones dégradées n'étaient pas moins stables ou résilientes que les zones non dégradées.[18]

© Ibrahim Aysündü

Compte tenu de cela, l'expression « dynamique de la productivité foncière » (DPF) utilisé dans la 3ème édition de l'Atlas mondial de la désertification (AMD)[19] publié par le Centre commun de recherche de la Commission européenne, souligne que la productivité primaire d'un système foncier, même dans des conditions stables, n'est pas constante, mais est généralement très variable entre une année/un cycle de croissance de la végétation à l'autre. C'est une fonction de l'adaptation naturelle ou humaine (p. ex., la gestion durable des terres) à la variabilité naturelle considérable des conditions environnementales. Par conséquent, la productivité primaire d'un système terrestre suppose un équilibre dynamique plutôt qu'une continuité linéaire.

Les cartes de DPF utilisées dans la 3ème édition de l'AMD[19] ne fournissent pas de mesures numériques de la productivité foncière en soi, mais représentent l'évolution persistante de la dynamique de productivité foncière pendant une période d'observation sur 15 ans des séries temporelles de télédétection disponibles. L'atlas fournit 5 classes qualitatives d'évolutions persistantes de productivité foncière pendant la période de temps considérée de 1999 à 2013, où les classes ne correspondent pas directement à une mesure quantitative (p. ex., t/ha de PPN ou PPB) de productivité de biomasse perdue ou gagnée. Les 5 classes, telles que décrites dans les tableaux 1 et 2, sont plutôt une mesure combinatoire qualitative de l'intensité et de la persistance des tendances négatives ou positives et des changements dans la couverture végétale photo-synthétiquement active au cours de la période observée. Les principaux éléments de la chaîne de traitement de données de DPF menant aux 5 classes dans les données d'image sont résumés ci-dessous.

Tableau 1 : étapes de traitement pour la cartographie de la dynamique de la productivité foncière

Capteur	SPOT-VGT21
Prétraitement	Entrée : couverture quotidienne SPOT-VGT ▪ Correction géométrique ▪ Calibrations spectrales et radiométriques au sommet de la réflectance atmosphérique (ToA) ▪ Masquage des pixels (délimitation entre l'eau et la neige, détection des nuages et de leurs ombres) ▪ Correction atmosphérique (comprend la correction des effets d'absorption et de diffusion des gaz atmosphériques, en particulier de l'ozone, de l'oxygène et de la vapeur d'eau, de la dispersion des molécules d'air, de l'absorption et de la diffusion dues aux particules d'aérosol) et correction des effets directionnels. ▪ Calcul et extraction sur 10 jours d'images composites d'INDV (3 par mois), soit un total de 540 observations dans les séries chronologiques.
Classification	Principales étapes : ▪ Pour l'ensemble des 15 années, cumul des 36 observations annuelles de l'indice de végétation par différence normalisée dans un indicateur de la productivité annuelle, c'est-à-dire l'indice de Tucker (NVDI) sur le principal cycle de croissance saisonnier en cas de saisonnalité prononcée de l'écosystème, ou NDVI annuel intégré en l'absence de saisonnalité prononcée. (Voir la figure 3) ▪ Calcul de la tendance linéaire des séries temporelles normalisées du score des valeurs NDVI cumulées au cours des 15 années, et calcul parallèle du changement net au cours de la même période en appliquant la méthode MTID (différenciation d'image multitemporelle).[20] Combinaison des deux tendances et changements variables avec 4 variantes possibles (+tendance/+changement ; +tendance/-changement ; -tendance/+changement ; -tendance/-changement).[21] (Voir figure 4, étape 1) ▪ Nivellement de la classe des données Iso et différenciation de la productivité moyenne au cours des 3 premières et des 3 dernières années de la série temporelle, ce qui entraîne une couche de changement de classe de productivité. (Voir figure 4, étape 2 et étape 3) ▪ Combinaison de matrice logique des 2 dernières couches sur une couche de classe intégrée et agrégation concluante des 5 classes finales (voir figure 5, carte mondiale de la répartition des prix des terres), appliquant des fonctions de pondération dérivées de LNS (mise à l'échelle nette locale)[22] (voir figure 4, étape 4) appliquées aux valeurs moyennes des 5 dernières années de la productivité annuelle dans les unités fonctionnelles d'un écosystème[23,24]
Description des légendes	Les cinq classes de tendances de la productivité sont décrites comme les combinaisons des étapes susmentionnées comme suit : 1. **Tendance à la baisse** : si tendance négative, changement MTID négatif, performances LNS inférieures à la médiane 2. **Signes de déclin précoces/modérés** : tendance négative, changement MTID négatif, performances LNS supérieures à la médiane 3. **Stable, mais stressé** : combinaisons de signes contradictoires de tendance négative et de changement MTID positif, performances LNS inférieures à la médiane 4. **Stable, non stressé** : tendance positive, changement MTID positif, performances LNS inférieures à la tendance médiane ou positive, MTID négatif 5. **Tendance croissante** : tendance positive, changement MTID positif, performances LNS supérieures à la médiane

Figure 3 : Paramètres phénologiques dérivés des séries chronologiques de télédétection pour chaque année de 1999 à 2013 à partir de données SPOT VEGETATION à 1 km (36 observations/année)

IS : intégrale saisonnière (b+e+g)

FC : fraction cyclique (g)

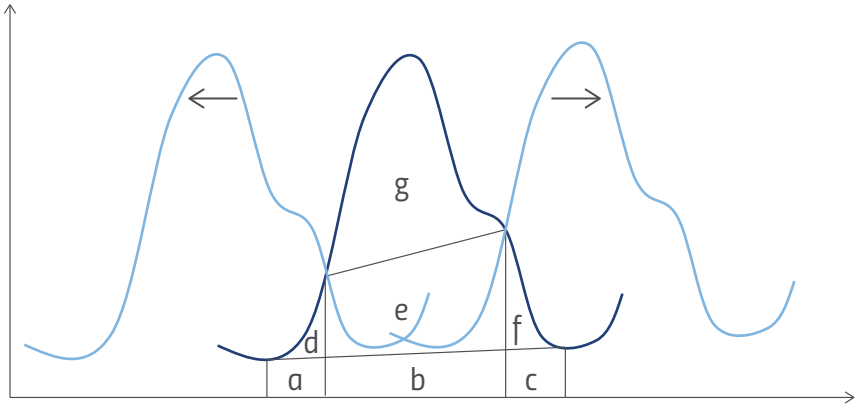
FP : fraction permanente (d+e+f)

ISDIR : intégrale saisonnière dépassant l'intégrale résiduelle (d+f)

IPM : intégrale permanente minimum-minimum (a+b+c)

IPS : intégrale permanente saisonnière (b+e)

IRS : intégrale résiduelle saisonnière (e+g)



© AGFORWARD project

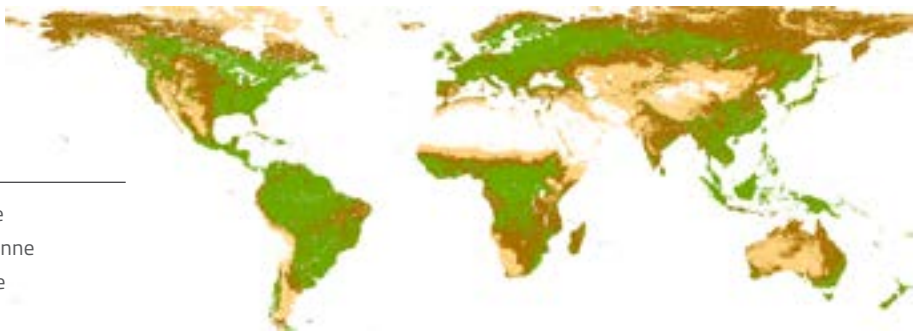
Figure 4 : Illustration de la séquence des 4 principales étapes du traitement intermédiaire, telles qu'exposées dans le tableau 1, appliquée à des séries temporelles complètes de 15 agrégats phénologiques annuels (1999 à 2013), voir aussi la figure 3 et carte finale de la répartition des prix des terres illustrée à la figure 5.

Étape 1 : constance (1999 - 2013)

Légende

- ECD fortement négatif
- ECD négatif modéré
- ECD positif modéré
- ECD fortement positif

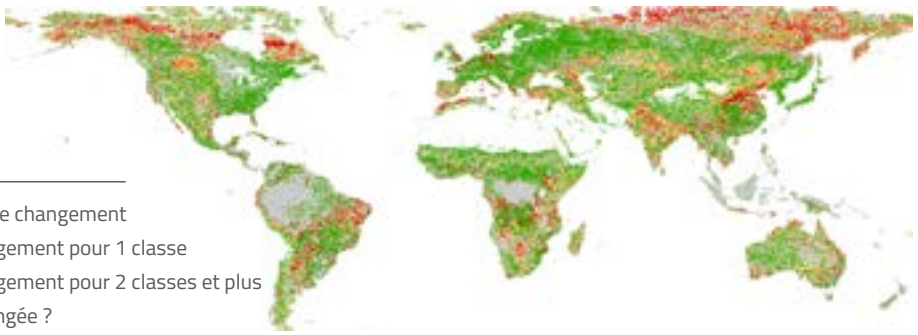
Étape 2 : biomasse permanente initiale (1999-2001)



Légende

- Faible
- Moyenne
- Haute

Étape 3 : changement de la biomasse permanente (1999-2001 vs 2011-2013)



Légende

- Pas de changement
- Changement pour 1 classe
- Changement pour 2 classes et plus
- Mélangée ?

Étape 4 : Mise à l'échelle nette locale (performances des 5 dernières années)

Légende

- LS ≥ 50%
- LS < 50%

Tableau 2 : Cinq classes de dynamique de la productivité des terres

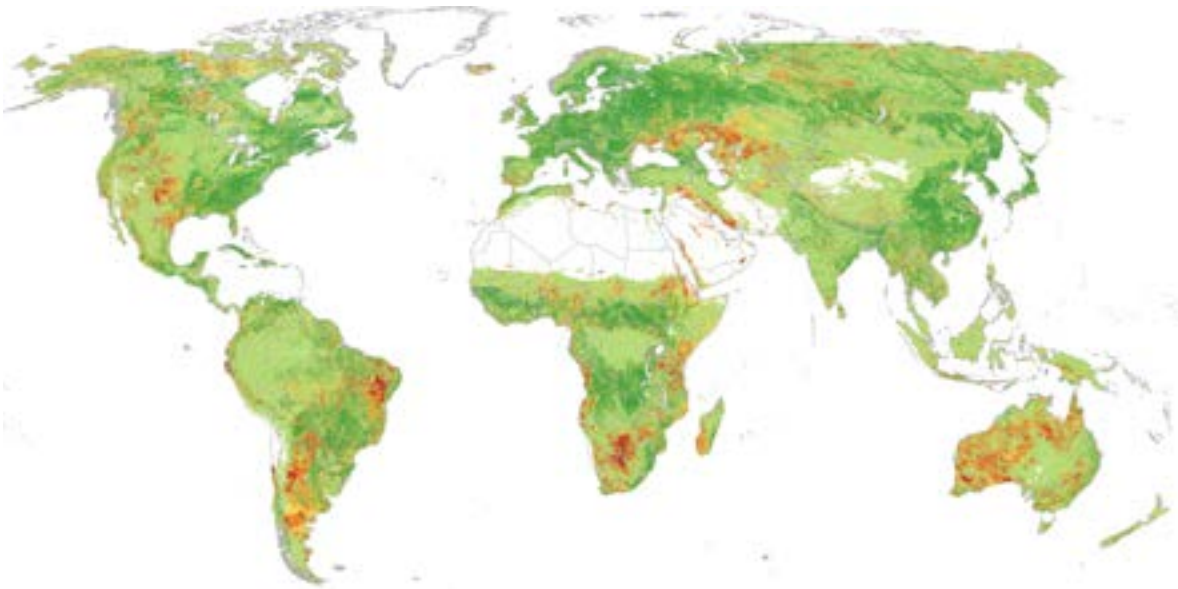
Valeur de classe	Description
1	Déclin persistant de la productivité
2	Déclin modéré mais persistant de la productivité
3	Stable, mais stressé ; fortes variations de productivité inter-annuelles persistantes
4	Productivité stable
5	Augmentation persistante de la productivité

L'évaluation thématique de la carte de DPF résultante (voir la figure 5) est analysée plus en détail à la lumière des informations disponibles sur la couverture terrestre/l'utilisation des terres et comme deuxième étape contextualisée avec des processus de changement environnemental qui coïncident avec les facteurs potentiels de dégradation des sols suite au cadre conceptuel de « convergence des preuves » de l'AMD.

Pour tenir compte des interactions et des dynamiques complexes qui déclenchent le changement de couverture/d'utilisation du sol, l'AMD s'appuie sur la notion de convergence des preuves : lorsque de multiples sources de preuves sont en accord, des conclusions solides peuvent être tirées même si aucune des sources individuelles de preuves n'est significative en elle-même. Les cartes de convergence sont compilées en combinant des jeux de données globales sur les processus clés, en utilisant une période de référence de 15 à 20 ans. Les combinaisons sont faites sans hypothèse préalable en l'absence de connaissance exacte des processus de changement des terres à des endroits variables. Les modèles indiquent des domaines où un stress important est à prévoir sur les ressources foncières.[25]

La carte de DPF montre que la baisse de productivité foncière est un phénomène mondial présentant des différences notables entre les continents et les régions. Des variations encore plus distinctes dans les distributions de classe de DPF sont évidentes au niveau continental lorsqu'elles sont désagrégées selon les principaux types de couverture terrestre/d'utilisation du sol. Si l'on exclut les zones terrestres sans productivité végétale primaire significative, c'est-à-dire les régions hyper-arides, arctiques et de très haute montagne, il est évident que des indications de la diminution de la capacité de production du système foncier peuvent être observées sur tous les continents.

Figure 5 : Carte de la dynamique de la productivité des terres mondiale de 1999 à 2013, montrant 5 classes de trajectoires persistantes de la productivité des terres pendant la période d'observation. La diminution des classes de tendance de la productivité n'indique pas en soi une dégradation des terres ni une reprise des tendances à la hausse. Pour une évaluation plus approfondie visant à identifier les zones critiques de dégradation des terres, un cadre analytique de convergence des preuves utilisant des informations thématiques supplémentaires est nécessaire, tel que décrit dans les sections suivantes.



Légende

- Déclin
- Déclin modéré
- Stressé
- Stable
- Augmentation

En se référant à la période d'observation de 1999 à 2013, environ 20,4 % de la surface terrestre végétale de la Terre montre des tendances persistantes du déclin de la productivité de la terre. Cependant, le niveau auquel les différents continents sont affectés par un déclin persistant de la productivité (classes 1 et 2) ou un signal d'instabilité ou de stress dans la capacité de production de la terre (classe 3) varie considérablement (voir la figure 6). L'Afrique, l'Australie et l'Amérique du Sud sont affectés dans une mesure supérieure à la moyenne mondiale, avec des zones en déclin ou stressées à environ 22 % pour l'Afrique, 37 % pour l'Australie et 27 % pour l'Amérique du Sud. L'Asie avec 14 %, l'Europe avec 12 % et l'Amérique du Nord avec une dynamique de productivité foncière déclinante ou instable de 18 % montrent des valeurs inférieures à la moyenne mondiale. Une autre différenciation de l'ampleur et de l'importance des changements de productivité foncière devient possible grâce à d'autres analyses stratifiées des distributions de classe de DPF, par exemple en fonction des informations relatives à l'utilisation du sol et à l'occupation du sol, comme le montre brièvement le chapitre 4 de ces Perspectives.

Validation des classes de DPF par rapport à d'autres ensembles de données

La validation des classes de DPF n'est pas une tâche anodine, car il n'y a généralement pas de données de terrain directement comparables sur le changement de productivité foncière. Néanmoins, la validation des classes de DPF en termes de test de plausibilité par rapport au changement de couverture terrestre détecté par l'ensemble de données sur le changement de couverture de la Climate Change Initiative (CCI LC) pour l'Agence spatiale européenne[26] et localement par rapport aux données multi-temporelles haute résolution de Google Earth, a été effectuée. Une validation statistique préliminaire des classes de DPF a été effectuée par rapport aux changements de couverture du territoire cartographiés entre les années 2000 et 2010 (CCI LC), en tenant compte de la gamme complète des classes CCI LC cartographiées, et pas seulement des 6 classes de couverture/d'utilisation du territoire du GIEC. La zone de changement de couverture terrestre CCI LC cartographiée couvre globalement 246 067 km^2.

Pour un certain nombre de transitions essentielles de la couverture terrestre, une corrélation croisée entre les distributions de classe de DPF attendues par rapport aux changements observés a été étudiée et une vérification ultérieure est en cours. Par exemple, on s'attend à ce que les transitions de classes de couverture terrestre semi-naturelles avec un couvert d'arbres à des zones nues ou faiblement végétalisées se situent principalement dans les classes de DPF 1 à 3, et moins dans les classes de DPF 4 et 5. Cela met en évidence une image quelque peu différente de la répartition générale globale des classes de DPF où les classes 4 et 5 constituent la grande majorité avec environ 80 % de tous les pixels.

Cet exemple est illustré à la figure 8 a) et b) où un niveau élevé de correspondance entre la diminution de la productivité foncière et la perte de couverture végétale cartographiée de façon indépendante, exprimée en changement de classe de couverture terrestre, témoigne de la plausibilité et de la précision relative de la répartition des classes de DPF. Le cas inverse est représenté avec les transitions de couvertures arborées semi-naturelles aux cultures irriguées (figure 8 c), l'un des cas limités où les

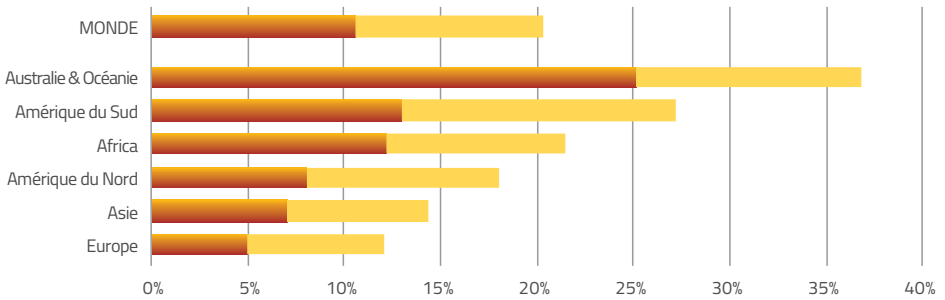


Figure 6 : Pourcentages de zones mondiales et continentales affectées par une dynamique persistante de déclin ou d'instabilité de la productivité des terres pendant la période d'observation de 1999 à 2013.

Légende

Déclin et déclin modéré combinés

Stressé

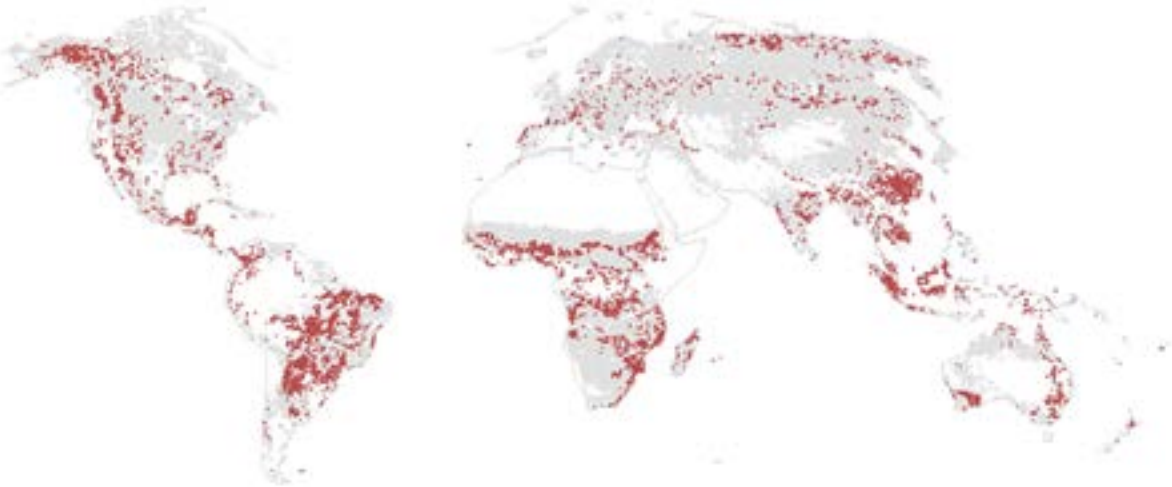


Figure 7 : Répartition mondiale des zones avec changement de couverture entre 2000 et 2010 (données CCI). Les surfaces sont exagérées pour être visibles à l'échelle présentée.

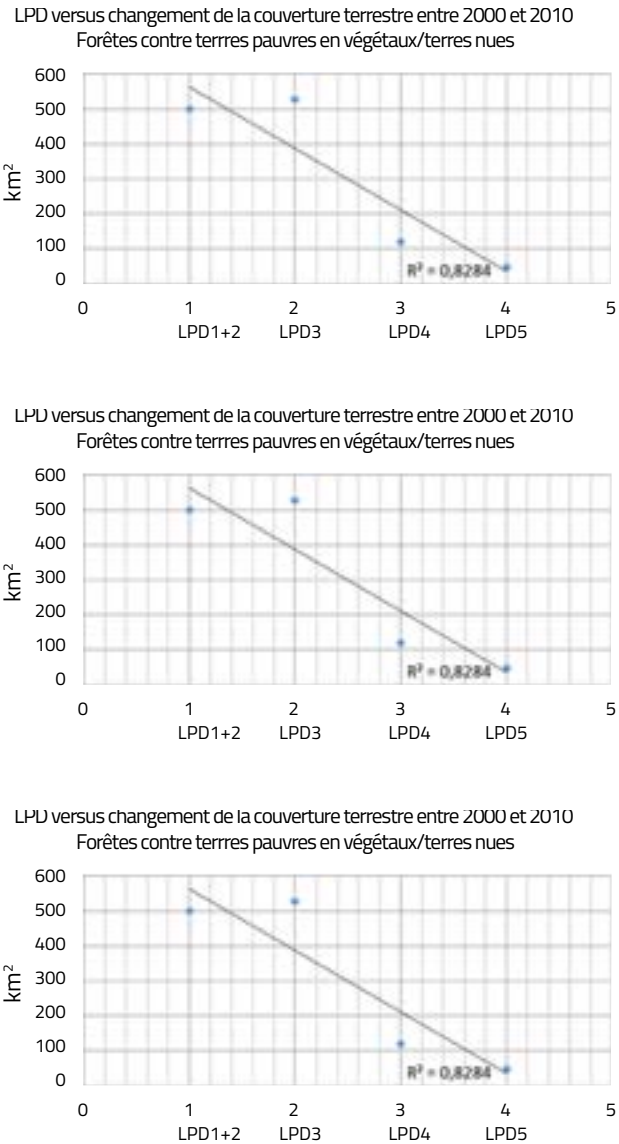


Figure 8 : Répartition des classes de DPF dans les zones passant de a) forêt à terre nue/peu végétalisée, b) forêt à terre arbustive et c) forêt à culture irriguée.

intrants élevés et l'agriculture intensive peuvent dépasser le potentiel naturel de la productivité primaire. Pour d'autres transitions de couverture terrestre, la corrélation est moins claire au niveau mondial (p. ex. la conversion de la forêt à feuilles persistantes en terres cultivées), mais les étapes initiales vers une amélioration plus fine et la vérification spatialement désagrégée du niveau régional au niveau national indiquent des relations plus claires et plus plausibles entre les classes de DPF et la transition de la couverture terrestre semi-naturelle vers des terres cultivées. Les résultats de ce processus de validation plus raffiné seront mis à disposition et présentés dans la 3ème édition de l'AMD.

La grande majorité des classes de DPF indiquant un changement clair et persistant de la productivité foncière tombent dans des zones où aucune information cartographique sur le changement de couverture terrestre n'est disponible. Par conséquent, la vérification locale à l'aide des images haute résolution multitemporelles de Google Earth est recommandée comme une option rapide pour vérifier les changements de productivité foncière. Les images de classe DPF Geo-Tiff peuvent être facilement téléchargées à partir de Google Earth et étudiées de manière interactive par rapport aux modifications visibles dans la base de données sous-jacente d'images haute résolution. Au cours de la première phase pilote LDN 2012/2015 de la CNULCD,[27] il a été démontré que, dans de nombreux cas, le déclin des classes de productivité était dû à l'expansion urbaine et des infrastructures (p. ex., construction de barrages, ouvertures de mines) qui agissaient comme des vecteurs de perte de productivité localisée affectant le fonctionnement de l'écosystème dans son environnement plus large.

CONCLUSION

Les 5 classes de l'ensemble de données de DPF intègrent ,sur une période d'observation de 15 ans, de 1999 à 2013) des informations sur la direction, l'intensité et la persistance des tendances et des changements dans la biomasse de surface générée par la couverture végétale photosynthétiquement active, largement équivalente à la PPB de la surface terrestre mondiale.

Dans un pixel (1 km^2), l'imagerie basse résolution peut typiquement regrouper une quantité considérable de végétation hétérogène, et la production de biomasse sur le sol ne doit pas être assimilée à la production agricole. Par conséquent, il doit être clairement compris et largement diffusé que la « productivité foncière » dans le contexte de l'ensemble de données de la DPF se réfère strictement à la productivité globale de la biomasse végétale de surface. Ce n'est ni conceptuellement identique, ni directement lié, au revenu agricole par unité de zone ou à la « productivité foncière » employée dans la terminologie agricole conventionnelle.

En outre, il faut comprendre que les 5 classes de DPF fournies ne sont pas associées à des niveaux spécifiques de production de biomasse de surface ou des quantités de biomasse spécifiques perdues ou acquises pendant la période d'observation. Chaque classe caractérise principalement la direction générale, l'intensité de changement relatif et la persistance de la PPB, indépendamment du niveau réel de l'abondance de la végétation ou du type de couverture terrestre. Cela signifie que chaque classe de DPF peut apparaître dans n'importe quel type de couverture terrestre et à n'importe quel niveau de densité végétale. Néanmoins, les informations quantitatives sur les niveaux de productivité de la biomasse sont contenues dans les données saisies de séries chronologiques d'INDV et utilisées dans la chaîne de traitement, comme indiqué dans le tableau 1.

Étant donné que les séries chronologiques mondiales d'observations quotidiennes des indices de végétation tels que l'INDV (ou d'autres) sont mises à jour en permanence pour chaque phase de surveillance ultérieure, les séries chronologiques d'INDV étendues seront utilisées pour produire les classes de DPF, mais avec des séries chronologiques plus longues comme références. Ainsi, les changements de classe de DPF entre la période de référence et les phases de suivi indiqueront les changements dans les évolutions de la productivité foncière. La prochaine édition des DPF étendra le produit existant à la période 1999-2016. Parallèlement, il est proposé d'aborder le suivi de la productivité foncière avec des valeurs numériques de changement plutôt qu'avec les « classes qualitatives » de DPF en fournissant des informations sur le changement en pourcentage de la productivité foncière entre la base et chaque année de suivi ultérieur. Une PPB par procuration pourrait être exprimée comme une moyenne d'INDV intégré dans le temps sur une fenêtre de 3 à 5 ans, centrée sur l'année de référence et les années de suivi de la référence.

En termes de maturité et de « préparation opérationnelle », l'estimation de la PPB aux niveaux national et régional (à une résolution spatiale comprise entre 1000 m et 250 m), l'utilisation d'intrants de télédétection sous forme d'indices de végétation, qui reflètent la dynamique de la couverture végétale verte et l'hétérogénéité spatiale à ces échelles, sont actuellement les plus pratiques pour une utilisation régulière. L'extension de l'approche de la DPF à une résolution de 30 m pour des zones spécifiques, utilisant les archives Landsat disponibles et de nouvelles sources de données (p. ex., Copernicus Sentinel), se fera d'ici 5 à 10 ans seulement.

© Paul Engelfield

RÉFÉRENCES

1 Krausmann, F., Erb, K. H., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V., ... & Searchinger, T. D. (2013). Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. Proceedings of the National Academy of Sciences, 110(25), 10324-10329.

2 UNCCD. (2013). Report of the Conference of the Parties on its eleventhth session, held in Windhoek from 16 to 27 September 2013. ICCD/COP(11)/23/Add.1. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn. See Decision22/COP.11, pp 79-83. http:/www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop11/23add1eng.pdf

3 UNCCD. (2015). Report of the Conference of the Parties on its twelfth session, held in Ankara from 12 to 23 October 2015. ICCD/COP(12)/20/Add.1. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn. See Decision3/COP.12, page 8. http:/www.unccd.int/Lists/OfficialDocuments/cop12/20add1eng.pdf

4 Yengoh, G. T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A. E., & Tucker, C. J. (2015). Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: current status, future trends, and practical considerations. SpringerBriefs in Environmental Science (pp. 110). Springer. http:/www.springer.com/us/book/9783319241104

5 Yengoh, G. T., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A. E., & Tucker, C. J. (2015). Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to assess land degradation at multiple scales: current status, future trends, and practical considerations. SpringerBriefs in Environmental Science (pp. 110). Springer. http:/www.springer.com/us/book/9783319241104

6 Jiang, Z., Huete, A. R., Didan, K., & Miura, T. (2008). Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. Remote Sensing of Environment, 112(10), 3833-3845.

7 Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, 25(3), 295-309.

8 Zhu, Z., Bi, J., Pan, Y., Ganguly, S., Anav, A., Xu, L., ... & Myneni, R. B. (2013). Global data sets of vegetation leaf area index (LAI) 3g and Fraction of Photosynthetically Active Radiation (FPAR) 3g derived from Global Inventory Modeling and Mapping Studies (GIMMS) Normalized Difference Vegetation Index (NDVI3g) for the period 1981 to 2011. Remote Sensing, 5(2), 927-948.

9 Yengoh, G.t., et al. (2015) Op. Cit.

10 Myneni, R. B., Hall, F. G., Sellers, P. J., & Marshak, A. L. (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33(2), 481-486.

11 Myneni, R. B. (2014). Attribution of global vegetation photosynthetic capacity from 1982 to 2014. Global Change Biology (in review).

12 Running, S. W., Nemani, R. R., Heinsch, F. A., Zhao, M., Reeves, M., & Hashimoto, H. (2004). A continuous satellite-derived measure of global terrestrial primary production. Bioscience, 54(6), 547-560.

13 COPERNICUS 2016. Product User Manual, Dry Matter Productivity (DMP), Version 1. http:/land.copernicus.eu/global/sites/default/files/products/GIOGL1_PUM_DMP_I2.10.pdf

14 Yengoh, G.t., et al. (2015) Op. Cit.

15 Yengoh, G.t., et al. (2015) Op. Cit.

16 Yengoh, G.t., et al. (2015) Op. Cit.

17 Kinzig, A., Ryan, P., Etienne, M., Allison, H., Elmqvist, T., & Walker, B. (2006). Resilience and regime shifts: assessing cascading effects. Ecology and society, 11(1).

18 Wessels, K. J., Prince, S. D., Frost, P. E., & Van Zyl, D. (2004). Assessing the effects of human-induced land degradation in the former homelands of northern South Africa with a 1 km AVHRR NDVI time-series. Remote Sensing of Environment, 91(1), 47-67.

19 Joint Research Centre of the European Commission. 2017. World Atlas of Desertification, 3rd edition. Ispra

20 http:/wad.jrc.ec.europa.eu/

21 Ivits, E., Cherlet, M., Sommer, S., & Mehl, W. (2013) Addressing the complexity in non-linear evolution of vegetation phenological change with time-series of remote sensing images. Ecological Indicators. 26, 49–60.

22 Prince, S. D., Becker-Reshef, I., & Rishmawi, K. (2009). Detection and mapping of long-term land degradation using local net production scaling: Application to Zimbabwe. Remote Sensing of Environment, 113(5), 1046-1057.

23 Ivits, E., Cherlet, M., Mehl, W., & Sommer, S. (2013). Ecosystem functional units characterized by satellite observed phenology and productivity gradients: A case study for Europe. Ecological indicators, 27, 17-28.

24 Ivits, E., Cherlet, M., Horion, S., & Fensholt, R. (2013) Global Biogeographical Pattern of Ecosystem Functional Types Derived From Earth Observation Data. Remote Sensing, 5(7), 3305-3330.

25 Craglia, M. and Shanley, L. (2015). Data democracy – increased supply of geospatial information and expanded participatory processes in the production of data. International Journal of Digital Earth 8-9: 1–15.

26 https:/www.esa-landcover-cci.org/

27 http:/www2.unccd.int/sites/default/files/documents/18102016_LDN%20setting_final_ENG_0.pdf

© Georgina Smith (CIAT)

SÉRIE DE DOCUMENTS DE TRAVAIL SUR LES PERSPECTIVES TERRITORIALES MONDIALES

La série de documents de travail sur les Perspectives territoriales mondiales (Global Land Outlook) est un ensemble complémentaire de publications qui couvrent une grande variété de questions stratégiques liées à la gestion et à la planification des terres. Un certain nombre de documents de travail ont dû fournir des informations et des analyses sur les principaux thèmes abordés dans cette première édition de ces Perspectives. Cette série devrait être une activité continue qui contribuera aux *perspectives* successives. Visitez le site web **www.unccd.int/glo** pour télécharger votre exemplaire.

COGESTION DES TERRES ET DE L'EAU POUR UN DÉVELOPPEMENT DURABLE
Alfred M. Duda

UTILISATION DES TERRES ET DE L'ÉNERGIE
Uwe R. Fritsche et al.

NEUTRALITÉ DE LA DÉGRADATION DES TERRES EN TENANT COMPTE DE L'ÉGALITÉ DES SEXES
Atieno Mboya Samandar

GESTION INTÉGRÉE DU PAYSAGE : UNE APPROCHE DE LA RÉALISATION D'UN DÉVELOPPEMENT DURABLE ÉQUITABLE ET PARTICIPATIF
Melissa Thaxton, Seth Shames et Sara J. Scherr

RÉGIME ET DROITS FONCIERS POUR LA GESTION ET LE DÉVELOPPEMENT DURABLE AMÉLIORÉS DES TERRES
Emmanuel Kasimbazi

PLANIFICATION DE L'UTILISATION DES TERRES
Graciela Metternicht

CHAÎNES DE VALEUR DES TERRES
Giancarlo Raschio

MIGRATION ET DÉGRADATION DES TERRES : EXPÉRIENCE RÉCENTE ET TENDANCES FUTURES
Robert McLeman

PAIX, SÉCURITÉ, TERRES ET DÉVELOPPEMENT DURABLE
Grammenos Mastrojeni

LIENS RURAUX-URBAINS DANS LE CONTEXTE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT
Craig Hatcher

« LA TERRE EST EN FAIT COMME UN GRAND LIVRE, VOUS VOYEZ ? » GÉOMYTHOLOGIE, ET LA VALEUR D'UN PONT ENTRE LA SCIENCE CONVENTIONNELLE ET AUTOCHTONE
Michael Welland

L'ÉCONOMIE DE LA POLITIQUE, DE LA PLANIFICATION ET DE LA PRATIQUE FONCIÈRE
Nicola Favretto et al.

LES TERRES DANS LES TERRES ARIDES : SE DÉVELOPPER DANS L'INCERTITUDE PAR LA DIVERSITÉ
Jonathan Davies

LE RÔLE DE LA RESTAURATION DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA RÉADAPTATION DANS LES PAYSAGES DE PRODUCTION : UNE APPROCHE AMÉLIORÉE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
Neville D. Crossman

MENACES SUR LES SOLS : TENDANCES ET PERSPECTIVES MONDIALES
Gary Pierzynski et Brajendra (éditeurs)

© Nam Nguyen Than

Les décisions audacieuses et les investissements réalisés aujourd'hui détermineront la qualité de la vie sur notre planète demain. Ces Perspectives servent de rappel opportun listant les mesures que nous pouvons prendre pour façonner un avenir prospère et plus sûr. Un avenir fondé sur les droits, les récompenses et surtout le respect de nos précieuses ressources terrestres.

La terre est une composante essentielle de la civilisation, mais sa contribution à notre qualité de vie est perçue et appréciée de façons radicalement différentes et souvent incompatibles. Les conflits sur l'utilisation des terres s'intensifient dans de nombreux pays. Le monde a atteint un point où nous devons concilier ces différences et repenser la manière dont nous planifions, utilisons et gérons la terre.

La preuve présentée dans cette première édition des Perspectives terrestres mondiales montre que la prise de décisions éclairées et responsables, ainsi que des changements simples dans notre vie quotidienne, peuvent, s'ils sont largement adoptés, aider à inverser les tendances inquiétantes actuelles de l'état de nos ressources terrestres.

United Nations
Convention to Combat Desertification