



United Nations
Convention to Combat
Desertification

UNCCD **SP** Science - Policy
Interface



Un rapport de l'Interface Science-Politique

Lien entre la sécheresse et les terres

renforcer le rôle des interventions basées sur la gestion
des terres pour atténuer les effets de la sécheresse
et gérer les risques





United Nations

Convention to Combat Desertification

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 et ne reflètent pas nécessairement les points de vue ou les politiques de la CNULD.

Un rapport de l'Interface Science-Politique

Lien entre la sécheresse et les terres

renforcer le rôle des
interventions basées
sur la gestion des terres
pour atténuer les effets
de la sécheresse et gérer
les risques

Comment citer ce document :

A. Reichhuber, N. Gerber, A. Mirzabaev, M. Svoboda, A. López Santos, V. Graw, R. Stefanski, J. Davies, A. Vuković, M.A. Fernández García, C. Fiati et X. Jia. 2019. Lien entre la sécheresse et les terres : renforcer le rôle des interventions basées sur la gestion des terres pour atténuer les effets de la sécheresse et gérer les risques Un rapport de l'Interface Science-Politique. Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), Bonn, Allemagne.

Publié en 2019 par la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), Bonn, Allemagne.

© 2019 CNULCD. Tous droits réservés.

CNULCD-ISP Séries Techniques No.05

ISBN 978-92-95117-22-8 (copie papier)

ISBN 978-92-95117-28-0 (copie électronique)

Photographies ©

Restoring soils by watering, Hosana, Ethiopia © CIAT/Georgina Smith

Aerial, Turkey © Osman Maaşoğlu/UNCCD Photo Contest

Ibrahim Thiaw © Natalia Mroz UN Environment/UNCCD

Farm laborers at Karungu Farm, Gulu District, Northern Uganda © Georgina Smith/CIAT

Aerial, Turkey © Osman Sipahi/UNCCD Photo Contest

Sustainable cattle production systems for the department of Cauca, Colombia © Juan Pablo Marin/CIAT

Aerial © Anton Jankovoy/UNCCD Photo Contest

Women watering mukau sapplings in Kenya's arid Eastern Province © Flore de Preneuf/World Bank

Stubble burns in the drylands of Kazakhstan © GoodPlanet Foundation/Yann Arthus-Bertrand

Tana River watershed, Kenya © Georgina Smith/CIAT

Aerial © Yann Arthus-Bertrand/GoodPlanet Foundation

Rice farmer in Kantuta, Caranavi, Bolivia © Neil Palmer/CIAT

Vegetation in the dunes near El Oued, Algeria © GoodPlanet Foundation/Yann Arthus-Bertrand

Sustainable cattle production systems for the department of Cauca, Colombia © Juan Pablo Marin/CIAT

Aerial of rice production in Eastern Uruguay © Neil Palmer/CIAT

Coordonnateurs de publication : Stefanie Gastrow and Jeroen Van Dalen

Conception et mise en page : Katja Cloud www.cloud-7-design.de, Anne Stein www.annestein.de

Assistant de projet : José Carlos Tello Valle Hiriart

Cette publication est imprimée sur du papier 100% recyclé FSC.

Soutenu par l'UNCCD, l'Union européenne et l'Initiative Changwon du Service coréen des forêts.



Un rapport de l'Interface Science-Politique

Lien entre la sécheresse et les terres

renforcer le rôle des
interventions basées
sur la gestion des terres
pour atténuer les effets
de la sécheresse et gérer
les risques

Auteurs et relecteurs

Auteurs principaux : Anke Reichhuber, Nicolas Gerber, Alisher Mirzabaev, Mark Svoboda, Armando López Santos

Auteurs contributeurs : Valerie Graw, Robert Stefanski, Jonathan Davies, Ana Vuković, Maria Angélica Fernández García, Carl Kojo Fiati, Jia Xiaoxia

Relecteurs internes : Mariam Akhtar-Schuster, Omer Muhammad Raja, German Kust, André Francisco Pilon, Barron J. Orr, Johns Muleso Kharika

Relecteurs externes : Rachael McDonnell, Emile Elias, Mario López Pérez, James Gambiza, Jane Kabubo-Mariara, Grace Villamor

« Lien entre la sécheresse et les terres : renforcer le rôle des interventions basées sur la gestion des terres pour atténuer les effets de la sécheresse et gérer les risques » a été préparé conformément aux règles et procédures établies par la Conférence des Parties (COP) de la CNULCD, selon lesquelles toute publication scientifique rédigée sous la supervision de l'Interface Science-Politique (ISP) doit faire l'objet d'un processus de relecture indépendant et international (décision 19/COP.12).

Ce rapport a été préparé par une équipe d'auteurs composée de 5 auteurs principaux et de 7 auteurs contributeurs. En octobre 2018, à la suite d'un appel d'offres public, la société UNIQUE forestry and land use GmbH a été chargée de rédiger ce rapport en collaboration avec l'ISP. Une réunion a eu lieu en octobre 2018 à Bonn, en Allemagne, afin de déterminer la portée des travaux. Des membres et observateurs de l'ISP, des représentants de la société UNIQUE GmbH ainsi que des experts externes en matière de gestion de la sécheresse, de gouvernance foncière, de mise en œuvre du Programme de définition de cibles de neutralité en matière de dégradation des terres (NDT) et de gestion durable des terres ont participé à cette réunion, suivie de trois réunions d'auteurs du 25 au 27 février à Bonn et d'un appel sur Skype les 26 avril et 7 mai 2019.

Après une évaluation approfondie des documents techniques et de la littérature scientifique approuvée par des comités de lecture, une ébauche produite par les auteurs a fait l'objet d'un processus d'examen en deux étapes par un comité de lecture, comprenant un examen interne et un examen scientifique externe indépendant. Pour ce dernier, cinq relecteurs externes (experts indépendants) de différentes régions relevant de la CNULCD et un représentant d'une organisation internationale concernée par les processus de la Convention sur la NDT ont été sélectionnés. Les auteurs principaux ont veillé à ce que tous les commentaires du comité de lecture soient pris en considération de manière appropriée. Un résumé du rapport a été examiné par le Bureau de la Conférence des Parties de la CNULCD.

Avant-propos

Tandis que les sols sains servent de tampon en période de sécheresse, les terres dégradées amplifient la pénurie d'eau et menacent l'alimentation et les écosystèmes qui font vivre une population mondiale proche de 10 milliards de personnes. Il est en notre pouvoir d'atténuer ou d'exacerber ces menaces. C'est pourquoi le présent rapport s'appuie sur les recherches et l'expérience les plus récentes pour fournir des conseils sur les techniques relatives à la l'exploitation des terres, qui peuvent améliorer à la fois la disponibilité en eau et la qualité de vie des personnes qui en dépendent.

Avec près de 4 milliards de personnes, soit près des deux tiers de la population mondiale, connaissant déjà une grave pénurie d'eau pendant au moins une partie de l'année, nous devons utiliser tous les outils à notre disposition pour éviter que ce chiffre ne double d'ici 2050. En réalité, bien que le rôle des terres dans l'aggravation des sécheresses soit bien compris, la plupart des politiques et pratiques d'atténuation n'ont pas encore exploité leur véritable potentiel pour générer des impacts positifs et à long terme. Pour permettre de combler cette lacune, les auteurs du rapport analysent des interventions basées sur l'exploitation des terres bien conçues qui permettent non seulement d'atténuer et de gérer les risques de sécheresse, mais qui renforcent également la résilience des communautés et des écosystèmes.

Comme le montre le rapport, les pratiques qui s'attaquent simultanément à la dégradation des terres, à la sécheresse et à la pénurie d'eau peuvent également générer des retombées sociales, environnementales et économiques importantes. Par conséquent, les auteurs introduisent le concept de pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse et identifient les facteurs favorables à ces pratiques. Les pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse réduisent la

vulnérabilité aux pénuries d'eau et multiplient les possibilités d'accroître le développement durable. Par exemple, en plus d'explorer les liens entre la dégradation des terres et les questions connexes, comme la perte de biodiversité ou les changements climatiques, le rapport partage une expérience pratique détaillée de techniques telles que le travail du sol, le paillage, la lutte contre les mauvaises herbes, les contre-haies et les diguettes en pierres. Il s'agit notamment des techniques de nivellement de précision qui réduisent jusqu'à 30 % l'irrigation pour la production céréalière aux États-Unis ; des rotations de cultures à base de légumineuses qui améliorent jusqu'à 238 % l'infiltration d'eau au Malawi, au Mozambique, en Zambie et au Zimbabwe ; des capteurs de données écologiques qui fournissent une alerte précoce pour prévenir les incendies de forêt en Chine, et des techniques de fertilité adaptées qui, une fois appliquées sur plusieurs années, augmentent les rendements des cultures au Kenya, en Bolivie, aux États-Unis et au Sénégal.

Je ne saurais trop recommander ce rapport à qui-conque s'attaquerait à la désertification et à la dégradation des terres, au changement climatique ou à la perte de biodiversité. Le présent rapport envoie un message fort aux décideurs et aux autres parties prenantes : la gestion de la sécheresse offre des possibilités incroyables de collaboration autour de solutions pratiques et mutuellement bénéfiques.



Ibrahim Thiaw
*Secrétaire exécutif
Convention des Nations unies sur
la lutte contre la désertification*



Synthèse

La sécheresse est l'un des principaux facteurs d'insécurité alimentaire et hydrique dans le monde, affectant la production agricole ainsi que l'accès à la nourriture et à l'eau. Dans des cas extrêmes, la sécheresse peut contraindre les populations à abandonner leurs terres et à privilégier la migration comme dernière stratégie de survie,¹ décevant l'espoir de mettre un terme à la faim et à la malnutrition d'ici 2030.

La gestion des terres offre la possibilité de limiter les effets de la sécheresse et, plus généralement, de recentrer les actions sur la « gestion proactive de la sécheresse ». Elle améliore également la résilience des populations et des écosystèmes face au manque d'eau.

En prenant des décisions pertinentes, la treizième session de la Conférence des Parties de la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) a demandé à l'Interface Science-Politique (ISP), dans le cadre de l'objectif 2 de son programme de travail pour l'exercice biennal 2018-2019, de fournir des conseils techniques aux Parties afin de les aider à adopter et à mettre en œuvre des interventions basées sur la gestion des terres pour gérer et atténuer les effets de la sécheresse.

Objectif global

L'objectif du rapport technique est de fournir une analyse complète des rapports de synthèse et de la littérature principale existants afin de : (a) mettre en évidence le potentiel des interventions basées sur la gestion des terres visant à atténuer les effets de la sécheresse en augmentant la résilience des écosystèmes et le bien-être socio-économique des populations ; et b) fournir des conseils pour appuyer l'adoption et la mise en œuvre d'interventions basées sur la gestion des terres pour gérer et atténuer les effets de la sécheresse dans le contexte de la NDT. Il s'agit d'une contribution prévue dans le cadre du programme de travail 2018-2019 de l'Interface Science-Politique (ISP) de la Convention.

À la suite d'un examen scientifique approfondi, l'ISP a procédé à l'évaluation de 14 catégories de mesures de gestion durable des terres selon quatre types d'utilisation des terres (cultures, pâturages, forêts et zones boisées, occupation mixte), sur la base des initiatives existantes de la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification dans le cadre de la neutralité en matière de dégradation des terres. Les résultats de cette évaluation fournissent une solide base scientifique pour comprendre comment la gestion des terres peut contribuer à la gestion des risques et à l'atténuation des effets de la sécheresse, aboutissant à la proposition d'un nouveau concept de gestion intelligente des terres face à la sécheresse (GIT-S) et à la formulation de conseils pratiques visant à renforcer la GIT-S.

1 FAO 2018. FAO Migration Framework-Migration as a choice and opportunity for rural development : <<http://www.fao.org/3/ca3984en/ca3984en.pdf>>.

Messages clés

Les liens étroits entre l'utilisation des terres, l'utilisation de l'eau et la sécheresse

Il existe des liens étroits entre la sécheresse et les terres et les décisions humaines en matière d'utilisation des terres et de changement d'utilisation des terres. Ces liens ont une incidence sur la disponibilité de l'eau et déterminent la résilience des écosystèmes et des hommes à la sécheresse. L'eau entre au contact de la terre par les précipitations et, sous certains climats et dans certains systèmes, par l'irrigation. Elle est évacuée de la terre par le ruissellement (eau non absorbée par le sol qui s'écoule ensuite le long de la pente), la transpiration (eau émise par les plantes en refroidissant), l'évaporation du sol (perte d'eau directement à la surface du sol, en particulier sur les surfaces nues et étanches) et, dans certains cas, par le drainage artificiel (élimination de l'excès d'eau par des conduites souterraines ou des tuiles). Entre les flux entrant et sortant, une certaine quantité d'eau reste dans le sol ; la quantité et la durée du stockage de l'eau dans le sol dépendent des propriétés de celui-ci, comme la teneur en matière organique, le volume et la dimension des pores, ainsi que de processus tels que le taux d'infiltration, c'est-à-dire la vitesse à laquelle l'eau s'infiltré dans le sol.

Alors que des sols sains peuvent stocker une quantité d'eau suffisante pour pallier les périodes de sécheresse, la dégradation des sols induite par l'homme réduit la capacité du sol à retenir l'eau, amplifie la pénurie et augmente la vulnérabilité à la sécheresse. Par conséquent, la restauration ou la réhabilitation des terres dégradées et l'amélioration de la santé des sols peuvent favoriser une meilleure résilience face à la sécheresse. Les pertes en sol, en particulier dans les couches supérieures contenant la plupart des matières organiques, conduisent à une réduction de la capacité de rétention de l'humidité. La dégradation des terres peut également contribuer à réduire l'infiltration de l'eau. **Des études de modélisation à l'échelle mondiale ont montré qu'une gestion plus efficace de l'eau dans le sol pouvait considérablement améliorer le rendement et réduire globalement le ruissellement résultant des systèmes agricoles.** Les surfaces imperméables telles que les chaussées en asphalte isolent la surface du sol, empêchant ainsi l'infiltration de l'eau de pluie et l'alimentation naturelle des réserves d'eau souterraines.

Lacunes et nécessité d'intégrer les pratiques de gestion et d'utilisation des sols dans la gestion des risques de sécheresse au sein d'une approche proactive

Les approches et les actions politiques visant à venir en aide aux populations touchées par la sécheresse et aux activités économiques de manière rétroactives sont moins efficaces que les actions proactives privilégiant des mesures de gestion des risques liés à la sécheresse pour en atténuer les effets. Les stratégies reposant sur le secours en cas de sécheresse et les interventions ex post sont coûteuses et incitent à la poursuite des activités économiques sensibles, ce qui augmente le coût futur de l'aide au lieu de renforcer la résilience face à la sécheresse. La gestion proactive des risques de sécheresse est un moyen plus efficace de réduire l'impact de la sécheresse sur les communautés, les économies et l'environnement.

De nombreux exemples ont montré que la dégradation des terres induite par l'homme a prolongé les sécheresses, tandis que des terres bien gérées permettent de s'en protéger grâce à un effet tampon. La diminution de l'humidité du sol, y compris lorsqu'elle résulte d'une gestion non durable des terres et/ou d'un déficit

pluviométrique, peut aggraver et/ou prolonger la durée des sécheresses, ce qui signifie que ces activités doivent être prises en compte de manière proactive dans les politiques permettant de faire face à la sécheresse. Ceci détermine le succès des réponses politiques comme indiqué à la page 27, où le schéma 1 représentant ce concept et ce processus illustre la possibilité pour les politiques d'intervenir en faisant basculer le marqueur noir symbolisant la situation actuelle vers la zone bleue (sécurité en eau) ou la zone jaune (pénurie d'eau).

Investir dans des interventions basées sur la gestion des terres qui visent à lutter à la fois contre la dégradation des terres, contre la sécheresse et contre la pénurie d'eau a des effets bénéfiques au niveau économique, social et environnemental, mais le manque de données sur l'impact et l'évaluation des points faibles sont souvent des obstacles à la gestion proactive de la sécheresse, notamment à l'atténuation des risques de sécheresse.

Efficacité et bénéfices des pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse

L'efficacité et les multiples bénéfices des pratiques de gestion intelligente des terres visant à atténuer les risques de sécheresse via l'amélioration de la résilience des écosystèmes et de la société aux niveaux local et national varient en fonction de divers facteurs. Le tableau (voir pages 43 et 44) fournit une synthèse des mesures de GIT-S organisées en 14 groupes composés de différents types de stratégies et d'interventions. Celles-ci sont étudiées en fonction de quatre types d'utilisation des terres (cultures, pâturages, forêts et zones boisées, occupation mixte) et de l'évaluation de l'impact des pratiques de GIT-S sur les sols, l'eau, les attributs biophysiques/de l'écosystème et les facteurs socio-économiques qui déterminent la résilience des écosystèmes et des hommes à la sécheresse. Une description détaillée des 17 pratiques de GIT-S liées à ces mesures est disponible en annexe (page 108). La solidité des preuves scientifiques de l'efficacité de ces pratiques et leur capacité à offrir de multiples bénéfices ont également été prises en compte. Les principales conclusions de l'évaluation sont les suivantes :²

1. L'adoption de pratiques de GIT-S atténue l'impact négatif de la sécheresse sur la productivité des terres cultivées, des pâturages, des forêts et terres boisées, ainsi que des terres mixtes, y compris lorsque ces territoires sont soumis aux changements climatiques (éléments solides, degré de cohérence élevé) ;³
2. La plupart des pratiques de GIT-S contribuent à augmenter le rendement des cultures, en particulier après une application à long terme, en cas de pénurie d'eau et sur des sols marginaux (degré de confiance élevé) ;
3. Les pratiques de GIT-S visant à améliorer la gestion des pâturages ont des effets positifs sur la production fourragère et la productivité du bétail en période de sécheresse (degré de confiance moyen) ;
4. De nombreuses pratiques de GIT-S, mais pas toutes, contribuent à la séquestration du dioxyde de carbone dans le sol (éléments solides, degré d'accord élevé) ;

² L'évaluation présentée utilise la terminologie relative au traitement des incertitudes du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, telle que détaillée ici : <http://www.ipcc-wg2.awi.de/guidancepaper/ar5_uncertainty-guidance-note.pdf>.

³ L'évaluation présentée utilise la terminologie relative au traitement des incertitudes du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, telle que détaillée ici : <http://www.ipcc-wg2.awi.de/guidancepaper/ar5_uncertainty-guidance-note.pdf>.

5. La mise en application des pratiques de GIT-S sur les terres dégradées peut avoir un effet positif sur la biodiversité (degré de confiance moyen) ;
6. Les pratiques de GIT-S ont un impact socio-économique plus important que les pratiques conventionnelles en période de sécheresse et sur les terres de faible rendement. De nombreuses pratiques de GIT-S, mais pas toutes, permettent d'améliorer la résilience à la sécheresse sans limiter les possibilités pour les agriculteurs de maximiser leurs bénéfices pendant les années normales ou humides (éléments solides, degré d'accord moyen) ;
7. Les pratiques de GIT-S améliorent toutes les dimensions de la sécurité alimentaire (éléments moyens, degré d'accord élevé) ; et
8. D'autres évaluations de la vulnérabilité et des risques liés à la sécheresse dans différents contextes couvrant les aspects naturels (climat, sol et eau) et socio-économiques sont nécessaires pour une mise en œuvre des pratiques de GIT-S plus efficace sur le plan écologique et l'atténuation intégrée et collaborative du risque de sécheresse au sein des écosystèmes, des frontières administratives et des paysages ruraux et urbains.

Favoriser les politiques et les outils d'accompagnement pour la gestion intelligente des terres face à la sécheresse

Ce rapport suggère un ensemble de cinq catalyseurs pour l'adoption et la mise en œuvre de la GIT-S. Ils incluent : une approche paysagère, le renforcement et le développement des capacités, une bonne gouvernance des terres et de l'eau, une analyse géospatiale et un financement.

1. Un « paysage » est un système socio-écologique. Il comprend : la topographie, les ressources naturelles, la biodiversité et la culture, telles qu'elles s'expriment au travers des divers types d'utilisation des terres. Les sécheresses dépassent les frontières administratives, par conséquent, une approche intégrée à l'échelle du paysage aide à résoudre les problèmes au-delà des secteurs et les frontières. De plus, une approche à l'échelle du paysage est fondamentale pour la NDT. Pour une gestion réussie des risques de sécheresse, il est donc important d'adopter une gestion des ressources en terres et en eau à l'échelle du paysage et de comprendre comment la gestion du paysage affecte les moyens de subsistance des populations.
2. Il est essentiel de développer les capacités sur la question du lien entre la sécheresse et les terres et de faire connaître les multiples bénéfices de la GIT-S à travers les secteurs, les communautés de pratique et les disciplines. Les progrès en matière d'assimilation et de durabilité des initiatives de GIT-S dans tous les secteurs dépendent des moyens investis et de la communication assurée sur les multiples bénéfices de la GIT-S dans tous les secteurs, communautés de pratique et disciplines ;
3. Une gouvernance adaptée, efficace et participative des terres et de l'eau est aussi importante pour l'atténuation des effets de la sécheresse que la mise en application des meilleures technologies, car elle crée un environnement favorable à l'adoption et au renforcement de la GIT-S et des technologies associées. Un tel environnement nécessite, entre autres, des institutions efficaces associées à l'émancipation des femmes (l'un des groupes majoritaires parmi les utilisateurs des terres et de l'eau en milieu rural) et à la sécurité juridique (occupation des terres, droit à l'eau) ;

4. La télédétection et les informations géospatiales sont des outils puissants qui peuvent être utilisés pour suivre et évaluer l'état de santé ou le stress à la surface des terres, détecter les changements environnementaux et en évaluer les effets. L'intégration de données multi-temporelles et issues de multiples capteurs à différentes échelles permet de détecter le stress dû à la sécheresse spécifique aux cultures et peut ainsi appuyer la GIT-S en aidant à déterminer l'efficacité des stratégies ;
5. La promotion de la GIT-S et la sensibilisation à cet enjeu sont liées à un financement suffisant. Le succès de la mise en œuvre de la GIT-S et de telles initiatives dépend de la mobilisation efficace de ressources provenant de tous horizons, y compris de budgets nationaux, de partenariats avec des donateurs extérieurs et de sources de financement novatrices (en établissant par exemple des liens avec le financement de la lutte contre les émissions de carbone grâce à des crédits volontaires ou des partenariats publics et privés), de préférence en parallèle de programmes locaux et nationaux. La GIT-S ne nécessite pas obligatoirement des ressources financières complémentaires, mais implique généralement une réorientation et une utilisation plus efficace du financement existant.

Des actions urgentes nécessaires

L'utilisation des terres, conjuguée à l'utilisation de l'eau, devraient augmenter à l'échelle mondiale en fonction notamment de la croissance démographique, du développement économique et de l'évolution des modes de consommation. La demande industrielle et domestique en eau augmentera probablement beaucoup plus rapidement que la demande agricole, même si l'agriculture restera le principal secteur consommateur. L'utilisation des terres et de l'eau pour produire de la nourriture se heurtera à un double enjeu, car la demande alimentaire et la concurrence des autres secteurs pour y accéder devraient augmenter.⁴ Le changement climatique exacerbe la situation en accélérant la fréquence et l'intensité des catastrophes liées au climat, telles que les sécheresses et les inondations.

Le rapport technique recommande aux communautés scientifiques, aux responsables politiques et aux praticiens de prendre les mesures urgentes suivantes :

1. **Proposition 1** : renforcer les liens entre les politiques nationales relatives à la gestion des terres et à la sécheresse, envisager de modifier ces politiques pour tenir pleinement compte de l'impact de l'utilisation, de la gestion et de la dégradation des terres sur la disponibilité et la pénurie d'eau, et examiner le rôle positif que les pratiques de GIT-S pourraient avoir sur le renforcement de la résilience des communautés et des écosystèmes face à la sécheresse, si elles étaient appliquées dans le cadre de la NDT ;
2. **Proposition 2** : prendre des mesures pour faire en sorte que les ministères chargés de la gestion de la sécheresse intègrent l'utilisation des terres, le changement d'utilisation des terres et la dégradation des terres en tant que facteurs dans le cadre des pratiques et des politiques de gestion de la sécheresse et des risques inhérents, et s'assurent que les départements dédiés à l'utilisation des terres et de l'eau intègrent les pratiques de GIT-S au sein des politiques et des initiatives pertinentes ;

⁴ <<http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/2018-nature-based-solutions/>>

3. **Proposition 3** : renforcer la collaboration et la coordination intersectorielles au sein des politiques et programmes nationaux, régionaux et internationaux afin de promouvoir les interventions nécessaires pour optimiser l'adoption, la mise en œuvre et le renforcement de la GIT-S au niveau du paysage, en se concentrant sur un ensemble de cinq catalyseurs comprenant :
- a). la mise en œuvre d'une planification territoriale intégrée et la gestion du paysage ;
 - b). le renforcement des capacités nationales et locales sur les multiples bénéfices de la GIT-S dans tous les secteurs, communautés de pratique et disciplines, en tenant compte de l'intégration du genre ;
 - c). la création d'institutions locales efficaces associées à des politiques locales et à la sécurité juridique en matière d'occupation des terres et de droits à l'eau afin de garantir l'élaboration, la mise en œuvre, la surveillance et l'évaluation pertinentes et inclusives des interventions basées sur les terres visant à atténuer les effets de la sécheresse ;
 - d). le développement d'outils conviviaux qui améliorent l'accès des responsables politiques, des planificateurs et des praticiens de tous les niveaux à l'analyse géospatiale intégrant les observations de la Terre, notamment les données satellitaires et in situ du territoire, de l'eau et de la météorologie, grâce à l'utilisation de systèmes d'information géographique, ce qui permettrait la surveillance et la cartographie intégrées de la couverture terrestre, y compris des plans d'eau, de la dégradation des terres et du risque de sécheresse ;
 - e). la mobilisation de financements conventionnels et innovants, issus notamment d'investisseurs publics et privés, sous forme de paiements pour services écosystémiques, de compensations des émissions de carbone, de couverture d'assurance et d'investissements dans des chaînes de valeur durables basées sur la gestion des terres afin de soutenir et de promouvoir la GIT-S, idéalement en parallèle d'une planification locale et nationale ;
4. **Proposition 4** : renforcer la collaboration entre les traités internationaux pertinents et les organisations multilatérales dirigées par le secrétariat de la Convention et l'ISP, avec l'Organisation météorologique mondiale, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, le Programme des Nations unies pour l'environnement et d'autres organisations compétentes dans les domaines de la gestion des terres, de l'eau et de la météorologie, dans le cadre du Programme de gestion intégrée de la sécheresse, afin de faciliter la coordination et l'interaction entre les communautés de NDT et de gestion des risques de sécheresse, en développant notamment une compréhension commune des définitions et de la nature intersectorielle de la gestion des risques de sécheresse et de la gestion des terres.



Table des matières

Auteurs et relecteurs	6
Avant-propos	7
Synthèse	8
Liste des encadrés/figures/tableaux	16
Liste des abréviations	17
Glossaire des termes clés	18



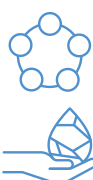
1. Introduction sur le lien entre la sécheresse et les terres	22
1.1. Objectif et structure du rapport	24
1.2. Justification du lien entre la sécheresse et les terres	25



2. Gestion intelligente des terres face à la sécheresse : définitions, concepts et cadre de synthèse et d'évaluation	30
2.1. Définitions et concepts relatifs à la sécheresse	32
2.2. Définitions et concepts relatifs à la gestion intelligente des terres	34
2.3. Cadre de synthèse et d'évaluation sur la gestion intelligente des terres face à la sécheresse	36
2.3.1. Portée	36
2.3.2. Échelle	39
2.3.3. Méthodologie	39



3. Efficacité et retombées positives des pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse	42
3.1. Synthèse des pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse	44
3.1.1. Terres cultivées	45
3.1.2. Pâturages	47
3.1.3. Forêts et terres boisées	48
3.1.4. Utilisations mixtes des terres et zones urbaines	48
3.2. Évaluation des pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse	50
3.2.1. Précédentes évaluations connexes de l'impact des pratiques de GDT	51
3.2.2. Santé des paramètres biophysiques et des écosystèmes	51
3.2.3. Viabilité économique	56
3.2.4. Résilience sociale	59
3.2.5. Effets secondaires des pratiques de GIT-S	61



4. Favoriser les politiques et les outils pour développer la gestion intelligente des terres face à la sécheresse à plus grande échelle	64
5. Conclusions et options politiques pour des actions immédiates	74
Liste de références	80

Annexe : description des pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse	108
---	------------

Encadrés

ENCADRÉ 1	Définitions établies relatives à la terre	37
ENCADRÉ 2	Participation et coopération intersectorielle	68
ENCADRÉ 3	Observation de la Terre pour la surveillance des terres et de la sécheresse	70

Schémas

SCHÉMA 1	Décisions humaines ayant un impact sur les terres, l'eau et la sécheresse	27
SCHÉMA 2	Les trois piliers de la gestion intégrée des risques de sécheresse	33
SCHÉMA 3	Gestion intelligente des terres face à la sécheresse (GIT-S)	35

Tableaux

TABLEAU 1	Mesures de gestion intelligente des terres face à la sécheresse : impacts, coûts et bénéfices , synergies, effets secondaires et contraintes	62
-----------	--	----

Liste des abréviations

AC	agriculture de conservation
PRAGS	politique de résilience, d'adaptation et de gestion de la sécheresse
GRS	gestion des risques de sécheresse
GIT-S	gestion intelligente des terres face à la sécheresse
AEs	adaptation écosystémique
RRC-éco	réduction des risques de catastrophe basée sur les écosystèmes
OT	observation de la Terre
EPA	école pratique d'agriculture
RNA	régénération naturelle assistée par les agriculteurs
GIZC	gestion intégrée des zones côtières
PGIS	programme de gestion intégrée de la sécheresse
GIBV	gestion intégrée des bassins versants
GIRE	gestion intégrée des ressources en eau
IBT	intervention basée sur les terres
NDT	neutralité en matière de dégradation des terres
SBN	solutions basées sur la nature
CDN	contribution déterminée au niveau national
FSB	filtre à sable pour bassin
RUSLE	équation universelle révisée des pertes de sol (acronyme anglais : Revised Universal Soil Loss Equation)
GDT	gestion durable des terres
ISP	Interface Science-Politique

Glossaire des termes clés

Terme/concept	Définition	Source
Sécheresse	La sécheresse est une absence prolongée ou un déficit marqué des précipitations. Il s'agit d'un phénomène naturel qui se produit lorsque les précipitations ont été sensiblement inférieures aux niveaux normalement enregistrés et qui entraîne de graves déséquilibres hydrologiques préjudiciables aux systèmes de production des ressources terrestres.	Organisation météorologique mondiale (OMM), 1992. < http://www.droughtmanagement.info/find/glossary/ Article 1 de la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), 1994. http://catalogue.unccd.int/936_UNCCD_Convention_ENG.pdf >
Risque de sécheresse	Le risque de sécheresse est l'effet combiné de la menace d'une sécheresse (probabilité) et des conséquences de la sécheresse (vulnérabilité).	Partenariat mondial pour l'eau (GWP) idmp-act-5.4-technical-note. < https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpcce_files/idmp-cee/idmp-act-5.4-technical-note.pdf >
Atténuation des risques de sécheresse	Toutes mesures structurelles/physiques (par exemple, cultures appropriées, barrages, projets d'ingénierie) ou non structurelles (par exemple, politiques, campagnes de sensibilisation, développement des connaissances, engagement public et pratiques d'exploitation) visant à limiter les effets néfastes de la sécheresse.	Programme de gestion intégrée de la sécheresse (PGIS). < http://www.droughtmanagement.info/wp-content/uploads/2016/10/WS6-Drought-Preparedness-and-Mitigation.pdf >

Terme/concept	Définition	Source
Gestion des risques liés à la sécheresse	La gestion des risques liés à la sécheresse (GRS) est le processus de collecte de données et d'informations visant à l'analyse et à l'évaluation des risques ; à l'évaluation des options ; et à la prise, la mise en œuvre et l'examen de décisions visant à réduire, à contrôler, à accepter ou à redistribuer les risques de sécheresse. Il s'agit d'un processus continu d'analyse, d'ajustement et d'adaptation des politiques et des actions visant à réduire le risque de sécheresse, notamment en réduisant la vulnérabilité et en améliorant la résilience des récepteurs menacés. La GRS consiste à créer une société résiliente à la sécheresse, en réduisant les risques de sécheresse et en promouvant des opportunités environnementales, sociétales et économiques dans l'immédiat et à plus long terme. Elle reconnaît que les risques ne peuvent jamais être entièrement éliminés et que la réduction des risques peut se faire au détriment d'autres objectifs sociétaux.	CNULCD, 2018. Manuel pour le processus d'établissement de rapport de la CNULCD 2017-2018. < http://www.unccd.int/convention/2017-2018-unccd-reporting-process >
Zones sèches	Zones arides, semi-arides ou sub-humides sèches, au sein desquelles le rapport entre précipitations annuelles moyennes et évapotranspiration potentielle annuelle moyenne est compris entre 0,05 et 0,65. Les zones présentant un rapport inférieur à 0,05 sont considérées comme des déserts hyper-arides.	CNULCD. ICCD/CRIC(9)/CRP.1
Terres	Désigne le système bioproductif terrestre qui comprend le sol, les végétaux, les autres êtres vivants et les phénomènes écologiques et hydrologiques qui se produisent à l'intérieur de ce système.	CNULCD, 1994. Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification, article 1.
Interventions basées sur la gestion des terres	Mesures liées à l'utilisation et à la gestion des terres.	Terme défini dans ce rapport.

Terme/concept	Définition	Source
Neutralité en matière de dégradation des terres (NDT)	Un état dans lequel la quantité et la qualité des ressources terrestres, nécessaires pour appuyer les fonctions et services afférents aux écosystèmes et améliorer la sécurité alimentaire, restent stables ou progressent dans le cadre d'échelles temporelles et spatiales déterminées et d'écosystèmes donnés.	Décision 3/COP.12, CNULCD, 2015.
Couverture terrestre	Matériau physique à la surface de la Terre, qui peut être végétalisé ou non, naturel ou transformé par l'homme.	CNULCD, 2018. Manuel pour le processus d'établissement de rapport de la CNULCD 2017-2018.
Catégorie de couverture terrestre	Catégorie de couverture terrestre différenciée par une combinaison d'attributs diagnostiques fondée sur l'application d'une norme internationale affinée au niveau national, comme le système de classification de couverture terrestre de la FAO	CNULCD, 2018. Manuel pour le processus d'établissement de rapport de la CNULCD 2017-2018.
Utilisation des terres	L'utilisation des terres se réfère à l'ensemble des arrangements, des activités et des intrants entrepris sur un certain type de couverture terrestre (un ensemble d'actions humaines). Dans ce rapport, cinq types majeurs d'utilisation des terres seront pris en compte : les terres cultivées, les pâturages, les terres forestières, les terres mixtes et les autres.	GIEC, 2014 : Annexe II : glossaire. Dans : Changements climatiques 2014 - Rapport de synthèse, glossaire WOCAT. < https://www.wocat.net/glossary >

Terme/concept	Définition	Source
Terre de faible rendement	Une terre de faible rendement est une terre de faible valeur agricole, car les cultures produites sur la zone auraient une valeur inférieure au loyer payé pour exploiter la surface.	William Baumol, Alan Blinder, L'économie, principes et politique (2011), p. 409.
Résilience	Capacité d'un système à absorber les perturbations et à se réorganiser de manière à conserver essentiellement la même fonction, la même structure et les mêmes rétroactions. La résilience est une propriété neutre, ni bonne ni mauvaise (que la résilience soit bénéfique dans n'importe quelle situation dépend des circonstances spécifiques, que le système soit dans un état souhaitable ou indésirable).	CNULCD, 2018. Manuel pour le processus d'établissement de rapport de la CNULCD 2017-2018.
Gestion durable des terres (GDT)	Utilisation des ressources terrestres (sols, eau, végétation et animaux) pour produire des biens et fournir des services permettant de répondre à l'évolution des besoins humains, tout en assurant le potentiel productif à long terme de ces ressources et le maintien de leurs fonctions environnementales.	Glossaire WOCAT. < https://www.wocat.net/glossary >
Pénurie d'eau	Déséquilibre entre la disponibilité et la demande en eau douce dans un secteur déterminé (pays, région, bassin versant, bassin hydrographique, etc.) en raison d'un taux de demande élevé par rapport aux ressources disponibles, dans le cadre des arrangements institutionnels en vigueur (y compris les prix) et de l'infrastructure.	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2012. Faire face à la pénurie d'eau : un cadre d'action pour l'agriculture et la sécurité alimentaire. Rome, Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. agriculture and food security.





Introduction sur le lien entre la sécheresse et les terres

- | | | |
|------|---|----|
| 1.1. | Objectif et structure du rapport | 24 |
| 1.2. | Justification du lien entre la sécheresse et les terres | 25 |



Lien entre la sécheresse et les terres et les activités humaines qui ont une incidence sur le manque d'eau et renforcent les effets de la sécheresse.

La sécheresse est l'un des principaux facteurs d'insécurité alimentaire et hydrique dans le monde, affectant la production agricole ainsi que l'accès à la nourriture et à l'eau. Dans des cas extrêmes, la sécheresse et la faim peuvent contraindre les populations à abandonner leur territoire et à privilégier la migration comme dernière stratégie de survie (FAO 2018). Comme indiqué dans le Rapport 2018 des Nations unies sur les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de développement durable (ODD), la faim dans le monde semble de nouveau toucher un nombre croissant de personnes, après une longue période de déclin.⁵ Les conflits et la sécheresse sont considérés comme les principaux facteurs à l'origine de l'inversion des progrès réalisés à long terme en matière de lutte contre la faim dans le monde, décevant l'espoir de mettre un terme à la faim et à la malnutrition d'ici 2030. Les conséquences de la sécheresse peuvent influencer le destin de ceux qui en font l'expérience dans leur enfance en affectant leur développement physique et cognitif (Damania et al., 2017).

La gestion des terres offre la possibilité de limiter les effets de la sécheresse et, plus généralement, de recentrer les actions sur la « gestion

proactive de la sécheresse ». Elle améliore également la résilience des populations et des écosystèmes face au manque d'eau.

Lors de la 13e Conférence des Parties (2017) de la CNULCD, l'Interface Science-Politique (SPI) a été invitée à examiner les rapports de synthèse et la littérature principale existants afin de fournir des conseils pour appuyer l'adoption et la mise en œuvre d'interventions basées sur les terres pour la gestion et l'atténuation des effets de la sécheresse. Ce rapport est le résultat d'un examen et d'une évaluation systématiques des documents clés fournis par le secrétariat de la Convention et par le Groupe de travail 2 de l'ISP, ainsi que de la littérature scientifique complémentaire réunie par les auteurs.

1.1. Objectif et structure du rapport

L'objectif du rapport technique est de fournir une analyse complète des rapports de synthèse et de la littérature principale existants afin de : (a) mettre en évidence le potentiel des interventions basées sur la gestion des terres visant à atténuer les effets de la sécheresse en augmentant la résilience des écosystèmes et le bien-être socio-économique des populations ; et (b) fournir des conseils pour appuyer l'adoption et la mise en œuvre d'interventions basées sur la gestion des terres pour gérer et atténuer les effets de la sécheresse dans le contexte de la NDT, afin de faciliter la transition entre la gestion actuellement « réactive » des crises et une gestion des risques de sécheresse « proactive ».

⁵ Voir le rapport de 2018 suivant, consulté le 30/11/2018 : <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/18541SG_SDG_Progress_Report_2018_ECOSOC.pdf>.



Ce rapport technique comprend 5 chapitres. Le chapitre 1 confirme le lien entre la sécheresse et les terres et les activités humaines qui ont une incidence sur le manque d'eau et renforcent les effets de la sécheresse. En suivant ce principe directeur, le chapitre 2 introduit la terminologie principale définissant les actions visant à lutter contre les effets de la sécheresse (c'est-à-dire contre l'impact de la sécheresse et la vulnérabilité) et propose un nouveau concept de « gestion intelligente des terres face à la sécheresse », suivi de la description du cadre de la synthèse et de l'évaluation, notamment de la portée, de l'échelle et des méthodologies relatives aux mesures de GIT-S au sein des technologies de gestion durable des terres (GDT). Sur cette base, le chapitre 3 définit d'abord les stratégies et interventions de GIT-S en fonction des différents types d'utilisation des terres, tels qu'ils sont définis dans la littérature. Puis, il présente une évaluation des stratégies de GIT-S appuyée par des preuves scientifiques, en fonction de trois impacts de dimensions différentes : (i) la santé des paramètres biophysiques et des écosystèmes, (ii) la viabilité économique et (iii) la résilience sociale. Les synergies, les effets secondaires et les contraintes possibles résultant des interventions sont également présentés. Le chapitre 4 fournit des conseils techniques sur la manière de favoriser les interventions basées sur la gestion des terres visant à atténuer les effets de la sécheresse. Il propose un ensemble de 5 catalyseurs nécessaires à une évolution durable de la gestion des terres intelligente face à la sécheresse. Enfin, le chapitre 5 formule des propositions en matière de politique.

La gestion des terres offre la possibilité de limiter les effets de la sécheresse et, plus généralement, de recentrer les actions sur la « gestion proactive de la sécheresse ». Elle améliore également la résilience des populations et des écosystèmes face au manque d'eau.

1.2. Justification du lien entre la sécheresse et les terres

Il existe des liens étroits entre l'utilisation des terres, l'utilisation de l'eau et la sécheresse.

Les sécheresses exacerbent la dégradation des terres, en intensifiant par exemple l'activité des tempêtes de sable et de poussière (Middleton et Kang, 2017 ; PNUE, OMM et CNULCD, 2016). D'autre part, la dégradation des terres peut également amplifier la pénurie d'eau et accroître la vulnérabilité aux sécheresses. Pour cette raison, investir dans des interventions qui visent à endiguer simultanément ces deux phénomènes a des effets bénéfiques d'un point de vue économique, social et environnemental.

La gestion des terres et de la sécheresse est étroitement liée à l'utilisation de l'eau. L'eau entre au contact de la terre par les précipitations et, sous certains climats et dans certains systèmes, par l'irrigation. Elle est évacuée de la terre par le ruissellement (eau non absorbée par le sol qui



s'écoule ensuite le long de la pente) ; la transpiration (eau émise par les plantes en refroidissant) ; l'évaporation du sol (perte d'eau directement à la surface du sol, en particulier sur les surfaces nues et étanches) ; et, dans certains cas, par le drainage artificiel (élimination de l'excès d'eau par des conduites souterraines ou des tuiles). Entre les flux entrant et sortant, une certaine quantité d'eau reste dans le sol ; la quantité et la durée du stockage de l'eau dans le sol dépendent des propriétés de celui-ci, comme la teneur en matière organique, le volume et la dimension des pores, ainsi que de processus tels que le taux d'infiltration, la vitesse à laquelle l'eau s'infiltré dans le sol.

Alors que des sols sains peuvent stocker une quantité d'eau suffisante pour pallier les périodes de sécheresse (UCS, 2017), la dégradation du sol réduit sa capacité à retenir l'eau, amplifie la pénurie et augmente la vulnérabilité à la sécheresse. Par conséquent, l'amélioration de la santé des sols peut favoriser une meilleure résilience à la sécheresse (O'Geen, 2012). Les pertes en sol, en particulier dans les couches supérieures contenant la plupart des matières organiques, conduisent à une réduction de la capacité de rétention de l'humidité (Emerson, 1995 ; Amundson et al., 2015 ; Lang, 2006). La dégradation des terres peut également contribuer à réduire l'infiltration de l'eau. **Des études de modélisation à l'échelle mondiale ont montré qu'une gestion plus efficace de l'eau dans le sol pouvait considérablement améliorer le rendement et réduire globalement le ruissellement résultant des systèmes agricoles (UCS, 2017).** Les surfaces imperméables telles que les chaussées en asphalte isolent la surface du sol, empêchant ainsi l'infiltration de l'eau de pluie et l'alimentation naturelle des réserves d'eau souterraines.

La consommation mondiale d'eau a été multipliée par six au cours des 100 dernières années (Wada et al., 2016). L'agriculture représente environ 70 % des prélèvements d'eau à l'échelle

mondiale, la grande majorité étant utilisée pour l'irrigation. L'eau utilisée par l'industrie et la consommation domestique représentent respectivement 20 % et 10 % du reste des prélèvements mondiaux. La consommation d'eau devrait continuer à s'accroître à l'échelle mondiale en fonction notamment de la croissance démographique, du développement économique et de l'évolution des modes de consommation. La demande industrielle et domestique en eau augmentera probablement beaucoup plus rapidement que la demande agricole, même si l'agriculture restera le principal secteur consommateur. L'agriculture se heurtera à un double enjeu, car la demande agricole en eau et la concurrence des autres secteurs pour y accéder devraient toutes deux augmenter (programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau/ONU-Eau, 2018). Le changement climatique exacerbe la situation en accélérant la fréquence et l'intensité des catastrophes liées au climat, telles que les sécheresses et les inondations.

Les ministres de l'Agriculture de nombreux pays ont reconnu ces enjeux en prenant des engagements significatifs pour améliorer l'utilisation de l'eau du secteur et accroître sa résilience aux risques liés à l'eau. En janvier 2017, sous la présidence allemande du G20, les ministres de l'Agriculture du G20 ont adopté une déclaration et un plan d'action intitulé « Vers la sécurité alimentaire et hydrique : favoriser la durabilité, faire avancer l'innovation ». Peu de temps après, lors du 9e Forum mondial pour l'alimentation et l'agriculture, 83 ministres de l'Agriculture ont adopté le communiqué « L'agriculture et l'eau - les clés pour nourrir le monde », soulignant leur intention de faciliter l'accès des agriculteurs à l'eau, d'améliorer la qualité de l'eau, de réduire les pénuries et de gérer les excédents. Dans le passé, des solutions ont été identifiées pour honorer ces engagements politiques, mais elles n'ont pas toujours été adoptées de manière efficace (Gruère, 2018).



Les politiques doivent prendre en compte les décisions humaines contribuant au manque d'eau et à la sécheresse

De nombreux exemples ont illustré l'impact de l'homme sur la pénurie d'eau et la sécheresse. La dégradation des terres induite par l'homme a prolongé la durée et la sévérité des sécheresses dans les années 1930 dans la région du Dust Bowl aux États-Unis (Cook et al., 2009). Il existe des exemples montrant comment les pratiques de gestion de l'utilisation des terres, comme le boisement dans les zones arides, ont exacerbé la pénurie locale d'eau (Delang et Yuan, 2015). La réduction de l'humidité des sols, notamment par une gestion non durable des terres, peut aggraver les épisodes de sécheresse. Par conséquent, étant entendu que les activités humaines peuvent avoir un impact sur la gravité de la pénurie en eau, et parfois sur la sévérité et la durée des sécheresses, ces activités doivent être prises en compte de manière proactive dans les politiques permettant de

Par conséquent, étant entendu que les activités humaines peuvent avoir un impact sur la gravité de la pénurie en eau, et parfois sur la sévérité et la durée des sécheresses, ces activités doivent être prises en compte de manière proactive dans les politiques permettant de faire face à la sécheresse.

faire face à la sécheresse. Ceci détermine le succès des réponses politiques : sur le schéma 1, nous avons représenté ce concept et ce processus en illustrant la possibilité pour les politiques d'intervenir en faisant basculer le marqueur noir symbolisant la situation actuelle vers la zone bleue (sécurité en eau) ou la zone jaune (pénurie d'eau). Le schéma 1 permet de souligner un autre élément

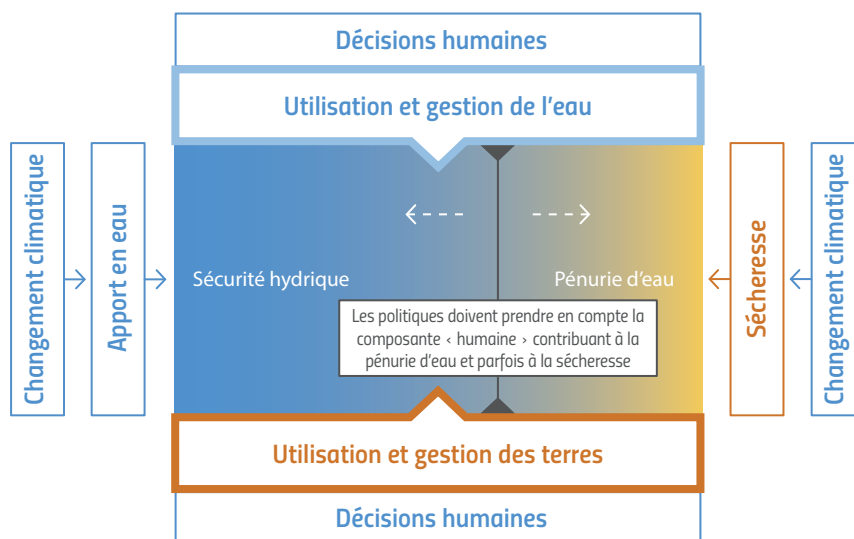


SCHÉMA 1

Décisions humaines ayant un impact sur les terres, l'eau et la sécheresse

Remarque : le marqueur noir (triangle) indique une situation actuelle hypothétique et son mouvement vers la gauche ou la droite serait influencé par des mesures contribuant à la sécurité de l'approvisionnement en eau (vers la gauche) ou à la pénurie d'eau (vers la droite).



essentiel : les apports en eau ne sont pas les seuls à avoir une incidence sur la sécurité hydrique/la pénurie d'eau. D'autres facteurs tels que les actions humaines /la planification, la sécheresse et les changements climatiques jouent également un rôle crucial dans ce processus.

Les approches et les actions politiques visant soutenir les populations touchées par la sécheresse et les activités économiques de manière rétroactive sont moins efficaces que les actions proactives pour atténuer les effets de la sécheresse.

Le choix d'une approche « proactive » au lieu d'une approche « réactive » pour lutter contre la sécheresse et ses effets, c'est-à-dire la gestion des risques de sécheresse plutôt que le secours aux victimes, a été préconisé ou adopté par des initiatives internationales ou régionales clés. Ces dernières incluent : la Réunion de haut niveau sur les politiques nationales en matière de sécheresse (mars 2013), au cours de laquelle l'Organisation météorologique mondiale et le Partenariat mondial pour l'eau ont créé le Programme de gestion intégrée de la sécheresse (PGIS), l'initiative de collaboration ONU-Eau (mars 2013 - mai 2015), le Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (2015-2030), les ODD (septembre 2015) et la Conférence africaine sur la sécheresse (août 2016). Une partie de la motivation est financière : les stratégies basées sur le secours en cas de sécheresse et les interventions ex post sont très coûteuses (Gerber et Mirzabaev, 2017). Souvent, elles sont également contre-productives : elles incitent à la poursuite des activités économiques sensibles, ce qui augmente le coût futur de l'aide au lieu de renforcer la résilience face à la sécheresse (Gerber et Mirzabaev, 2017). L'Australie, l'Inde, les États-Unis, l'Union européenne et le Mexique font partie des pays qui, au cours des dernières décennies, ont de plus en plus porté leur attention sur la gestion proactive

des risques de sécheresse (Birthal et al., 2015), se ralliant à l'opinion générale et de plus en plus répandue selon laquelle les stratégies de gestion des risques permettent généralement de réduire plus efficacement (Wilhite et Pulwarty, 2017) les effets de la sécheresse sur les communautés, les économies et l'environnement.

Le rapport coût-efficacité de l'atténuation des risques de sécheresse, mesuré en remédiant aux « facteurs de risque de sécheresse sous-jacents » et à la vulnérabilité, est reconnu dans le cadre de la « Politique de résilience, d'adaptation et de gestion de la sécheresse » (PRAGS) adoptée lors de la 13e Conférence des Parties de la Convention du 6 au 16 septembre 2017.⁶ Le cadre de la PRAGS définit les mesures d'atténuation des risques de sécheresse comme comprenant [...] « toutes les mesures structurelles ou physiques (comme des cultures appropriées, des barrages, des projets d'ingénierie) ainsi que les mesures non structurelles (telles que les politiques, les campagnes de sensibilisation, le développement des connaissances, l'engagement public, les cadres légaux et les pratiques d'exploitation) visant à limiter les effets néfastes de la sécheresse. »

Dans ce contexte, ce rapport met en évidence le potentiel des interventions basées sur la gestion des terres visant à atténuer les effets de la sécheresse en augmentant la résilience des écosystèmes et le bien-être socio-économique des populations.

6 Voir ICCD/COP(13)/19, consulté le 30/11/2018 à l'adresse :

<https://www.unccd.int/sites/default/files/sessions/documents/2017-08/ICCD_COP%2813%29_191711042E.pdf>.



Il est nécessaire de mieux comprendre
le potentiel des interventions basées sur
la gestion des terres afin d'atténuer les
effets de la sécheresse en augmentant la
résilience des écosystèmes et le bien-être
socio-économique des populations.





Gestion intelligente des terres face à la sécheresse : définitions, concepts et cadre de synthèse et d'évaluation

2.1.	Définitions et concepts relatifs à la sécheresse	32
2.2.	Définitions et concepts relatifs à la gestion intelligente des terres	34
2.3.	Cadre de synthèse et d'évaluation sur la gestion intelligente des terres face à la sécheresse	36



Gestion intelligente des terres face à la sécheresse : cadre de synthèse et d'évaluation visant à améliorer la compréhension du rôle des interventions basées sur la gestion des terres déterminant la résilience des écosystèmes et de l'homme face à la sécheresse.

Ce chapitre introduit la terminologie principale définissant les actions visant à lutter contre les effets de la sécheresse (c'est-à-dire contre l'impact de la sécheresse et la vulnérabilité) et propose un nouveau concept de « gestion intelligente des terres face à la sécheresse », ou GIT-S, en expliquant le rapport qu'il entretient avec la terminologie établie. Sur cette base, ce chapitre définit le cadre de la synthèse des mesures de GIT-S et une évaluation de l'impact des pratiques de GIT-S sur les sols, l'eau, les attributs biophysiques/de l'écosystème et les facteurs socio-économiques qui déterminent la résilience des écosystèmes et des hommes à la sécheresse.

2.1 Définitions et concepts relatifs à la sécheresse

On sait qu'il n'existe pas de définition universellement reconnue de la sécheresse. Des définitions ont été élaborées par différentes parties prenantes et vont au-delà de ses seuls aspects météorologiques en incluant pour la plupart l'ampleur de son impact sur les secteurs agricole, hydrologique, socio-économique et écologique. Les décideurs doivent être conscients que les définitions de la sécheresse, de la pénurie d'eau et de l'aridité peuvent avoir des conséquences

sur l'efficacité des politiques associées, notamment dans le cadre du lien entre la sécheresse et les terres, car différentes définitions prennent (ou non) en compte les terres et ce, de différentes manières.

La compréhension de ces définitions et la manière dont elles sont utilisées dans le cadre des politiques nationales auront une influence sur l'adéquation ou non des mesures de gestion des terres et de lutte contre la sécheresse, ainsi que sur l'inclusion ou non de l'utilisation des terres, de la gestion des terres et d'actions de restauration/réhabilitation capables d'atténuer la sécheresse au sein des stratégies de gestion et des plans d'action. Il est urgent de mieux comprendre le lien entre les interventions basées sur la gestion des terres et l'atténuation de la sécheresse afin d'améliorer le ciblage et le suivi des interventions et des politiques. Dans tous les cas, la réponse humaine est un élément essentiel devant être intégré à toute approche proactive et efficace de planification de la gestion des terres et de la sécheresse.

Il va de soi que, dans le contexte de la sécheresse, les termes atténuation, gestion et réponse ont des définitions nuancées et souvent contradictoires. Le terme « atténuation » utilisé dans ce rapport fait référence aux actions et programmes destinés à

modérer, voire prévenir, les effets de la sécheresse. Les termes « gestion » et « réponse » décrivent généralement les actions entreprises pour atténuer les impacts pendant ou après un événement. Dans ce rapport, la gestion proactive de la sécheresse est utilisée comme un terme générique englobant les trois concepts précédents, lorsqu'ils sont envisagés dans le cadre de la planification et de la préparation à des conditions extrêmes avant que ne surviennent des difficultés associées à la sécheresse.

Gestion des risques liés à la sécheresse

La gestion des risques liés à la sécheresse est le processus de collecte de données et d'informations visant à l'analyse et à l'évaluation des risques ; à l'évaluation des options ; et à l'élaboration, la mise en œuvre et l'examen des décisions visant à réduire, à contrôler, à accepter ou à redistribuer les risques de sécheresse. Il s'agit d'un processus continu d'analyse, d'ajustement et d'adaptation des politiques et des actions visant à réduire le risque de sécheresse, notamment en réduisant la vulnérabilité et en améliorant la résilience des populations concernées. La gestion des risques liés à la sécheresse consiste à créer une société résiliente à

La gestion des risques liés à la sécheresse consiste à créer une société résiliente à la sécheresse, en réduisant les risques de sécheresse et en promouvant des opportunités environnementales, sociétales et économiques dans l'immédiat et à plus long terme. Elle reconnaît que les risques ne peuvent jamais être entièrement éliminés et que la réduction des risques peut se faire au détriment d'autres objectifs sociétaux (CNULCD, 2018).

la sécheresse, en réduisant les risques de sécheresse et en promouvant des opportunités environnementales, sociétales et économiques dans l'immédiat et à plus long terme. Elle reconnaît que les risques ne peuvent jamais être entièrement éliminés et que la réduction des risques peut se faire au détriment d'autres objectifs sociétaux (CNULCD, 2018).

En effet, le PGIS et ses partenaires ont approuvé trois piliers en matière de gestion des risques liés à la sécheresse qui constituent les éléments de base d'une politique efficace de lutte contre la sécheresse.⁷ Ces trois piliers sont : (1) la surveillance et l'alerte précoce ; (2) l'évaluation de la vulnérabilité et de l'impact ; (3) l'atténuation, la préparation et la réponse.

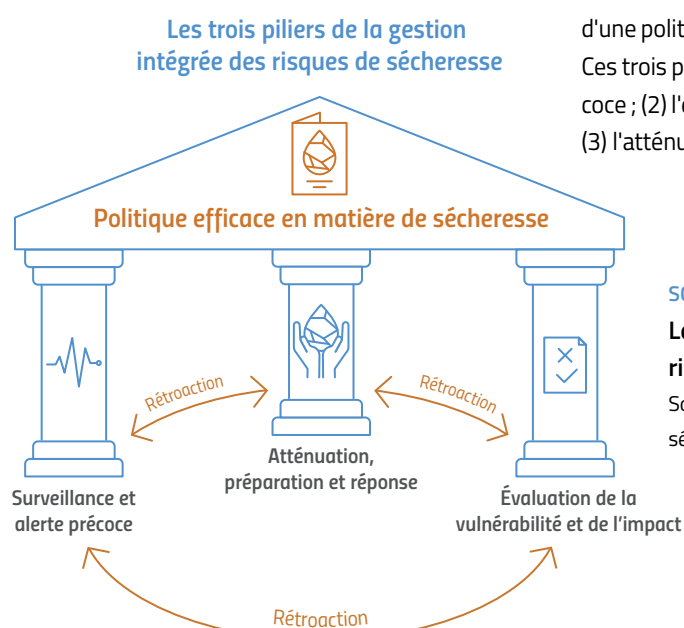


SCHÉMA 2

Les trois piliers de la gestion intégrée des risques de sécheresse

Source : Programme de gestion intégrée de la sécheresse (PGIS)

⁷ Voir <<http://www.droughtmanagement.info/pillars/>>, consulté pour la dernière fois le 27/02/2019.



Ces trois piliers alimentent les plans de gestion de la sécheresse, « un outil de planification pouvant être appliqué à l'échelle du bassin ou à une autre échelle et qui définit les mécanismes et la méthodologie de détection et de prévision des sécheresses, établit des seuils pour les différents stades de sécheresse au fur et à mesure qu'elle s'intensifie et qu'elle s'atténue, élabore des mesures visant à atteindre des objectifs spécifiques à chaque stade de sécheresse, garantit la transparence et la participation du public dans le cadre du développement de stratégies de lutte contre la sécheresse. »⁸

Les interventions de GIT-S peuvent être conçues et mises en œuvre à différentes échelles, avec des actions aux niveaux local et national fournissant les structures d'incitation et permettant à l'environnement de mener, soutenir ou développer des actions au niveau des utilisateurs finaux des terres.

2.2 Définitions et concepts relatifs à la gestion intelligente des terres

La gestion durable des terres (GDT), les solutions basées sur la nature (SBN), l'adaptation écosystémique (AEs) et la Réduction des risques de catastrophe basée sur les écosystèmes (RRC-éco) ont bien été reconnues par les scientifiques et les responsables politiques cherchant des solutions à la dégradation des terres, pour l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques, la

conservation de la biodiversité et la réduction des catastrophes liées à l'eau, en tant qu'approches proactives et efficaces pour améliorer la résilience des écosystèmes et des hommes à long terme. Même si ces approches présentent des caractéristiques uniques, elles fournissent toutes des exemples d'interventions basées sur la gestion des terres qui sont pertinentes dans le contexte de la sécheresse.

Interventions basées sur la gestion des terres

Dans ce rapport, les interventions basées sur la gestion des terres sont définies comme des actions liées à la fois à l'utilisation et à la gestion des terres. Il existe un large éventail d'interventions potentielles conférant une résilience à la sécheresse, incluant certains types d'infrastructures de récupération de l'eau ou de contrôle de l'érosion, des pratiques agricoles respectueuses du climat telles que l'agriculture de conservation, des technologies permettant d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau, le boisement et le reboisement. Ces interventions partagent les caractéristiques fondamentales des concepts de GDT, de SBN, d'AEs et de RRC-éco, elles offrent des possibilités d'atténuer les effets de la sécheresse et, plus généralement, de recentrer les actions sur une « gestion proactive de la sécheresse », augmentant ainsi la résilience des écosystèmes et des populations face à la sécheresse.

Les interventions basées sur la gestion des terres présentant un intérêt spécifique dans ce rapport sont celles qui soutiennent la fourniture de services écosystémiques terrestres, car elles sont affectées par les écarts temporaires de précipitation et de taux d'humidité du sol par rapport aux tendances normales (moyennes à long terme). Celles-ci doivent être différenciées des interventions ciblant la rareté (permanente) de l'eau dans des zones climatiques généralement sèches.

⁸ Voir <<http://www.droughtmanagement.info/glossary/>>, consulté pour la dernière fois le 21/11/2018.

Gestion intelligente des terres face à la sécheresse

Dans la définition des interventions basées sur la gestion des terres dans le cadre de la GIT, ce rapport introduit un nouveau concept de gestion intelligente des terres face à la sécheresse (GIT-S) (Schéma 3 - Gestion intelligente des terres face à la sécheresse (GIT-S Figure 3 Drought-smart land management (D-SLM))).

La GIT-S améliore la résilience des utilisateurs des terres et de la société en général à la sécheresse. De telles interventions de GIT-S améliorent la capacité des sols à absorber, retenir, libérer et

transmettre l'eau et augmentent l'efficacité d'utilisation de l'eau par les plantes. La plupart d'entre elles y parviennent en augmentant l'approvisionnement en eau là où les organismes vivants en ont besoin (au niveau des systèmes racinaires des cultures par exemple) ou en réduisant la demande en eau (avec des variétés de cultures résistantes à la sécheresse par exemple). Les interventions de GIT-S peuvent être conçues et mises en œuvre à différentes échelles, avec des actions aux niveaux local et national fournissant les structures d'incitation et permettant à l'environnement de mener, soutenir ou développer des actions au niveau des utilisateurs finaux des terres. Les interventions

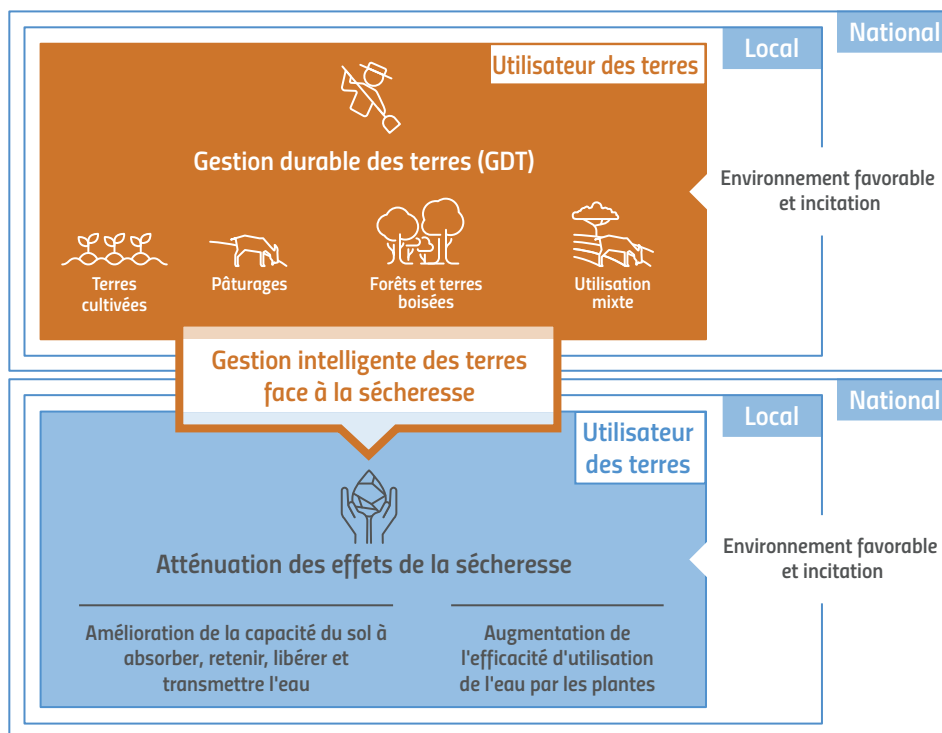


SCHÉMA 3

Gestion intelligente des terres face à la sécheresse (GIT-S)



de GIT-S contribuent à éviter, réduire et inverser le processus de dégradation des terres dans le cadre de la NDT. La GIT-S contribue également au 3e pilier de la gestion des risques liés à la sécheresse, en contribuant notamment à l'atténuation des risques et des effets de la sécheresse et en améliorant la préparation. D'autre part, le 2e pilier de la gestion des risques liés à la sécheresse, à savoir l'évaluation de l'impact, aide à identifier les aspects les plus importants et les plus efficaces de la GIT-S.

Neutralité en matière de dégradation des terres

La CNULCD définit la neutralité en matière de dégradation des terres (NDT) 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 » (Orr et al., 2017). Le mécanisme de la NDT, à savoir la comptabilisation des pertes et des gains futurs en capital de terres naturelles, fait explicitement référence à la gestion durable des terres et à ses pratiques en tant qu'outils permettant d'éviter, de réduire ou d'inverser la dégradation des terres. La mise en œuvre des pratiques de GIT-S dans le cadre de la NDT par le biais d'une planification intégrée de l'occupation des terres permet d'optimiser l'utilisation des terres et de maintenir l'équilibre de celles-ci afin de fournir d'autres services écosystémiques et de renforcer la résilience des communautés et des écosystèmes.

2.3 Cadre de synthèse et d'évaluation sur la gestion intelligente des terres face à la sécheresse

Afin d'améliorer les connaissances scientifiques sur le potentiel des interventions basées sur les terres visant à atténuer les effets de la sécheresse en augmentant la résilience des écosystèmes et le bien-être socio-économique des populations, nous allons définir la portée, l'échelle et la méthodologie d'une synthèse et d'une évaluation d'après l'analyse des rapports de synthèse et de la littérature principale existants.

2.3.1 Portée

La portée de la synthèse et de l'évaluation est définie comme suit : elle couvre les pratiques ou les technologies de gestion durable des terres, associées à quatre types principaux d'utilisation des terres, telles que définies dans le WOCAT (2002) et adaptées par Sanz et al. (2017, p. 45). Ces quatre types d'utilisation des terres sont :

- les terres cultivées : cultures annuelles, cultures pérennes, cultures d'arbres et d'arbustes.
- les pâturages : pâturages extensifs et intensifs.
- les forêts/terres boisées : forêt naturelle, plantations forestières, autres.
- l'utilisation mixte : agroforesterie (terres cultivées et forêts), agropastoralisme (terres cultivées et pâturages), agrosylvopastoralisme (terres cultivées, pâturages et forêts), sylvo-pastoralisme (forêts et pâturages). Dans ce rapport, les zones urbaines sont également incluses dans cette catégorie d'utilisation mixte des terres.

ENCADRÉ 1**Définitions établies relatives à la terre****Gestion durable des terres**

La gestion durable des terres (GDT) cherche à intégrer la gestion des terres, de l'eau, de la biodiversité et d'autres ressources environnementales pour répondre aux besoins actuels et futurs des hommes, tout en maintenant les services écosystémiques (Banque mondiale, 2006). À cet égard, l'une des technologies spécifiques de la GDT est une pratique consistant en une ou plusieurs mesures agronomiques, végétatives, structurelles et de gestion, appliquée sur le terrain pour contrôler la dégradation des terres et/ou améliorer leur productivité (adapté du glossaire WOCAT). Cette définition décrit un large éventail de pratiques de GDT, dont un nombre important peut s'avérer utile dans le cadre des interventions basées sur la gestion des terres pour l'atténuation des risques de sécheresse.

Solutions basées sur la nature

La GIT-S appartient au groupe des solutions basées sur la nature (SBN). Il existe de nombreuses définitions différentes, mais si l'on résume, les SBN sont inspirées et soutenues par la nature et son utilisation, ou imitent les processus naturels (Commission européenne, 2015). Une SBN peut impliquer la conservation ou la réhabilitation des écosystèmes naturels et/ou l'amélioration ou la création de processus naturels dans des écosystèmes modifiés ou artificiels. Les SBN offrent des solutions uniques et efficaces face au changement climatique. L'approche sous-jacente est une application proactive de la gestion durable et de la conservation des ressources naturelles pour relever les grands enjeux mondiaux (sécurité alimentaire, réduction des risques de catastrophe, économie) (UICN, 2012).

Approches écosystémiques pour l'adaptation au changement climatique et la réduction des risques de catastrophe

La GIT-S appartient au groupe des approches écosystémiques pour l'adaptation au changement climatique et la réduction des risques de catastrophe. Ce sont des approches holistiques qui utilisent la biodiversité ainsi que les fonctions et les services de l'écosystème pour gérer les risques d'impacts et de catastrophes liés au climat. L'adaptation écosystémique (AEs) désigne l'utilisation de la biodiversité ainsi que des fonctions et des services écosystémiques dans le cadre d'une stratégie d'adaptation globale pour contribuer au bien-être des sociétés, y compris des peuples autochtones et des communautés locales, et aider les populations à s'adapter aux effets néfastes du changement climatique. L'AEs a pour objectif de maintenir et d'accroître la résilience et de réduire la vulnérabilité des écosystèmes et des populations face aux effets néfastes du changement climatique (CDB, 2009). La réduction des risques de catastrophe basée sur les écosystèmes (RRC-éco) correspond à la gestion, à la conservation et à la restauration holistiques et durables des écosystèmes afin de réduire les risques de catastrophe, dans le but de parvenir à un développement durable et résilient (Estrella et Saalismaa, 2013). Des directives volontaires pour la conception et la mise en œuvre effective des stratégies d'AEs et de RRC-éco ont été adoptées par la Conférence des Parties lors de la Convention sur la diversité biologique (CDB) à l'occasion de sa quatorzième réunion en novembre 2018.



Bien que les terres sèches du monde soient vulnérables et menacées par la dégradation des terres et la sécheresse, la portée de ce rapport s'étend au-delà des terres sèches, car la sécheresse et la dégradation des terres sont un phénomène mondial, qui ne se limite pas uniquement aux terres sèches.

Bien que les terres sèches du monde soient vulnérables et menacées par la dégradation des terres et la sécheresse, la portée de ce rapport s'étend au-delà des terres sèches, car la sécheresse et la dégradation des terres sont un phénomène mondial, qui ne se limite pas uniquement aux terres sèches. L'agriculture a toujours été le principal secteur sensible à la sécheresse, bien que d'autres secteurs tels que le transport par voie d'eau, l'énergie et le tourisme soient de plus en plus touchés et reconnus comme tels.⁹ Contrairement à ces autres secteurs, le rôle de l'eau dans l'agriculture est très difficile à remplacer. Il existe également un nombre très limité d'options pour remplacer l'agriculture afin de fournir de la nourriture, et les interventions basées sur la gestion des terres sont des outils clés pour accroître la résilience des écosystèmes et des sociétés du secteur aux sécheresses. La portée de cette synthèse et de cette évaluation inclut également la sylviculture : avec l'agriculture, ces deux secteurs couvrent une très grande partie des services écosystémiques terrestres gérés.

Les résultats de la synthèse et de l'évaluation sont structurés en fonction des types d'utilisation des terres, car de nombreuses décisions concernant les interventions basées sur la gestion des terres sont prises et mises en œuvre par les utilisateurs des terres eux-mêmes. Pour l'ensemble

des types d'utilisation des terres, Sanz et al. (2017) définissent quatorze groupes de « technologies » (ou pratiques) de GDT englobant des techniques spécifiques. Dans ce rapport, nous appliquons ces termes à l'échelle mondiale. Les groupes sont :

1. la gestion intégrée de la fertilité des sols,
2. la perturbation minimale des sols,
3. le contrôle des ravageurs et des maladies,
4. le contrôle de l'érosion des sols,
5. la gestion de la végétation,
6. la gestion de l'eau,
7. la réduction de la déforestation,
8. le boisement et le reboisement,
9. la gestion durable de la forêt
10. la restauration de la forêt,
11. la gestion de la pression due aux pâturages,
12. la gestion des déchets d'animaux,
13. l'agroforesterie (arbres associés à des cultures, des herbes et/ou des animaux),
14. l'agropastoralisme (animaux en pâturage ou se nourrissant des résidus de récolte et pâturant sur les terres mises en jachère).

Dans la mesure du possible, l'analyse de l'impact des technologies de GDT sur l'atténuation des risques de sécheresse se conformera aux typologies mentionnées ci-dessus. L'intérêt de cette démarche est de déterminer si certains types (ou combinaisons de types) d'utilisation des terres et certaines catégories spécifiques d'innovations en matière de GDT ont un impact plus significatif ou systématique sur la résilience à la sécheresse. Cela pourrait permettre de tirer des conclusions politiques en se basant sur les dénominateurs communs trouvés à partir des exemples et des études de cas très spécifiques de la littérature et de s'éloigner des recommandations purement spécifiques à chaque cas.

9 Voir Wilhite et al. (2007) sur les impacts de la sécheresse aux États-Unis <<http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/43>>, et l'OMM et GWP (2014) pour une perspective globale.



Le dernier élément à prendre en compte pour déterminer la portée de l'évaluation est la catégorisation des impacts de ces technologies ou pratiques sur l'atténuation des effets de la sécheresse, qui peuvent être soit a) directs, c'est-à-dire qu'ils influent sur la variabilité de la disponibilité de l'eau/sur l'humidité (c'est-à-dire l'absence de pénurie d'eau) ou b) indirects, c'est-à-dire qu'ils influent sur la capacité des utilisateurs des terres à réagir à la sécheresse en s'adaptant à des conditions plus arides (dans le temps). Comme les indicateurs de référence pour la sécheresse, les risques de sécheresse et les impacts sont par nature spécifiques à chaque cas, il est nécessaire de travailler avec ces différents niveaux de classification pour parvenir à des conclusions plus systématiques.

2.3.2 Échelle

L'échelle géographique servant de cadre au rapport se concentre sur les utilisateurs des terres, car ce sont eux qui prennent la plupart des décisions en matière d'utilisation des terres et appliquent les technologies de GDT. Cette focalisation « à petite échelle » découle du constat que l'importance des activités d'atténuation de la sécheresse à petite échelle est souvent sous-estimée (Gerber et Mirzabaev, 2017). Cependant, il est raisonnable de supposer que ceux qui souffrent directement des effets de la sécheresse, les utilisateurs des terres, devraient être davantage incités à agir de manière à renforcer leur résilience aux effets de la sécheresse. Si ce n'est pas le cas, il est probable que leur capacité à agir est limitée. Par conséquent, ce rapport cherche également à établir un lien au niveau local et national, où les politiques sont approuvées et appliquées, déterminant ainsi les éléments décisifs visant à la création d'un « environnement favorable » pour les utilisateurs des terres. Le rapport fait ici la différence entre les interventions à l'échelle locale et nationale qui ont un impact direct sur l'atténuation des risques de sécheresse (en construisant

des infrastructures d'irrigation par exemple) et celles qui façonnent un environnement favorable pour les utilisateurs des terres et encouragent l'adoption de pratiques de GDT, l'accroissement de la résilience à la sécheresse, ou les deux (en sécurisant les régimes fonciers, en accordant des subventions pour les technologies d'irrigation à petite échelle, etc.).

L'échelle de temps des interventions basées sur la gestion des terres et de leurs éventuelles retombées positives pour la gestion des risques liés à la sécheresse est le dernier élément à prendre en compte dans le présent rapport. Le calendrier de mise en œuvre des technologies de GDT, l'échelle de temps à prendre en compte pour relever les premiers effets attendus et l'échelle de temps qui permettrait d'enregistrer une résilience accrue à la sécheresse ne correspondent pas forcément. En effet, l'OCDE (2016) considère les stratégies d'atténuation des risques ex ante, telles que l'atténuation des risques de sécheresse, comme des stratégies à long terme (par opposition à la gestion de crise ex post à court terme). Par ailleurs, de nombreuses stratégies de GDT ont un impact à plus court terme (les digues ou les terrasses ont un effet plutôt immédiat dans le cadre de la lutte contre l'érosion, par exemple), avec des effets plus importants si elles sont poursuivies sur une longue période. Certaines technologies de GDT demandent un investissement initial important, mais des coûts de maintenance plus bas (c'est le cas notamment du contrôle de l'érosion par le terrassement), tandis que d'autres nécessitent des investissements relativement faibles, mais répétés (pâturage en rotation, micro-fertilisation, etc.). Il est donc concevable que l'impact des technologies de GDT sur la résilience à la sécheresse soit extrêmement difficile à attribuer d'un point de vue technique. Ce problème n'est pas abordé de manière explicite dans la documentation examinée et ce rapport reflète cette situation : la viabilité économique (impacts directs à court terme) et l'impact des stratégies de GIT-S sur la résilience sociale (à long terme) sont évalués séparément.



2.3.3 Méthodologie

La méthodologie se base sur une analyse et une évaluation de la littérature. Cela commence par l'examen et l'évaluation systématiques des documents clés fournis par le secrétariat de la Convention au titre de l'appel auquel ce rapport répond, qui offrent un excellent lien avec l'expérience acquise en matière de sécheresse et de dégradation des terres et avec les mesures prises pour les combattre. D'autres documents complémentaires ont été fournis par le groupe de travail 2 de l'ISP.

La liste des sources principales a été élargie, en adoptant tout d'abord une approche « à l'effet boule de neige » : les publications techniques et scientifiques référencées dans les documents clés mentionnés ci-dessus ont été consultées, toujours dans le but d'obtenir la source originale fournissant la preuve de l'impact de la GIT-S.

Cette approche a été complétée par une recherche bibliographique. En cherchant des mots clés pas à pas à l'aide du moteur de recherche scientifique Google Scholar, la recherche permet d'identifier les publications les plus récentes susceptibles de combler les lacunes des évaluations antérieures de la littérature. Les filtres et les mots clés appliqués lors de la recherche sont liés à des interventions spécifiques de GIT-S sélectionnées à partir des groupes de pratiques de GDT et de leur liste d'interventions spécifiques présentées par Sanz et al. (2017).

Par exemple : Sanz et al. (2017) rapportent que la gestion intégrée de la fertilité des sols peut fournir une gamme de services abordant la dégradation

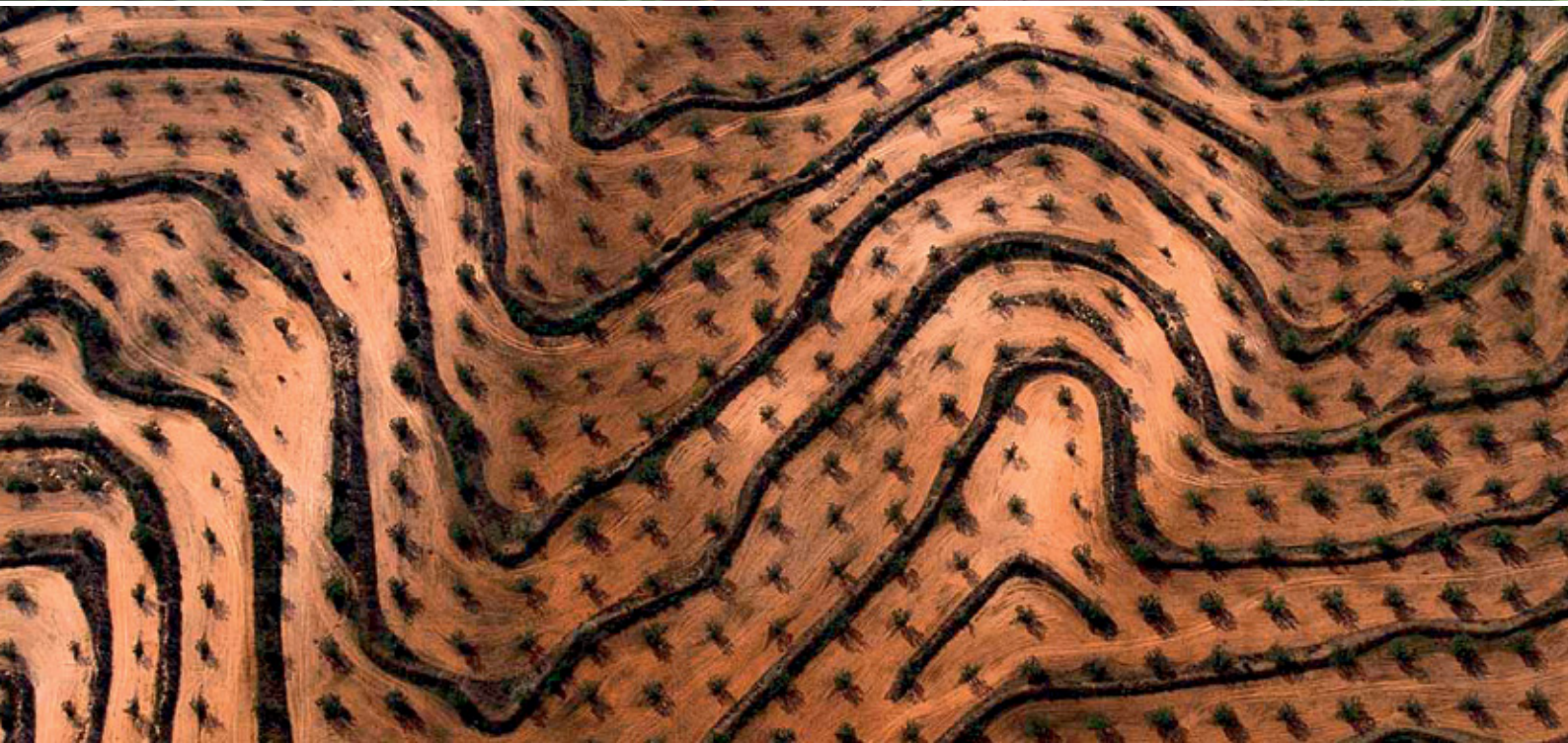
des terres et l'adaptation au changement climatique. Après avoir trouvé ces informations, une recherche sur Google Scholar a été effectuée en combinant des mots clés tels que « compostage et rendements », « biochar, séquestration du dioxyde de carbone », « gestion intégrée de la fertilité des sols et sécurité alimentaire », etc. L'examen et l'évaluation ont donné la priorité aux documents publiés le plus récemment (depuis 2008), mais prennent également en compte les publications plus anciennes, qui restent pertinentes et importantes. L'analyse met l'accent sur la littérature approuvée par des comités de lecture, complétée par des sources pertinentes de littérature grise.

La méthodologie, c'est-à-dire la confiance accordée au matériel clé fourni par le secrétariat de la Convention et la recherche supplémentaire de littérature scientifique, est le résultat de deux éléments principaux :

1. l'objectif précis de ce rapport scientifique déterminé par le secrétariat de la Convention et lors de la consultation avec le groupe de travail 2 de l'ISP (réunion du 11 octobre 2018 et échanges ultérieurs entre l'équipe de conseillers et les membres de l'ISP).
2. la concordance entre l'objectif et la portée du rapport et le succès effectif de la recherche documentaire en révélant des comptes-rendus objectifs et factuels sur l'impact des interventions basées sur les terres en matière d'atténuation des risques de sécheresse (GRS).



L'évaluation sur la GIT-S pour éviter, réduire et inverser la dégradation des terres contribue à l'atténuation de la sécheresse et les stratégies de gestion des risques s'articulent autour des utilisateurs des terres, d'une approche pratique et de la prise en compte des questions de genre et des bénéfices à court terme (pour la résilience économique) et à long terme (pour la résilience des écosystèmes et des sociétés).





Efficacité et retombées positives des pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse

- | | | |
|------|--|----|
| 3.1. | Synthèse des pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse | 44 |
| 3.2. | Évaluation des pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse | 50 |



Des preuves scientifiques solides montrent que 14 groupes de mesures de GIT-S répartis selon quatre types d'utilisation des terres pourraient contribuer de manière positive à l'atténuation des risques de sécheresse, à la neutralité en matière de dégradation des terres, à la préservation de la biodiversité, à la séquestration du dioxyde de carbone dans les sols et à une meilleure résilience à la sécheresse sans limiter les bénéfices économiques des agriculteurs.

Ce chapitre présente une synthèse et une évaluation des pratiques de GIT-S qui *améliorent la capacité des sols à absorber, retenir, libérer et transmettre l'eau et augmentent l'efficacité d'utilisation de l'eau par les plantes* (Sanz et al., 2017), favorisant ainsi la résilience à la sécheresse. On sait que toutes les mesures de GDT peuvent contribuer indirectement à la résilience à la sécheresse en améliorant la fertilité des sols et en renforçant la résilience économique et sociale face à divers chocs, y compris aux phénomènes météorologiques extrêmes (Sanz et al., 2017).

Cette description croisée des pratiques de GIT-S et de la hiérarchie de réponses de NDT est destinée à faciliter leur intégration au sein des engagements nationaux en matière de NDT (Mécanisme Mondial, 2017).

3.1. Synthèse des pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse

Cette section fait tout d'abord le point sur les interventions basées sur les terres visant à atténuer les risques de sécheresse, dénommées pratiques de GIT-S, selon les principaux types d'utilisation des terres, à savoir : les terres cultivées, les pâturages, les forêts et zones boisées et les terres mixtes. Cette classification reprend la classification des types d'utilisation des terres du WOCAT, qui a été approuvée par la CNULCD en tant que base de données principale recommandée pour le compte-rendu des meilleures pratiques de GDT. La synthèse lie également ces pratiques à la hiérarchie de réponses en matière de NDT consistant à éviter, réduire et inverser la dégradation des terres (Cowie et al., 2018 ; Orr et al., 2017). Cette description croisée des pratiques de GIT-S et de la hiérarchie de réponses de NDT est destinée à faciliter leur intégration au sein des engagements nationaux en matière de NDT (Mécanisme Mondial, 2017). En raison de contraintes d'espace, les définitions des pratiques spécifiques de GIT-S figurent dans l'annexe 1.



3.1.1 Terres cultivées

Les pratiques de GIT-S contribuent à atténuer les risques de sécheresse sur les terres cultivées en améliorant les composants du système de production qui augmentent la capacité de rétention d'eau du sol, l'infiltration et la disponibilité de l'eau, et en réduisant les pertes en eau grâce à diverses mesures visant à contrôler l'érosion, à minimiser ou à contrôler la perturbation des sols et à améliorer la rétention de l'eau, la fertilité ainsi que la gestion de l'eau et de la végétation.

Contrôler l'érosion du sol. Les pratiques de GIT-S visant à contrôler l'érosion des sols, qu'elle soit hydrique ou éolienne, aident à préserver la matière organique ainsi que la fertilité et augmentent le taux d'infiltration de l'eau, améliorant ainsi la disponibilité en eau et en nutriments nécessaires à la croissance des plantes, de même que la résilience des cultures face à la sécheresse (Maetens et al., 2012). Ces mesures de lutte contre l'érosion comprennent des interventions qui réduisent la vitesse du vent et du ruissellement, à savoir : 1) avec des barrières végétales, des brise-vent et des bandes végétales (bandes d'herbe, d'arbustes et d'arbres), des lignes de déchets organiques (Emikikizo en Ouganda, par exemple) (Liniger et Critchley, 2007) et en augmentant la couverture du sol grâce aux cultures de protection et au paillage ; 2) avec des barrières structurelles incluant des digues en terre, des digues semi-circulaires, des lignes et des murs en pierre (Mitsheho en Afrique du Sud, par exemple), des terrasses en gradins inclinés (Fanya juu au Kenya et en Tanzanie, terrasses de loess à Zhuanglang en Chine, par exemple) et des barrages de contrôle (Wei et al., 2016). Les pratiques de terrassement aident à réduire l'érosion et permettent au sol de se recharger en eau (Wei et al., 2016). Ces pratiques de GIT-S contribuent principalement à éviter et à réduire la dégradation des terres. Elles ont un impact relativement limité sur l'inversion de la dégradation des terres.

Minimiser ou contrôler la perturbation des sols et améliorer la rétention de l'eau. L'utilisation à long terme de pratiques culturelles conventionnelles peut compromettre la capacité du sol à retenir l'eau, tandis

que les pratiques visant à minimiser la perturbation du sol, telles que les diverses méthodes de travail minimum (semis sans labour, travail du sol minimum avec paillage, billonnage et culture suivant les courbes de niveau) améliorent la qualité physique du sol, maintiennent un taux d'humidité plus élevé, favorisent l'activité biologique et apportent du carbone organique dans le sol (Acharya et al., 1998 ; Klik et Eitzinger, 2010 ; Lanckriet et al., 2012). La perturbation des sols est également limitée par la plantation de cultures de couverture, le semis d'engrais vert et le paillage (Alma-

Ces pratiques de GIT-S contribuent principalement à éviter et à réduire la dégradation des terres.

gro et al., 2013 ; Celano et al., 2011). Les cultures de couverture et le paillage augmentent la teneur en eau du sol et son taux de carbone en réduisant le ruissellement et l'évaporation à la surface du sol et en augmentant l'infiltration de l'eau (Basche, 2017). Le travail du sol minimum et le paillage pourraient être associés aux rotations des cultures, dans le cadre de ce que l'on appelle les pratiques agricoles de conservation (Derpsch, 2005 ; Hobbs et al., 2008 ; Kienzler et al., 2012 ; Scopel et al., 2013). En revanche, dans le cas de sols compactés, avec des couches limitant l'enracinement, des moyens mécaniques de sous-solage peuvent être utilisés pour ameublir les sols compactés et améliorer leur perméabilité à l'eau (Harari, Gavilano et Liniger, 2017). Le nivellement du sol au laser contribue à améliorer l'efficacité de l'apport en eau (Abdullaev et al., 2007 ; Aryal et al., 2015 ; Kaur et al., 2012). Le nivellement de précision des champs a réduit les besoins en irrigation de la production céréalière en Arizona, aux États-Unis, de 20 à 30 % (Vickers, 2018). Les mesures de GIT-S visant à minimiser la perturbation des sols contribuent à éviter et à réduire la dégradation des terres. Dans certains cas, par exemple, la plantation de cultures de couverture et l'utilisation de paillis peuvent contribuer à inverser la dégradation des terres.



La gestion intégrée de la fertilité des sols vise à optimiser la teneur en nutriments et en eau du sol pour la croissance des cultures (Obia et al., 2016 ; Sanz et al., 2017 ; Woolf et al., 2010), en associant l'apport d'adjuvants chimiques et organiques, tels que le fumier, le compost (Bekchanov et Mirzabaev, 2018 ; Doan et al., 2015), les engrais verts (Cherr et al., 2006 ; Garcia-Franco et al., 2015 ; Zhang et al., 2017), le bio-humus et le biochar (Singh et Cowie, 2015 ; Van Zwieten et al., 2010), avec l'utilisation de pratiques indigènes telles que les jardins surélevés en Terra Preta (Haïti), les jardins en trou de serrure (Lesotho) (Harari et al., 2017), les chinampas (utilisant des roseaux entrecroisés sur des étendues d'eau pour la production de cultures) et les milpas (culture mixte complémentaire dite « des trois sœurs ») au Mexique (Saavedra et al., 2017). Les pratiques de gestion intégrée de la fertilité des sols contribuent aux trois catégories de la hiérarchie des réponses en matière de NDT consistant à éviter, réduire et inverser la dégradation des terres.

La gestion améliorée de l'eau, qui inclut notamment une meilleure planification de l'arrosage, la fixation de taux d'irrigation plus précis, l'irrigation au goutte-à-goutte, l'irrigation par épandage des eaux de crue d'un cours d'eau intermittent, l'irrigation au goutte-à-goutte en profondeur, l'irrigation de nuit pour éviter les pertes par évaporation et l'irrigation déficitaire contrôlée, permet de faire des économies d'eau dans le cadre de la production agricole (Chai et al., 2016 ; Harari et al., 2017 ; Sanz et al., 2017). La résilience face à la sécheresse dans le cadre des cultures pluviales pourrait également être renforcée par une irrigation complémentaire utilisant diverses techniques de récupération des eaux de pluie (Akhtar et al., 2016). Il existe de nombreux exemples de techniques de récupération des eaux de pluie adaptées aux conditions locales à travers le monde, telles que les fosses de zaï (Burkina Faso) (Nyamekye et al., 2018), le Tassa (Niger) (Bouzou Moussa et Dan Lamso, 2004), le Ndiva (Tanzanie) (Enfors et Gordon, 2008), le captage des eaux souterraines, les systèmes de kyariz (Turkménistan) (Bekturova et Romanova, 2007), les systèmes de rétention des eaux de pluie dans des cuvettes rocheuses naturelles, les filtres à sable pour bassins

(FSB) et autres (Harari et al., 2017 ; Oweis et al., 2012). L'augmentation de la capacité de rétention d'eau à grande échelle est possible grâce à la construction de réservoirs, de fosses de retenue, de bassins d'irrigation agricole, etc., et à la réduction des pertes d'eau par infiltration dans les canaux d'irrigation. Les réservoirs et la récupération des eaux de pluie permettent également l'irrigation pendant la saison sèche. L'irrigation d'appoint utilisant de l'eau souterraine a entraîné l'épuisement des réserves souterraines et la salinisation secondaire dans de nombreux contextes (de Graaf et al., 2017 ; MacDonald et al., 2016 ; Parisi et al., 2018 ; Russo et Lall, 2017), nécessitant une planification et une régulation attentives des systèmes de drainage et des taux d'utilisation des eaux souterraines correspondants. Les capteurs d'humidité du sol et les systèmes intelligents de mesure de l'irrigation (Aqeel-ur-Rehman et al., 2014 ; Haley & Dukes, 2012 ; Vellidis et al., 2008), les capteurs de flux de sève (Han et al., 2018), la réutilisation de l'eau marginale (Qadir & Oster, 2004 ; Qadir et al., 2010), les drones, les technologies de télédétection pour la surveillance ciblée des besoins en eau des plantes (Lawley et al., 2016) et un calendrier d'irrigation avancé adapté aux conditions météorologiques réelles contribuent à améliorer l'efficacité de l'utilisation d'eau dans les zones sujettes à la sécheresse (Vickers, 2018). Ces capteurs de l'humidité contenue dans le sol et l'irrigation de précision ont permis de réduire de 30 % les besoins en eau des plantations d'amandiers (*Prunus dulcis*) dans le centre de la Californie, aux États-Unis (Vickers, 2018). L'irrigation déficitaire contrôlée, l'irrigation partielle de la zone racinaire par exemple, permettait d'obtenir le même niveau de rendement en économisant 20 à 30 % de l'eau d'irrigation (Chai et al., 2016). Selon le contexte, de meilleures pratiques de gestion de l'eau peuvent contribuer à toutes les catégories de NDT consistant à éviter, réduire ou inverser la dégradation des terres.

Les mesures de gestion améliorée de la végétation visent notamment à contrôler les mauvaises herbes en réduisant les pertes en eau dues à leur croissance et en permettant aux cultures de recevoir davantage d'eau (Singh et al., 2008). Les mesures de contrôle des mauvaises herbes, en particulier



lorsqu'elles sont associées à des pratiques de gestion intégrée des ravageurs, permettent également de réduire l'utilisation d'herbicides et de pesticides, contribuant ainsi à éviter la détérioration de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines (Bossio et al., 2010). L'introduction de cultures et de variétés résistantes à la sécheresse, y compris de cultures souvent négligées et sous-utilisées, l'adoption de cultures s'enracinant en profondeur et l'amélioration de la nutrition des plantes pour un développement précoce des racines forment un autre ensemble d'activités de GIT-S visant à améliorer la résistance des cultures face à la sécheresse. Les autres méthodes de gestion améliorée de la végétation incluent les rotations diversifiées des cultures, en semant par exemple des légumineuses (Biederbeck et al., 2005 ; Lenssen et al., 2007), les transitions vers des pratiques d'agroforesterie et les changements d'utilisation des terres en remplaçant les terres cultivées par des pâturages (Harari et al., 2017). Les rotations de cultures impliquant des légumineuses ont amélioré l'infiltration de l'eau de 70 % à 238 % lors d'expériences agronomiques menées au Malawi, au Mozambique, en Zambie et au Zimbabwe (Thierfelder et al., 2013). Ces pratiques de GIT-S visant une gestion améliorée de la végétation contribuent à toutes les catégories de NDT consistant à éviter, réduire ou inverser la dégradation des terres.

3.1.2 Pâturages

Les pratiques de gestion de la pression due aux pâturages étaient l'une des formes majeures de pratiques de GIT-S largement utilisées dans les pâturages à travers l'histoire pour faire face aux sécheresses. Un bon exemple de ces pratiques est le pâturage en rotation sur de longues distances, généralement associé au pastoralisme nomade (Dong, 2016). Actuellement, en raison de la conversion croissante des prairies en terres agricoles et de la fragmentation subséquente de l'étendue des pâturages (Behnke, 2008 ; Goldman et Riosmena, 2013 ; Hobbs et al., 2008 ; Stokes et al., 2006), de telles pratiques de pâturages en rotation sur de longues distances sont de plus en plus marginalisées. Les approches de pâturage en rotation aident à réduire la dégradation des prairies en modifiant et en répartissant

la pression due aux pâturages (Harari et al., 2017 ; Mirzabaev et al., 2016). Cependant, lorsqu'il est confronté aux sécheresses, qui sont une caractéristique fréquente et régulière de la plupart des prairies, le pâturage en rotation locale est souvent insuffisant et d'autres mesures doivent être utilisées, telles que le déplacement du bétail sur de longues distances vers des zones non touchées ou moins touchées par la sécheresse (Mirzabaev et al., 2016), l'alimentation du bétail à l'étable in situ en situation de sécheresse et la création de banques fourragères, qui peuvent permettre de minimiser les pertes de bétail (Ben Salem et Smith, 2008 ; Bennison et al., 1997 ; Jordaan et al., 2018 ; Kurade et al., 2017). Les pratiques de gestion des troupeaux impliquent le choix d'une composition d'espèces qui maximisent la capacité des éleveurs à surmonter les impacts de la sécheresse sans épuiser leurs ressources en bétail. Dans le même temps, la réduction de la mortalité du bétail pendant les sécheresses peut avoir des conséquences inattendues en limitant le rétablissement des pâturages après la sécheresse, ce qui nécessitera de prendre des mesures pour maintenir l'apport en nutriments, même après les sécheresses, afin de permettre la récupération des pâturages (Schulze et al., 2016). Les pratiques de gestion de la pression due aux pâturages contribuent à éviter et à réduire la dégradation des terres, elles sont également utiles pour inverser la dégradation des terres, mais dans une moindre mesure.

La gestion de l'eau est un autre domaine clé pour améliorer la résilience du bétail aux sécheresses. Le pâturage en rotation est facilité par la mise en place de points d'eau, c'est-à-dire de puits, où le bétail peut être abreuvé à l'aide d'eaux souterraines, le long des itinéraires vers les pâturages (Harari et al., 2017). Lorsque les eaux souterraines sont disponibles en quantité suffisante, elles peuvent également être utilisées pour l'irrigation supplémentaire des pâturages lorsque la sécheresse météorologique ne permet pas d'avoir des précipitations en quantité suffisante pour la croissance des fourrages (Oweis et al., 2012). Les approches de pâturage en rotation sont également associées à des enclos et au repos des prairies. Le fourrage dans les zones fermées peut être conservé pour nourrir le bétail pendant les années de



sécheresse, servant ainsi de réserves de nourriture en période de sécheresse (Liniger et Critchley, 2007). Les pratiques de gestion de l'eau contribuent principalement à éviter et à réduire la dégradation des terres, mais pourraient également être utilisées pour inverser la dégradation des terres lorsque les pâturages sont réensemencés et irrigués.

La gestion de la végétation par la mise en place de plantes fourragères qui s'enracinent en profondeur et résistent mieux à la sécheresse que les plantes dont l'enracinement est superficiel, accroît non seulement la séquestration du dioxyde de carbone dans les pâturages (Fisher et al., 1994), mais fournit également davantage de fourrage pendant les périodes de sécheresse (Sanz et al., 2017). Cependant, lors de l'introduction de nouvelles espèces d'herbes, des précautions doivent être prises pour éviter la perte de la diversité biologique locale (Gibbons et al., 2017). La gestion durable de la végétation dans les prairies implique également une gestion adaptée des incendies (du Toit et al., 2015 ; Limb et al., 2016 ; Scholes et Merwe, 1996). L'apport de phosphore et le traitement aux herbicides a permis de préserver les prés plus longtemps après les incendies dans les communautés du Batha en Méditerranée en retardant l'envahissement des arbustes (Henkin et Seligman, 2011). L'évolution vers des systèmes agropastoraux, où l'élevage en liberté est associé à une alimentation en stabulation avec du fourrage produit à la ferme, pourrait être un autre moyen de renforcer la résilience à la sécheresse dans les zones de prairies (Sanz et al., 2017). Ces pratiques de GIT-S visant une gestion améliorée de la végétation contribuent à toutes les catégories de NDT consistant à éviter, réduire ou inverser la dégradation des terres de parcours.

3.1.3 Forêts et terres boisées

Les forêts jouent un rôle important dans la formation du microclimat local, elles contribuent à la protection de l'eau et à la réduction des risques de sécheresse (Sanz et al., 2017). Par exemple, il a été démontré que la transpiration de la forêt amazonienne était à l'origine d'environ un tiers des précipitations dans toute la région amazonienne (Staal et al., 2018). Pour que le

boisement, le reboisement et la réduction de la déforestation contribuent à la résilience face à la sécheresse, la fourniture de services écosystémiques forestiers, en particulier la conservation et la régulation de l'eau, doit être améliorée. Le WOCAT et le Mécanisme Mondial documentent des initiatives de régénération naturelle assistée par les agriculteurs (RNA) (Harari et al., 2017) et des mesures de reboisement (Mécanisme mondial, 2016) mises en œuvre avec succès.

Les sécheresses augmentent les risques de feux de forêt (Brando et al., 2014 ; Nepstad et al., 2004). **Les mesures de gestion durable des forêts**, qui gèrent les incendies et leur propagation de manière adaptée, servent de mesures pour accroître la résistance aux sécheresses dans les zones forestières elles-mêmes. De telles mesures de gestion durable des forêts comprennent la limitation des combustibles de surface, la réduction des risques d'incendies de forêt d'origine humaine, le brûlage dirigé, etc. (Nelson et Chomitz, 2011 ; Stephens et Ruth, 2005). De nouveaux outils technologiques tels que les techniques de détection avec capteurs multiples et les systèmes de surveillance sans fil peuvent être utilisés pour collecter des données écologiques sur le terrain en vue de donner rapidement l'alerte en cas d'incendies de forêt, comme cela a été fait en Chine, dans le parc national forestier de Jiufeng à Pékin ou en Mongolie-Intérieure (Zheng et al., 2018). Ces mesures de GIT-S contribuent à toutes les catégories de NDT consistant à éviter, réduire ou inverser la dégradation des forêts.

3.1.4 Utilisations mixtes des terres et zones urbaines

Dans le cadre de l'utilisation mixte des terres, la production végétale et/ou l'élevage d'animaux sont associés à des plantations d'arbres (Sanz et al., 2017). Elle concerne principalement les systèmes agroforestiers et agropastoraux. En outre, cette section aborde également les pratiques de GIT-S dans les zones urbaines. Les zones urbaines ont connu une expansion rapide, à la fois en termes de territoire et de population, avec une demande croissante en eau et une augmentation de la vulnérabilité face à la sécheresse (Güneralp, Güneralp et Liu, 2015). La vulnérabilité des



zones urbaines à la sécheresse a par exemple été récemment démontrée par les effets de la sécheresse dans la ville du Cap, en Afrique du Sud (Wolski, 2018).

Les systèmes agroforestiers et agropastoraux, y compris l'agrosylviculture, le sylvopastoralisme et l'agropastoralisme, contribuent à la fertilité des sols et améliorent leur capacité à retenir l'eau (Mbow et al., 2014 ; Mbow, Van Noordwijk et Minang, 2014). Ainsi, lorsqu'ils sont bien gérés, ils résistent mieux à la sécheresse que les systèmes impliquant un type unique d'utilisation des terres (Marques et al., 2016 ; P. Nair, 1993 ; Sanz et al., 2017).

La gestion intégrée des bassins versants (GIBV) et la réhabilitation des bassins hydrographiques sont des approches qui associent la gestion des terres, de l'eau et de la végétation au niveau des bassins versants pour limiter les effets de la sécheresse. La mise en œuvre de mesures au niveau du bassin versant en Inde a augmenté l'intensité de culture de 33 %, tout en réduisant l'érosion et le ruissellement et en améliorant la disponibilité des eaux souterraines (Joshi et al., 2005). Dans la région du Tigré, en Éthiopie, l'utilisation de méthodes de GIBV a réduit le ruissellement de l'eau de 27 % et l'érosion des sols de 89 % (Haregeweyn et al., 2012). La réhabilitation des bassins hydrologiques, grâce notamment au reboisement, améliore les fonctions écosystémiques des bassins versants, réduit l'érosion des sols et augmente souvent l'approvisionnement en eau (Chaturvedi et al., 2014). Les approches intégrées au niveau des bassins versants comprennent également des mesures pour la budgétisation de l'eau, c'est-à-dire l'affectation de l'utilisation de l'eau à différents types de paysages. Cela est particulièrement important compte tenu de l'utilisation grandissante de l'eau par les zones urbaines en croissance rapide (Ozturk et al., 2013).

La gestion de l'eau est une autre approche très efficace pour renforcer la résilience à la sécheresse dans les zones mixtes, ainsi que dans les paysages urbains comportant des jardins. Les mesures obligatoires pour limiter l'irrigation des pelouses et des paysages (Vickers, 2018), l'adoption de lances à diffuseurs rotatifs

haute efficacité, l'irrigation au goutte à goutte et l'irrigation par micro-asperseur pour les jardins se sont avérées très efficaces pour encourager la conservation de l'eau en milieu urbain (Vickers, 2018). À Dallas aux États-Unis, par exemple, le fait de limiter le nombre d'arrosages des pelouses à deux fois par semaine a réduit la demande en eau de 13 % (Vickers, 2018).

Une infrastructure verte, comprenant des mesures bleues et vertes (eau et végétation) bien planifiées, peut aider à atténuer les effets de la sécheresse dans les zones urbaines (Gill et al., 2007 ; Young et al., 2014). L'association de mesures bleues et vertes contribue à atténuer les risques de sécheresse dans les zones urbaines en utilisant des solutions basées sur la nature pour le rafraîchissement via l'évapotranspiration, la récupération de l'eau et l'alimentation des eaux souterraines pendant la période des pluies, et en puisant dans ces réserves pendant les périodes de sécheresse (Voskamp et Van de Ven, 2015). Les infrastructures vertes présentent également d'autres bénéfices en réduisant la pollution, en contribuant à la séquestration du dioxyde de carbone dans le sol et en favorisant la biodiversité dans les zones urbaines (Demuzere et al., 2014 ; Norton et al., 2015). Les parcs urbains et les arbres plantés dans les rues jouent un rôle important dans l'atténuation des effets de la sécheresse en milieu urbain (Gillner et al., 2015). Une sélection appropriée d'espèces d'arbres peut améliorer l'humidité relative dans les zones urbaines et réduire la température de l'air et de surface (Gillner et al., 2015 ; Sjöman et al., 2015). Lors de la sélection des espèces d'arbres destinées aux zones urbaines, il faut également prendre en compte le fait que même en période de sécheresse, l'arrosage des arbres dans de nombreuses zones urbaines peut être plus limité qu'en milieu rural en raison de la présence de surfaces imperméables telles que l'asphalte et le béton (Drunasky et Struve, 2005 ; Percival et al., 2006).

Les mesures de GIT-S consistant à adopter des pratiques agroforestières et agropastorales, la gestion de l'eau, la gestion intégrée des bassins versants et les infrastructures vertes en milieu urbain contribuent à toutes les catégories de NDT consistant à éviter, réduire et inverser la dégradation des terres.



Ceci est particulièrement crucial pour évaluer la résilience des populations pauvres, qui sont extrêmement exposées aux impacts des catastrophes naturelles telles que la sécheresse et qui tireraient profit d'interventions associant la gestion des risques de sécheresse à un ensemble de mesures globales orientées vers leur bien-être (Hallegatte et al., 2017).

3.2 Évaluation des pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse

Dans cette section, la capacité des interventions de GIT-S à atténuer le risque de sécheresse est évaluée sous l'angle de la santé biophysique et écosystémique, de la viabilité économique et de la résilience sociale. Cette approche d'évaluation reconnaît la nature duale des systèmes sociaux et écologiques (Cherlet et al., 2018 ; Reynolds et al., 2007) et le fait que la résilience face à la sécheresse dépend de l'intégration de ces trois dimensions (Wilhite et Pulwarty, 2017).

Les pratiques de GIT-S présentent à la fois des synergies et des effets secondaires vis-à-vis des dimensions biophysiques, économiques et sociales, les synergies dominant dans la plupart des cas (degré de confiance élevé).

La sécheresse est un risque commercial que les agriculteurs et les autres utilisateurs des terres tentent de gérer.

La sécheresse est un risque commercial que les agriculteurs et les autres utilisateurs des terres tentent de gérer. Ces derniers devraient donc être suffisamment incités à investir dans des actions proactives d'atténuation des risques afin de réduire les effets de la sécheresse. Pourtant, le manque de connaissances préalables sur les épisodes de sécheresse (nécessitant

des systèmes de prévision et d'alerte anticipée fonctionnels) et leurs impacts (nécessitant une collecte systématique des données au niveau des utilisateurs des terres, par exemple par le biais de services de conseil et de vulgarisation) est un obstacle à l'adoption d'actions proactives de gestion des risques de sécheresse (OCDE, 2016). Dans ce contexte, la stratégie consistant à s'appuyer sur les impacts collatéraux positifs des interventions basées sur les terres et à démontrer ces effets sous la forme d'une résistance accrue à la sécheresse pourrait s'avérer efficace. Ces effets externes positifs offrent potentiellement des solutions sans regret pour l'atténuation des risques de sécheresse : lorsque les interventions basées sur les terres sont évaluées en fonction de leur rapport coûts-bénéfices en termes d'amélioration (durable) de la productivité des terres, leur adoption est largement indépendante de leurs effets sur l'atténuation des risques de sécheresse. Plus ces impacts seront facilement quantifiables, plus ces interventions permettront d'aboutir à des situations gagnant-gagnant au regard du lien entre la sécheresse et les terres : leurs bénéfices en termes de résistance accrue à la sécheresse peuvent renforcer leur adoption et/ou l'étendue de leur application, générant ainsi des retombées positives sous forme de gains de productivité des terres, et inversement. En outre, d'un point de vue économique, il est important que les interventions basées sur les terres et leurs effets externes positifs en termes de résilience à la sécheresse soient définis de manière à recenser les effets indirects, issus d'une résilience accrue, au niveau des résultats intermédiaires (rendements des cultures, par exemple) et des indicateurs de résultats en bout de chaîne (revenus, bien-être, santé, etc.). Ceci est particulièrement crucial pour évaluer la résilience des populations pauvres, qui sont



extrêmement exposées aux impacts des catastrophes naturelles telles que la sécheresse et qui tireraient profit d'interventions associant la gestion des risques de sécheresse à un ensemble de mesures globales orientées vers leur bien-être (Hallegatte et al., 2017).

3.2.1 *Précédentes évaluations connexes de l'impact des pratiques de GDT*

Dans le rapport de l'ISP de la CNULCD sur le rôle des pratiques de GDT pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique, Sanz et al. (2017) ont indiqué que ce sont les approches intégrées de gestion de la fertilité des sols (utilisation de biochar, de bio-humus et de compost ; modification des taux, du calendrier et de la précision de la fertilisation ; micro-fertilisation) qui ont l'impact le plus important sur la disponibilité et la rétention de l'eau dans le sol. En revanche, les mesures de contrôle de l'érosion telles que la construction de terrasses et de digues, la plantation de bandes d'arbres et d'herbe, ainsi que les mesures visant à réduire la perturbation des sols telles que le labour minimum et le paillage, n'auraient qu'un impact moyen sur la disponibilité et la rétention de l'eau dans le sol (Sanz et al., 2017). Enfin, les technologies de gestion de l'eau telles que l'irrigation par épandage des eaux de crue d'un cours d'eau intermittent, les systèmes de micro-irrigation, les pompes à eau en spirale, le drainage souterrain et les systèmes de récupération de l'eau semblent avoir l'impact le plus faible sur la disponibilité et la rétention de l'eau (Sanz et al., 2017).

Une autre analyse complète des pratiques de gestion durable des terres, établie par Liniger et Critchley (2007) dans la base de données du WOCAT approuvée par la Convention, avait abouti à des conclusions légèrement différentes en indiquant que les mesures de GDT telles que la construction de terrasses, la gestion des pâturages, l'agroforesterie, l'agriculture de conservation, l'utilisation de fumier/compost et la récupération de l'eau avaient eu des effets positifs moyens à importants sur l'humidité du sol (Liniger et Critchley, 2007). Parmi les technologies de GDT prises en compte, seules les bandes végétales avaient montré un impact limité sur l'humidité du sol (Liniger et Critchley, 2007).

3.2.2 *Santé des paramètres biophysiques et des écosystèmes*

L'adoption de pratiques de GIT-S atténue les impacts négatifs de la sécheresse sur la productivité des terres cultivées, des pâturages, des forêts et terres boisées, ainsi que des terres mixtes, y compris lorsque ces territoires sont soumis aux changements climatiques (Delgado et al., 2013 ; Eekhout et de Vente, 2019 ; Gerber et Mirzabaev, 2017 ; Sanz et al., 2017) (éléments solides, degré de cohérence élevé).¹⁰

Adoption of D-SLM practices alleviates the negative impacts of droughts on the productivity of croplands, grazing lands, forests and woodlands, and mixed land uses, including under climate change.

La plupart des pratiques de GIT-S contribuent à augmenter le rendement des cultures, en particulier après une application à long terme, en cas de pénurie d'eau et sur des sols marginaux (degré de confiance élevé).

La gestion intégrée de la fertilité des sols et l'utilisation d'engrais vert augmentent considérablement les rendements, en particulier lorsqu'ils sont adaptés aux conditions locales (Wu et Ma, 2015). L'apport de compost et de fumier a doublé les rendements de maïs (*Zea mays L.*) au Kenya (Hine et Pretty, 2008), doublé ou triplé les rendements de millet (*Panicum miliaceum*)

¹⁰ L'évaluation présentée utilise la terminologie relative au traitement des incertitudes du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, telle que détaillée ici : <http://www.ipcc-wg2.awi.de/guidancepaper/ar5_uncertainty-guidance-note.pdf>. En fonction des informations communiquées par la CNULCD/l'ISP, ces termes d'évaluation pourraient être modifiés pour répondre au style de la Convention/de l'ISP.



et d'arachide (*Arachis hypogaea*) au Sénégal (Parrott et Marsden, 2002), triplé ou quadruplé les rendements de pommes de terre (*Solanum tuberosum*) en Bolivie (Scialabba et Hattam, 2002). D'autre part, les apports de compost en faible quantité n'ont eu aucun impact sur les rendements des cultures lors d'une expérience de trois ans en Virginie, aux États-Unis, malgré l'amélioration de la densité apparente et de la porosité du sol, ce qui implique qu'une période plus longue est nécessaire pour matérialiser les bénéfices de l'utilisation de compost en termes de rendements (Evanylo et al., 2008). Une expérience menée à Melle, en Belgique, a montré que l'apport de compost n'avait commencé à avoir des effets positifs sur les rendements que la quatrième année (D'Hose, et al., 2012).

Les impacts de l'apport de biochar sur le rendement sont hétérogènes et dépendent du type de biochar ainsi que de l'état du sol (Alburquerque et al., 2013). Une analyse de Ali et al. (2017) a montré que l'utilisation de biochar peut aider à atténuer le stress dû au sel et à la sécheresse chez les plantes. Parmi les études au sujet de l'impact de l'apport de biochar sur les rendements des cultures examinées par Spokas et al. (2012), une moitié a constaté des augmentations de rendement, tandis que l'autre moitié a révélé des baisses de rendement ou l'absence d'effet. Une méta-analyse de Crane-Droesch et al. (2013) a montré que le rendement des cultures dans les sols dont l'échange de cations et le taux de carbone étaient faibles réagissaient positivement à l'apport de biochar, tandis que les sols plus fertiles étaient moins susceptibles de bénéficier d'un apport supplémentaire de biochar (Crane-Droesch et al., 2013). Il a été démontré que l'apport de biochar dans les ferrisols augmentait de manière significative la productivité de la biomasse du blé (*Triticum aestivum*), du radis (*Raphanus raphanistrum* subsp. *Sativus*) et du soja (*Glycine max*) dans le cadre d'une étude menée en serre en Australie (Van Zwieten et al., 2010). Dans la plaine du lac Tai, en Chine, les amendements par biochar à hauteur de 10 t/ha⁻¹ et 40 t/ha⁻¹ ont permis d'augmenter les rendements de riz (*Oryza sativa* (L.)) de 12 % et 14 % sur les sols non fertilisés, et de 8,8 % et 12,1 % sur les sols fertilisés à l'azote (Zhang et al., 2010). Dans les sols sableux

et acides de l'ouest de la Zambie, l'apport de biochar obtenu à partir d'épis de maïs et de bois, associé à un travail du sol minimum, a permis de multiplier les rendements de maïs par trois ou quatre (Cornelissen et al., 2013). Toutefois, dans les sols composés de limons argileux neutres et acides et d'argile limoneuse dont le taux d'échange de cations est variable, l'utilisation de biochar n'a pas eu d'incidence sur les rendements de maïs (Cornelissen et al., 2013).

Les mesures de lutte contre l'érosion, telles que l'utilisation de haies dans les zones en pente aux Philippines, ont permis d'obtenir des rendements 15 % supérieurs à ceux obtenus en suivant des pratiques traditionnelles (Shively, 1999). La mise en place de bandes végétales autour des champs agricoles a permis d'accroître le rendement des cultures dans le centre de Sulawesi, en Indonésie, en fournissant des habitats aux pollinisateurs (Hoehn et al., 2008). L'utilisation de digues en pierre a augmenté les rendements de céréales de 41 % dans les zones arides et semi-arides du Burkina Faso (Dutilly-Diane et al., 2003). Les digues en pierre se sont révélées particulièrement utiles pour augmenter la productivité des cultures dans les zones semi-arides, plutôt que dans les zones où les précipitations sont plus abondantes (Kassie et al., 2008). L'adoption de cultures suivant les courbes de niveau pour la production de riz au Ghana a augmenté les rendements de 24 % (Abdulai & Huffman, 2014). En Éthiopie, les rendements à long terme de teff (*Eragrostis Tef* (ZUCC)), d'orge (*Hordeum vulgare*) et de maïs cultivés sur des champs en terrasses étaient deux ou trois fois supérieurs à ceux des champs sans terrasses (Adgo et al., 2013). Le nivellement du sol au laser a permis d'augmenter les rendements de riz et de blé d'environ 7 à 9 % en Inde (Aryal et al., 2015) et les rendements de coton (*Gossypium hirsutum*) de 8 % à 59 % au Tadjikistan (Abdullaev et al., 2007).

Minimiser la perturbation du sol par le biais d'une agriculture de conservation (AC) a des effets positifs sur l'augmentation de l'humidité du sol et de la matière organique de la couche arable (Palm et al., 2014), entraînant dans de nombreux cas une augmentation des rendements, en particulier dans les



sols bien drainés et sujets à l'érosion (Govaerts et al., 2007 ; Zhang et al., 2009). Une méta-analyse globale de Pittelkow et al. (2015) a montré que les pratiques en semis direct sans labour entraînaient en moyenne une baisse des rendements ; cependant, lorsqu'elles ont été associées à d'autres éléments de l'agriculture de conservation, tels que le paillage et la rotation des cultures, elles ont permis d'obtenir des rendements plus élevés, en particulier dans les environnements plus secs (Pittelkow et al., 2015). En Afrique orientale et australe, l'adoption de pratiques agricoles de conservation a entraîné une augmentation des rendements de maïs et de teff allant de 20 % à 120 % (Rockström et al., 2009). L'impact des pratiques agricoles de conservation sur les rendements du maïs, du millet et du sorgho (*Sorgho Bicolor* (L.)) a été davantage hétérogène en Afrique de l'Ouest, mais les effets se sont révélés en moyenne positifs (Bayala et al., 2012). Fasinmirin et Reichert (2011) ont constaté que les rendements de manioc (*Manihot esculenta* (CRANTZ)) étaient plus élevés lorsque des pratiques sans labour étaient utilisées, en comparaison avec les pratiques de travail du sol classiques sous les tropiques. Dans les plaines orientales du Gange en Asie du Sud, bien que les rendements du riz et du blé aient été plus élevés au cours de la période initiale avec un travail du sol conventionnel, à partir de la deuxième année pour le blé et de la sixième année pour le riz, les rendements obtenus en suivant des pratiques de travail du sol minimum ont été supérieurs à ceux obtenus avec un travail du sol classique (Jat et al., 2014). D'autre part, la dépendance des pratiques de l'AC à l'égard d'une utilisation accrue de pesticides est l'un de leurs effets secondaires. En conséquence, sans application d'herbicides et dans les sols carencés en azote, les rendements ont diminué, en particulier à court terme après la mise en place de pratiques agricoles de conservation (Farina et al., 2011 ; Soler et al., 2011 ; Verhulst et al., 2011). Dans le bassin versant du fleuve Segura en Espagne, le travail du sol minimum et l'utilisation d'engrais vert ont été jugés capables d'atténuer considérablement le stress hydrique des cultures en raison de la raréfaction de l'eau due au changement climatique (Eekhout et de Vente, 2019). De même, l'introduction de cultures de couverture a également

permis une augmentation des rendements (Altieri, 1999 ; Branca et al., 2011 ; Chabi-Olaye et al., 2007 ; Pretty, 1999), notamment en augmentant le taux de carbone organique présent dans le sol (Poeplau et Don, 2015), un meilleur contrôle des mauvaises herbes et un apport d'azote (Campiglia et al., 2010).

Les technologies de récupération de l'eau et d'irrigation d'appoint contribuent à augmenter les rendements et à stabiliser les revenus des agriculteurs face à la variabilité climatique (Fox et Rockström, 2003 ; Makurira et al., 2007 ; Ngigi, 2003) (*éléments solides, degré de cohérence élevé*). Au Kenya et au Burkina Faso, l'association de l'irrigation d'appoint utilisant la collecte d'eau de pluie, de la gestion des nutriments et d'un travail du sol amélioré a permis d'augmenter les rendements de maïs et de sorgho de respectivement 70 % et 300 % (Rockström et al., 2002). D'autre part, dans les environnements où les systèmes d'irrigation à petite échelle basés sur la récupération de l'eau sont surexploités, les technologies de récupération d'eau ne suffisaient plus pour faire face aux sécheresses (Enfors et Gordon, 2008). Au Zimbabwe, les méthodes de récupération de l'eau de pluie associant des fosses de plantation et d'infiltration n'ont pas permis d'obtenir des rendements plus élevés : les rendements de maïs ont été 45 % plus importants avec un travail du sol conventionnel qu'avec des fosses de plantation. Cependant, l'écart de rendement a diminué à 30 % la troisième année (Nyakudya et al., 2014). En Turquie, l'utilisation de technologies d'irrigation au goutte-à-goutte a réduit les rendements de coton par rapport à l'irrigation complète (Dağdelen et al., 2009), malgré une utilisation plus efficace de l'eau par kg de coton produit, ce qui implique que les technologies d'irrigation au goutte-à-goutte pourraient avoir de meilleures performances que les pratiques d'irrigation classiques lors des pénuries d'eau, mais peuvent générer des rendements inférieurs lorsque la disponibilité en eau n'est pas limitée (Dağdelen et al., 2009). Les effets de la sécheresse sur les rendements des cultures pourraient également être atténués grâce à l'irrigation déficitaire (également appelée irrigation d'appoint), lorsque l'irrigation n'est utilisée que pendant les stades critiques de la croissance des



cultures (Geerts et Raes, 2009). L'utilisation de l'eau des crues pour l'irrigation par épandage d'un cours d'eau intermittent dans les zones arides de la plaine de Gareh-Bygone en Iran a permis de récolter 1,6 et 2,1 t/ha⁻¹ de grains et de paille d'orge, alors que dans la parcelle irriguée par les pluies, la masse totale de grains et de paille d'orge était de 0,8 t/ha⁻¹ (Ghahari et al., 2014). Les approches de gestion intégrée des bassins versants ont permis une augmentation de 250 % du rendement des cultures en Inde (Wani et al., 2003). Des expériences menées à long terme dans des exploitations agricoles en Inde ont montré que la gestion intégrée des bassins versants entraînait une augmentation du rendement en grains de 0,9 t/ha⁻¹ à 4,7 t/ha⁻¹ (Wani et al., 2003).

Des pratiques de gestion améliorée de la végétation grâce à l'adoption de variétés de maïs résistantes à la sécheresse ont permis d'obtenir des rendements 30 à 40 % supérieurs pendant les années de sécheresse, en comparaison avec les variétés habituelles plantées en Afrique subsaharienne, mais le niveau de rendement a été le même pendant les années normales (Shiferaw et al., 2014). Dans de nombreux cas, les pratiques d'agroforesterie se traduisent par des rendements plus élevés dans les champs adjacents (Nair, 1993). Cependant, il faut faire attention au choix des espèces d'arbres pour éviter les effets allopatiques sur les cultures (Ahmed et al., 2018 ; Hoshi et al., 2016). En Zambie, les rendements de maïs obtenus grâce aux pratiques d'agroforesterie seraient 7 à 12 fois plus élevés qu'en dehors du couvert forestier (Yengwe et al., 2018) en raison de l'apport en nutriments lors de la chute de litière. La différence positive était particulièrement prononcée pendant les années de sécheresse (Yengwe et al., 2018). En Bolivie, bien que les rendements de cacao aient été inférieurs dans les systèmes d'agroforesterie par rapport aux monocultures, les quantités totales de tous les produits récoltés et leurs revenus étaient plus élevés dans les systèmes utilisant l'agroforesterie (Schneider et al., 2017).

Les pratiques de GIT-S visant à améliorer la gestion des pâturages ont des effets positifs sur la production fourragère et la productivité du bétail en période de

sécheresse (degré de confiance moyen). Une meilleure gestion des pâturages impliquant le semis de plantes fourragères avec un enracinement plus profond augmenterait la productivité du bétail (Sleugh et al., 2000). Les pratiques agropastorales permettent d'améliorer la productivité du bétail en fournissant une alimentation complémentaire à l'aide de cultures fourragères cultivées à la ferme (Liniger et Critchley, 2007 ; Sanz et al., 2017). Les interventions basées sur les terres ayant l'impact le plus important sur l'augmentation de la rétention d'eau et de la disponibilité de fourrage dans les pâturages seraient les pratiques de gestion des troupeaux consistant à réduire la densité d'élevage, tandis que d'autres interventions telles que les enclos, le pâturage en rotation et l'irrigation en basse saison auraient un impact faible ou modéré sur la disponibilité en fourrage et la rétention d'eau (Sanz et al., 2017).

Corroborant ces faits, une littérature plus large a apporté des preuves contradictoires de l'impact du pâturage en rotation sur la production fourragère et la productivité du bétail (Briske et al., 2017 ; Hawkins et al., 2017). Briske et al. (2008) ont constaté que dans 20 des 23 expériences passées en revue, la production végétale était égale ou supérieure avec un pâturage continu, par rapport au pâturage en rotation. De même, dans 27 expériences sur 32, la production animale sur chaque zone était égale ou supérieure avec un pâturage continu. D'autre part, il a été constaté que le pâturage en rotation avait entraîné une production et une qualité de fourrage nettement meilleures que le pâturage en continu dans les régions de l'Upper Midwest aux États-Unis (Oates et al., 2011). Le pâturage en rotation s'est avéré plus favorable à la récupération des plantes après les feux de prairie que le pâturage en continu (Teague et al., 2010). Dans les zones arides et semi-arides, l'adaptation du taux d'occupation a été plus efficace pour améliorer et maintenir la santé des prairies que les clôtures ou le pâturage en rotation (Bailey et Brown, 2011). En Asie centrale, le pâturage continu du bétail près des habitations a entraîné la dégradation des terres (Kerven et al., 2008), tandis que la mise en commun des troupeaux pour permettre le pâturage itinérant dans des pâtures lointaines a augmenté la rentabilité économique de la production animale (Mirzabaev et al., 2016).



De nombreuses pratiques de GIT-S, mais pas toutes, contribuent à la séquestration du dioxyde de carbone dans le sol (*éléments solides, degré de cohérence élevé*). Les plantations d'arbustes et d'arbres pour contrôler l'érosion sur les terres cultivées contribuent à la séquestration du carbone dans les sols. Le boisement et le reboisement sont des pratiques majeures de GIT-S contribuant à la séquestration du carbone (Berthrong et al., 2009 ; Djanibekov et Khamzina, 2016 ; Laganier et al., 2010 ; Niu et Duiker, 2006). À l'échelle mondiale, environ 749 millions d'hectares ont été identifiés comme propices aux activités de boisement et de reboisement, principalement en Amérique latine et en Afrique subsaharienne (Zomer et al., 2008). À titre d'exemple, on estime que le reboisement en Amérique latine permettrait de piéger 31,09 Pg de CO₂ en 40 ans, compensant ainsi toutes les émissions de dioxyde de carbone provenant de l'utilisation des combustibles fossiles et de l'industrie dans la région entre 1993 et 2014 (Chazdon et al., 2016). Le boisement des terres de faible rendement dans le Midwest aux États-Unis aurait neutralisé 8 % du total des émissions de dioxyde de carbone de la région (Niu et Duiker, 2006). Il a été démontré que le boisement de terres de faible rendement dans les zones arides d'Ouzbékistan avait permis de piéger 0,09 à 0,15 t de C/ha⁻¹ par an⁻¹ (Hbirkou et al., 2011). De même, les pratiques d'agroforesterie offrent des possibilités prometteuses de séquestration du carbone. Le potentiel de séquestration du carbone sous les climats tropicaux semi-arides et arides dans le cadre de systèmes de cultures intercalaires extensifs a été estimé à 5–10 kg de C/ha⁻¹ sur 25 ans, alors qu'il était de 100–250 kg de C/ha⁻¹ sur dix ans dans les systèmes pérennes et les jardins potagers sous les climats tropicaux humides (Nair et al., 2009).

La gestion intégrée de la fertilité du sol et l'utilisation d'engrais vert, en plus de leurs effets positifs sur le carbone contenu dans le sol, réduisent les fuites d'azote dans l'environnement et la pollution associée, atténuant ainsi les émissions de gaz à effet de serre (Fageria, 2007 ; Stavi, 2013). La préparation du biochar permet de piéger environ 50 % du carbone initial, tandis que le brûlage direct et la décomposition biologique donnent lieu à une séquestration du carbone inférieure

à 20 % (Lehmann et al., 2006). Fournir un apport en biochar pour remplacer les systèmes de culture sur brûlis peut compenser environ 12 % du carbone émis chaque année par le changement d'occupation des sols (0,21 pg de carbone) (Lehmann et al., 2006). Le potentiel total du biochar en matière de séquestration du dioxyde de carbone a été estimé à 0,7 Gt d'équivalent carbone par an⁻¹ (Smith, 2016), ce qui correspond à environ 1,8 % du total des émissions de carbone.

Les preuves concernant les effets bénéfiques du travail du sol sur la séquestration du carbone sont mitigées (Palm et al., 2014). Dans les zones arides notamment, dans plusieurs cas, aucune augmentation constante et mesurable du carbone organique du sol n'a pu être constatée dans le cadre des pratiques de travail du sol minimum. Une méta-analyse de Luo et al. (2010) a montré que les pratiques de semis direct sans labour augmentaient le taux de carbone dans le sol de $3,15 \pm 2,42$ t/ha⁻¹ dans les 10 premiers cm du sol, mais réduisaient la teneur en carbone du sol de $3,30 \pm 1,61$ t/ha⁻¹ dans la couche de sol située à 20–40 cm de la surface. D'autre part, les cultures de couverture favorisent la séquestration du carbone (*éléments solides*) (Kaye et Quemada, 2017 ; Poeplau et Don, 2015). On estime que l'adoption généralisée de cultures de couverture peut diminuer la production de gaz à effet de serre de 10 % (Kaye et Quemada, 2017). Les estimations de Poeplau et Don (2015) indiquent une séquestration annuelle du carbone de $0,12 \pm 0,03$ pg de C par an⁻¹ si les cultures de couverture sont introduites sur 25 % des terres cultivées dans le monde, ce qui correspond à l'élimination de 8 % des émissions directes de gaz à effet de serre produites par l'agriculture.

L'amélioration de la gestion des pâturages dégradés augmentera leur capacité d'absorption (Smith, 2014). Dans les faits, la gestion durable des pâturages pourrait contribuer, dans une certaine mesure, à diminuer les émissions de gaz à effet de serre provenant des systèmes de production de ruminants (Soussana et al., 2010), la gestion améliorée des pâturages pouvant piéger 148 Tg de CO₂ par an⁻¹ (Henderson et al., 2015), ce qui correspond à environ 2,7 % des émissions de gaz à effet de serre provenant de l'agriculture.



La mise en application des pratiques de GIT-S sur les terres dégradées peut avoir un effet positif sur la biodiversité (degré de confiance moyen). La plantation d'arbre et d'arbustes servant de tampon ainsi que les activités de boisement et de reboisement sur les terres dégradées favorisent la biodiversité (Bremer et Farley, 2010). Dans les zones avec des forêts naturelles, le boisement des terres agricoles contribue à la préservation de la biodiversité en fournissant des habitats supplémentaires qui facilitent la connectivité et servent de zones tampons (Brockhoff et al., 2008). Cependant, les activités de boisement dans les zones naturellement sans forêts doivent veiller à préserver la végétation indigène (Brockhoff et al., 2008). Le boisement dans les prairies naturelles peut par exemple menacer les communautés de plantes indigènes et la biodiversité (Buscardo et al., 2008 ; Veldman et al., 2015).

Les bandes végétales situées en bordure de champs agricoles représentent un habitat important pour les oiseaux, les arthropodes, les pollinisateurs des cultures et les prédateurs des ravageurs (Hiron et al., 2013 ; Marshall et Moonen, 2002 ; Vickery et al., 2009 ; Wratten et al., 2012), en particulier lorsqu'il n'y a pas d'autres zones pouvant offrir un refuge à la biodiversité à proximité, telles que les forêts (Wretenberg et al., 2010). Les pratiques de pâturage en rotation pourraient permettre une meilleure reproduction ainsi que la survie des oiseaux nichant dans les prairies, tels que le goglu commun (*Dolichonyx oryzivorus*) et le ruant des prés (*Passerculus sandwichensis*) dans le nord-est des États-Unis (Perlut et Strong, 2011).

Les pratiques de travail du sol minimum ou de semis direct sans labour augmenteraient la diversité de certains éléments du biote du sol (des lombricidés, par exemple, c'est-à-dire les vers de terre), mais réduiraient la diversité de certaines autres espèces (des collemboles, par exemple) (van Capelle et al., 2012). De même, Ernst et Emmerling (2009) ont constaté que le semis direct augmentait la diversité des espèces de vers de terre anéciques (également corroboré par Peigné et al. (2009)), mais réduisait la densité des espèces de vers de terre endogéiques.

Il a été démontré que les cultures de couverture augmentaient la biodiversité (Kaye et Quemada, 2017 ; Lal, 2004) et l'abondance microbienne dans le sol (Maul et al., 2014). L'utilisation de plantes de couverture indigènes, telles que les graminées *Austroanthonia richardsonii*, *Chloris truncata*, et un mélange d'arroches *Atriplex semibaccata* et *Atriplex suberecta*, a entraîné une augmentation du nombre d'invertébrés utiles, contribuant ainsi à la lutte contre les ravageurs dans les vignobles australiens. Cependant, il convient de veiller à ne pas augmenter également le nombre de ravageurs locaux (Danne et al., 2010).

Les approches de gestion intégrée des bassins versants qui ont donné la priorité à la préservation de la biodiversité se sont avérées fructueuses dans la région montagneuse de Chittagong, au Bangladesh (Biswas et al., 2012). Des conclusions similaires quant au rôle positif de la gestion intégrée des bassins versants sur la biodiversité, en particulier dans un écosystème fragile, ont été formulées pour le Rajasthan, en Inde (Pathak et al., 2013) et la région de Los Negros, en Bolivie (Asquith et Vargas, 2008).

En effet, une évaluation globale des effets de la restauration des terres dégradées a montré qu'en moyenne, chaque dollar investi dans la restauration des terres avait une rentabilité sociale de cinq dollars au terme d'une période de 6 ans (Nkonya et al., 2016).

3.2.3 Viabilité économique

En période de sécheresse et sur les terres de faible rendement, les pratiques de GIT-S ont un impact économique plus important que les pratiques conventionnelles. De nombreuses pratiques de GIT-S, mais pas toutes, permettent d'améliorer la résilience à la sécheresse sans limiter les possibilités pour les agriculteurs de maximiser leurs bénéfices pendant les années



normales ou humides (éléments solides, degré d'accord moyen). À l'aide de la base de données du WOCAT, Liniger et Critchley (2007) ont conclu que la plupart des techniques de GIT-S, telles que l'agriculture de conservation, l'apport de fumier/compost, les bandes végétales et l'agroforesterie, les terrasses et les pratiques de gestion des pâturages, ont des rapports coûts-bénéfices neutres voire négatifs à court terme. Cependant, presque toutes ces technologies présentaient des rapports coûts-bénéfices positifs à long terme (Liniger et Critchley, 2007). En effet, une évaluation globale des effets de la restauration des terres dégradées a montré qu'en moyenne, chaque dollar investi dans la restauration des terres avait une rentabilité sociale de cinq dollars au terme d'une période de 6 ans (Nkonya et al., 2016). Cependant, de nombreux utilisateurs des terres, en particulier les familles de petits exploitants agricoles dans les pays en développement, ne peuvent pas se permettre de tels délais de retour, même si ces derniers sont relativement faibles. Cela implique que l'accès des utilisateurs des terres aux options de financement à long terme est un mécanisme essentiel à l'adoption plus large de la GIT-S.

Pour illustrer cela, Pannell et al. (2014) indiquent que la profitabilité des pratiques agricoles de conservation est hétérogène et dépend du contexte. En Inde, les pratiques de travail du sol minimum sont devenues plus rentables que le labour conventionnel dans les systèmes riz-blé 2 à 3 ans après leur instauration (Jat et al., 2014). Environ la moitié des bénéfices issus des pratiques de travail du sol minimum provenaient de rendements plus élevés, tandis que l'autre moitié provenait des économies de labour et de coûts de carburant (Erenstein et Laxmi, 2008). Des données expérimentales collectées en Allemagne ont montré que le bénéfice net moyen issu d'un travail du sol minimum et de pratiques de semis direct pour la culture céréalière était de 111 euros/ha⁻¹ et de 55 euros/ha⁻¹ après quatre années d'essais, alors que le labour conventionnel enregistrait des pertes nettes de sept euros/ha⁻¹ sur la même période (Verch et al., 2009). Au sein des environnements arides du Malawi, la profitabilité des pratiques de travail du sol minimum était trois fois supérieure à celle des pratiques de labour classique

pour la culture du maïs et des légumineuses, tandis que dans les zones avec de fortes précipitations, les pratiques de travail minimum enregistraient encore des marges brutes d'environ 23 % à 33 % supérieures à celles des cultures conventionnelles (Ngwira et al., 2013). Dans le centre du Kenya, le labour conventionnel pour la culture du maïs était plus rentable sur les sols très fertiles. En revanche, les pratiques de travail minimum du sol ont montré une profitabilité plus élevée sur les champs moins fertiles (Guto et al., 2012). Dans le centre de la Pennsylvanie, aux États-Unis, les cultures de couverture ont profité à huit des onze services écosystémiques à différents moments de leur période de croissance, sans impact négatif sur le rendement des principales cultures (Schipanski et al., 2014). Cependant, le principal effet secondaire de l'utilisation de cultures de couverture a été leur coût de mise en place, rendue possible uniquement avec des fertilisants dont le prix est élevé ou des subventions gouvernementales (Schipanski et al., 2014). Malgré les nombreux bénéfices liés au sol et à l'eau, dans plusieurs pays d'Afrique orientale et australe, l'adoption de rotations à base de légumineuses n'a pas été aussi rentable que la monoculture de maïs (Thierfelder et al., 2013).

Les mesures de lutte contre l'érosion des sols au Ghana, telles que les cultures suivant les courbes de niveau, ont augmenté les bénéfices nets de la culture du riz de 16 % (Abdulai et Huffman, 2014). En Éthiopie, les digues en terre et en pierre ainsi que les bandes d'herbe ont entraîné une augmentation des rendements et, dans le cas des digues en terre, ont également réduit les risques de production face à la variabilité climatique (Kato et al., 2011). Corroborant cela, l'utilisation de digues et de terrasses en pierre a augmenté les revenus tirés des cultures de respectivement 27 % et 17 % sur les hauts plateaux d'Éthiopie (Pender et Gebremedhin, 2007). À Anjenie, en Éthiopie, la profitabilité de la culture du teff, de l'orge et du maïs sur des terrasses était trois à cinq fois supérieure à la culture sans terrasses (Adgo et al., 2013). Au contraire, Kassie et al. (2011) ont constaté que les revenus tirés des cultures avec terrasses *fanya juu* étaient inférieurs à ceux tirés des cultures sans terrasses au même endroit. Le nivellement des champs



au laser sur les terres irriguées a entraîné une hausse de 22 % des bénéfices nets au Tadjikistan (Abdullaev et al., 2007). En Inde, l'utilisation du nivellement des terres au laser dans les systèmes riz-blé a augmenté les bénéfices nets de 144 USD/ha⁻¹ (Aryal et al., 2015).

L'apport de biochar ne s'est avéré viable économiquement que de manière marginale, en fonction de la durée de la période d'emploi (Spokas et al., 2012). En Afrique subsaharienne, l'utilisation du biochar pour la culture de céréales s'est avérée rentable économiquement à condition que les effets positifs du biochar s'étendent sur 30 ans, alors que dans le nord-ouest de l'Europe, tous les scénarios d'utilisation du biochar envisagés pour la production céréalière étaient déficitaires (Dickinson et al., 2015). Aux États-Unis, l'utilisation de biochar n'était pas viable économiquement sans subventions pour son adoption et la possibilité de vente de carbone séquestré (Galinato et al., 2011). L'apport de biochar sans autres engrais minéraux n'était également pas viable économiquement dans la plupart des cas étudiés au sein de quatre systèmes agricoles différents en Chine (Clare et al., 2014).

Le risque de mauvaises récoltes pendant les périodes de sécheresse limite les investissements des petits exploitants dans les solutions visant à améliorer la productivité des cultures (Cooper et al., 2008 ; Rockström et Barron, 2007). De nombreuses pratiques traditionnelles des agriculteurs visant à minimiser les effets de la sécheresse, telles que le choix de cultures résistantes, mais peu rentables, ou les plantations à faible densité, limitent les possibilités pour les petits exploitants de bénéficier des années bonnes et normales (Cooper et al., 2008).

En Turquie, l'utilisation de technologies économes en eau consistant à irriguer au goutte-à-goutte a permis d'économiser 25 % de l'eau d'irrigation, mais a entraîné une réduction de 34 % de la rentabilité de la culture du coton (Dağdelen et al., 2009). Pendant les périodes de sécheresse dans les zones arides, l'utilisation de technologies permettant d'économiser l'eau afin de maximiser la productivité de l'eau des cultures est plus profitable que les méthodes d'irrigation conventionnelles utilisées pour optimiser

le rendement des cultures (Geerts et Raes, 2009). La mise en pratiques d'approches de gestion intégrée des bassins versants a montré que chaque dollar investi dans la gestion intégrée des bassins versants génère un retour sur investissement de deux dollars (Joshi et al., 2005). Dans l'état de l'Andhra Pradesh, en Inde, la mise en œuvre d'approches de gestion intégrée des bassins versants a multiplié la rentabilité de la production végétale par trois (Wani et al., 2003).

Les coûts initiaux élevés sont un obstacle important à l'adoption de certaines pratiques de GIT-S, mais pas de toutes (éléments solides, degré d'accord élevé). Giger et al. (2018), en analysant la base de données du WOCAT sur les technologies de GDT, ont déterminé que le coût médian de leur usage revenait à environ 500 USD/ha, allant de 20 à 5 000 USD/ha. L'ensemble des technologies du WOCAT analysées par Harari et al. (2017) représente des coûts allant de 0 à 20 000 USD par hectare ou par unité. L'introduction de cultures de couverture permanentes et de mesures structurelles telles que des terrasses ou des digues nécessite des investissements initiaux importants et doit souvent être subventionnée (Liniger et Critchley, 2007 ; Sanz et al., 2017). Les coûts initiaux élevés et les exigences en matière de connaissances techniques peuvent empêcher l'adoption de mesures telles que la mise en place de surfaces herbeuses pérennes, le nivellement au laser, etc. Les interventions basées sur les terres les plus coûteuses sont les mesures structurelles qui nécessitent, par exemple, la construction de terrasses, de digues en demi-lune ou de murets en pierre. Dans de nombreux cas, les interventions de GIT-S avec de faibles coûts initiaux sont les plus prometteuses pour une adoption à plus grande échelle, c'est le cas notamment des mesures de gestion intégrée de la fertilité des sols et des changements de types de culture (Liniger et Critchley, 2007 ; Sanz et al., 2017).

Subventionner les mesures de GIT-S est socialement avantageux, car elles génèrent de nombreux services écosystémiques supplémentaires sans approvisionnement. De nombreuses études montrent que beaucoup de ces interventions basées sur la terre ont des rapports coûts-bénéfices positifs, même au niveau privé (Kirui, 2016 ; Mirzabaev et al., 2016 ; Mulinge et



al., 2016; Nkonya et al., 2016 ; Pender et al., 2009). Toutefois, les rapports coûts-bénéfices des pratiques de GIT-S au niveau social sont généralement encore plus élevés (Nkonya et al., 2016). Dans les faits, Nkonya et al. (2016) ont constaté que seulement 46 % des bénéfices de la gestion durable des terres prennent la forme d'une amélioration de la production végétale et animale que les utilisateurs des terres peuvent commercialiser, tandis que 54 % prennent la forme de services écosystémiques sans approvisionnement dont bénéficie la société dans son ensemble. La subvention des pratiques de GIT-S est encore plus importante, car il faut du temps pour qu'elles commencent à être rentables. En Californie par exemple, l'utilisation de plantes indigènes au lieu de plantes exotiques pour la création de jardins a permis de réduire la consommation d'eau de 77 %. Cependant, le coût de la plantation d'espèces exotiques était moins élevé, mais l'investissement supplémentaire a été entièrement compensé en 2 à 3 ans en raison de la réduction des coûts de maintenance (Vickers, 2018). Le montant des subventions nécessaires pour faciliter l'adoption de pratiques de GIT-S varie en fonction du type de technologie et du contexte national. Le coût des subventions pour l'adoption du semis direct avec paillage à Bac Kan, au Vietnam, a par exemple été estimé entre 50 et 200 USD/ha⁻¹, ce qui représente environ 30 % des marges brutes obtenues avec des pratiques conventionnelles (Affholder et al. 2010).

3.2.4 Résilience sociale

Les pratiques de GIT-S améliorent toutes les dimensions de la sécurité alimentaire (éléments moyens, degré d'accord élevé). Comme nous l'avons vu dans les sections précédentes, les pratiques de GIT-S contribuent à augmenter le rendement des récoltes et la productivité du bétail, améliorant ainsi les disponibilités alimentaires. Les revenus plus élevés que les utilisateurs des terres génèrent en adoptant des pratiques de GIT-S améliorent leur accès à la nourriture. Puisque les pratiques de GIT-S sont particulièrement plus efficaces que les pratiques conventionnelles en cas de sécheresse, elles aident à atténuer les chocs dus à la sécheresse sur la consommation alimentaire. Les rotations diversifiées des cultures, produisant un plus grand nombre de catégories de récoltes, contribuent

aux aspects nutritionnels de la sécurité alimentaire, en particulier au sein des petites exploitations familiales de semi-subsistance. À titre d'exemple, les pratiques de pâturage en rotation ont eu des effets positifs sur la sécurité alimentaire en Afrique de l'Ouest (Amole et Ayantunde, 2016). L'adoption de pratiques sans labour pour la culture du blé et de l'orge a amélioré la sécurité alimentaire dans plusieurs endroits du Maroc, grâce à des rendements de récolte et des revenus agricoles plus élevés (Liniger et Critchley, 2007). Des impacts similaires ont été signalés au Kenya avec les pratiques de travail du sol minimum (Liniger et Critchley, 2007). Les fosses zaï avec un apport supplémentaire de fumier ont permis de doubler les rendements de céréales lors des années normales et d'assurer des récoltes satisfaisantes aux agriculteurs pendant les années de sécheresse, contribuant ainsi à leur sécurité alimentaire (Liniger et Critchley, 2007). En Inde, l'augmentation de l'intensité de culture grâce à la mise en œuvre d'approches de gestion intégrée des

Puisque les pratiques de GIT-S sont particulièrement plus efficaces que les pratiques conventionnelles en cas de sécheresse, elles aident à atténuer les chocs dus à la sécheresse sur la consommation alimentaire.

bassins versants a permis de produire suffisamment de nourriture pour 18 personnes par hectare de terre cultivée, contre quatre personnes par hectare avec les pratiques conventionnelles (Wani et al., 2003).

La hausse des revenus agricoles et/ou la baisse du prix des denrées alimentaires résultant de l'application des pratiques de GIT-S contribuent à réduire la pauvreté (éléments moyens, degré d'accord élevé). La plantation de massifs d'arbres en Mongolie intérieure, en Chine, pour briser le vent dans les zones sablonneuses, a entraîné une augmentation des revenus tirés de la production agricole, non seulement grâce



à des rendements plus élevés, mais aussi grâce à un abattage en rotation de ces arbres sans perturber leurs fonctions de brise-vent (Liniger et Critchley, 2007). Le reboisement des zones en pente dégradées en Chine, dans le cadre du programme Grain for Green a entraîné en moyenne une réduction de la pauvreté au sein des communautés et des ménages concernés, en particulier lorsque de nouvelles sources de revenus non agricoles ont été prises en compte (Delang et Yuan, 2015). À Embu, au Kenya, les plantations de brise-vent composés de chênes soyeux (*Grevillea robusta*) le long des limites des exploitations agricoles ont stimulé le rendement des cultures en améliorant le cycle des éléments nutritifs et en apportant de la matière organique aux sols lors de la chute des feuilles (Liniger et Critchley, 2007). De plus, les produits du bois issus de l'abattage sélectif de ces arbres ont créé une source de revenus supplémentaire (Liniger et Critchley, 2007). Des fonctions génératrices de revenus multiples similaires pour les bandes végétales ont été observées dans la région de la Vénétie, en Italie (Borin et al., 2010).

On a estimé que l'adoption de pratiques visant à construire des terrasses et à utiliser l'agroforesterie dans les Andes péruviennes devrait augmenter le revenu par habitant de 15 % et réduire la pauvreté de 9 %, mais uniquement avec un prix du carbone supérieur à 100 dollars US par tonne (Antle et al., 2007). Avec un prix du carbone inférieur à 50 dollars US par tonne, Antle et al. (2007) ont constaté que le potentiel économique des terrasses et des pratiques d'agroforesterie dans la même région était limité. De même, les mesures de lutte contre l'érosion, telles que les digues en pierre, les murs drainants, le zaï et les demi-lunes, ont contribué à garantir des moyens de subsistance en milieu rural et à réduire la pauvreté au Burkina Faso (Sawadogo, 2011). La mise en œuvre d'approches de gestion intégrée des bassins versants a augmenté la disponibilité en eau et a permis la diversification des cultures à plus forte valeur à Tad Fa et Wang Chai (Thaïlande), Kothapally (Inde) et Xiaoxincun (Chine) (Wani et al., 2012).

Bien que la littérature s'accorde largement pour dire que la dégradation de l'environnement et les sécheresses ont des impacts plus importants sur les femmes que les hommes (degré de confiance élevé) en raison

de l'accès plus limité des femmes aux ressources pour faire face à de tels chocs environnementaux (Dessy et al., 2019 ; Stehlik et al., 2000 ; Su et al., 2017 ; Tichagwa, 1994), les éléments permettant de distinguer les effets sexospécifiques de ces pratiques de GIT-S sont limités. **Les études évaluant ces options de GIT-S du point de vue du genre mettent en évidence que les obstacles à l'adoption de pratiques de GIT-S chez les femmes sont plus importants que chez les hommes en raison d'un accès plus restreint aux ressources et aux services de conseil en matière d'agriculture** (Centrone et al., 2017 ; Farnworth et al., 2016 ; Parks et al., 2015 ; Najjar et al., 2019). L'impact des pratiques de GIT-S sur les femmes variera fortement d'un endroit à l'autre, en raison de la prévalence des différents rôles attribués par la société aux femmes et aux hommes dans ces milieux. **Une publication récente consacrée au lien entre le genre et la sécheresse (Mapedza, Giriraj, Matheswaran, Nhamo (2019)) précise que « la compréhension de la sécheresse du point de vue des genres aidera à mettre en évidence les solutions novatrices que les femmes développent pour faire face et améliorer l'impact de la sécheresse dans les pays en développement. Les femmes doivent être considérées comme une source de solutions, car elles doivent faire face aux conséquences de la sécheresse. OSAGA (2001) définit l'égalité entre les sexes comme étant "l'égalité des droits, des chances et des résultats pour les filles et les garçons, les femmes et les hommes. Cela ne signifie pas que les femmes et les hommes sont identiques, mais leurs droits, responsabilités et opportunités ne dépendent pas du fait qu'ils soient nés femmes ou hommes". Ceci est essentiel pour un meilleur cycle de gestion des catastrophes, de l'atténuation au rétablissement, en passant par la préparation et l'intervention (WEDO 2007). »**

Pour soutenir l'intégration des questions d'égalité entre les hommes et les femmes, la CNUCLD a adopté en 2017 son premier Plan d'action pour l'égalité des sexes (PAES) qui invitait les parties prenantes de la Convention à soutenir et à renforcer les capacités techniques visant à concevoir et à mettre en œuvre des programmes répondant à la problématique hommes-femmes (Collantes et al. 2018). De plus, le cadre conceptuel présenté par l'ISP place les questions d'égalité entre les sexes au centre de la NDT. Déchiffrer les complexités sexospécifiques permettra de mieux



comprendre comment les hommes et les femmes sont le mieux à même de faire face aux sécheresses dans les pays en développement (Mapedza et al. 2019).

3.2.5 Effets secondaires des pratiques de GIT-S

Les sections précédentes se sont intéressées aux synergies générées par les pratiques GIT-S à différents égards. Par conséquent, cette section aborde les effets secondaires potentiels des pratiques de GIT-S.

La plupart des bénéfices des pratiques de GIT-S se manifestent à long terme, alors que les coûts sont supportés en amont, ce qui limite leur adoption par les utilisateurs des terres opposés à la prise de risque et ayant un faible accès aux prêts à long terme (éléments solides, degré d'accord moyen). De nombreuses analyses coûts--bénéfices au sujet des technologies de GIT-S comparent leur utilisation à la rentabilité des pratiques traditionnelles, tout en ignorant les effets secondaires. Par exemple, l'utilisation du paillage et l'apport de fumier augmentent la résistance à la sécheresse en améliorant la fertilité du sol ainsi que les rendements, tout en réduisant les pertes d'eau par évaporation. Si l'on compare ces pratiques à des méthodes de culture sans paillage ni fumier, où les rendements peuvent être inférieurs, elles présentent un rapport coûts-bénéfices positif. Cependant, ces analyses ignorent l'utilisation alternative des déchets de récolte comme fourrage pour le bétail plutôt que comme paillis, ou l'emploi du fumier comme source d'énergie domestique plutôt que comme engrais organique pour les sols. Une évaluation coûts-bénéfices complète doit prendre en compte ces coûts implicites. L'utilisation du paillis dans le cadre des pratiques agricoles de conservation est en concurrence avec son utilisation comme fourrage pour le bétail (Lal, 2015), ce qui a été considéré comme un obstacle majeur à l'adoption de ces pratiques en Afrique subsaharienne (Palm et al., 2014). En outre, il a été constaté que les pertes de rendement dues aux pratiques de semis direct sans labour et les contraintes liées à l'adoption de la récupération des résidus et à la rotation des cultures limitaient considérablement la contribution potentielle des pratiques agricoles de conservation à l'intensification durable et à la réduction de la pauvreté (Pittelkow et al., 2015). En plus de présenter des effets secondaires en termes d'utilisation des résidus

De nombreuses analyses coûts--bénéfices au sujet des technologies de GIT-S comparent leur utilisation à la rentabilité des pratiques traditionnelles, tout en ignorant les effets secondaires.

végétaux, un facteur limitant majeur pour la viabilité économique du semis direct avec paillage à Bac Kan, au Vietnam, était la demande d'une main-d'œuvre importante pour l'épandage du paillis (Affholder et al., 2010).

Les approches de gestion intégrée des bassins versants mises en œuvre dans l'état de l'Andhra Pradesh, en Inde, au début des années 1980, ont montré une rentabilité supérieure à celle des méthodes conventionnelles, mais n'ont pas été adoptées par les agriculteurs après la fin du projet : les raisons principales avancées étaient le parti pris pour les grands agriculteurs, le manque de participation des agriculteurs au développement technologique et le manque de renforcement des capacités (Wani et al., 2003). De même, malgré les effets positifs de la gestion intégrée des bassins versants documentés par Wang et al. (2016) dans divers endroits, les principaux enjeux étaient le manque de coordination et d'organisation unifiée pour la gestion et la définition de limites claires, le manque de données et de mécanismes de partage de données pertinents pour suivre les progrès et les résultats, et la participation limitée du public (Wang et al., 2016).

En dépit de leurs nombreux bénéfices, l'un des effets secondaires potentiels des programmes de boisement et de reboisement dans les zones arides pourraient être une diminution des ressources en eau et une disponibilité réduite de l'eau pour d'autres fins (Buytaert et al., 2007 ; Delang et Yuan, 2015 ; McVicar et al. 2007). De plus, les projets de boisement menés dans les prairies risqueraient vraisemblablement d'endommager les écosystèmes locaux (Jindal et al., 2008).

L'un des moyens traditionnels utilisés par les éleveurs pour faire face aux chocs liés à la sécheresse consiste à maximiser le nombre de têtes de bétail, en allant même au-delà des niveaux de rentabilité optimaux, les grands troupeaux permettant un rétablissement plus



facile après la sécheresse. Cette pratique est l'une des causes de surpeuplement et de surpâturage dans certaines zones de prairies (Zimmerman et Carter, 2003).

Le tableau ci-dessous résume les informations sur les impacts, les coûts et les bénéfices, les effets

secondaires et les contraintes des principales catégories de pratiques de GIT-S en fonction de l'utilisation des terres, y compris les impacts sur la sécurité alimentaire et la réduction de la pauvreté. Les impacts abordés en matière de sécurité alimentaire et de pauvreté sont pertinents tant pour les femmes que pour les hommes.

TABLEAU 1

Mesures de gestion intelligente des terres face à la sécheresse : impacts, coûts et bénéfices, synergies, effets secondaires et contraintes

Utilisation des terres	Catégorie de GIT-S	Catégorie de NDT	Coûts initiaux	Rendements économiques nets	Sécurité alimentaire et réduction de la pauvreté	Effets secondaires et contraintes
Terres cultivées 	Contrôle de l'érosion du sol			Neutres et négatifs à court terme*, positifs à long terme	○	La disponibilité de la main-d'œuvre pourrait être une contrainte
	Perturbation minimum du sol			Souvent déjà positifs à court terme, mais pas toujours	+	Concurrence entre l'utilisation des résidus de plantes pour le paillage ou pour l'alimentation du bétail
	Gestion intégrée de la fertilité des sols			Généralement déjà positifs à court terme	++	Concurrence entre l'utilisation du fumier comme amendement du sol et source d'énergie
	Gestion améliorée de l'eau			Généralement déjà positifs à court terme, en particulier dans les environnements arides ou dans les régions où l'eau est tarifée.	+	L'absence de marchés et de tarification de l'eau peut limiter les incitations à l'adoption de ces mesures
	Gestion améliorée de la végétation			Généralement déjà positifs à court terme	+	Peut nécessiter des capacités techniques pour l'adoption des mesures par les agriculteurs
Pâturages 	Gestion de la pression due aux pâturages			Généralement déjà positifs à court terme	+	Dans certaines régions, concurrence avec la production végétale en expansion
	Gestion de l'eau			Preuves limitées	○	Preuves limitées
	Gestion de la végétation			Généralement déjà positifs à court terme	+	Preuves limitées
Forêts/ terres boisées 	Gestion durable des forêts, boisement, reforestation et réduction de la déforestation			Neutres et négatifs à court terme, positifs à long terme	+	Preuves limitées
Utilisation mixte 	Adoption de l'agroforesterie et de l'agropastoralisme			Neutres et négatifs à court terme, positifs à long terme	+	Nécessite un temps relativement long pour la mise en œuvre
	Gestion de l'eau			Généralement déjà positifs à court terme	○	L'absence de marchés et de tarification de l'eau peut limiter les incitations à l'adoption de ces mesures
	Gestion intégrée des bassins versants			Positif à long terme	○	Nécessite un temps relativement long pour la mise en œuvre
	Infrastructures urbaines vertes			Positifs	○	Nécessite des capacités techniques considérables pour la planification et la mise en œuvre

Source : l'ensemble des auteurs de la littérature.

Note : gestion intelligente des terres face à la sécheresse (GIT-S) *à court terme : une ou deux saisons de culture.



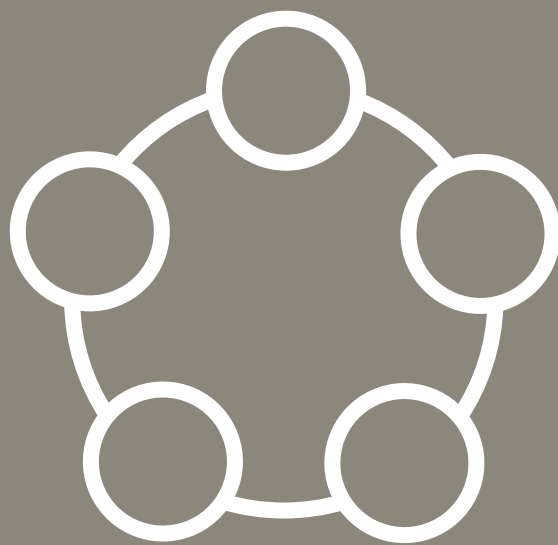
○ Preuves limitées



Améliorer la résilience des populations
et de l'écosystème à la sécheresse
nécessite d'éliminer les obstacles
à l'adoption des pratiques de GIT-S
chez les femmes en raison d'un accès
plus restreint que les hommes aux
ressources et aux services de conseil
en matière d'agriculture.







Favoriser les politiques
et les outils pour
développer la gestion
intelligente des terres
face à la sécheresse à
plus grande échelle



Un ensemble de 5 catalyseurs, incluant une approche paysagère, le développement des capacités, une bonne gouvernance foncière et hydrique, une analyse géospatiale et un financement, permettra de favoriser l'adoption et la mise en œuvre des interventions basées sur la gestion des terres visant à atténuer la sécheresse et à gérer les risques.

Ce chapitre fournit des conseils techniques sur la manière de favoriser les interventions basées sur les terres visant à atténuer les effets de la sécheresse. Il propose un ensemble de 5 catalyseurs nécessaires à une évolution durable de la GIT-S. Ils incluent : une approche paysagère, le développement des capacités, une bonne gouvernance foncière et hydrique, une analyse géospatiale et une source de financement. Chacun de ces catalyseurs est abordé plus en détail ci-dessous. Ces outils peuvent être utilisés pour favoriser la GIT-S ainsi que pour intégrer la NDT et la GRS. En outre, il existe des cas où la NDT et la GRS se chevauchent pour créer l'environnement nécessaire à la GIT-S.

Approche paysagère

Un « paysage » est un système socio-écologique. Il comprend : la topographie, les ressources naturelles, la biodiversité et les divers types d'occupation des sols. Il est influencé par le climat et la culture, ainsi que par les processus écologiques et l'activité humaine. Ils ont un impact sur les courants d'eau souterrains et en surface. Un paysage présente diverses fonctionnalités et limites. Comprendre combien le mécanisme de ces

interactions interdépendantes, mais spatialement séparées, est très important pour la gestion des risques de sécheresse. Pour favoriser une gestion intelligente des terres face à la sécheresse, les parties prenantes doivent adopter une approche paysagère pour la planification du développement. Les populations vivent dans des espaces, mais concentrent leurs activités dans des secteurs. Travailler de manière participative au-delà des frontières sectorielles est essentiel pour le succès des approches paysagères (voir également l'encadré 1). Les secteurs revêtant une importance particulière pour la mise en œuvre de la GIT-S sont l'agriculture, l'environnement et l'eau. Biggs et al. (2015) proposent de se concentrer de manière explicite sur les moyens d'existence et la dynamique de ces derniers au sein des cadres de corrélation pour saisir les approches ascendantes et les opportunités locales en matière de développement durable. L'importance de comprendre le système socio-écologique définissant le paysage ainsi que la coopération intersectorielle est également soulignée dans les directives volontaires pour la conception et la mise en œuvre efficace des stratégies d'AEs et de RRC-éco (source : CBD/COP/14/L.23).



Observation de la Terre et analyse géospatiale

L'analyse géospatiale et l'intégration de l'observation de la Terre (OT), y compris des données satellitaires et in situ, à l'aide de systèmes d'information géographique (SIG), permettent la surveillance et la cartographie des surfaces terrestres, incluant les plans d'eau. Des observations sur de vastes zones peuvent être menées pour analyser la dynamique des terres. La disponibilité de différents capteurs et systèmes de capteurs pour l'analyse par télédétection permet également une cartographie à plusieurs échelles et avec différents niveaux de détail. Les résolutions spatiales des différents capteurs vont de quelques centimètres à plusieurs kilomètres et doivent être prises en compte en fonction de leur utilisation dans des applications plutôt globales ou en vue de l'analyse au sein de petites zones. En outre, différentes résolutions spectrales permettent de détecter la présence ou non de couverture végétale et les types de couverture grâce à différentes longueurs d'onde (données optiques et hyperfréquences notamment) et d'appuyer les observations avec différents niveaux de détail pour des types de cultures spécifiques par exemple. En ce qui concerne les pratiques de GIT-S, plus la résolution est élevée, plus l'analyse sur le terrain sera pertinente (voir l'encadré 2 sur la cartographie de différentes dynamiques de culture de couverture basée sur l'OT). L'utilisation d'images haute résolution concernant l'agriculture à petite échelle, qui est dominante dans les zones rurales, par exemple en Afrique subsaharienne, serait donc un avantage (Burke et Lobell, 2017 ; Neigh et al., 2018). Les données in situ peuvent compléter ces analyses et permettre la validation et l'étalonnage cruciaux des données obtenues par télédétection.

Dans le contexte de la promotion de la GIT-S, l'OT peut être utilisé à différentes fins, dont les plus importantes sont (i) le ciblage des zones d'intervention ; (ii) le suivi de l'adoption effective des pratiques et de la mise en œuvre des interventions ; et

(iii) le suivi de l'adaptation effective des pratiques et de la mise en œuvre des interventions.

L'évaluation des risques inclut souvent un SIG, ce qui permet d'intégrer des informations supplémentaires in situ liées aux images de télédétection et susceptibles d'appuyer les stratégies de gestion par l'analyse géospatiale et la modélisation. L'équation universelle révisée des pertes de sol (RUSLE) a été utilisée dans plusieurs évaluations d'études de

Dans le contexte de la promotion de la GIT-S, l'OT peut être utilisé à différentes fins, dont les plus importantes sont (i) le ciblage des zones d'intervention ; (ii) le suivi de l'adoption effective des pratiques et de la mise en œuvre des interventions ; et (iii) le suivi de l'adaptation effective des pratiques et de la mise en œuvre des interventions.

cas à travers le monde (Lu, Li, Valladares et Batistella, 2004 ; Pandey, Chowdary et Mal, 2007 ; G. Singh et Panda, 2017). La salinisation, conséquence majeure des conditions de sécheresse entraînant, mais représentant également un type de dégradation des terres, peut également être surveillée à l'échelle locale, grâce à l'imagerie optique et radar (Gorji, Sertel et Tanik, 2017 ; Gorji, Tanik et Sertel, 2015 ; Metternicht et Zinck, 2003). Ceci est également valable pour les pratiques de gestion de l'irrigation. Bastiaanssen, Molden et Makin (2000) ont par exemple répertorié un certain nombre de satellites et de capteurs capables de fournir des images adaptées à la gestion de l'eau utilisée par l'agriculture. En ce qui concerne la gestion de la sécheresse, la télédétection permet par exemple



ENCADRÉ 2

Participation et coopération intersectorielle

Une évaluation du système socio-écologique définissant le paysage aide à analyser le problème, à définir les limites des interventions et à rechercher des lieux d'introduction pour la GIT-S. Ces informations doivent alimenter une analyse approfondie des parties prenantes avant de les impliquer tout au long du processus de mise en œuvre et, de manière itérative, tirer profit des informations fournies par les parties prenantes. L'engagement des parties prenantes et des détenteurs de droits augmentera l'appropriation et probablement aussi le succès des interventions.

Les sécheresses dépassent les frontières administratives, par conséquent, une approche intégrée à l'échelle du paysage ou des systèmes aide à résoudre les problèmes au-delà des secteurs et des frontières. La coopération transfrontière peut permettre le partage des coûts et des bénéfices et prévenir les effets potentiellement négatifs des mesures prises de manière unilatérale. La coopération transfrontière peut également offrir des opportunités de développement socio-économique et de gestion des problèmes à l'échelle des écosystèmes.

Actions clés

- Identifier les peuples autochtones et les communautés locales, les parties prenantes et les détenteurs de droits susceptibles d'être affectés par les interventions de GIT-S, et identifier les personnes, les organisations et les secteurs qui ont une influence sur la planification et la mise en œuvre, en utilisant des processus participatifs transparents.
- Assurer la participation pleine et efficace de toutes les parties prenantes et détenteurs de droits concernés, y compris des peuples autochtones et des communautés locales, des pauvres, des femmes, des jeunes et des personnes âgées, en veillant à ce qu'ils disposent des capacités et des ressources humaines, techniques, financières et juridiques suffisantes pour le faire (conformément aux mesures de sauvegarde).
- Étudier les mécanismes de planification intersectoriels bien établis, tels que la gestion intégrée des ressources en eau (GIRE), la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) et la planification de l'utilisation des terres, afin de renforcer la coopération intersectorielle et de favoriser la prise en compte de la GIT-S dans les cadres sectoriels pertinents.
- Développer une compréhension commune des vulnérabilités à l'échelle transfrontière et pour différents secteurs, grâce à l'utilisation de modèles et scénarios communs et de méthodologies et sources d'informations approuvées.

Source : adapté du document CBD/COP/14/L.23.



de détecter les zones où les pratiques de gestion agricole sont les plus favorables à la réduction de l'impact de la sécheresse sur les terres agricoles (Graw et al., 2017). Le projet EvIDENz¹⁶ est un exemple de la manière dont le risque de sécheresse peut être mesuré grâce à l'intégration des technologies de télédétection et de l'information socio-économique (Walz et al., 2018). Ces données d'entrée offriraient également un potentiel de modélisation dynamique supplémentaire du système à l'échelle nationale.

La détection du stress des cultures lié aux sécheresses réalisée en Ukraine à partir de la fusion de données intégrant les informations sur la végétation, l'humidité du sol et la température, montre que l'association de différentes variables peut expliquer la dynamique du stress des cultures dû aux sécheresses (Ghazaryan et al., 2016). En ce qui concerne la gestion de la fertilité des sols, les images en haute résolution peuvent permettre de suivre et de contrôler la réaction des cultures soumises à différentes conditions de fertilisation et de sol (Moran, Inoue et Barnes, 1997 ; Seelan, Laguet, Casady et Seielstad, 2003). Les informations fournies par les drones garantissent l'utilisation de données en haute résolution et permettent en outre des intervalles de temps spécifiques pour la collecte des données (Khanal, Fulton et Shearer, 2017). La mise en place de mesures visant à prévenir l'érosion des sols sur les terres cultivées peut être suivie afin d'évaluer l'efficacité de ces méthodes. Des études à ce sujet ont été menées à l'échelle locale (Panagos, Karydas, Gitas et Montanarella, 2012) et mondiale (Sepuru et Dube, 2018).

Développement des capacités

Il est essentiel de faire connaître les multiples bénéfices de la GIT-S à travers les secteurs, les communautés de pratique et les disciplines afin d'améliorer l'adoption et la durabilité des initiatives, tout en ouvrant des possibilités de financement. Les accords politiques nationaux et internationaux offrent une occasion de combler le fossé entre les différentes communautés de pratique. Les liens entre la gestion des terres et la gestion des risques de sécheresse sont décrits en détail dans le chapitre précédent. Il serait préférable que les actions visant à développer les capacités commencent par une évaluation préalable des compétences et de l'aptitude existantes des responsables politiques et des décideurs locaux à combler les lacunes et les besoins. Il est également utile de prendre en compte les différents besoins en information et en communication des différents groupes de parties prenantes afin de développer des actions sociales efficaces, d'établir une base de connaissances commune et d'identifier un langage commun au sein des parties prenantes pour soutenir leur coopération. Le renforcement des capacités des utilisateurs des terres et des services de conseil publics et privés en matière d'agriculture s'est révélé être un moyen efficace de soutenir la GIT-S à grande échelle. L'approche de l'École pratique d'agriculture (EPA) a été couronnée de succès dans de nombreux projets, transférant les compétences aux agriculteurs ainsi qu'aux médiateurs et formateurs de l'EPA pour piloter et valider les technologies de GIT-S par le biais d'expérimentations participatives (FAO, Banque mondiale et NEPAD, 2016). Les connaissances traditionnelles ou locales des communautés sur le fonctionnement des écosystèmes et les spécificités du paysage peuvent représenter un atout important. Des améliorations doivent être apportées concernant l'intégration de ces connaissances dans les évaluations et la prise de décisions. Le WOCAT est une source importante de connaissances et d'informations ayant été approuvée par la CNULCD en tant que base de données principale recommandée pour le compte-rendu des meilleures pratiques de GDT.

16 Le projet EvIDENz est financé par le ministère fédéral allemand de l'Économie et de l'Énergie (BMW). L'objectif général du projet EvIDENz est de développer et de démontrer des méthodes et des produits en lien avec l'évaluation du risque de sécheresse qui répondraient aux besoins nationaux, en s'appuyant sur l'exemple de l'Afrique du Sud et de l'Ukraine, ainsi que sur des indicateurs définis dans le Cadre d'action de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe (CSRRC). <<https://www.zfl.uni-bonn.de/research/projects/evidenz>>

**Gouvernance foncière et hydrique adaptée**

Une gouvernance rurale adaptée est aussi importante pour l'atténuation des effets de la sécheresse que la mise en application des meilleures technologies. Une volonté politique et des institutions fortes peuvent créer un environnement favorable à l'adoption généralisée de la GIT-S. Une décentralisation fonctionnelle est un facteur de succès important pour que les approches paysagères fonctionnent. La décentralisation, associée à des politiques locales et à la sécurité juridique (occupation des terres, droits à l'eau), est essentielle pour garantir une conception, une mise en œuvre, une surveillance et une évaluation pertinentes et inclusives des interventions basées sur les terres visant à atténuer les effets de la sécheresse. Pour faciliter l'efficacité et l'efficience des approches paysagères et permettre la coordination ainsi que la planification stratégique, les organismes locaux et nationaux doivent être renforcés, en termes de ressources humaines et financières. Une gouvernance adaptée favorise également la NDT. Les principes importants dans ce contexte, adaptés de Orr et al. (2017), sont :

1. l'élimination et l'inversion des facteurs politiques qui conduisent à une mauvaise gestion des terres ;
2. la mise en œuvre des principes et des normes 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 (FAO, 2012) ;
3. la prise en compte de la disponibilité des ressources (humaines et économiques) pour la mise en œuvre de la GIT-S ;
4. la mise à disposition de moyens de suivi et de compte-rendu sur la mise en œuvre ;
5. le développement d'un mécanisme de coordination pour la planification intégrée de l'utilisation et de la gestion des terres à toutes les échelles et à travers les différents secteurs, afin d'assurer la participation des parties

ENCADRÉ 3**Observation de la Terre pour la surveillance des terres et de la sécheresse**

La cartographie des différentes catégories de couverture terrestre et de la sécheresse est largement réalisée à l'échelle mondiale et nationale à l'aide d'ensembles de données librement accessibles. Elle est également facilitée par un grand nombre d'outils libres au sein des systèmes d'information géographique (SIG) (Giri, 2012). Les terres cultivées, les forêts et les prairies peuvent être distinguées en se basant sur la signature spectrale d'un pixel dans une image satellite (Jong, Meer et Clevers, 2004). Les résultats peuvent varier selon le produit de données et l'approche de classification utilisée (Foody, 2002). Néanmoins, la détection de catégories de couverture terrestre plus larges, telles que les terres cultivées et les forêts, mais aussi les zones urbaines, peut être facilement réalisée avec des méthodes de classification simples (Giri, 2012).

Les terres cultivées peuvent être classées et davantage suivies en fonction de leur phénologie. L'intégration de séries chronologiques, au sujet de la végétation par exemple, permet de détecter le début, le pic et la fin de la saison de croissance (Muro et al., 2018 ; Yan et al., 2017). L'utilisation de données hyperspectrales, c'est-à-dire d'informations satellitaires dérivées d'un capteur recevant des informations très détaillées dans le spectre électromagnétique, permet en outre de distinguer les types de cultures (Foerster, Kaden, Foerster et Itzerott, 2012 ; Inglada et al., 2015).



ENCADRÉ 3 (con'd)

Les prairies sont très dynamiques et souvent difficiles à suivre à l'aide des données d'OT, car elles réagissent rapidement aux précipitations. La pression exercée sur les prairies, par le bétail par exemple, a été suivie par télédétection dans diverses régions (Estel et al., 2018 ; Kawamura et al., 2005). Dans les vastes zones d'Afrique orientale et australe, la détection et le suivi de l'envahissement par les arbustes sont un défi permanent (Graw, Oldenburg, Dubovik et Piroška, 2017 ; Skowno et al., 2017).

Le suivi des **forêts et des terres boisées** est en grande partie assuré à l'aide des informations satellites. Un certain nombre d'études ont été menées à ce sujet dans divers pays de l'Amazonie (Tucker et Townshend, 2000), notamment en Équateur (Viña, Echavarría et Rundquist, 2004) ou au Brésil (Stone, Brown et Woodwell, 1991). La couverture nuageuse est le principal obstacle à la réalisation d'analyses ou de tendances en temps quasi réel. Par conséquent, des méthodes sont développées pour aider à gérer les données manquantes et les images non utilisables afin de détecter la déforestation et le boisement (DeVries et al., 2015 ; Rufin, Müller, Pflugmacher et Hostert, 2015).

L'utilisation mixte des terres est souvent difficile à déterminer avec la télédétection, car l'unité d'analyse fait référence à un seul pixel contenant une seule classification. Plus la résolution spatiale et spectrale est élevée, plus la couverture et les classes d'utilisation des terres sont détaillées. Néanmoins, l'ajout d'informations recueillies sur le terrain, par des enquêtes auprès des ménages ou par des informations GPS collectées au cours d'activités de recherche par exemple, permet de relier les changements et l'évolution dans un pixel à l'activité d'utilisation des terres à cet endroit-là. Les études reliant les informations de télédétection aux observations in situ montrent que la validation avec des informations obtenues sur place est toujours d'une grande pertinence pour éviter une interprétation erronée des tendances relatives à l'évolution des terres obtenues par la télédétection (Fox, 2003 ; Graw, Smale et Menz, 1999 ; Mertens, Sunderlin, Ndoye et Lambin, 2000).

La sécheresse et le stress des terres peuvent être suivis à l'aide de l'OT, en faisant par exemple le lien entre l'état actuel des terres et leurs conditions antérieures, afin de détecter les changements et notamment les pertes ou gains de productivité au fil du temps (Graw et al., 2017). Par rapport au suivi de l'état de la végétation, l'observation unique des précipitations ne permet pas de détecter correctement les zones concernées et affectées par une sécheresse météorologique, elle permet seulement de prévoir un danger potentiel. Les approches de modélisation utilisées pour obtenir des informations plus précises sur la dynamique globale de la sécheresse, notamment à l'aide de variables climatiques et environnementales, incluent l'intégration de la couverture nuageuse et de l'analyse de la température (Estel et al., 2018 ; Urban et al., 2018), des informations sur l'humidité du sol (HS) obtenues à l'aide de données hyperfréquences librement accessibles (Bolten, Crow, Zhan, Jackson et Reynolds, 2010), mais également l'analyse de l'évapotranspiration (ETP) en intégrant les informations sur la température de surface du sol (TSS) (Karnieli et al., 2013 ; Wang, Rich et Price, 2003). Une autre variable utilisée pour la surveillance de la sécheresse dont on a beaucoup parlé dans le cadre des conditions de sécheresse de la ville du Cap en 2017/2018 est le suivi du niveau des barrages ou des lacs (Stevens et Voiland, 2018). Les niveaux des barrages ou des plans d'eau peuvent être observés grâce à la détection de changement, en prenant en compte des images à des dates différentes.



Les programmes de paiement en contrepartie des services fournis par les écosystèmes incitent les communautés, les agriculteurs et les propriétaires fonciers privés en amont à protéger, restaurer et conserver les écosystèmes naturels et à adopter des pratiques agricoles durables ainsi que d'autres pratiques d'utilisation des terres, moyennant une compensation financière ou non financière.

prenantes à la prise de décisions et aux rapports nationaux et internationaux ;

6. le développement d'un mécanisme pour l'examen opportun des résultats de la mise en œuvre et des recommandations en matière d'amélioration ; et
7. la garantie d'une responsabilité et d'une transparence en amont et en aval.

Financement

Favoriser la GIT-S dépend d'un financement suffisant. Le succès de la mise en œuvre des initiatives dépend de la mobilisation efficace de ressources provenant de tous horizons, y compris de budgets nationaux, de donateurs extérieurs et de sources de financement novatrices, de préférence en parallèle de programmes locaux et nationaux. La GIT-S ne nécessite pas obligatoirement des ressources financières complémentaires, mais implique généralement une réorientation et une utilisation plus efficace du financement existant.

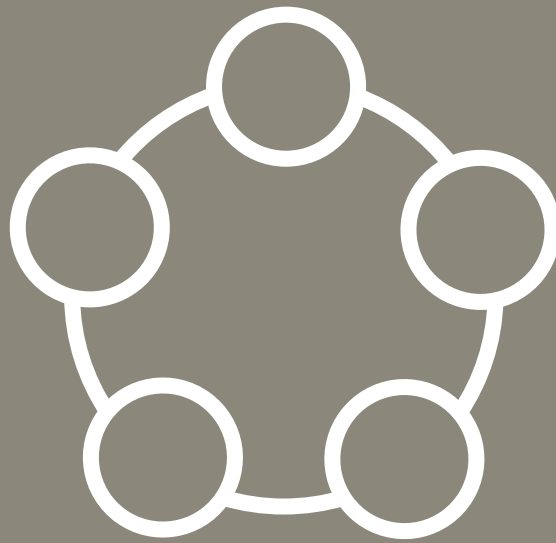
L'utilisation efficace des ressources financières et humaines peut être améliorée en recherchant des synergies entre les politiques, les engagements et les investissements aux niveaux mondial et national (Orr et al. 2017). Favoriser la cohérence politique et intégrer les engagements (mobiliser des fonds pour la lutte contre le changement climatique, par exemple) impliquerait de mettre l'accent sur les liens entre l'adaptation au changement climatique et la GIT-S, par

exemple, en tenant compte du fait que les initiatives d'adaptation sont souvent basées sur la gestion des terres, et que les interventions en matière de GIT-S offrent des possibilités d'adaptation à la sécheresse.

L'évaluation de la GIT-S présentée dans ce rapport met en évidence des retours sur investissements incluant des externalités environnementales et sociales positives. Les programmes de paiement en contrepartie des services fournis par les écosystèmes incitent les communautés, les agriculteurs et les propriétaires fonciers privés en amont à protéger, restaurer et conserver les écosystèmes naturels et à adopter des pratiques agricoles durables ainsi que d'autres pratiques d'utilisation des terres, moyennant une compensation financière ou non financière. Ces actions ont des répercussions positives sur les utilisateurs de l'eau en aval, notamment en matière de régulation de l'eau, de maîtrise des inondations, de contrôle de l'érosion et des sédiments, garantissant notamment un approvisionnement en eau constant et de haute qualité, et contribuant à réduire les coûts de traitement de l'eau et de maintenance des équipements (ONU-Eau 2018).

La transformation de la politique agricole est un moyen important pour financer le processus d'assimilation de la GIT-S. La grande majorité des subventions agricoles, et probablement la majorité des fonds publics et presque tous les investissements du secteur privé dans la recherche et le développement agricoles, soutiennent l'intensification de l'agriculture conventionnelle, ce qui accroît l'insécurité hydrique (ONU-Eau 2018). L'intégration du concept de gestion durable des terres au sein de l'agriculture constituerait également une avancée majeure dans le cadre du financement de la GIT-S.

La GIT-S ne nécessite pas obligatoirement des ressources financières complémentaires, mais implique généralement une réorientation et une utilisation plus efficace du financement existant.



L'intégration de la gestion des terres
au sein des pratiques d'atténuation
de la sécheresse et de la gestion
des risques exige des politiques
encourageant et incitant la coopération
au-delà des secteurs et des frontières
administratives, ainsi que l'implication
des utilisateurs des terres dans le cadre
d'une approche paysagère intégrée ,
dans le contexte de la neutralité en
matière de dégradation des terres.





Conclusions et
options politiques
pour des actions
immédiates



Propositions de politiques pour des actions immédiates visant à intégrer la GIT-S dans les pratiques d'atténuation de la sécheresse et la gestion des risques.

Les chapitres précédents ont souligné l'importance du lien fondamental entre la gestion des terres et de la sécheresse. Ce rapport révèle les liens étroits qui existent entre l'utilisation des terres et la sécheresse, et démontre que la gestion des terres et la gestion de la sécheresse sont fondamentalement liées à l'utilisation de l'eau et le rôle important des décisions humaines en matière de gestion des terres et des eaux, qui peuvent influencer la résilience des communautés et des écosystèmes de manière positive ou négative. Il documente également les mécanismes et processus biophysiques qui, lorsqu'ils sont gérés correctement, offrent la possibilité de s'adapter à la sécheresse en améliorant la capacité des sols à absorber, retenir, libérer et transmettre l'eau, et à accroître l'efficacité d'utilisation de l'eau par les plantes.

Le lien entre la sécheresse et les terres a été décrit, pour parvenir à la conclusion que les politiques doivent s'assurer que le facteur « humain » se reflétant dans les décisions relatives à l'utilisation de l'eau et des terres soit pleinement intégré dans les politiques de gestion des risques de la sécheresse.

Le lien entre la sécheresse et les terres a été décrit, pour parvenir à la conclusion que les politiques doivent s'assurer que le facteur « humain » se reflétant dans les décisions relatives à l'utilisation de l'eau et des terres soit pleinement intégré dans les politiques de gestion des risques de la sécheresse.

Le rapport a permis de déterminer que le manque de données concernant l'impact de la mise en œuvre des pratiques de la GIT-S sur l'atténuation de la sécheresse et les retombées économiques potentielles pouvant découler de l'adoption de la GIT-S constitue un obstacle à l'intégration des pratiques de gestion des risques de sécheresse au sein des pratiques et des politiques en matière d'utilisation et de gestion des terres.

Dans le groupe des interventions basées sur la GDT, ce rapport introduit le nouveau concept de gestion intelligente des terres face à la sécheresse (GIT-S). La GIT-S améliore la résilience des utilisateurs des terres et de la société en général à la sécheresse, permet aux sols de mieux absorber, retenir, libérer et transmettre l'eau et accroît l'efficacité d'utilisation de l'eau par les plantes. La plupart des interventions de GIT-S y parviennent en augmentant l'approvisionnement en eau là où les organismes vivants en ont besoin (au niveau des systèmes racinaires des cultures par exemple) ou en réduisant la demande en eau (avec des variétés de cultures résistant à la sécheresse par exemple).



Les résultats émergeant de cette synthèse et de cette évaluation apportent des preuves scientifiques actuelles sur la capacité des 14 groupes de mesures de GIT-S, répartis selon quatre types d'utilisation des terres, à contribuer de manière positive à l'atténuation des risques de sécheresse, à la prévention de la dégradation des terres et à leur restauration/réhabilitation, à la préservation de la biodiversité, à la séquestration du dioxyde de carbone dans les sols (éléments solides/degré d'accord élevé) et à une meilleure résilience à la sécheresse sans limiter les bénéfices économiques des agriculteurs pendant les années normales ou humides (éléments solides, degré d'accord moyen). Les résultats témoignent également du potentiel de ces pratiques de GIT-S à améliorer la productivité, impliquant des rendements socio-économiques plus élevés que les pratiques conventionnelles dans des conditions de sécheresse, y compris sur des terres de faible rendement, renforçant ainsi toutes les dimensions de la sécurité alimentaire (éléments moyens, degré d'accord élevé).

Le rapport souligne de nouveau comment, par comparaison aux interventions ex post, les interventions proactives de GIT-S peuvent contribuer à une meilleure efficacité écologique et économique en termes de coûts-bénéfices en renforçant la résilience, en décourageant la poursuite des activités économiques sensibles à la sécheresse et réduisant les coûts futurs de la lutte contre la sécheresse.

Le rapport propose un accompagnement via l'amélioration de cinq catalyseurs visant à favoriser l'adoption, la mise en œuvre et le renforcement de la GIT-S à grande échelle. Il met en évidence la nécessité de procéder à l'évaluation de la vulnérabilité et des risques dans différents contextes couvrant à la fois les aspects naturels (climat, sol et eau) et les aspects socio-économiques. Ces deux aspects sont nécessaires pour une mise en œuvre des pratiques de GIT-S plus efficace sur le plan écologique, afin de poursuivre plus efficacement l'atténuation intégrée et collaborative du risque de sécheresse

au-delà des écosystèmes, des frontières administratives et des paysages ruraux et urbains.

Le rapport révèle que lorsque les mesures de GIT-S sont correctement optimisées, locales, basées sur le contexte et définies pour avoir une portée biologique et géographique, grâce à la mise en œuvre d'une planification intégrée de l'utilisation des terres et à la gestion intégrée du paysage dans le contexte de la NDT, elles peuvent améliorer la résilience et réduire la vulnérabilité des écosystèmes, des utilisateurs des terres et de la société dans son ensemble face à la sécheresse, favoriser l'atténuation des risques de sécheresse et, de manière plus générale, contribuer à la « gestion proactive des risques de sécheresse ».

Le rapport propose un accompagnement via l'amélioration de cinq catalyseurs visant à favoriser l'adoption, la mise en œuvre et le renforcement de la GIT-S à grande échelle. Il met en évidence la nécessité de procéder à l'évaluation de la vulnérabilité et des risques dans différents contextes couvrant à la fois les aspects naturels (climat, sol et eau) et les aspects socio-économiques.

L'efficacité et les effets synergiques de la GIT-S ont été illustrés par des preuves scientifiques. Pour conclure ce rapport, ce dernier chapitre fournit des orientations destinées aux responsables politiques, aux praticiens et aux communautés scientifiques pour leur permettre de prendre des mesures.

1. Proposition 1 : renforcer les liens entre les politiques nationales relatives à la gestion des terres et à la sécheresse, envisager de modifier ces politiques pour tenir pleinement compte de



l'impact de l'utilisation, de la gestion et de la dégradation des terres sur la disponibilité et la pénurie d'eau, et examiner le rôle positif que les pratiques de GIT-S pourraient avoir sur le renforcement de la résilience des communautés et des écosystèmes face à la sécheresse, si elles étaient appliquées dans le cadre de la NDT ;

2. **Proposition 2** : prendre des mesures pour faire en sorte que les ministères chargés de la gestion de la sécheresse intègrent l'utilisation des terres, le changement d'utilisation des terres et la dégradation des terres en tant que facteurs dans le cadre des pratiques et des politiques de gestion de la sécheresse et des risques inhérents, et s'assurent que les départements dédiés à l'utilisation des terres et de l'eau intègrent les pratiques de GIT-S au sein des politiques et des initiatives pertinentes ;

3. **Proposition 3** : renforcer la collaboration et la coordination intersectorielles au sein des politiques et programmes nationaux, régionaux et internationaux afin de promouvoir les interventions nécessaires pour optimiser l'adoption, la mise en œuvre et le renforcement de la GIT-S au niveau du paysage, en se concentrant sur un ensemble de cinq catalyseurs comprenant :

- a). la mise en œuvre d'une planification territoriale intégrée et la gestion du paysage ;
- b). le renforcement des capacités nationales et locales sur les multiples bénéfices de la GIT-S dans tous les secteurs, communautés de pratique et disciplines, en tenant compte de l'intégration du genre ;
- c). la création d'institutions locales efficaces associées à des politiques locales et à la sécurité juridique en matière d'occupation des terres et de droits à l'eau afin de garantir l'élaboration, la mise en œuvre, la surveillance et l'évaluation pertinentes et inclusives des interventions basées sur les terres visant à atténuer les effets de la sécheresse ;

d). le développement d'outils conviviaux qui améliorent l'accès des responsables politiques, des planificateurs et des praticiens de tous les niveaux à l'analyse géospatiale intégrant les observations de la Terre, notamment les données satellitaires et in situ du territoire, de l'eau et de la météorologie, grâce à l'utilisation de systèmes d'information géographique, ce qui permettrait la surveillance et la cartographie intégrées de la couverture terrestre, y compris des plans d'eau, de la dégradation des terres et du risque de sécheresse ;

e). la mobilisation de financements conventionnels et innovants, issus notamment d'investisseurs publics et privés, sous forme de paiements pour services écosystémiques, de compensations des émissions de carbone, de couverture d'assurance et d'investissements dans des chaînes de valeur durables basées sur la gestion des terres afin de soutenir et de promouvoir la GIT-S, idéalement en parallèle d'une planification locale et nationale ;

4. **Proposition 4** : renforcer la collaboration entre les traités internationaux pertinents et les organisations multilatérales dirigées par le secrétariat de la Convention et l'ISP, avec l'Organisation météorologique mondiale, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, le Programme des Nations unies pour l'environnement et d'autres organisations compétentes dans les domaines de la gestion des terres, de l'eau et de la météorologie, dans le cadre du Programme de gestion intégrée de la sécheresse, afin de faciliter la coordination et l'interaction entre les communautés de NDT et de gestion des risques de sécheresse, en développant notamment une compréhension commune des définitions et de la nature intersectorielle de la gestion des risques de sécheresse et de la gestion des terres.



Ces deux aspects sont nécessaires pour une mise en œuvre des pratiques de GIT-S plus efficace sur le plan écologique, afin de poursuivre plus efficacement l'atténuation intégrée et collaborative du risque de sécheresse au-delà des écosystèmes, des frontières administratives et des paysages ruraux et urbains.

Références

- Abdulai, A.,** & Huffman, W. (2014). The Adoption and Impact of Soil and Water Conservation Technology: An Endogenous Switching Regression Application. *Land Economics*, 90(1), 26–43. <https://doi.org/10.3368/le.90.1.26>
- Abdullaev, I.,** U1 Hassan, M., & Jumaboev, K. 2007. Watersaving and economic impacts of land leveling: the case study of cotton production in Tajikistan. *Irrigation and Drainage Systems*, 21(3–4), 251–263. <https://doi.org/10.1007/s10795-007-9034-2>
- Acharya, C.,** Kapur, O., & Dixit, S. 1998. Moisture conservation for rainfed wheat production with alternative mulches and conservation tillage in the hills of north-west India. *Soil and Tillage Research*, 46 (3–4), 153–163. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(98\)00030-0](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(98)00030-0)
- Adgo, E.,** Teshome, A., & Mati, B. 2013. Impacts of long-term soil and water conservation on agricultural productivity: The case of Anjenie watershed, Ethiopia. *Agricultural Water Management*, 117, 55–61. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2012.10.026>
- Affholder, F.,** Jourdain, D., Quang, D. D., Tuong, T. P., Morize, M., & Ricome, A. 2010. Constraints to farmers' adoption of direct-seeding mulch-based cropping systems: A farm scale modeling approach applied to the mountainous slopes of Vietnam. *Agricultural Systems*, 103(1), 51–62. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2009.09.001>
- Ahmed, R.,** Mohammad, Alam, S., Farid, Ahmed, U., & Hossain, M. K. 2018. Assaying the allelopathic effects of *Eucalyptus camaldulensis* in a nursery bed incorporated with leaf litter. *Journal of Forestry Research*, 29. <https://doi.org/10.1007/s11676-017-0450-3>
- Akhtar, M.,** Hassan, F., Ahmed, M., Hayat, R., & Stöckle, C. O. 2016. Is Rainwater Harvesting an Option for Designing Sustainable Cropping Patterns for Rainfed Agriculture? *Land Degradation & Development*, 27(3), 630–640. <https://doi.org/10.1002/ldr.2464>
- Albuquerque, J.,** A., Salazar, P., Barrón, V., Torrent, J., del Campillo, M. del C., Gallardo, A., & Villar, R. 2013. Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(3), 475–484. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0128-3>
- Ali, S.,** Rizwan, M., Qayyum, M. F., Ok, Y. S., Ibrahim, M., Riaz, M., Shahzad, A. N. 2017. Biochar soil amendment on alleviation of drought and salt stress in plants: a critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(14), 12700–12712. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8904-x>
- Almagro, M.,** de Vente, J., Boix-Fayos, C., García-Franco, N., Melgares de Aguilar, J., González, D., ... Martínez-Mena, M. 2013. Sustainable land management practices

- as providers of several ecosystem services under rainfed Mediterranean agroecosystems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 21(7), 1029–1043. <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9535-2>
- Altieri, M. A.** 1999. Applying Agroecology to Enhance the Productivity of Peasant Farming Systems in Latin America. *Environment, Development and Sustainability*, 1(3/4), 197–217. <https://doi.org/10.1023/A:1010078923050>
- Amole, T. A., & Ayantunde, A. A.** 2016. Climate-smart livestock interventions in West Africa: A review. CCAFS Working Paper no. 178. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen, Denmark. Available online at: www.ccafs.cgiar.org.
- Antle, J. M., Stoorvogel, J. J., & Valdivia, R. O.** 2007. Assessing the economic impacts of agricultural carbon sequestration: Terraces and agroforestry in the Peruvian Andes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 122(4), 435–445. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2007.02.003>
- Aqeel-ur-Rehman, Abbasi, A. Z., Islam, N., & Shaikh, Z. A.** 2014. A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. *Computer Standards & Interfaces*, 36(2), 263–270. <https://doi.org/10.1016/J.CSI.2011.03.004>
- Aryal, J. P., Mehrotra, M. B., Jat, M. L., & Sidhu, H. S.** 2015. Impacts of laser land leveling in rice–wheat systems of the north–western indo-gangetic plains of India. *Food Security*, 7(3), 725–738. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0460-y>
- Asquith, N. M., & Vargas, M. T.** 2008. Selling two environmental services: In-kind payments for bird habitat and watershed protection in Los Negros, Bolivia. *Ecological Economics*, 65(4), 675–684. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2007.12.014>
- Bailey, D. W., & Brown, J. R.** 2011. Rotational Grazing Systems and Livestock Grazing Behavior in Shrub-Dominated Semi-Arid and Arid Rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 64(1), 1–9. <https://doi.org/10.2111/REM-D-09-00184.1>
- Basche, A.** 2017. Turning Soils into Sponges How Farmers Can Fight Floods and Droughts. Retrieved from <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2017/08/turning-soils-into-sponges-full-report-august-2017.pdf>
- Bastiaanssen, W. G., Molden, D. J., & Makin, I. W.** 2000. Remote sensing for irrigated agriculture: examples from research and possible applications. *Agricultural Water Management*, 46(2), 137–155. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(00\)00080-9](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(00)00080-9)
- Baumol, W., Blinder, A.** 2011. *Economics: Principles and Policy*, p. 409
- Bayala, J., Sileshi, G. W., Coe, R., Kalinganire, A., Tchoundjeu, Z., Sinclair, F., & Garrity, D.** 2012. Cereal yield response to conservation agriculture practices in drylands of West Africa: A quantitative synthesis. *Journal of Arid Environments*, 78, 13–25. <https://doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2011.10.011>

- Behnke, R. H. J.** 2008. The Drivers of Fragmentation in Arid and Semi-Arid Landscapes. In *Fragmentation in Semi-Arid and Arid Landscapes*, (pp. 305–340). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4906-4_13
- Bekchanov, M.,** & Mirzabaev, A. 2018. Circular economy of composting in Sri Lanka: Opportunities and challenges for reducing waste related pollution and improving soil health. *Journal of Cleaner Production*, 202, 1107–1119. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.08.186>
- Bekturova, G.,** & Romanova, S. 2007. *Traditional Land Management Knowledge in Central Asia*. Almaty, Kazakhstan: S-Print.
- Ben Salem, H.,** & Smith, T. 2008. Feeding strategies to increase small ruminant production in dry environments. *Small Ruminant Research*, 77(2–3), 174–194. <https://doi.org/10.1016/J.SMALLRUMRES.2008.03.008>
- Bennison, J. J.,** Barton, D. & Jaitner, J. 1997. The production objectives and feeding strategies of ruminant livestock owners in the Gambia: Implications for policy makers. *Agricultural Systems*, 55(3), 425–444. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(97\)00002-4](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(97)00002-4)
- Berthrong, S. T.,** Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. 2009. A global meta-analysis of soil exchangeable cations, pH, carbon, and nitrogen with afforestation. *Ecological Applications*, 19(8), 2228–2241. <https://doi.org/10.1890/08-1730.1>
- Biederbeck, V. O.,** Zentner, R. P., & Campbell, C. A. 2005. Soil microbial populations and activities as influenced by legume green fallow in a semiarid climate. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(10), 1775–1784. <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2005.02.011>
- Birthal, P. S.,** Negi, D. S., Khan, M. T. & Agarwal, S. 2015. Is Indian agriculture becoming resilient to droughts? Evidence from rice production systems. *Food Policy*, 56, 1–12. <https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2015.07.005>
- Biswas, S.,** Vacik, H., Swanson, M. E., & Haque, S. M. S. 2012. Evaluating Integrated Watershed Management using multiple criteria analysis – a case study at Chittagong Hill Tracts in Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(5), 2741–2761. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2148-x>
- Blombäck, K.,** Eckersten, H., Lewan, E. & Aronson, H. 2003. Simulations of soil carbon and nitrogen dynamics during seven years in a catch crop experiment. *Agricultural Systems*, 76(1), 95–114. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00030-6](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00030-6)
- Bolten J.D,** Crow W.T., Zhan X, Jackson T.J., and Reynolds C.A. 2010. “Evaluating the Utility of Remotely Sensed Soil Moisture Retrievals for Operational Agricultural Drought Monitoring.” *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 3 (1): 57–66. <http://ieeexplore.ieee.org/document/5353747/> (December 13, 2018).

- Borin, M.,** Passoni, M., Thiene, M., & Tempesta, T. 2010. Multiple functions of buffer strips in farming areas. *European Journal of Agronomy*, 32(1), 103–111. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2009.05.003>
- Bossio, D.,** Geheb, K., & Critchley, W. 2010. Managing water by managing land: Addressing land degradation to improve water productivity and rural livelihoods. *Agricultural Water Management*, 97(4), 536–542. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2008.12.001>
- Bouzou Moussa, I.,** & Dan Lamso, N. 2004. Le « Tassa » : une technique de conservation des eaux et des sols bien adaptée aux conditions physiques et socio-économiques des glacis des régions semiarides (Niger). *Revue de Géographie Alpine*, 92(1), 61–70. <https://doi.org/10.3406/rga.2004.2278>
- Branca, G.,** McCarthy, N., Lipper, L., & Jolejole, M. 2011. Climate Smart Agriculture: A Synthesis of Empirical Evidence of Food Security and Mitigation Benefits from Improved Cropland Management. Rome, Italy.
- Brando, P. M.,** Balch, J. K., Nepstad, D. C., Morton, D. C., Putz, F. E., Coe, M. T., Soares-Filho, B. S. 2014. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought-fire interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(17), 6347–6352. <https://doi.org/10.1073/pnas.1305499111>
- Bremer, L. L.,** & Farley, K. A. 2010. Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodiversity and Conservation*, 19(14), 3893–3915. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9936-4>
- Briske, D.D.,** Derner, J. D., Brown, J. R., Fuhlen-dorf, S. D., Teague, W. R., Havstad, K. M., Willms, W. D. 2008. Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. *Rangeland Ecology & Management*, 61(1), 3–17. <https://doi.org/10.2111/06-159R.1>
- Briske, David D.,** Illius, A. W., & Anderies, J. M. 2017. Nonequilibrium Ecology and Resilience Theory (pp. 197–227). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46709-2_6
- Brocknerhoff, E. G.,** Jactel, H., Parrotta, J. A., Quine, C. P., & Sayer, J. 2008. Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodiversity and Conservation*, 17(5), 925–951. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9380-x>
- Burke, M.,** & Lobell, D. B. 2017. Satellite-based assessment of yield variation and its determinants in smallholder African systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(9), 2189–2194. <https://doi.org/10.1073/pnas.1616919114>
- Buscardo, E.,** Smith, G. F., Kelly, D. L., Freitas, H., Iremonger, S., Mitchell, F. J. G., McKee, A.-M. 2008. The early effects of afforestation on biodiversity of grasslands in Ireland (pp. 133–148). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2807-5_7

- Buytaert, W.,** Iñiguez, V., & Bièvre, B. De. 2007. The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo. *Forest Ecology and Management*, 251(1–2), 22–30. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2007.06.035>
- Campiglia, E.,** Mancinelli, R., Radicetti, E., & Caporali, F. 2010. Effect of cover crops and mulches on weed control and nitrogen fertilization in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Crop Protection*, 29(4), 354–363. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2009.12.001>
- Celano, G.,** Palese, A. M., Ciucci, A., Martorella, E., Vignozzi, N., & Xiloyannis, C. 2011. Evaluation of soil water content in tilled and cover-cropped olive orchards by the geoelectrical technique. *Geoderma*, 163(3–4), 163–170. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2011.03.012>
- Centrone, F.,** Mosso, A., Busato, P., Calvo, A., Centrone, F. A., Mosso, A., Calvo, A. 2017. Water Gender Indicators in Agriculture: A Study of Horticultural Farmer Organizations in Senegal. *Water*, 9(12), 972. <https://doi.org/10.3390/w9120972>
- Chabi-Olaye, A.,** Nolte, C., Schulthess, F., & Borgemeister, C. 2007. Short-term effects of cover crops on stem borers and maize yield in the humid forest of southern Cameroon. In *Advances in Integrated Soil Fertility Management in sub-Saharan Africa: Challenges and Opportunities* (pp. 195–199). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5760-1_17
- Chai, Q.,** Gan, Y., Zhao, C., Xu, H.-L., Waskom, R. M., Niu, Y., & Siddique, K. H. M. 2016. Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 3. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0338-6>
- Chaturvedi, O. P.,** Kaushal, R., Tomar, J. M. S., Prandiyal, A. K., & Panwar, P. 2014. *Agroforestry for Wasteland Rehabilitation: Mined, Ravine, and Degraded Watershed Areas* (pp. 233–271). Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-1662-9_8
- Chazdon, R. L.,** Broadbent, E. N., Rozendaal, D. M. A., Bongers, F., Zambrano, A. M. A., Aide, T. M., Poorter, L. 2016. Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. *Science Advances*, 2(5), e1501639. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501639>
- Cherlet, M.,** Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., & von Maltitz, G. (Eds.). 2018. *World Atlas of Desertification*. Luxembourg: Publication Office of the European Union.
- Cherr, C. M.,** Scholberg, J. M. S., & McSorley, R. 2006. Green Manure Approaches to Crop Production. *Agronomy Journal*, 98(2), 302. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0035>
- Clare, A.,** Barnes, A., McDonagh, J., & Shackley, S. 2014. From rhetoric to reality: farmer perspectives on the economic potential of biochar in China. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 12(4), 440–458. <https://doi.org/10.1080/14735903.2014.927711>

- Collantes, V.,** Kloos, K., Henry, P., Mboya, A., Mor, T. and Metternicht, G. 2018. Moving towards a twin-agenda: gender equality and land degradation neutrality. *Environmental Science and Policy*, vol 89, pp: 247–253. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.08.006>
- Convention on Biological Diversity (CBD) Technical Series 41.** 2009. Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change.
- Cook, B. I.,** Miller, R. L., & Seager, R. 2009. Amplification of the North American “Dust Bowl” drought through human-induced land degradation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(13), 4997–5001. <https://doi.org/10.1073/pnas.08102010106>
- Cooper, P. J. M.,** Dimes, J., Rao, K. P. C., Shapiro, B., Shiferaw, B., & Twomlow, S. 2008. Coping better with current climatic variability in the rain-fed farming systems of sub-Saharan Africa: An essential first step in adapting to future climate change? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 126(1–2), 24–35. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2008.01.007>
- Cornelissen, G.,** Martinsen, V., Shitumbanuma, V., Alling, V., Breedveld, G., Rutherford, D., Mulder, J. 2013. Biochar Effect on Maize Yield and Soil Characteristics in Five Conservation Farming Sites in Zambia. *Agronomy*, 3(2), 256–274. <https://doi.org/10.3390/agronomy3020256>
- Cowie, A. L.,** Orr, B. J., Castillo Sanchez, V. M., Chasek, P., Crossman, N. D., Erlewein, A., Welton, S. 2018. Land in balance: The scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality. *Environmental Science & Policy*, 79, 25–35. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2017.10.011>
- Crane-Droesch, A.,** Abiven, S., Jeffery, S., & Torn, M. S. 2013. Heterogeneous global crop yield response to biochar: a meta-regression analysis. *Environmental Research Letters*, 8(4), 044049. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/4/044049>
- D’Hose, T.,** Cougnon, M., De Vlieghe, A., Van Bockstaele, E., & Reheul, D. 2012. Influence of farm compost on soil quality and crop yields. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(sup1), S71–S75. <https://doi.org/10.1080/03650340.2012.692876>
- Dağdelen, N.,** Başal, H., Yılmaz, E., Gürbüz, T., & Akçay, S. 2009. Different drip irrigation regimes affect cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. *Agricultural Water Management*, 96(1), 111–120. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2008.07.003>
- Damania, R.,** Desbureaux, S., Hyland, M., Islam, A., Moore, S., Rodella, A. S., Russ, J. & Zaveri, E. 2017. Uncharted waters: The new economics of water scarcity and variability. The World Bank.
- Danne, A.,** Thomson, L. J., Sharley, D. J., Penfold, C. M., & Hoffmann, A. A. 2010. Effects of Native Grass Cover Crops on Beneficial and Pest Invertebrates in Australian Vineyards. *Environmental Entomology*, 39(3), 970–978. <https://doi.org/10.1603/EN09144>

- de Graaf, I.,** Van Beek, R., Gleeson, T. P., Sutandjaja, E., Wada, Y., & Bierkens, M. F. 2017. How Sustainable is Groundwater Abstraction? A Global Assessment. American Geophysical Union, Fall Meeting 2017, Abstract #H12D-01. Retrieved from <http://adsabs.harvard.edu/abs/2017AGUFM.H12D..01D>
- Delang, C. O.,** & Yuan, Z. 2015. China's grain for green program: a review of the largest ecological restoration and rural development program in the world. Springer.
- Delgado, J. A.,** Nearing, M. A., & Rice, C. W. 2013. Conservation Practices for Climate Change Adaptation. *Advances in Agronomy*, 121, 47–115. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407685-3.00002-5>
- Demuzere, M.,** Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., ... Faehnle, M. 2014. Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146, 107–115. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2014.07.025>
- Derpsch, R.** 2005. The extent of conservation agriculture adoption worldwide: implications and impact. In *Proc. Third World Cong. on Conservation Agriculture: linking production, livelihoods and conservation*. Nairobi, Kenya.
- Dessy, S.,** Marchetta, F., Pongou, R., & Tiberti, L. 2019. Fertility After the Drought: Theory and Evidence from Madagascar. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3345620>
- De Vries, B.,** Decuyper, M., Verbesselt, J., Zeileis, A., Herold, M., & Joseph, S. 2015. Tracking disturbance-regrowth dynamics in tropical forests using structural change detection and Landsat time series. *Remote Sensing of Environment*, 169, 320–334. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2015.08.020>
- Dickinson, D.,** Balduccio, L., Buysse, J., Ronsse, F., van Huylenbroeck, G., & Prins, W. 2015. Cost-benefit analysis of using biochar to improve cereals agriculture. *GCB Bioenergy*, 7(4), 850–864. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12180>
- Djanibekov, U.,** & Khamzina, A. 2016. Stochastic Economic Assessment of Afforestation on Marginal Land in Irrigated Farming System. *Environmental and Resource Economics*, 63(1), 95–117. <https://doi.org/10.1007/s10640-014-9843-3>
- Doan, T. T.,** Henry-des-Tureaux, T., Rumpel, C., Janeau, J.-L., & Jouquet, P. 2015. Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: A three year mesocosm experiment. *Science of The Total Environment*, 514, 147–154. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2015.02.005>
- Dong, S.** 2016. Overview: Pastoralism in the World. In B. R. Dong S., Kassam KA., Tourrand J. (Ed.), *Building Resilience of Human-Natural Systems of Pastoralism in the Developing World* (pp. 1–37). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30732-9_1

- Dorioz, J. M.,** Wang, D., Poulenard, J., & Trévisan, D. 2006. The effect of grass buffer strips on phosphorus dynamics—A critical review and synthesis as a basis for application in agricultural landscapes in France. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 117(1), 4–21. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2006.03.029>
- Drunasky, N.,** & Struve, D. K. 2005. *Quercus macrocarpa* and *Q. Prinus* physiological and morphological responses to drought stress and their potential for urban forestry. *Urban Forestry & Urban Greening*, 4(1), 13–22. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2005.07.001>
- du Toit, J. C.,** van den Berg, L., & O'Connor, T. G. 2015. Fire effects on vegetation in a grassy dwarf shrubland at a site in the eastern Karoo, South Africa. *African Journal of Range & Forage Science*, 32(1), 13–20. <https://doi.org/10.2989/10220119.2014.913077>
- Dutilly-Diane, C.,** Sadoulet, E., & de Janvry, A. 2003. Household Behaviour under Market Failures: How Natural Resource Management in Agriculture Promotes Livestock Production in the Sahel. *Journal of African Economics*, 12(3), 343–370. <https://doi.org/10.1093/jae/12.3.343>
- Eekhout, J.,** & de Vente, J. 2019). Assessing the effectiveness of Sustainable Land Management for large-scale climate change adaptation. *Science of The Total Environment*, 654, 85–93. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.10.350>
- Enfors, E. I.,** & Gordon, L. J. 2008. Dealing with drought: The challenge of using water system technologies to break dryland poverty traps. *Global Environmental Change*, 18(4), 607–616. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2008.07.006>
- Erenstein, O.,** & Laxmi, V. 2008. Zero tillage impacts in India's rice–wheat systems: A review. *Soil and Tillage Research*, 100(1–2), 1–14. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2008.05.001>
- Ernst, G.,** & Emmerling, C. 2009. Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. *European Journal of Soil Biology*, 45(3), 247–251. <https://doi.org/10.1016/J.EJSOBI.2009.02.002>
- Estel, S.,** Mader, S., Levers, C., Verburg, P. H., Baumann, M., & Kuemmerle, T. 2018. Combining satellite data and agricultural statistics to map grassland management intensity in Europe. *Environmental Research Letters*, 13(7), 074020. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aacc7a>
- Evanylo, G.,** Sherony, C., Spargo, J., Starner, D., Brosius, M., & Haering, K. 2008. Soil and water environmental effects of fertilizer-, manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 127(1–2), 50–58. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2008.02.014>
- Fageria, N. K.** 2007. Green Manuring in Crop Production. *Journal of Plant Nutrition*, 30(5), 691–719. <https://doi.org/10.1080/01904160701289529>

- Farina, R., Seddaiu, G., Orsini, R., Steglich, E., Roggero, P. P., & Francaviglia, R.** 2011. Soil carbon dynamics and crop productivity as influenced by climate change in a rainfed cereal system under contrasting tillage using EPIC. *Soil and Tillage Research*, 112(1), 36–46. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2010.11.002>
- Farnworth, C. R., Baudron, F., Andersson, J. A., Misiko, M., Badstue, L., & Stirling, C. M.** 2016. Gender and conservation agriculture in East and Southern Africa: towards a research agenda. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 14(2), 142–165. <https://doi.org/10.1080/14735903.2015.1065602>
- Fasinmirin, J. T., & Reichert, J. M.** 2011. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* crantz) production in the tropics. *Soil and Tillage Research*, 113(1), 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2011.01.008>
- Fisher, M. J., Rao, I. M., Ayarza, M. A., Lascano, C. E., Sanz, J. I., Thomas, R. J., & Vera, R. R.** 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature*, 371(6494), 236–238. <https://doi.org/10.1038/371236a0>
- Foerster, S., Kaden, K., Foerster, M., & Itzerott, S.** 2012. Crop type mapping using spectral-temporal profiles and phenological information. *Computers and Electronics in Agriculture*, 89, 30–40. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2012.07.015>
- Food and Agriculture Organization (FAO),** 2012: Coping with water scarcity: An action framework for agriculture and food security. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Foody, G. M.** 2002. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 185–201. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)
- Fox, J.** 2003. People and the environment: approaches for linking household and community surveys to remote sensing and GIS. Kluwer Academic Publishers.
- Fox, P., & Rockström, J.** 2003. Supplemental irrigation for dry-spell mitigation of rainfed agriculture in the Sahel. *Agricultural Water Management*, 61(1), 29–50. [https://doi.org/10.1016/S0378-3774\(03\)00008-8](https://doi.org/10.1016/S0378-3774(03)00008-8)
- Galinato, S. P., Yoder, J. K., & Granatstein, D.** 2011. The economic value of biochar in crop production and carbon sequestration. *Energy Policy*, 39(10), 6344–6350. <https://doi.org/10.1016/J.ENPOL.2011.07.035>
- Garcia-Franco, N., Albaladejo, J., Almagro, M., & Martínez-Mena, M.** 2015. Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem. *Soil and Tillage Research*, 153, 66–75. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2015.05.010>
- Gebremedhin, B., & Swinton, S. M.** 2003. Investment in soil conservation in northern Ethiopia: the role of land tenure security and public programs. *Agricultural Economics*, 29(1), 69–84. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2003.tb00148.x>
- Geerts, S., & Raes, D.** 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management*, 96(9),

- 1275–1284. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2009.04.009>
- Gerber, N., & Mirzabaev, A.** 2017. Benefits of action and costs of inaction: Drought mitigation and preparedness – a literature review (No. 1). WMO, Geneva, Switzerland and GWP, Stockholm, Sweden.
- Ghahari, G., Hashemi, H., & Berndtsson, R.** 2014. SPATE IRRIGATION OF BARLEY THROUGH FLOODWATER HARVESTING IN THE GAREH-BYGONE PLAIN, IRAN. *Irrigation and Drainage*, 63(5), 599–611. <https://doi.org/10.1002/ird.1855>
- Ghazaryan, G., Dubovyk, O., Kussul, N., Menz, G., Ghazaryan, G., Dubovyk, O., ... Menz, G.** 2016. Towards an Improved Environmental Understanding of Land Surface Dynamics in Ukraine Based on Multi-Source Remote Sensing Time-Series Datasets from 1982 to 2013. *Remote Sensing*, 8(8), 617. <https://doi.org/10.3390/rs8080617>
- Gibbons, S. M., Lekberg, Y., Mummey, D. L., Sangwan, N., Ramsey, P. W., & Gilbert, J. A.** 2017. Invasive Plants Rapidly Reshape Soil Properties in a Grassland Ecosystem. *MSystems*, 2(2). <https://doi.org/10.1128/mSystems.00178-16>
- Giger, M., Liniger, H., Sauter, C., & Schwilch, G.** 2018. Economic Benefits and Costs of Sustainable Land Management Technologies: An Analysis of WOCAT's Global Data. *Land Degradation & Development*, 29(4), 962–974. <https://doi.org/10.1002/ldr.2429>
- Gill, S., Handley, J., Ennos, A., & Pauleit, S.** 2007. Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
- Gillner, S., Vogt, J., Tharang, A., Dettmann, S., & Roloff, A.** 2015. Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. *Landscape and Urban Planning*, 143, 33–42. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2015.06.005>
- Giri, C. P.** 2012. Remote sensing of land use and land cover: principles and applications. CRC Press.
- Global Mechanism.** 2016. Achieving Land Degradation Neutrality at the country level Building blocks for LDN target setting. Bonn, Germany.
- Global Mechanism.** 2017. Land Degradation Neutrality TRANSFORMATIVE ACTION, tapping opportunities. Bonn, Germany. Retrieved from https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-10/171006_LDN_TP_web.pdf
- Goldman, M. J., & Riosmena, F.** 2013. Adaptive capacity in Tanzanian Maasailand: Changing strategies to cope with drought in fragmented landscapes. *Global Environmental Change*, 23(3), 588–597. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2013.02.010>
- Gorji, T., Sertel, E., & Tanik, A.** 2017. Monitoring soil salinity via remote sensing technology under data scarce conditions: A case study from Turkey. *Ecological Indicators*, 74, 384–391. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2016.11.043>

- Gorji, T.,** Tanik, A., & Sertel, E. 2015. Soil Salinity Prediction, Monitoring and Mapping Using Modern Technologies. *Procedia Earth and Planetary Science*, 15, 507–512. <https://doi.org/10.1016/J.PROEPS.2015.08.062>
- Govaerts, B.,** Fuentes, M., Mezzalama, M., Nicol, J. M., Deckers, J., Etchevers, J. D., ... Sayre, K. D. 2007. Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. *Soil and Tillage Research*, 94(1), 209–219. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2006.07.013>
- Graw, V.,** Oldenburg, C., Dubovyk, O., & Piroška, R. 2017. Bush encroachment detection in Africa - A multi-scale approach. In *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) (Vol. 2017-July)*. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2017.8127945>
- Graw, V.,** Smale, M., & Menz, G. 2016. Land Degradation, Tenure and Poverty: A Geospatial Analysis of socio-ecological Systems in Western Kenya. (Tegemeo Working Paper Series.). Nairobi, Kenya.
- Graw, Valerie,** Ghazaryan, G., Dall, K., Gómez, A. D., Abdel-Hamid, A., Jordaan, A., Dubovyk, O. 2017. Drought dynamics and vegetation productivity in different land management systems of Eastern Cape, South Africa-A remote sensing perspective. *Sustainability (Switzerland)*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/su9101728>
- Güneralp, B.,** Güneralp, İ., & Liu, Y. 2015. Changing global patterns of urban exposure to flood and drought hazards. *Global Environmental Change*, 31, 217–225. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2015.01.002>
- Guto, S. N.,** Pypers, P., Vanlauwe, B., de Ridder, N., & Giller*, K. E. 2012. Socio-Ecological Niches for Minimum Tillage and Crop-Residue Retention in Continuous Maize Cropping Systems in Smallholder Farms of Central Kenya. *Agronomy Journal*, 104(1), 188. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0359>
- Haley, M. B.,** & Dukes, M. D. 2012. Validation of Landscape Irrigation Reduction with Soil Moisture Sensor Irrigation Controllers. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138(2), 135–144. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IR.1943-4774.0000391](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000391)
- Han, M.,** Zhang, H., DeJonge, K. C., Comas, L. H., & Gleason, S. 2018. Comparison of three crop water stress index models with sap flow measurements in maize. *Agricultural Water Management*, 203, 366–375. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2018.02.030>
- Harari, N.,** Gavilano, A., & Liniger, H. 2017. Where people and their land are safer: A Compendium of Good Practices in Disaster Risk Reduction. Bern and Lucerne, Switzerland: Centre for Development and Environment (CDE), University of Bern, and Swiss NGO Disaster Risk Reduction (DRR) Platform, with Bern Open Publishing.
- Haregeweyn, N.,** Berhe, A., Tsunekawa, A., Tsubo, M., & Meshesha, D. T. 2012. Integrated Watershed Management as an Effective Approach to Curb Land Degradation: A Case Study of the Enabered

- Watershed in Northern Ethiopia. *Environmental Management*, 50(6), 1219–1233. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-9952-0>
- Harman Parks, M.**, Christie, M. E., & Bagares, I. 2015. Gender and conservation agriculture: constraints and opportunities in the Philippines. *GeoJournal*, 80(1), 61–77. <https://doi.org/10.1007/s10708-014-9523-4>
- Hawkins, H.-J.**, Short, A., & Kirkman, K. P. 2017. Does Holistic Planned Grazing™ work on native rangelands? *African Journal of Range & Forage Science*, 34(2), 59–63. <https://doi.org/10.2989/10220119.2017.1367328>
- Hbirkou, C.**, Martius, C., Khamzina, A., Lamers, J. P. A., Welp, G., & Amelung, W. 2011. Reducing topsoil salinity and raising carbon stocks through afforestation in Khorezm, Uzbekistan. *Journal of Arid Environments*, 75(2), 146–155. <https://doi.org/10.1016/J.JARIDENV.2010.09.018>
- Henderson, B. B.**, Gerber, P. J., Hilinski, T. E., Falcucci, A., Ojima, D. S., Salvatore, M., & Conant, R. T. 2015. Greenhouse gas mitigation potential of the world's grazing lands: Modeling soil carbon and nitrogen fluxes of mitigation practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 207, 91–100. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2015.03.029>
- Henkin, Z.**, & Seligman, N. G. 2011. The role of management on the rate of secondary succession in Mediterranean shrubland after fire. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 145(3), 708–714. <https://doi.org/10.1080/11263504.2011.601334>
- Hine, R.**, & Pretty, J. 2008. Organic agriculture and food security in Africa. Geneva, Switzerland.
- Hiron, M.**, Berg, Å., Eggers, S., Josefsson, J., & Pärt, T. 2013. Bird diversity relates to agri-environment schemes at local and landscape level in intensive farmland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 176, 9–16. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2013.05.013>
- Hirschi, M.**, Mueller, B., Dorigo, W., & Seneviratne, S. I. 2014. Using remotely sensed soil moisture for land-atmosphere coupling diagnostics: The role of surface vs. root-zone soil moisture variability. *Remote Sensing of Environment*, 154, 246–252. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2014.08.030>
- Hobbs, N. T.**, Galvin, K. A., Stokes, C. J., Lockett, J. M., Ash, A. J., Boone, R. B., Thornton, P. K. 2008. Fragmentation of rangelands: Implications for humans, animals, and landscapes. *Global Environmental Change*, 18(4), 776–785. <https://doi.org/10.1016/J.GLOENVCHA.2008.07.011>
- Hobbs, P. R.**, Sayre, K., & Gupta, R. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1491), 543–555. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2169>
- Hoehn, P.**, Tschardtke, T., Tylianakis, J. M., & Steffan-Dewenter, I. 2008. Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1648), 2283–2291. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0405>

- Hoshi, M.,** Dhyani, K., Sahni, S., & Singh, C. 2016. Comparative allelopathic effects of mango, litchi, sal forest leaf litter on the germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa*). *Annals of Plant Sciences*, 5(08), 1392. <https://doi.org/10.21746/aps.2016.08.001>
- Inglada, J.,** Arias, M., Tardy, B., Hagolle, O., Valero, S., Morin, D., Koetz, B. 2015. Assessment of an Operational System for Crop Type Map Production Using High Temporal and Spatial Resolution Satellite Optical Imagery. *Remote Sensing*, 7(9), 12356–12379. <https://doi.org/10.3390/rs70912356>
- Jat, R. K.,** Sapkota, T. B., Singh, R. G., Jat, M. L., Kumar, M., & Gupta, R. K. 2014. Seven years of conservation agriculture in a rice–wheat rotation of Eastern Gangetic Plains of South Asia: Yield trends and economic profitability. *Field Crops Research*, 164, 199–210. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2014.04.015>
- Jindal, R.,** Swallow, B., & Kerr, J. 2008. Forestry-based carbon sequestration projects in Africa: Potential benefits and challenges. *Natural Resources Forum*, 32(2), 116–130. <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2008.00176.x>
- Jong, S. M. de,** Meer, F. D. van der, & Clevers, J. G. P. 2004. Basics of Remote Sensing (pp. 1–15). https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2560-0_1
- Jordaan, A. J.,** Sakulski, D. M., Mashimbye, C., & Mayumbe, F. 2018. Measuring Drought Resilience Through Community Capitals. *Resilience*, 105–115. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811891-7.00008-6>
- K. Joshi, P.,** Jha, A., Wani, S., Joshi, L., & L. Shiyani, R. 2005. Meta-Analysis to Assess Impact of Watershed Program and People's Participation (Comprehensive Assessment Research Report No. 8). Sri Lanka.
- Karnieli A.,** Bayarjargal Y., M. Bayasgalan , B. Mandakh , Ch. Dugarjav , J. Burgheimer , S. Khudulmur , S. N. Bazha and Gunin P. D. 2013. "Do Vegetation Indices Provide a Reliable Indication of Vegetation Degradation? A Case Study in the Mongolian Pastures." *International Journal of Remote Sensing* 34(17): 6243–62. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431161.2013.793865> (December 13, 2018).
- Kassie, M.,** Köhlin, G., Bluffstone, R., & Holden, S. 2011. Are soil conservation technologies "win-win?" A case study of Anjeni in the north-western Ethiopian highlands. *Natural Resources Forum*, 35, 89–99. <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2011.01379.x>
- Kassie, M.,** Pender, J., Yesuf, M., Kohlin, G., Bluffstone, R., & Mulugeta, E. 2008. Estimating returns to soil conservation adoption in the northern Ethiopian highlands. *Agricultural Economics*, 38(2), 213–232. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2008.00295.x>
- Kato, E.,** Ringler, C., Yesuf, M., & Bryan, E. 2011. Soil and water conservation technologies: a buffer against production risk in the face of climate change? Insights from the Nile basin in Ethiopia. *Agricultural Economics*, 42(5), 593–604. <https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2011.00539.x>

- Kaur, B.,** Singh, S., Garg, B. R., Singh, J. M., & Singh, J. 2012. Enhancing Water Productivity through On-farm Resource Conservation Technology in Punjab Agriculture. *Agricultural Economics Research Review* (Vol. 25). Retrieved from <https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/126045/2/8-B-Kaur.pdf>
- Kawamura, K.,** Akiyama, T., Yokota, H., Tsutsumi, M., Yasuda, T., Watanabe, O., & Wang, S. 2005. Quantifying grazing intensities using geographic information systems and satellite remote sensing in the Xilingol steppe region, Inner Mongolia, China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 107(1), 83–93. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2004.09.008>
- Kaye, J. P.,** & Quemada, M. 2017. Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(1), 4. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0410-x>
- Kerven, C.,** Shanbaev, K., Alimaev, I., Smailov, A., & Smailov, K. 2008. Livestock Mobility and Degradation in Kazakhstan's Semi-Arid Rangelands. In *The Socio-Economic Causes and Consequences of Desertification in Central Asia* (pp. 113–140). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8544-4_6
- Khanal, S.,** Fulton, J., & Shearer, S. 2017. An overview of current and potential applications of thermal remote sensing in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 139, 22–32. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2017.05.001>
- Kienzler, K. M.,** Lamers, J. P. A., McDonald, A., Mirzabaev, A., Ibragimov, N., Egamberdiev, O., Akramkhanov, A. 2012. Conservation agriculture in Central Asia—What do we know and where do we go from here? *Field Crops Research*, 132, 95–105. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2011.12.008>
- Kirui, O. K.** 2016. Economics of Land Degradation, Sustainable Land Management and Poverty in Eastern Africa - The Extent, Drivers, Costs and Impacts. University of Bonn. Retrieved from <http://hss.ulb.uni-bonn.de/2016/4355/4355.pdf>
- Klik, A.,** & Eitzinger, J. 2010. Impact of climate change on soil erosion and the efficiency of soil conservation practices in Austria. *The Journal of Agricultural Science*, 148(05), 529–541. <https://doi.org/10.1017/S0021859610000158>
- Kurade, N. P.,** Sajjanar, B., Nirmale, A. V., Pawar, S. S., & Sampath, K. T. 2017. Nutritional Management: Key to Sustain Livestock in Drought-Prone Areas. In *Abiotic Stress Management for Resilient Agriculture* (pp. 431–441). Singapore: Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5744-1_20
- Laganiere, J.,** ANGERS, D. A., PARÃ, D. 2010. Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a meta-analysis. *Global Change Biology*, 16(1), 439–453. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01930.x>
- Lal, R.** 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1–2), 1–22. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2004.01.032>

- Lal, R.** 2015. Sequestering carbon and increasing productivity by conservation agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 70(3), 55A-62A. <https://doi.org/10.2489/jswc.70.3.55A>
- Lanckriet, S., Araya, T., Cornelis, W., Verfaillie, E., Poesen, J., Govaerts, B., Nyssen, J.** 2012. Impact of conservation agriculture on catchment runoff and soil loss under changing climate conditions in May Zegzeg (Ethiopia). *Journal of Hydrology*, 475, 336-349. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2012.10.011>
- Lawley, V., Lewis, M., Clarke, K., & Ostendorf, B.** 2016. Site-based and remote sensing methods for monitoring indicators of vegetation condition: An Australian review. *Ecological Indicators*, 60, 1273-1283. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2015.03.021>
- Lehmann, J., Gaunt, J., & Rondon, M.** 2006. Biochar Sequestration in Terrestrial Ecosystems – A Review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11(2), 403-427. <https://doi.org/10.1007/s11027-005-9006-5>
- Lenssen, A. W., Waddell, J. T., Johnson, G. D., & Carlson, G. R.** 2007. Diversified cropping systems in semiarid Montana: Nitrogen use during drought. *Soil and Tillage Research*, 94(2), 362-375. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2006.08.012>
- Limb, R. F., Fuhlendorf, S. D., Engle, D. M., & Miller, R. F.** 2016. Synthesis Paper: Assessment of Research on Rangeland Fire as a Management Practice. *Rangeland Ecology & Management*, 69(6), 415-422. <https://doi.org/10.1016/J.RAMA.2016.07.013>
- Liniger, H., & Critchley, W.** 2007. Case studies and analysis of soil and water conservation initiatives worldwide. University of Minnesota.
- Lu, D., Li, G., Valladares, G. S., & Batistella, M.** 2004. Mapping soil erosion risk in Rondônia, Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS. *Land Degradation & Development*, 15(5), 499-512. <https://doi.org/10.1002/ldr.634>
- Luo, Z., Wang, E., & Sun, O. J.** 2010. Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(1-2), 224-231. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2010.08.006>
- Mac Donald, A. M., Bonsor, H. C., Ahmed, K. M., Burgess, W. G., Basharat, M., Calow, R. C., Yadav, S. K.** 2016. Groundwater quality and depletion in the Indo-Gangetic Basin mapped from in situ observations. *Nature Geoscience*, 9(10), 762-766. <https://doi.org/10.1038/ngeo2791>
- Maetens, W., Poesen, J., & Vanmaercke, M.** 2012. How effective are soil conservation techniques in reducing plot runoff and soil loss in Europe and the Mediterranean? *Earth-Science Reviews*, 115(1-2), 21-36. <https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2012.08.003>
- Makurira, H., Savenije, H. H. G., Uhlenbrook, S., Rockström, J., & Senzanje, A.** 2007. Towards a better understanding of water partitioning processes for improved smallholder rainfed agricultural systems: A case study of Makanya catchment, Tanzania. *Physics and Chemistry of the*

- Earth, Parts A/B/C, 32(15–18), 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/J.PCE.2007.07.017>
- Mapedza, E.,** Giriraj, A., Matheswaran, K., and Nhamo, L. forthcoming 2019. Drought and the Gendered Livelihoods implications for smallholder farmers in the Southern Africa Development Community region. In E. Mapedza, D. Tsegai, M. Brüntrup, R. McLeman DROUGHT CHALLENGES: LIVELIHOOD IMPLICATIONS IN DEVELOPING COUNTRIES (edited volume), Elsevier Publications (In Press)
- Marques, M.,** Schwilch, G., Lauterburg, N., Crittenden, S., Tesfai, M., Stolte, J., Doko, A. 2016. Multifaceted Impacts of Sustainable Land Management in Drylands: A Review. *Sustainability*, 8(2), 177. <https://doi.org/10.3390/su8020177>
- Marshall, E. J.,** & Moonen, A. 2002. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89(1–2), 5–21. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00315-2](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00315-2)
- Maul, J. E.,** Buyer, J. S., Lehman, R. M., Culman, S., Blackwood, C. B., Roberts, D. P., ... Teasdale, J. R. 2014. Microbial community structure and abundance in the rhizosphere and bulk soil of a tomato cropping system that includes cover crops. *Applied Soil Ecology*, 77, 42–50. <https://doi.org/10.1016/J.APSSOIL.2014.01.002>
- Mbow, C.,** Smith, P., Skole, D., Duguma, L., & Bustamante, M. 2014. Achieving mitigation and adaptation to climate change through sustainable agroforestry practices in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 8–14. <https://doi.org/10.1016/J.COSUST.2013.09.002>
- Mbow, C.,** Van Noordwijk, M., & Minang, P. A. 2014. Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 6, 61–67. <https://doi.org/10.1016/J.COSUST.2013.10.014>
- McVicar, T. R.,** Li, L., Van Niel, T. G., Zhang, L., Li, R., Yang, Q., ... Gao, P. 2007. Developing a decision support tool for China's re-vegetation program: Simulating regional impacts of afforestation on average annual streamflow in the Loess Plateau. *Forest Ecology and Management*, 251(1–2), 65–81. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2007.06.025>
- Mertens, B.,** Sunderlin, W. D., Ndoye, O., & Lambin, E. F. 2000. Impact of Macroeconomic Change on Deforestation in South Cameroon: Integration of Household Survey and Remotely-Sensed Data. *World Development*, 28(6), 983–999. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00007-3](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00007-3)
- Metternicht, G.,** & Zinck, J. 2003. Remote sensing of soil salinity: potentials and constraints. *Remote Sensing of Environment*, 85(1), 1–20. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00188-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00188-8)
- Miralles, D. G.,** Teuling, A. J., van Heerwaarden, C. C., & Vilà-Guerau de Arellano, J. 2014. Mega-heatwave temperatures due to combined soil desiccation and atmospheric heat accumulation. *Nature Geoscience*, 7(5), 345–349. <https://doi.org/10.1038/ngeo2141>

- Mirzabaev, A.,** Ahmed, M., Werner, J., Pender, J., & Louhaichi, M. 2016. Rangelands of Central Asia: challenges and opportunities. *Journal of Arid Land*, 8(1), 93–108. <https://doi.org/10.1007/s40333-015-0057-5>
- Mirzabaev, A.,** Goedecke, J., Dubovyk, O., Djanibekov, U., Le, Q. B., & Aw-Hassan, A. 2016. Economics of Land Degradation in Central Asia. In *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development* (pp. 261–290). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_10
- Moran, M. S.,** Inoue, Y., & Barnes, E. M. 1997. Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management. *Remote Sensing of Environment*, 61(3), 319–346. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00045-X](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00045-X)
- Mulinge, W.,** Gicheru, P., Murithi, F., Maingi, P., Kihui, E., Kirui, O. K., & Mirzabaev, A. 2016. Economics of Land Degradation and Improvement in Kenya. In *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development* (pp. 471–498). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_16
- Muro, J.,** Strauch, A., Heinemann, S., Steinbach, S., Thonfeld, F., Waske, B., & Diekkrüger, B. 2018. Land surface temperature trends as indicator of land use changes in wetlands. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 70, 62–71. <https://doi.org/10.1016/J.JAG.2018.02.002>
- Nair, P.** 1993. *An introduction to agroforestry*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, p. 489. Retrieved from https://books.google.de/books?hl=en&lr=&id=CkVSeRpmlx8C&oi=fnd&pg=PR11&dq=nair+An+introduction+to+agroforestry.&ots=YYJOyIFxo&sig=ibCQmoZDbf5_M6axiljnRe7m5pA
- Nair, P. K. R.,** Nair, V. D., Kumar, B. M., & Haile, S. G. 2009. Soil carbon sequestration in tropical agroforestry systems: a feasibility appraisal. *Environmental Science & Policy*, 12(8), 1099–1111. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCL.2009.01.010>
- Najjar, D.,** Baruah, B., & El Garhi, A. 2019. Women, irrigation and social norms in Egypt: ‘The more things change, the more they stay the same?’ *Water Policy*, 21(2), 291–309. <https://doi.org/10.2166/wp.2019.154>
- Neigh, C. S. R.,** Carroll, M. L., Wooten, M. R., McCarty, J. L., Powell, B. F., Husak, G. J., Hain, C. R. 2018. Smallholder crop area mapped with wall-to-wall WorldView sub-meter panchromatic image texture: A test case for Tigray, Ethiopia. *Remote Sensing of Environment*, 212, 8–20. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2018.04.025>
- Nelson, A.,** & Chomitz, K. M. 2011. Effectiveness of Strict vs. Multiple Use Protected Areas in Reducing Tropical Forest Fires: A Global Analysis Using Matching Methods. *PLoS ONE*, 6(8), e22722. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022722>
- Nepstad, D.,** Lefebvre, P., Lopes da Silva, U., Tomasella, J., Schlesinger, P., Solorzano, L., Guerreira Benito, J. 2004. Amazon

- drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis. *Global Change Biology*, 10(5), 704–717. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2003.00772.x>
- Ngigi, S. N.** 2003. What is the limit of up-scaling rainwater harvesting in a river basin? *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 28(20–27), 943–956. <https://doi.org/10.1016/J.PCE.2003.08.015>
- Ngwira, A. R.,** Thierfelder, C., & Lambert, D. M. 2013. Conservation agriculture systems for Malawian smallholder farmers: long-term effects on crop productivity, profitability and soil quality. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 28(04), 350–363. <https://doi.org/10.1017/S1742170512000257>
- Niu, X.,** & Duiker, S. W. 2006. Carbon sequestration potential by afforestation of marginal agricultural land in the Midwestern U.S. *Forest Ecology and Management*, 223(1–3), 415–427. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2005.12.044>
- Nkonya, E.,** Anderson, W., Kato, E., Koo, J., Mirzabaev, A., von Braun, J., & Meyer, S. 2016. Global Cost of Land Degradation. In *Economics of Land Degradation and Improvement – A Global Assessment for Sustainable Development* (pp. 117–165). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_6
- Norton, B. A.,** Coutts, A. M., Livesley, S. J., Harris, R. J., Hunter, A. M., & Williams, N. S. G. 2015. Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 134, 127–138. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2014.10.018>
- Nyakudya, I. W.,** Stroosnijder, L., & Nyagumbo, I. 2014. Infiltration and planting pits for improved water management and maize yield in semi-arid Zimbabwe. *Agricultural Water Management*, 141, 30–46. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2014.04.010>
- Nyamekye, C.,** Thiel, M., Schönbrodt-Stitt, S., Zoungrana, B., Amekudzi, L., Nyamekye, C., Amekudzi, L. K. 2018. Soil and Water Conservation in Burkina Faso, West Africa. *Sustainability*, 10(9), 3182. <https://doi.org/10.3390/su10093182>
- Oates, L. G.,** Undersander, D. J., Gratton, C., Bell, M. M., & Jackson, R. D. 2011. Management-Intensive Rotational Grazing Enhances Forage Production and Quality of Subhumid Cool-Season Pastures. *Crop Science*, 51(2), 892. <https://doi.org/10.2135/cropsci2010.04.0216>
- Obia, A.,** Mulder, J., Martinsen, V., Cornelissen, G., & Børresen, T. 2016. In situ effects of biochar on aggregation, water retention and porosity in light-textured tropical soils. *Soil and Tillage Research*, 155, 35–44. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2015.08.002>
- Orr, B. J.,** Cowie, A. L., Castillo, V. M., Chasek, P., Crossman, N. D., Erlewein, A., Welton, S. 2017. Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. A Report of the Science-Policy Interface. Bonn, Germany. Retrieved from https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-08/LDN_CF_report_web-english.pdf

- Oweis, T. Y., Prinz, D., & Hachum, A. Y.** 2012. Water harvesting for agriculture in the dry areas. CRC Press/Balkema.
- Ozturk, I., Erturk, A., Ekdal, A., Gurel, M., Cokgor, E., Insel, G., ... Tanik, A.** 2013. Integrated watershed management efforts: case study from Melen Watershed experiencing interbasin water transfer. *Water Science and Technology: Water Supply*, 13(5), 1272–1280. <https://doi.org/10.2166/ws.2013.139>
- Palm, C., Blanco-Canqui, H., DeClerck, F., Gatere, L., & Grace, P.** 2014. Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187, 87–105. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2013.10.010>
- Panagos, P., Karydas, C. G., Gitas, I. Z., & Montanarella, L.** 2012. Monthly soil erosion monitoring based on remotely sensed biophysical parameters: a case study in Strymonas river basin towards a functional pan-European service. *International Journal of Digital Earth*, 5(6), 461–487. <https://doi.org/10.1080/17538947.2011.587897>
- Pandey, A., Chowdary, V. M., & Mal, B. C.** 2007. Identification of critical erosion prone areas in the small agricultural watershed using USLE, GIS and remote sensing. *Water Resources Management*, 21(4), 729–746. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9061-z>
- Pannell, D. J., Llewellyn, R. S., & Corbeels, M.** 2014. The farm-level economics of conservation agriculture for resource-poor farmers. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187, 52–64. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2013.10.014>
- Parisi, A., Monno, V., & Fidelibus, M. D.** 2018. Cascading vulnerability scenarios in the management of groundwater depletion and salinization in semi-arid areas. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 30, 292–305. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2018.03.004>
- Parrott, N., & Marsden, T.** 2002. *The real Green Revolution: Organic and agroecological farming in the South*. London, UK: Greenpeace Environment Trust.
- Pathak, P., Chourasia, A. K., Wani, S. P., & Sudi, R.** 2013. Multiple Impact of Integrated Watershed Management in Low Rainfall Semi-Arid Region: A Case Study from Eastern Rajasthan, India. *Journal of Water Resource and Protection*, 05(01), 27–36. <https://doi.org/10.4236/jwarp.2013.51004>
- Peigné, J., Cannavaciolo, M., Gautronneau, Y., Aveline, A., Giteau, J. L., & Cluzeau, D.** 2009. Earthworm populations under different tillage systems in organic farming. *Soil and Tillage Research*, 104(2), 207–214. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2009.02.011>
- Pender, J., & Gebremedhin, B.** 2007. Determinants of Agricultural and Land Management Practices and Impacts on Crop Production and Household Income in the Highlands of Tigray, Ethiopia. *Journal of African Economies*, 17(3), 395–450. <https://doi.org/10.1093/jae/ejm028>
- Pender, J., Mirzabaev, A., & Kato, E.** 2009. *Economic Analysis of Sustainable Land Management Options in central Asia*. Final Report. Retrieved from <https://www.adb.org/sites/default/files/project-document/63927/38464-01-reg-tacr-03.pdf>

- Percival, G. C.,** Keary, I. P., & AL-Habsi, S. 2006. An assessment of the drought tolerance of *Fraxinus* genotypes for urban landscape plantings. *Urban Forestry & Urban Greening*, 5(1), 17–27. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2006.03.002>
- Perlut, N. G.,** & Strong, A. M. 2011. Grassland birds and rotational-grazing in the north-east: Breeding ecology, survival and management opportunities. *The Journal of Wildlife Management*, 75(3), 715–720. <https://doi.org/10.1002/jwmg.81>
- Pittelkow, C. M.,** Liang, X., Linquist, B. A., van Groenigen, K. J., Lee, J., Lundy, M. E., van Kessel, C. 2015. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*, 517(7534), 365–368. <https://doi.org/10.1038/nature13809>
- Poeplau, C.,** & Don, A. 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 33–41. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2014.10.024>
- Pretty, J.** 1999. Can Sustainable Agriculture Feed Africa? New Evidence on Progress, Processes and Impacts. *Environment, Development and Sustainability*, 1(3/4), 253–274. <https://doi.org/10.1023/A:1010039224868>
- Qadir, M.,** & Oster, J. 2004. Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science of The Total Environment*, 323(1–3), 1–19. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2003.10.012>
- Qadir, M.,** Wichelns, D., Raschid-Sally, L., McCornick, P. G., Drechsel, P., Bahri, A., & Minhas, P. S. 2010. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural Water Management*, 97(4), 561–568. <https://doi.org/10.1016/J.AGWAT.2008.11.004>
- Reynolds, J. F.,** Smith, D. M. S., Lambin, E. F., Turner, B. L., Mortimore, M., Batterbury, S. P. J., Walker, B. 2007. Global Desertification: Building a Science for Dryland Development. *Science*, 316(5826), 847–851. <https://doi.org/10.1126/science.1131634>
- Rockström, J.,** Kaumbutho, P., Mwalley, J., Nzabi, A. W., Temesgen, M., Mawenya, L., Damgaard-Larsen, S. 2009. Conservation farming strategies in East and Southern Africa: Yields and rain water productivity from on-farm action research. *Soil and Tillage Research*, 103(1), 23–32. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2008.09.013>
- Rockström, Johan,** & Barron, J. 2007. Water productivity in rainfed systems: overview of challenges and analysis of opportunities in water scarcity prone savannahs. *Irrigation Science*, 25(3), 299–311. <https://doi.org/10.1007/s00271-007-0062-3>
- Rockström, Johan,** Barron, J., & Fox, P. 2002. Rainwater management for increased productivity among small-holder farmers in drought prone environments. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 27(11–22), 949–959. [https://doi.org/10.1016/S1474-7065\(02\)00098-0](https://doi.org/10.1016/S1474-7065(02)00098-0)

- Rockström, Johan**, Barron, J., & Fox, P. 2002. Rainwater management for increased productivity among small-holder farmers in drought prone environments. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 27(11–22), 949–959. [https://doi.org/10.1016/S1474-7065\(02\)00098-0](https://doi.org/10.1016/S1474-7065(02)00098-0)
- Rufin, P.**, Müller, H., Pflugmacher, D., & Hostert, P. 2015. Land use intensity trajectories on Amazonian pastures derived from Landsat time series. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 41, 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.JAG.2015.04.010>
- Russo, T. A.**, & Lall, U. 2017. Depletion and response of deep groundwater to climate-induced pumping variability. *Nature Geoscience*, 10(2), 105–108. <https://doi.org/10.1038/ngeo2883>
- Saavedra, T. M.**, Figueroa, G. A., Cauhi, J. G. D., Saavedra, T. M., Figueroa, G. A., & Cauhi, J. G. D. 2017. Origin and evolution of tomato production *Lycopersicon esculentum* in México. *Ciência Rural*, 47(3). <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160526>
- Sanz, M. J.**, Vente, J. de, Chotte, J.-L., Bernoux, M., Kust, G., Ruiz, I., ... Akhtar-Schuster, M. 2017. Sustainable Land Management contribution to successful land-based climate change adaptation and mitigation. A Report of the Science-Policy Interface. Bonn, Germany.
- Sawadogo, H.** 2011. Using soil and water conservation techniques to rehabilitate degraded lands in northwestern Burkina Faso. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9(1), 120–128. <https://doi.org/10.3763/ijas.2010.0552>
- Schipanski, M. E.**, Barbercheck, M., Douglas, M. R., Finney, D. M., Haider, K., Kaye, J. P., White, C. 2014. A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems. *Agricultural Systems*, 125, 12–22. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2013.11.004>
- Schneider, M.**, ANDRES, C., TRUJILLO, G., ALCON, F., AMURRIO, P., PEREZ, E., ... MILZ, J. 2017. Cocoa and Total System Yields Of Organic and Conventional Agroforestry vs. Monoculture Systems In A Long-Term Field Trial In Bolivia. *Experimental Agriculture*, 53(03), 351–374. <https://doi.org/10.1017/S0014479716000417>
- Scholes, R.**, & Merwe, M. Van der. 1996. Sequestration of carbon in savannas and woodlands. *The Environmental Professional*.
- Schulze, J.**, Frank, K., & Müller, B. 2016. Governmental response to climate risk: Model-based assessment of livestock supplementation in drylands. *Land Use Policy*, 54, 47–57. <https://doi.org/10.1016/J.LANDUSEPOL.2016.01.007>
- Scialabba, N.**, & Hattam, C. 2002. Organic Agriculture, Environment and Food Security.
- Scopel, E.**, Triomphe, B., Affholder, F., Da Silva, F. A. M., Corbeels, M., Xavier, J. H. V., ... De Tourdonnet, S. 2013. Conservation agriculture cropping systems in temperate and tropical conditions, performances and impacts. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(1), 113–130. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0106-9>

- Seelan, S. K.,** Laguetta, S., Casady, G. M., & Seielstad, G. A. 2003. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sensing of Environment*, 88(1–2), 157–169. <https://doi.org/10.1016/J.RSE.2003.04.007>
- Sepuru, T. K.,** & Dube, T. 2018. An appraisal on the progress of remote sensing applications in soil erosion mapping and monitoring. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 9, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.RSASE.2017.10.005>
- Shiferaw, B.,** Tesfaye, K., Kassie, M., Abate, T., Prasanna, B. M., & Menkir, A. 2014. Managing vulnerability to drought and enhancing livelihood resilience in sub-Saharan Africa: Technological, institutional and policy options. *Weather and Climate Extremes*, 3, 67–79. <https://doi.org/10.1016/J.WACE.2014.04.004>
- Shively, G. E.** 1999. Risks and returns from soil conservation: evidence from low-income farms in the Philippines. *Agricultural Economics*, 21(1), 53–67. [https://doi.org/10.1016/S0169-5150\(99\)00013-4](https://doi.org/10.1016/S0169-5150(99)00013-4)
- Singh, B. P.,** & Cowie, A. L. 2015. Long-term influence of biochar on native organic carbon mineralisation in a low-carbon clayey soil. *Scientific Reports*, 4(1), 3687. <https://doi.org/10.1038/srep03687>
- Singh, G.,** & Panda, R. K. 2017. Grid-cell based assessment of soil erosion potential for identification of critical erosion prone areas using USLE, GIS and remote sensing: A case study in the Kapgari watershed, India. *International Soil and Water Conservation Research*, 5(3), 202–211. <https://doi.org/10.1016/J.ISWCR.2017.05.006>
- Singh, S.,** Ladha, J. K., Gupta, R. K., Bhushan, L., & Rao, A. N. 2008. Weed management in aerobic rice systems under varying establishment methods. *Crop Protection*, 27(3–5), 660–671. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2007.09.012>
- Sjöman, H.,** Hiron, A. D., & Bassuk, N. L. 2015. Urban forest resilience through tree selection—Variation in drought tolerance in *Acer*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 858–865. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2015.08.004>
- Skowno, A. L.,** Thompson, M. W., Hiestermann, J., Ripley, B., West, A. G., & Bond, W. J. 2017. Woodland expansion in South African grassy biomes based on satellite observations (1990–2013): general patterns and potential drivers. *Global Change Biology*, 23(6), 2358–2369. <https://doi.org/10.1111/gcb.13529>
- Sleugh, B.,** Moore, K. J., George, J. R., & Brummer, E. C. 2000. Binary Legume–Grass Mixtures Improve Forage Yield, Quality, and Seasonal Distribution. *Agronomy Journal*, 92(1), 24. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.92124x>
- Smith, P.** 2014. Do grasslands act as a perpetual sink for carbon? *Global Change Biology*, 20(9), 2708–2711. <https://doi.org/10.1111/gcb.12561>
- Smith, P.** 2016. Soil carbon sequestration and biochar as negative emission technologies. *Global Change Biology*, 22(3), 1315–1324. <https://doi.org/10.1111/gcb.13178>

- Soler, C. M. T.,** BADO, V. B., TRAORE, K., BOSTICK, W. M., JONES, J. W., & HOOGENBOOM, G. 2011. Soil organic carbon dynamics and crop yield for different crop rotations in a degraded ferruginous tropical soil in a semi-arid region: a simulation approach. *The Journal of Agricultural Science*, 149(05), 579–593. <https://doi.org/10.1017/S0021859611000050>
- Soussana, J. F.,** Tallec, T., & Blanfort, V. 2010. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, 4(03), 334–350. <https://doi.org/10.1017/S1751731109990784>
- Spokas, K. A.,** Cantrell, K. B., Novak, J. M., Archer, D. W., Ippolito, J. A., Collins, H. P., ... Nichols, K. A. 2012. Biochar: A Synthesis of Its Agronomic Impact beyond Carbon Sequestration. *Journal of Environment Quality*, 41(4), 973. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0069>
- Staal, A.,** Tuinenburg, O. A., Bosmans, J. H. C., Holmgren, M., van Nes, E. H., Scheffer, M., ... Dekker, S. C. 2018. Forest-rainfall cascades buffer against drought across the Amazon. *Nature Climate Change*, 8(6), 539–543. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0177-y>
- Stavi, I.** 2013. Biochar use in forestry and tree-based agro-ecosystems for increasing climate change mitigation and adaptation. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 20(2), 166–181. <https://doi.org/10.1080/13504509.2013.773466>
- Stehlik, D.,** Lawrence, G., & Gray, I. 2000. Gender and Drought: Experiences of Australian Women in the Drought of the 1990s. *Disasters*, 24(1), 38–53. <https://doi.org/10.1111/1467-7717.00130>
- Stephens, S. L.,** & Ruth, L. W. 2005. FEDERAL FOREST-FIRE POLICY IN THE UNITED STATES. *Ecological Applications*, 15(2), 532–542. <https://doi.org/10.1890/04-0545>
- Stevens, Joshua,** and Adam Voiland. 2018. "Cape Town's Reservoirs Rebound." NASA Earth Observatory. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/92428/cape-towns-reservoirs-rebound> (December 14, 2018).
- Stokes, C. J.,** McAllister, R. R. J., & Ash, A. J. 2006. Fragmentation of Australian rangelands: processes, benefits and risks of changing patterns of land use. *The Rangeland Journal*, 28(2), 83. <https://doi.org/10.1071/RJ05026>
- Stone, T. A.,** Brown, I. F., & Woodwell, G. M. 1991. Estimation, by remote sensing, of deforestation in central Rondônia, Brazil. *Forest Ecology and Management*, 38(3–4), 291–304. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(91\)90150-T](https://doi.org/10.1016/0378-1127(91)90150-T)
- Su, Y., Bisht, S.,** Wilkes, A., Pradhan, N. S., Zou, Y., Liu, S., & Hyde, K. 2017. Gendered Responses to Drought in Yunnan Province, China. *Mountain Research and Development*, 37(1), 24–34. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-15-00041.1>
- Teague, W. R.,** Dowhower, S. L., Baker, S. A., Ansley, R. J., Kreuter, U. P., Conover, D. M., & Waggoner, J. A. 2010. Soil and herbaceous plant responses to summer patch burns under continuous and rotational

- grazing. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 137(1–2), 113–123. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2010.01.010>
- Thierfelder, C.,** Cheesman, S., & Rusinamhodzi, L. 2013. Benefits and challenges of crop rotations in maize-based conservation agriculture (CA) cropping systems of southern Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 11(2), 108–124. <https://doi.org/10.1080/14735903.2012.703894>
- Tichagwa, W.** 1994. The effects of drought on the condition of women. *Gender & Development*, 2(1), 20–25. <https://doi.org/10.1080/09682869308519993>
- Tucker, C. J.,** & Townshend, J. R. G. 2000. Strategies for monitoring tropical deforestation using satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 21(6–7), 1461–1471. <https://doi.org/10.1080/014311600210263>
- UNEP, WMO, UNCCD** 2016. Global Assessment of Sand and Dust Storms. United Nations Environment Programme, Nairobi. Editor: Gemma Shepherd, UNEP, Published by the United Nations Environment Programme (UNEP) September 2016
- UNCCD** 2017. Gender Action Plan. Retrieve from <https://www.unccd.int/publications/gender-action-plan>
- Urban M.,** Berger C., Mudau T.E., Heckel K., Truckenbrodt J., Odipo V., Smit I. P.J., and Schmullius C. 2018. "Surface Moisture and Vegetation Cover Analysis for Drought Monitoring in the Southern Kruger National Park Using Sentinel-1, Sentinel-2, and Landsat-8." *Remote Sensing* 10(9): 1482. <http://www.mdpi.com/2072-4292/10/9/1482> (December 12, 2018).
- van Capelle, C.,** Schrader, S., & Brunotte, J. 2012. Tillage-induced changes in the functional diversity of soil biota – A review with a focus on German data. *European Journal of Soil Biology*, 50, 165–181. <https://doi.org/10.1016/J.EJSOBI.2012.02.005>
- Van Zwieten, L.,** Kimber, S., Morris, S., Chan, K. Y., Downie, A., Rust, J., ... Cowie, A. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant and Soil*, 327(1–2), 235–246. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0050-x>
- Veldman, J. W.,** Overbeck, G. E., Negreiros, D., Mahy, G., Le Stradic, S., Fernandes, G. W., Bond, W. J. 2015. Where Tree Planting and Forest Expansion are Bad for Biodiversity and Ecosystem Services. *BioScience*, 65(10), 1011–1018. <https://doi.org/10.1093/biosci/biv118>
- Vellidis, G.,** Tucker, M., Perry, C., Kvien, C., & Bednarz, C. 2008. A real-time wireless smart sensor array for scheduling irrigation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 61(1), 44–50. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2007.05.009>
- Verch, G.,** Kächele, H., Höltl, K., Richter, C., & Fuchs, C. 2009. Comparing the profitability of tillage methods in Northeast Germany—A field trial from 2002 to 2005. *Soil and Tillage Research*, 104(1), 16–21. <https://doi.org/10.1016/J.STILL.2008.12.012>
- Verhulst, N.,** Nelissen, V., Jespers, N., Haven, H., Sayre, K. D., Raes, D., ... Govaerts, B. 2011. Soil water content, maize yield and

- its stability as affected by tillage and crop residue management in rainfed semi-arid highlands. *Plant and Soil*, 344(1–2), 73–85. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0728-8>
- Vickers, A.** 2018. Drought Mitigation: Water Conservation Tools for Short-Term and Permanent Water Savings. In Donald Wilhite & Roger S. Pulwarty (Eds.), *Drought and Water Crises Integrating Science, Management, and Policy* (2nd ed., pp. 307–325). Boca Raton: CRC Press. Retrieved from <https://www.taylorfrancis.com/books/9781315265551/chapters/10.1201/b22009-16>
- Vickery, J. A.,** Feber, R. E., & Fuller, R. J. 2009. Arable field margins managed for biodiversity conservation: A review of food resource provision for farmland birds. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 133(1–2), 1–13. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2009.05.012>
- Viña, A.,** Echavarria, F. R., & Rundquist, D. C. 2004. Satellite Change Detection Analysis of Deforestation Rates and Patterns along the Colombia: Ecuador Border. *Ambio*. SpringerRoyal Swedish Academy of Sciences. <https://doi.org/10.2307/4315466>
- Vohland, K.,** & Barry, B. 2009. A review of in situ rainwater harvesting (RWH) practices modifying landscape functions in African drylands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 131(3–4), 119–127. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2009.01.010>
- Voskamp, I. M.,** & Van de Ven, F. H. M. 2015. Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. *Building and Environment*, 83, 159–167. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2014.07.018>
- Walz, Y.,** Dall, K., Graw, V., Villagran de Leon, J. C., Kussul, N., & Jordaan, A. 2018. Understanding agricultural drought risk: examples from South Africa and Ukraine, Policy Report No. 3. Bonn, Germany.
- Wang, G.,** Mang, S., Cai, H., Liu, S., Zhang, Z., Wang, L., & Innes, J. L. 2016. Integrated watershed management: evolution, development and emerging trends. *Journal of Forestry Research*, 27(5), 967–994. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0293-3>
- Wang, J.,** P. M. Rich, and K. P. Price. 2003. "Temporal Responses of NDVI to Precipitation and Temperature in the Central Great Plains, USA." *International Journal of Remote Sensing* 24(11): 2345–64. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431160210154812> (December 12, 2018).
- Wani, S. P.,** Dixin, Y., Li, Z., Dar, W. D., & Chander, G. 2012. Enhancing agricultural productivity and rural incomes through sustainable use of natural resources in the Semi Arid Tropics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(5), 1054–1063. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4721>
- Wani, S.,** Pathak, P., & Sreedevi, T. 2003. Efficient management of rainwater for increased crop productivity and groundwater recharge in Asia. In J.W. Kijne, R. Barker, & D. Molden (Eds.), *Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for*

- Improvement (pp. 199–2015). CAB International. Retrieved from https://books.google.de/books?hl=en&lr=&id=qKe3MmJjbAEC&oi=fnd&pg=PA199&dq=%22integrated+watershed+management%22,+crop+yields,+profitability&ots=TH3UUVV1J6&sig=anb_V0u2G_JUhC0xC99sGYSSAs
- Wei, W.,** Chen, D., Wang, L., Daryanto, S., Chen, L., Yu, Y., ... Feng, T. 2016. Global synthesis of the classifications, distributions, benefits and issues of terracing. *Earth-Science Reviews*, 159, 388–403. <https://doi.org/10.1016/J.EARSCIREV.2016.06.010>
- Wilhite, D. A.,** & Pulwarty, R. S. (Eds.). 2017. Drought and water crises: integrating science, management, and policy. CRC Press.
- Wilhite, D. A.** and Glantz, M. H., 1985. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 10 (3), 111–120.
- Wolski, P.** 2018. How severe is Cape Town's "Day Zero" drought? *Significance*, 15(2), 24–27. <https://doi.org/10.1111/j.1740-9713.2018.01127.x>
- Woolf, D.,** Amonette, J. E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J., & Joseph, S. 2010. Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications*, 1(5), 1–9. <https://doi.org/10.1038/ncomms1053>
- World Bank.** 2006. Sustainable Land Management: Challenges, Opportunities, and Trade-offs. World Bank. Retrieved from <http://documents.worldbank.org/curated/en/973741468135939915/Sustainable-land-management-challenges-opportunities-and-trade-offs>
- Wratten, S. D.,** Gillespie, M., Decourtye, A., Mader, E., & Desneux, N. 2012. Pollinator habitat enhancement: Benefits to other ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 159, 112–122. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2012.06.020>
- Wretenberg, J.,** Pärt, T., & Berg, Å. 2010. Changes in local species richness of farmland birds in relation to land-use changes and landscape structure. *Biological Conservation*, 143(2), 375–381. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2009.11.001>
- Wu, W.,** & Ma, B. 2015. Integrated nutrient management (INM) for sustaining crop productivity and reducing environmental impact: A review. *Science of The Total Environment*, 512–513, 415–427. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2014.12.101>
- Yan, D.,** Zhang, X., Yu, Y., Guo, W., Yan, D., Zhang, X., Guo, W. 2017. Characterizing Land Cover Impacts on the Responses of Land Surface Phenology to the Rainy Season in the Congo Basin. *Remote Sensing*, 9(5), 461. <https://doi.org/10.3390/rs9050461>
- Yengwe, J.,** Amalia, O., Lungu, O. I., & De Neve, S. 2018. Quantifying nutrient deposition and yield levels of maize (*Zea mays*) under *Faidherbia albida* agroforestry system in Zambia. *European Journal of Agronomy*, 99, 148–155. <https://doi.org/10.1016/J.EJA.2018.07.004>

- Young, R.,** Zanders, J., Lieberknecht, K., & Fassman-Beck, E. 2014. A comprehensive typology for mainstreaming urban green infrastructure. *Journal of Hydrology*, 519, 2571–2583. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2014.05.048>
- Zhang, A.,** Cui, L., Pan, G., Li, L., Hussain, Q., Zhang, X., Crowley, D. 2010. Effect of biochar amendment on yield and methane and nitrous oxide emissions from a rice paddy from Tai Lake plain, China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139(4), 469–475. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2010.09.003>
- Zhang, Xiaoxia,** Zhang, R., Gao, J., Wang, X., Fan, F., Ma, X., Deng, Y. 2017. Thirty-one years of rice-rice-green manure rotations shape the rhizosphere microbial community and enrich beneficial bacteria. *Soil Biology and Biochemistry*, 104, 208–217. <https://doi.org/10.1016/J.SOILBIO.2016.10.023>
- Zhang, Xirui,** Li, H., He, J., Wang, Q., & Golabi, M. H. 2009. Influence of conservation tillage practices on soil properties and crop yields for maize and wheat cultivation in Beijing, China. *Soil Research*, 47(4), 362. <https://doi.org/10.1071/SR08110>
- Zheng, Y.,** Zhao, Y., Liu, W., Liu, S., & Yao, R. 2018. An Intelligent Wireless System for Field Ecology Monitoring and Forest Fire Warning. *Sensors* (Basel, Switzerland), 18(12). <https://doi.org/10.3390/s18124457>
- Zimmerman, F. J.,** & Carter, M. R. 2003. Asset smoothing, consumption smoothing and the reproduction of inequality under risk and subsistence constraints. *Journal of Development Economics*, 71(2), 233–260. [https://doi.org/10.1016/S0304-3878\(03\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0304-3878(03)00028-2)
- Zomer, R. J.,** Trabucco, A., & Bossio, D. A. 2008. Climate change mitigation: A spatial analysis of global land suitability for clean development mechanism afforestation and reforestation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 126(1–2), 67–80. <https://doi.org/10.1016/J.AGEE.2008.01.014>

Annexe : description des pratiques de gestion intelligente des terres face à la sécheresse

Nom	Impact sur l'eau
1 Digue : « une mesure structurelle sous la forme d'un remblai de terre ou de pierres, construite le long d'une courbe de niveau et stabilisée par des mesures végétales (herbes et arbres fourragers) » (Sanz et al., 2017).	Augmente la rétention de l'eau et l'infiltration
2 Terrasse : « une mesure structurelle construite en retirant avec précaution une couche de sol superficielle dans une partie d'un champ, pour la déplacer vers l'extrémité inférieure de ce champ, afin de réduire l'inclinaison et la longueur de la pente. Une autre terrasse est créée directement le long de la pente pour former une cascade de terrasses » (Harari et al., 2017). Contrairement aux digues, les terrasses sont des mesures à long terme nécessitant des investissements plus importants » (Gebremedhin et Swinton, 2003).	Améliore la capacité du sol à retenir l'humidité, favorise l'infiltration de l'eau et réduit le ruissellement
3 Paillage : « couvrir le sol avec une couche de matières végétales. » (Bayala et al., 2012)	Améliore la rétention et la transmission de l'eau dans le sol, réduit le stress dû à la sécheresse
4 Cultures de couverture : « cultures qui remplacent les jachères nues en hiver et qui sont utilisées comme engrais vert avant le semis de la prochaine culture principale. » (Poeplau et Don, 2015)	Améliore la rétention et la transmission de l'eau dans le sol, réduit le stress dû à la sécheresse pour les récoltes suivantes
5 Bandes végétales : « toute zone de végétation séparée du régime de culture principal se trouvant à l'intérieur ou autour d'un champ. » (Marshall et Moonen, 2002)	Réduit l'érosion du sol et améliore la rétention de l'eau dans le sol, améliore la qualité de l'eau, sert souvent aussi de biodrainage

Autres impacts biophysiques	Impacts socio-économiques	Références
Réduit l'érosion des sols, prévient la perte de fertilité des sols, facilite l'accumulation de biomasse et l'apport en nutriments, améliore les rendements	Augmente les revenus agricoles en améliorant les rendements, mais entraîne des coûts initiaux élevés, réduit les risques de production dans des conditions climatiques variables	(Dutilly-Diane et al., 2003 ; Kato et al., 2011 ; Sanz et al., 2017 ; Wei et al., 2016)
Limite l'érosion, accumule la biomasse, recharge le sol en eau, augmente la teneur en nutriments et accroît généralement les rendements	Améliore les revenus et augmente la production alimentaire, contribuant à la sécurité alimentaire et à la réduction de la pauvreté	(Adgo et al., 2013 ; Harari et al., 2017 ; Liniger & Critchley, 2007 ; Pender & Gebremedhin, 2007 ; Sanz et al., 2017)
Protège le sol contre l'érosion du vent et de l'eau, fournit des nutriments qui ont un effet positif sur les rendements	Augmente les revenus agricoles, mais présente des inconvénients, car nécessite de la main d'œuvre et de puiser dans les sources de fourrage pour épandre le paillis	(Affholder et al., 2010 ; Bayala et al., 2012 ; Harari et al., 2017 ; Sanz et al., 2017)
Séquestration du carbone, réduction de l'érosion et du tassement du sol ainsi que perte d'azote par lessivage des terres, augmentation de la biodiversité, meilleur contrôle des mauvaises herbes, amélioration des rendements	Augmente les revenus agricoles	(Altieri, 1999 ; Blombäck et al., 2003 ; Campiglia et al., 2010 ; Chabi-Olaye et al., 2007 ; Kaye et Quemada, 2017 ; Lal, 2004 ; Poeplau et Don, 2015)
Bénéfiques pour la biodiversité et la qualité de l'air, séquestration du carbone, réduction du transport des contaminants et des sédiments en suspension par l'écoulement de l'eau	A généralement des effets positifs sur les rendements, entraînant une augmentation des revenus agricoles	(Borin et al., 2010 ; Dorioz et al., 2006 ; Harari et al., 2017 ; Liniger et Critchley, 2007 ; Marshall et Moonen, 2002 ; Sanz et al., 2017)

Nom	Impact sur l'eau
6 Travail du sol minimum, sans labour : « cultiver des champs (ou des pâturages) sans perturber/en perturbant au minimum le sol avec le labour. » (Sanz et al., 2017)	Utilisation efficace de l'eau du sol : augmente l'infiltration, réduit les pertes en eau, augmente la disponibilité en eau pour les plantes
7 Nivellement du sol au laser : utilisation d'équipements laser de haute précision pour le nivellement des champs	Réduit le ruissellement de l'eau, améliore l'efficacité de l'utilisation de l'eau
8 Amendement du sol avec du biochar : « le biochar est un matériau carboné obtenu par décomposition thermique de résidus de biomasse à une température relativement basse et dans des atmosphères pauvres en oxygène (pyrolyse). » (Albuquerque et al., 2013)	Améliore la transmission de l'eau dans le sol
9 Amendement du sol avec du compost : « apport de matières organiques à partir de mauvaises herbes et de détritiques organiques décomposés par des micro-organismes. » (Sanz et al., 2017)	Améliore la capacité du sol à retenir l'eau
10 Technologies de récupération de l'eau : « diverses technologies destinées à la collecte et au stockage de l'eau à des fins de production » (Nyakudya et al., 2014), telles que les fosses zaï (Burkina Faso), le Tassa (Niger), les demi-lunes ou Ndiva (Tanzanie), les systèmes de récupération de l'eau souterraine ou kyariz (Turkménistan), les systèmes de rétention de l'eau de pluie dans des cuvettes rocheuses naturelles, les filtres à sable pour bassin (FSB) (voir section 2.1)	Améliore la disponibilité et la rétention de l'eau dans le sol, favorise la recharge des nappes phréatiques

Autres impacts biophysiques	Impacts socio-économiques	Références
Augmente la production agricole et la stabilité des rendements, a des impacts hétérogènes sur le biote du sol	Réduit les coûts énergétiques, augmente parfois la charge de travail, augmente l'utilisation d'herbicides	(Erenstein et Laxmi, 2008 ; Ernst et Emmerling, 2009 ; Guto et al., 2012 ; Pittelkow et al., 2015 ; Sanz et al., 2017)
Produit des rendements plus élevés qu'avec le nivellement conventionnel, améliore la capacité de circulation sur le terrain	Augmente la rentabilité agricole	(Abdullaev et al., 2007 ; Aryal et al., 2015 ; Kaur et al., 2012)
Séquestration du carbone, gestion des contaminants, augmentation de la fertilité du sol	La viabilité économique de l'utilisation du biochar peut être faible	(Alburquerque et al., 2013 ; Clare et al., 2014 ; Cornelissen et al., 2013 ; Lehmann et al., 2006 ; Smith, 2016)
Améliore l'ameublissement du sol. Sa décomposition libère lentement les nutriments disponibles, qui seront absorbés par les plantes. Le compostage pourrait aider à réduire la dégradation de l'environnement due au déversement à ciel ouvert de déchets organiques.	Augmente les rendements, surtout dans le cadre d'une utilisation à long terme	(Bekchanov et Mirzabaev, 2018 ; Doan et al., 2015 ; Evanylo et al., 2008 ; Sanz et al., 2017)
Réduit l'érosion du sol, augmente la production de biomasse, le cycle des substances nutritives dans le sol	Augmente les revenus et la sécurité alimentaire	(Akhtar et al., 2016 ; Fox et Rockström, 2003 ; Oweis et al., 2012 ; Vohland et Barry, 2009)

Nom	Impact sur l'eau
11 Technologies d'irrigation améliorées : technologies d'irrigation telles que l'irrigation au goutte-à-goutte, l'irrigation par épandage des eaux de crue d'un cours d'eau intermittent, l'irrigation au goutte-à-goutte en profondeur, l'irrigation de nuit, etc., qui réduisent les apports en eau dans le cadre de la production agricole	Augmente l'efficacité d'utilisation de l'eau dans le cadre de la production agricole
12 Gestion intégrée des bassins versants : une approche qui associe la gestion des terres, de l'eau et de la végétation au niveau des bassins versants pour limiter les effets de la sécheresse	Préserve l'eau, améliore le niveau des eaux souterraines
13 Pâturage en rotation : implique l'utilisation successive de plusieurs pâturages pour optimiser la repousse des plantes qui le compose	Aide à faire face à la variabilité des précipitations, améliore les taux d'infiltration et le ruissellement dans les prairies
14 Boisement : plantation d'arbres sur une zone où il n'y en avait pas auparavant	Améliore la préservation et la régulation de l'eau, diminue la disponibilité de l'eau pour la végétation avoisinante dans certaines zones arides
15 Reboisement : replanter des arbres sur une zone précédemment déboisée	Améliore la préservation et la régulation de l'eau, diminue la disponibilité de l'eau pour la végétation avoisinante dans certaines zones arides
16 Agroforesterie : agriculture intégrant la culture des arbres	Améliore la disponibilité et la régulation de l'eau
17 Agropastoralisme : intégration des activités de production végétale à la production animale	Améliore la résilience face à la variabilité des précipitations et à la sécheresse

Autres impacts biophysiques	Impacts socio-économiques	Références
Réduit la salinisation secondaire et l'engorgement, les maladies fongiques dues à un excès d'humidité au niveau de la zone racinaire et les pertes de nutriments par lessivage	Augmente la rentabilité de la production agricole, en particulier en période de sécheresse et dans les contextes de tarification de l'eau. Dans les zones sans pénurie d'eau, les rendements peuvent être inférieurs à ceux obtenus avec les techniques d'irrigation classiques (irrigation par sillons et inondation, par exemple).	(Dağdelen et al., 2009 ; Geerts et Raes, 2009 ; Harari et al., 2017 ; Sanz et al., 2017 ; Vickers, 2018)
Réduit l'érosion du sol	Augmente les rendements et l'intensité des cultures, améliore la sécurité alimentaire	(Joshi et al., 2005 ; Wang et al., 2016 ; Wani et al., 2012 ; Wani et al., 2003)
Limite la dégradation des prairies et le tassement du sol par le piétinement du bétail, augmente les taux de C et C/N dans le sol	Aide à alimenter les troupeaux de bétail pendant les années de sécheresse et lorsque les précipitations sont très variables	(Bailey et Brown, 2011 ; Briske et al., 2008 ; Teague et al., 2010)
Réduit l'érosion des sols, fixe le carbone, améliore la biodiversité	Augmente les revenus des terres de faible rendement	(Djanibekov et Khamzina, 2016 ; Harari et al., 2017 ; Niu et Duiker, 2006 ; Sanz et al., 2017)
Réduit l'érosion des sols, fixe le carbone, améliore la biodiversité	Augmente les revenus des terres de faible rendement	(Chazdon et al., 2016 ; Harari et al., 2017 ; Sanz et al., 2017)
Fixe le carbone, réduit l'érosion des sols, augmente la fertilité des sols et le biodrainage	Améliore les revenus et la sécurité alimentaire	(Nair, 1993 ; Nair et al., 2009)
Réduit la dégradation des sols dans les terres de parcours	Améliore les revenus et la sécurité alimentaire	(Harari et al., 2017 ; Liniger et Critchley, 2007 ; Sanz et al., 2017)

La sécheresse et les terres sont
fondamentalement liées, mais
pas nécessairement dans les
politiques et les pratiques.



La sécheresse et les terres sont fondamentalement liées, mais pas nécessairement dans les politiques et les pratiques.

Bien qu'il soit généralement admis que les décisions en matière d'utilisation et de gestion des terres peuvent exacerber l'impact potentiel de la sécheresse, l'impact positif que des interventions terrestres bien conçues peuvent avoir à long terme reste largement en dehors des politiques et des pratiques utilisées pour atténuer la sécheresse. Le présent rapport offre l'occasion de construire un pont entre la gestion des terres et la sécheresse sur la base de l'évaluation, de la synthèse et du synopsis des connaissances scientifiques reliant ces deux domaines.

Le présent rapport technique de la CNULCD-ISP fournit des preuves scientifiques bien établies permettant de comprendre les liens étroits existant entre l'utilisation des terres et la sécheresse, ainsi que la manière dont la gestion des deux est liée à l'utilisation de l'eau. Il introduit un nouveau concept de gestion intelligente des terres face à la sécheresse (D-SLM), et organise les approches et pratiques pertinentes au sein de quatorze groupes répartis en quatre grandes catégories d'utilisation des terres. L'objectif est de guider les décideurs et les gestionnaires des terres qui travaillent sur la « gestion proactive du risque de sécheresse » vers des interventions conçues pour améliorer la résilience des communautés et des écosystèmes à la sécheresse, ce qui conduirait idéalement à des rendements socio-économiques plus élevés que les pratiques conventionnelles en conditions de sécheresse. Le rapport propose également un accompagnement via l'amélioration de cinq catalyseurs visant à favoriser l'adoption, la mise en œuvre et le renforcement de la D-SLM à grande échelle. Il met en évidence la nécessité de procéder à l'évaluation de la vulnérabilité et des risques dans différents contextes couvrant à la fois les aspects naturels (climat, sol et eau) et socio-économiques de la gestion des terres et de la sécheresse.

ISBN 978-92-95117-22-8 (copie papier)

ISBN 978-92-95117-28-0 (copie électronique)

Téléchargez la note scientifique
et politique ici :



www.unccd.int/spi2019-brief3

CONVENTION SUR LA LUTTE CONTRE LA DESÉRTIFICATION

Platz der Vereinten Nationen 1, 53113 Bonn, Allemagne

Adresse postale : PO Box 260129, 53153 Bonn, Allemagne

Tel. +49 (0) 228 815 2800

Fax: +49 (0) 228 815 2898/99

Courriel : secretariat@unccd.int

Site Internet : www.unccd.int

L'Interface science-politique (SPI) de la CNULD a pour mission de faciliter les échanges entre scientifiques et décideurs politiques afin de garantir la transmission d'informations, de connaissances et de conseils scientifiquement établis et politiquement pertinents.



United Nations
Convention to Combat
Desertification

UNCCD **SPI** Science - Policy
Interface