



United Nations
Convention to Combat
Desertification

UNCCD **SP** Science - Policy
Interface



Un rapport de l'Interface science-politique

Réaliser les avantages liés au carbone découlant des pratiques de gestion durable des terres

lignes directrices pour l'évaluation du carbone organique
du sol dans le contexte de la planification et de la surveil-
lance de la neutralité en matière de dégradation des terres





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

Réaliser les avantages liés au carbone découlant des pratiques de gestion durable des terres

lignes directrices pour
l'évaluation du carbone
organique du sol dans le
contexte de la planification
et de la surveillance de la
neutralité en matière de
dégradation des terres

Comment citer ce document :

Chotte, J.L., Aynekulu, E., Cowie, A., Campbell, E., Vlek, P., Lal, R., Kapović-Solomun, M., von Maltitz, G., Kust, G., Barger, N., Vargas, R. et Gastrow, S. 2019. Réaliser les avantages liés au carbone découlant des pratiques de gestion durable des terres : lignes directrices pour l'évaluation du carbone organique du sol dans le contexte de la planification et de la surveillance de la neutralité en matière de dégradation des terres Un rapport de l'Interface science-politique. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), 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 série technique n° 03

ISBN 978-92-95110-98-4 (exemplaire papier)

ISBN 978-92-95117-04-4 (exemplaire électronique)

Photographies ©

Tana River watershed, Kenya © Georgina Smith/CIAT

Landscape around Halimun Salak National Park, West Java, Indonesia © Kate Evans/CIFOR

Ibrahim Thiaw © Natalia Mroz UN Environment/UNCCD

Digging terraces to stop soil erosion in Lushoto, Tanzania © Georgina Smith/CIAT

Areal of fields in China © Wong Chi Keung/UNCCD

Woman cultivating crops, Tanzania © Scott Wallace/World Bank

Aerial of the Amazon © Neil Palmer/CIAT

A farmer who has improved her income by growing higher-yielding cassava varieties, Dong Nai province, Vietnam © Georgina Smith/CIAT

Tree of Life, Tsavo National Park, Kenya © Yann Arthus-Bertrand/GoodPlanet Foundation

A farmer harvests hedgerow grass planted to prevent soil erosion, Vietnam © Georgina Smith/CIAT

Rice terraces, Batad, Phillipines © SharonDe La Paz/Creative Commons

Selian Agricultural Research Institute, Arusha, Tanzania © Georgina Smith/CIAT

Olive plantation in Andalusia © Yann Arthus-Bertrand/GoodPlanet Foundation

Tana River watershed, Kenya © CIAT/Georgina Smith

Zaragoza Spain © ESA/Copernicus Sentinel

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

Réaliser les avantages liés au carbone découlant des pratiques de gestion durable des terres

lignes directrices pour
l'évaluation du carbone
organique du sol dans le
contexte de la planification
et de la surveillance de la
neutralité en matière de
dégradation des terres

Auteurs et relecteurs

Auteurs principaux : Jean-Luc Chotte et Ermias Aynekulu

Auteurs contributeurs : Annette Cowie, Eleanor Campbell, Paul Vlek, Rattan Lal, Marijana Kapović-Solomun, Graham Paul von Maltitz, German Kust, Nichole Barger, Ronald Vargas, Stefanie Gastrow

Relecteurs internes : Barron Joseph Orr, Mariam Akhtar-Schuster, Omer Muhammad Raja, Johns Muleso Kharika, Jonathan Davies, Corinna Voigt, Erkan Guler, Eduardo Mansur, Thomas Hamond, Maarten Kappelle

Relecteurs externes : Herintsitohaina Razakamanarivo, Nopmanee Suvannang, Hamid Čustović, Fernando Garcia Préchac, Joris de Vente, David Lobb, Martial Bernoux

« Réaliser les avantages liés au carbone découlant des pratiques de gestion durable des terres : lignes directrices pour l'évaluation du carbone organique du sol dans le contexte de la planification et de la surveillance de la neutralité en matière de dégradation des terres » a été préparé conformément aux règles et procédures établies par la Conférence des Parties (COP) à la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), en vertu desquelles tout résultat scientifique établi sous la supervision de l'Interface science-politique (ISP) devrait faire l'objet d'un processus d'examen international indépendant (décision 19/COP.12).

Ce rapport a été préparé par une équipe d'auteurs composée de 2 auteurs principaux et de 10 auteurs contributeurs. Une réunion de cadrage en octobre 2018 et une réunion des rédacteurs en février 2019 à Bonn, en Allemagne, ont eu lieu. Des membres de l'ISP, ainsi que des experts externes, ont participé à ces réunions. Le document de base a été préparé par deux experts consultants. Des documents supplémentaires pour obtenir de plus amples informations de base décrivant les fiches de ressources et l'inventaire des outils pour le carbone organique du sol sont disponibles à l'adresse suivante : <<http://www.unccd.int/spi2019-1>>

L'ébauche produite par les auteurs a fait l'objet d'un processus d'examen par les pairs en deux étapes, comprenant un examen interne et un examen scientifique externe indépendant. Pour ce dernier, cinq relecteurs externes (experts indépendants) des différentes régions visées par la CNULCD et deux représentants d'organisations internationales concernés par les processus de la CNULCD sur la NDT ont été sélectionnés. Les auteurs principaux ont veillé à ce que tous les commentaires issus de l'examen par les pairs soient dûment pris en compte. Un résumé du rapport a été examiné par le Bureau de la Conférence des Parties de la CNULCD.

Avant-propos

Aujourd'hui, près d'un quart de nos terres ont été dégradées et on estime qu'en 2050, moins de 10 % de la surface de la planète aura échappé à l'impact considérable des activités humaines. Un changement si spectaculaire a un effet considérable sur les taux de carbone organique du sol issus de la décomposition des matières naturelles, support de toute vie sur Terre ; de la production de nourriture à la création d'emplois en passant par la réduction de la pauvreté, la préservation de la biodiversité et, surtout, la constitution du second plus grand puits de carbone après les océans. C'est pourquoi le changement climatique et le développement durable peuvent être considérablement affectés, pour le meilleur ou pour le pire, par le moindre changement dans la quantité et la qualité du carbone organique du sol. C'est aussi pourquoi le présent rapport offre aux pays des conseils pratiques pour améliorer le suivi et la gestion de ces stocks afin de parvenir à la neutralité en matière de dégradation des terres.

Le temps presse pour atteindre les objectifs du Programme de développement durable à l'horizon 2030 et l'écart se creuse dangereusement entre les contributions déterminées au niveau national dans le cadre de l'Accord de Paris et les niveaux d'émissions requises pour maintenir le réchauffement planétaire en dessous de 1,5 °C. Atteindre nos objectifs de neutralité en matière de dégradation des terres joue un rôle clé dans les deux domaines, le taux de carbone organique du sol constituant un indicateur idéal et un moteur essentiel de progrès, non seulement parce qu'il est sensible aux pratiques de gestion des terres, mais également parce que ces pratiques peuvent créer des bénéfices sociaux, économiques et environnementaux beaucoup plus grands.

Cependant, il est impossible de gérer correctement ce que l'on ne peut pas mesurer. Mesurer et suivre les taux de carbone organique du sol constituent un réel défi, le volume et la variabilité des techniques et des données rendant la décision difficile quant au choix des interventions les plus rentables. Etant donné le coût de la mesure des changements précis du taux de carbone organique du sol, il pourrait être plus efficace par exemple de l'intégrer à un système de surveillance de la santé des terres plus large. De même, les pratiques qui se révèlent incroyablement efficaces dans une région donnée pourraient avoir une moindre utilité pour atteindre les objectifs

nationaux si elles ne peuvent être vérifiées ou étendues à d'autres zones où elles ne seraient pas adaptées aux problématiques de dégradation.

Pour cette raison, les décideurs politiques et les responsables en charge de la gestion des terres devant prendre des décisions difficiles et intensifier les bonnes pratiques ont besoin d'orientations claires et de méthodes harmonisées pour estimer et optimiser le stock de carbone organique du sol. En réponse, les auteurs du présent rapport ont fourni des orientations pour permettre d'identifier des pratiques et approches de gestion durable des terres appropriées localement, visant à maintenir ou améliorer les stocks de carbone organique du sol, ainsi que des orientations permettant d'estimer et de suivre les taux de carbone organique du sol afin de planifier l'utilisation des terres et suivre l'atteinte de la NDT.

Il s'agit notamment d'évaluations réalisées à l'aide de logiciels ; d'arbres de décision permettant de répondre à des questions quant au choix des zones où il convient d'investir dans le suivi ou des méthodes d'échantillonnage, et de propositions de politiques relatives au partage des orientations, au suivi du changement, à la conception de cadres de planification et à la prise en compte du rôle important, mais sous-estimé, que jouent les inégalités de genre dans la dégradation des terres.

Les célébrations liées à l'adoption des objectifs en termes de développement durable et de changement climatique ont depuis longtemps été remplacées par des appels à l'action de plus en plus urgents. Le présent rapport est un outil politique opportun à l'attention des pays qui tentent de répondre à ces appels en améliorant la planification et le suivi de leurs mesures de neutralité en matière de dégradation des terres, tout en réduisant au minimum les coûts et les risques, et en maximisant les retombées positives pour d'autres objectifs. Je remercie tous ceux qui y ont déjà contribué et, d'avance, tous ceux qui veilleront à sa mise en œuvre rapide.



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



Résumé analytique

La dégradation des terres est une des menaces qui pèsent sur les systèmes humains et naturels. Heureusement, au cours des dernières décennies, nous avons pris davantage conscience de l'importance de ce défi et 122 pays se sont engagés à définir des cibles de neutralité en matière de dégradation des terres, dont 84 ont officiellement validé leurs objectifs et 51 les ont inscrits dans leur législation. Dans ce contexte, la NDT est réalisée si toute nouvelle dégradation est compensée par l'inversion de la dégradation ailleurs, dans le même type de terre, par la restauration ou la réhabilitation. La mise en œuvre de pratiques de gestion durable des terres (GDT) est le principal moyen d'atteindre la NDT.

En raison de ses rôles multifonctionnels et de sa sensibilité à la gestion des terres, le carbone organique du sol (COS) a été sélectionné comme l'un des trois indicateurs de la NDT. Comparé aux autres indicateurs globaux de la NDT, à savoir le changement de couverture terrestre et la dynamique de la productivité des terres (DPT) (mesurée à travers la productivité primaire nette), le COS est difficile à gérer et à surveiller à grande échelle. De plus, la densité de COS dans les sols peut varier considérablement, même à l'échelle métriques, et fluctuer dans le temps, par exemple d'une saison à l'autre. L'évaluation comparative des variations du COS entre différentes options de GDT (par ex. pour l'aménagement du territoire), le suivi de la dynamique du COS dans le temps (par ex. la surveillance du COS) et la cartographie efficace des variations du COS à grande échelle (par ex. pour vérifier l'atteinte de la NDT) nécessitent la combinaison de programmes d'échantillonnage rigoureux et l'utilisation d'outils logiciels/de modèles biophysiques pour l'évaluation du COS.

Afin de fournir des conseils pratiques pour soutenir le déploiement des interventions de GDT visant à maintenir ou à améliorer les stocks de COS, pour la NDT et pour d'autres objectifs tels que l'adaptation des terres au changement climatique et/ou l'atténuation de ses effets, une série d'arbres décisionnels a été développée, basée sur les dernières connaissances disponibles. Ce rapport passe en revue et compare les outils et modèles disponibles pour l'évaluation du COS.

Il présente des orientations pratiques à l'intention des gestionnaires des terres et propose des recommandations axées sur les politiques. Les directives destinées aux gestionnaires des terres insistent sur la sélection de pratiques de GDT pour maintenir ou améliorer le carbone organique du sol et réaliser la NDT. Il traite du choix des pratiques de GDT adaptées au contexte socio-économique et biophysique local ; des méthodes de mesure et de surveillance du COS ; et de l'utilisation d'outils/de modèles d'évaluation du COS pour estimer le COS et le cartographier, et pour choisir un outil/modèle approprié en fonction de l'objectif.

Les recommandations axées sur les politiques consistent à (i) partager les directives destinées aux gestionnaires des terres au niveau approprié ; (ii) suivre les variations du COS en tant qu'indicateur de l'intervention de GDT pour appuyer l'évaluation de l'atteinte de la NDT en 2030 ; (iii) appliquer des mesures tenant compte des disparités entre les sexes, et promouvoir l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes ; (iv) concevoir un cadre pour la planification de la NDT et les moyens pour la favoriser.

La neutralité en matière de dégradation des terres (NDT) est réalisée si toute nouvelle dégradation est compensée par l'inversion de la dégradation ailleurs, dans le même type de terre par la restauration ou la réhabilitation.





Table des matières

Auteurs et relecteurs	6
Avant-propos	7
Résumé analytique	8
Liste des figures/tableaux	13
Liste des abréviations	14
Glossaire des termes clés	16



1. Introduction	22
------------------------	-----------



2. Avantages des pratiques de gestion durable des terres pour le carbone du sol	28
--	-----------

2.1. Introduction	30
-------------------	----

2.2. Établir des relations entre la gestion durable du carbone organique du sol et la neutralité en matière de dégradation des terres	32
---	----

2.2.1. <i>Processus reliant le carbone organique du sol à la dégradation des terres</i>	35
---	----

2.2.2. <i>Le changement de la couverture terrestre, la productivité primaire nette et le carbone organique du sol sont interdépendants et se modifient souvent à l'unisson</i>	37
--	----

2.2.3. <i>Plusieurs conventions peuvent tirer parti du maintien ou de l'augmentation du carbone organique du sol</i>	37
--	----

2.3. Choisir des pratiques de gestion durable des terres pour maintenir ou améliorer le carbone organique du sol	39
--	----

2.3.1. <i>Choix des pratiques de GDT pour la gestion du COS aux niveaux local et sous-national</i>	44
--	----

2.3.2. <i>Stéréotypes liés au sexe dans la GDT</i>	47
--	----

2.3.3. <i>Sélection de pratiques de gestion durable des terres profitant au carbone organique du sol : (i) sans investissement dans une évaluation comparative</i>	51
--	----

2.3.4. <i>Sélection de pratiques de gestion durable des terres profitant au carbone organique du sol : (ii) en investissant dans une évaluation comparative</i>	54
---	----

Table des matières



3. Évaluation et surveillance des stocks de carbone organique du sol	58
3.1. Introduction	60
3.2. Examen des outils d'évaluation et de surveillance du carbone organique du sol	62
3.3. Lorsque la surveillance du COS est une priorité	66
3.4. Choix d'outils pour l'évaluation et la surveillance des stocks de carbone organique du sol	66
3.4.1. <i>Analyses des stocks de carbone organique du sol pour déterminer la neutralité en matière de dégradation des terres : données manquantes et écarts de calcul</i>	66
3.4.2. <i>Mise en place d'une stratégie nationale pour investir dans l'évaluation et la surveillance du COS</i>	68
3.4.3. <i>Utilisation du COS de référence initial et du potentiel foncier pour identifier les zones prioritaires pour des interventions de gestion durable des terres</i>	70
3.4.4. <i>Soil organic carbon stocks measurement to support monitoring soil organic carbon: (ii) en investissant dans une évaluation comparative</i>	77
3.4.5. <i>Évaluation de l'atteinte de la neutralité en matière de dégradation des terres</i>	82



4. Directives destinées aux gestionnaires des terres	84
4.1. Mise en œuvre d'une gestion durable des terres pour maintenir ou améliorer le carbone organique du sol et parvenir à la neutralité en matière de dégradation des terres	86
4.2. Évaluation et surveillance des stocks de carbone organique du sol	88



5. Conclusion et propositions de politiques	90
Références	96

Liste des figures

FIGURE 1	L'arbre décisionnel 1 fournit des orientations sur les domaines dans lesquels il est recommandé d'investir dans l'évaluation et la surveillance du carbone organique du sol (COS)	31
FIGURE 2	Cadre pour la gestion du COS en vue de la NDT et avantages supplémentaires par le biais de la GDT	34
FIGURE 3	A selection of some of the SLM approaches and technologies	46
FIGURE 4	Les arbres décisionnels 3a) et 3b) soutiennent l'utilisation d'outils/ de modèles pour l'évaluation du COS	55/56
FIGURE 5	La structure d'un modèle biophysique simple de matière organique du sol (MOS)	64
FIGURE 6	L'arbre décisionnel 4 permet d'identifier les zones où la surveillance du COS est essentielle	67
FIGURE 7	L'arbre décisionnel 5 aide à choisir les types d'approches d'échantillonnage pour mesurer le COS et évaluer les variations du COS avec la GDT.	81

Liste des tableaux

TABLEAU 1	Effets bénéfiques du COS/de la MOS sur la santé et la fonctionnalité des sols.	32
TABLEAU 2	Choix de sites de référence pour établir la relation entre GDT et COS via la recherche participative.	33
TABLEAU 3	Sélection de certaines des approches et technologies de GDT ainsi que des actions collectives qui ont un rapport avec les programmes de NDT	42
TABLEAU 4	Avantages d'une NDT sexospécifique et risques d'une absence d'intégration	47
TABLEAU 5	Exemples de critères d'évaluation liés au genre	47
TABLEAU 6	Influence de la GDT sur le COS : évaluation qualitative des groupes de technologies de GDT	52
TABLEAU 7	L'impact des actions collectives et des technologies de GDT sur le COS	53
TABLEAU 8	Comparaison des outils d'évaluation et de surveillance du COS	74
TABLEAU 9	Comparaison des outils d'évaluation et de surveillance du COS décrivant l'état actuel de la plateforme logicielle, des utilisateurs et des liens avec d'autres programmes.	76

Abréviations

AFAT	Agriculture, foresterie et autres utilisations des terres
CBP	Projet avantages carbone
CCAFS-MOT	Outil d'options d'atténuation du changement climatique, de l'agriculture et de la sécurité alimentaire
CFT	Cool Farm Tool
CH₄	Formule chimique du méthane
DDTS	Désertification, Dégradation des Terres et Sécheresse
DNDC	DéNitrification-DéComposition
EX-ACT	Outil de bilan carbone EX-Ante
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (ONUAA)
GES	Gaz à effet de serre
GLADA	Évaluation de la dégradation des terres à l'échelle mondiale
GLADIS	Système mondial d'information sur la dégradation des terres
GLOSI	Système mondial d'information sur les sols
GLOSOLAN	Réseau mondial de laboratoires consacrés aux sols
GLTN	Réseau mondial d'outils fonciers
GRACEnet	Réduction des gaz à effet de serre grâce au réseau d'amélioration du carbone agricole
GSOC	Carbone organique du sol mondial
GSOCmap	Carte mondiale sur le carbone organique du sol
PMS	Partenariat mondial sur les sols
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
ISRIC	Centre international de référence et d'information sur les sols
ITPS	Groupe technique intergouvernemental sur les sols
LATSOLAN	Réseau latino-américain de laboratoires consacrés au sol
CCT	Changements de la couverture terrestre
NDT	Neutralité en matière de dégradation des terres
DPT	Dynamique de productivité des terres
N₂O	Formule chimique de l'oxyde nitreux
PAN	Plan d'action national de la lutte contre la désertification
CDN	Contributions déterminées au niveau national
ONG	Organisation non gouvernementale
PPN	Production primaire nette
NSIS	Système national d'information sur les sols

RESOLAN	Réseaux de laboratoires régionaux consacrés au sol
RS	Télédétection (remote sensing)
TSA	Tropiques semi-arides
ODD	Objectif de développement durable
SEALNET	Réseau de laboratoires en Asie du Sud-Est
SIC	Carbone inorganique du sol
GDT	Gestion durable des terres
COS	Carbone organique du sol
MOS	Matière organique du sol
ISP	Interface science-politique
CNULCD	Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques
ONU-Habitat	Programme des Nations Unies pour les établissements humains
VGSSM	Directives volontaires pour la gestion durable des sols
WOCAT	Panorama mondial des approches et technologies de conservation

Glossaire

évaluation du COS	Voir changement du COS (évalué).
point de référence	La valeur estimée initiale (2015) de chacun des indicateurs utilisés pour suivre les progrès accomplis par rapport à l'atteinte de la NDT pour chaque type de terre.
stocks de COS de référence	La quantité de COS, exprimée par unité de zone (par ex. gm ⁻²), par rapport à laquelle les variations des stocks de COS sont calculées à l'échelle nationale, sous-nationale ou locale. Les stocks de COS de référence pour la zone présentant un intérêt peuvent être estimés à l'aide de mesures ou d'une combinaison de mesures et d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS.
sites de référence (du COS)	Lieu représentatif (en termes de climat, d'écorégion, de type de terre, etc.) où une vaste collecte de données mesurées est utilisée pour améliorer les outils/modèles d'évaluation du COS.
COS en vrac	COS total contenu dans une section du profil du sol, par exemple de 0 à 30 cm.
crédits carbone	Un permis ou un certificat accordant le droit d'émettre une certaine quantité de gaz à effet de serre qui est échangeable, s'il n'est pas utilisé. Théoriquement, les sols peuvent être aménagés pour stocker le carbone et générer ainsi des crédits carbone pour le commerce, si les exigences de certification sont remplies.
atténuation du changement climatique	L'atténuation du changement climatique est une intervention anthropique visant à réduire les émissions ou à accroître la séquestration des gaz à effet de serre.
comparer les impacts potentiels des interventions de GDT sur le COS	L'estimation ex-ante de l'impact des interventions alternatives de GDT à l'aide des outils/modèles pour l'évaluation du COS dans les zones où le COS doit être accumulé pour atteindre les objectifs de NDT.
communauté de développement (logiciel)	Les avantages que les populations tirent des écosystèmes tels que définis par l'Évaluation des écosystèmes en début de millénaire (MA, 2005).
indicateurs/mesures pour la surveillance de la NDT	Les indicateurs sont des variables qui reflètent un processus présentant un intérêt, en l'occurrence la dégradation des terres. Il s'agit des mesures utilisées pour quantifier ou évaluer l'état ou le niveau des indicateurs.

intervention (dégradation des terres ou GDT)	Mesures prises (par exemple, lancement d'une nouvelle pratique de GDT) dans une zone spécifique pour contrecarrer ou arrêter les processus causant la dégradation des terres.
aménagement du territoire	Dans le contexte de la NDT, l'aménagement du territoire vise à trouver un équilibre entre les possibilités économiques, sociales et culturelles offertes par les terres, et la nécessité de maintenir et d'améliorer les services écosystémiques fournis par le capital naturel d'origine terrestre. Il vise également à combiner ou à coordonner les stratégies de gestion et les exigences de mise en œuvre dans de multiples secteurs et administrations (adapted from the United Nations General Assembly, 1992).
couverture terrestre	Matériau physique à la surface de la Terre, qui peut être végétalisé ou non, naturel ou aménagé.
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 l'occupation du sol de la FAO.
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.
gestion des terres	Pratiques appliquées à la gestion des ressources terrestres.
potentiel des terres	Potentiel inhérent et à long terme des terres à générer durablement des services écosystémiques, qui reflète la capacité et la résilience du capital naturel terrestre, face aux changements environnementaux en cours.
type de terre	Catégorie de terre par rapport à son potentiel, qui se distingue par la combinaison de caractéristiques édaphiques, géomorphologiques, topographiques, hydrologiques, biologiques et climatiques, qui soutiennent la structure de la végétation actuelle ou ancienne et la composition des espèces sur ce sol.
utilisation des terres	Type d'activité exercée sur une unité d'occupation des terres, en milieu urbain, rural et de conservation (IPCC, 2006a).
réalisation de la NDT	Prouver la neutralité en matière de dégradation des terres au niveau national en termes, au minimum, de changement de la couverture terrestre, de DPT et de COS, en comparant 2030 à l'état de référence de 2015.

cible de NDT (au niveau national)	Objectif pour l'atteinte de la NDT au niveau national adopté volontairement par un pays. L'ambition nationale en ce qui concerne la NDT est aucune perte nette de terres saines et productives pour chaque type de terres, par rapport au niveau de référence.
objectif de NDT (au niveau mondial)	Objectif de parvenir à un monde neutre en matière de dégradation des terres (United Nations General Assembly, 2015).
à l'identique	Fait référence au principe consistant à contrebalancer les pertes d'un type de terre par des gains équivalents (ou supérieurs) dans le même type de terre ailleurs, afin de maintenir (ou de dépasser) la NDT.
modèle pour l'évaluation du COS	Représentation mathématique des processus qui influent sur le COS sur la base de relations biophysiques qui, combinées avec des données mesurées pour une situation ou une région donnée, peuvent être utilisées pour estimer et cartographier les variations du COS.
principe du « one out, all out »	Une approche prudente consistant à combiner différents indicateurs/paramètres pour évaluer l'état, conformément au principe de précaution. Le principe « one-out, all-out » est appliqué à la NDT de sorte que si l'un des indicateurs présente un changement négatif significatif, il est considéré comme une perte (et inversement, si au moins un indicateur montre une tendance positive, on le considère comme un gain).
principes de la science ouverte	Appliquer le concept central du libre accès (c'est-à-dire une disponibilité gratuite et publique) à tous les aspects du processus scientifique afin de favoriser la plus grande transparence et la reproductibilité dans la recherche scientifique, de faciliter la collaboration, le partage, la réutilisation et la réaffectation des ressources scientifiques (par ex. les données, le code d'analyse, les modèles).
productivité	La productivité dans ce document est utilisée en termes biologiques. Elle fait référence au taux de production de nouvelle biomasse par un individu, une population ou une communauté.
réhabilitation	Actions entreprises dans le but de rétablir la fonctionnalité de l'écosystème, où l'accent est mis sur la fourniture de biens et la prestation de services plutôt que sur le rétablissement.

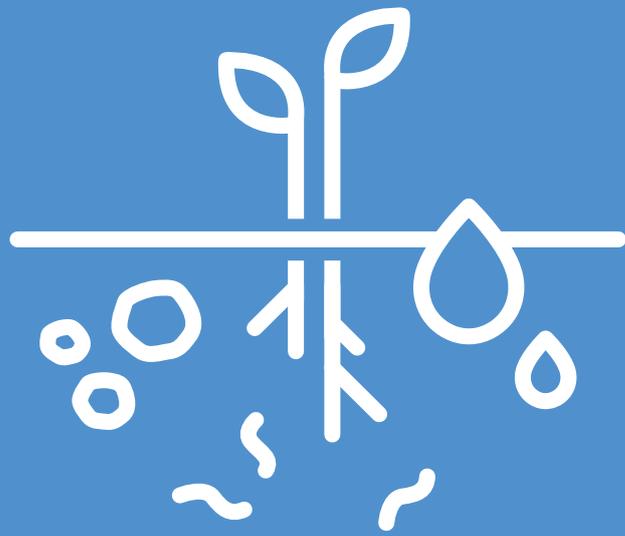
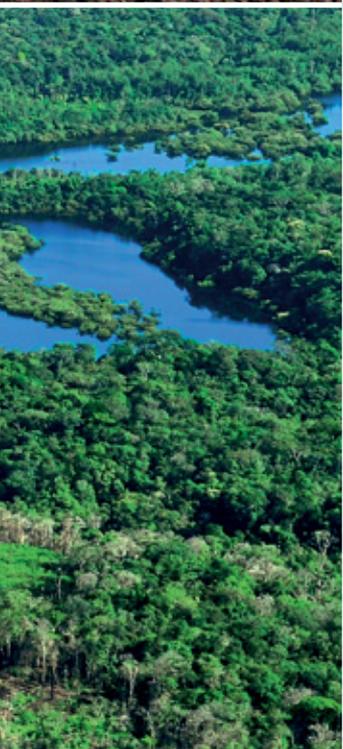
résilience	Capacité d'un système à absorber les perturbations et à se réorganiser de manière à conserver essentiellement la même fonction, la même structure et les mêmes rétroactions. La résilience est une propriété neutre, ni bonne ni mauvaise.
hiérarchie de réponses	Ensemble des actions/interventions prioritaires qui peuvent être planifiées et ensuite mises en œuvre en réponse à la dégradation passée ou prévue des terres.
restauration	Le processus d'aide à la remise en état des terres dégradées, où l'accent est mis sur le rétablissement de l'intégrité des écosystèmes.
significatif (en ce qui concerne les indicateurs/mesures de la NDT)	Un changement dans une mesure de la NDT qui est (i) considéré comme significatif par les experts, compte tenu de la précision de la méthode ; ou (ii) qui, selon toute probabilité, ne serait pas apparu par hasard, d'après une analyse statistique.
changement du COS (évalué)	Un changement positif ou négatif du COS projeté lors de l'aménagement du territoire pour une zone spécifique (par ex. une unité d'occupation des terres) et une période donnée, où un changement est anticipé en raison d'interventions de NDT ou de l'absence d'intervention.
changement du COS (surveillé)	Un changement positif ou négatif du COS pour une zone de terres spécifique (par ex. unité d'occupation des terres), sur une période donnée, mesuré et vérifiable.
gestion du COS	Pratiques appliquées dans la gestion des ressources terrestres en vue d'accroître le COS.
surveillance du COS	Utilisation de mesures ou d'une combinaison de mesures et d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS, afin de suivre les changements temporels du COS à l'échelle nationale, sous-nationale ou locale, en comparant généralement un point de référence initial du COS à un moment ultérieur dans la zone présentant un intérêt.
variation du stock de COS	Changement de la masse de COS par unité de zone (par ex. gm-2), généralement après une période suivant des changements dans l'utilisation/la gestion des terres qui peuvent modifier la dynamique du COS à l'échelle nationale, sous-nationale ou locale.
carbone organique du sol (COS)	Matériau du sol d'origine vivante (plantes, microbes, biote du sol) à divers stades de décomposition, qui constitue une ressource essentielle en énergie et en nutriments et qui affecte de nombreuses propriétés du sol telles que l'hydrologie, la structure et l'habitat.

développement d'outils/de modèles de COS	Améliorer les outils/modèles pour l'évaluation du COS afin de mieux représenter une zone, une caractéristique du sol (par exemple, la texture du sol) ou une pratique de GDT présentant un intérêt, nécessitant généralement des sites de référence de surveillance du COS pour rassembler des données adéquates, ainsi que la participation d'experts en développement.
échantillonnage d'espace-pour-temps	Mesure directe des effets du traitement dans le temps en comparant simultanément une unité d'occupation des terres traitée avec une unité d'occupation des terres équivalente qui n'est pas traitée.
standardisation	Processus d'élaboration d'une méthode, d'une procédure ou d'un système commun convenu dans un but précis.
Objectifs de développement durable (ODD)	Le Programme de développement durable à l'horizon 2030 est un ensemble de 17 « objectifs mondiaux », incluant 169 cibles. Les objectifs sont énoncés au paragraphe 54 de la résolution des Nations Unies A/RES/70/1 du 25 septembre 2015.
gestion durable des terres (GDT)	L'utilisation des ressources foncières, y compris les sols, l'eau, les animaux et les plantes, pour la production de biens répondant aux besoins humains en constante évolution, tout en garantissant le potentiel productif à long terme de ces ressources, ainsi que le maintien de leurs fonctions environnementales.
interventions de GDT	Pratiques de gestion durable des terres mises en œuvre dans le but de réduire la dégradation des terres à l'échelle nationale, sous-nationale ou locale. Dans le cas du COS, les interventions de GDT viseraient à augmenter les stocks de COS dans la zone présentant un intérêt.
suivi du COS	Voir surveillance du COS.
outils/modèles pour l'évaluation du COS	Une combinaison de données mesurées et de relations mathématiques utilisées pour évaluer le COS sur des zones spatiales plus étendues et sur des périodes de temps plus longues que ce qui est réalisable par la seule mesure. Cela inclut les approches généralisées pouvant être implémentées dans les logiciels (voir : outils d'évaluation du COS) et les approches explicites en termes de biophysique implémentées dans les modèles (voir : modèle pour l'évaluation du COS).
outil d'évaluation du COS	Logiciel utilisant des relations statistiques et empiriques pour simplifier l'évaluation et la cartographie des variations du COS.

Le carbone organique présent dans le sol joue un rôle crucial dans la productivité de celui-ci ainsi que dans un large éventail de services écosystémiques, comme le cycle des éléments nutritifs, alors qu'il sert de réserve de ressources pour le biote souterrain et contribue à la structure du sol et à son hydrologie.







Introduction



Le présent rapport vise à fournir des orientations pour aider les pays à identifier des pratiques de gestion durable des terres appropriées et pertinentes au niveau local et à adopter des approches pour maintenir ou améliorer les stocks de carbone organique du sol, ainsi que des orientations sur l'estimation et la surveillance du carbone organique du sol pour la planification de l'utilisation des terres et le suivi des réalisations en matière de NDT.

Selon le Programme des Nations Unies pour l'environnement, la dégradation des écosystèmes terrestres et marins compromet le bien-être de 3,2 milliards de personnes et le coût de la perte d'espèces et de services écosystémiques est d'environ 10 % du produit mondial brut annuel (UNEP, 2019). La Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) définit la dégradation¹ des terres comme « la diminution ou la disparition de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées non irriguées, des terres cultivées irriguées, des pâturages, des forêts ou des surfaces boisées du fait d'un ou de plusieurs phénomènes, notamment de pratiques d'utilisation et de gestion des terres ». Cela est reconnu dans l'Objectif de développement durable 15.3 : « D'ici 2030, lutter

1 Définition adoptée et utilisée par les pays Parties à la CNULCD



contre la désertification, restaurer les terres et les sols dégradés, y compris les terres touchées par la désertification, la sécheresse et les inondations, et s'efforcer de parvenir à un monde neutre en matière de dégradation des terres ». La CNULCD est l'organisme dépositaire d'un indicateur (15.3.1, la « Proportion de terres dégradées par rapport à la superficie totale »). La neutralité en matière de dégradation des terres (NDT) est réalisée si toute nouvelle dégradation est compensée par l'inversion de la dégradation ailleurs, dans le même type de terre par la restauration² ou la réhabilitation (Cowie et al., 2018; IPBES, 2018). La NDT s'appuie sur trois types d'action dans la hiérarchie de réponses : éviter, réduire, inverser. Le principal instrument pour réaliser la NDT consiste à utiliser les approches et les technologies de gestion durable des terres (GDT) introduites dans la gestion de systèmes socio-écologiques complexes. Outre le COS, le carbone inorganique du sol (CIS) est une forme de carbone dominante dans les sols des régions arides et semi-arides, et il comprend des carbonates et bicarbonates de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ et Na⁺. En effet, le CIS forme une plus grande proportion du carbone total du sol (CTS) dans les zones arides et joue un rôle important dans le cycle mondial du carbone (Lal et al., 2000).

² La restauration écologique est le plus souvent définie comme « le processus d'aide au rétablissement des écosystèmes endommagés, dégradés ou détruits » (SER, 2004). La reprise envisagée ici consiste à rétablir autant que possible la structure, la composition et le fonctionnement historiques de l'écosystème qui existait avant la dégradation. La restauration se distingue de la réhabilitation, où les activités sont axées sur la fonctionnalité et la fourniture de services ciblés davantage que sur la restauration de l'état du système avant perturbation dans toute sa complexité biologique. La réhabilitation peut, en fait, être la seule option possible dans les situations où la dégradation a dépassé le point de non retour, lorsque des espèces ont disparu ou lorsque les biotes de semences et de sol ont tous été perdus (Alexander et al., 2016).

Le carbone organique du sol est le principal constituant de la matière organique du sol, qui joue un rôle essentiel dans la productivité du sol et dans un large éventail de processus écosystémiques.

Le carbone organique du sol (COS), le plus grand réservoir de carbone de la biosphère terrestre, est un élément important du cycle mondial du carbone. Le COS est le principal constituant de la matière organique du sol (MOS), qui joue un rôle essentiel dans la productivité du sol et dans un large éventail de processus écosystémiques. La MOS comprend les restes de plantes et d'animaux présents dans le sol à différents stades de décomposition, ainsi que la biomasse microbienne et plusieurs sous-produits de processus métaboliques biotiques complexes. Estimé à 3 m de profondeur, et sans le pergélisol, le stock de COS de 3 000 Pg est environ 4 fois supérieur au stock atmosphérique (800 Pg) et environ 6,5 fois supérieur au stock biotique (560 Pg). Ainsi, même une légère perturbation du stock de COS peut entraîner de changements importants dans la concentration atmosphérique de CO². En général, 1 Pg du stock de COS équivaut à environ 0,47 ppm de CO² dans l'atmosphère et inversement (Lal, 2018). De plus, le COS joue un rôle crucial dans la productivité des sols et dans un grand nombre de processus écosystémiques, notamment le cycle des nutriments, servant de dépôt de ressources pour le biote souterrain, contribuant à la structure du sol, affectant



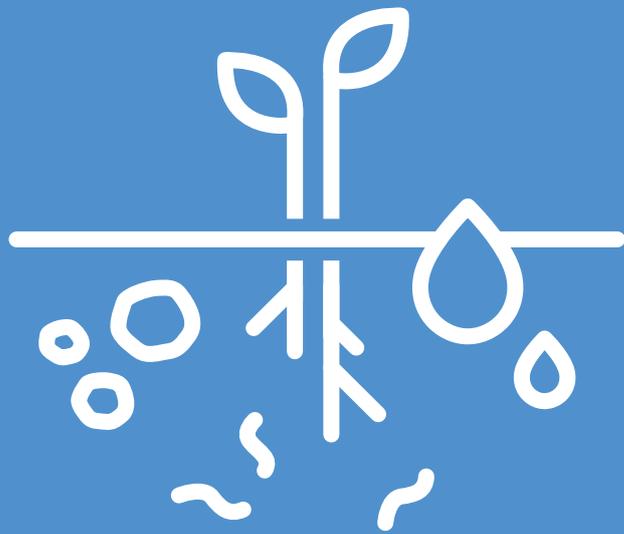
l'hydrologie du sol et stockant le carbone fixé dans l'atmosphère par la photosynthèse.

En raison de son rôle multifonctionnel et de sa sensibilité à la gestion des terres, le COS a été choisi comme l'un des trois indicateurs de la NDT, les deux autres étant le changement de couverture terrestre (CCT) et la dynamique de la productivité des terres (DPT), mesurés en tant que productivité primaire nette (PPN). En tant qu'indicateur clé de la santé de l'écosystème, le COS présente des défis uniques liés (1) à la prévision des changements potentiels du COS associés aux interventions de GDT, (2) au suivi des changements du COS dans le temps, en raison de la variabilité temporelle et spatiale. Les outils logiciels et les modèles biophysiques pour l'évaluation du COS (ci-après dénommés « outils/modèles pour l'évaluation du COS ») peuvent permettre de « pallier au manque » d'ensembles de données mesurées, mais ces types d'évaluation peuvent être très incertains lorsque les données sont limitées ou de mauvaise qualité.

Il est important de noter que les données mesurées et estimées comportent des incertitudes. Des investissements ciblés dans des initiatives de mesure et l'utilisation d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS sont nécessaires pour soutenir le déploiement des interventions de GDT pour la gestion du COS, pour la NDT et pour d'autres initiatives telles que l'adaptation et/ou l'atténuation du changement climatique sur les terres (Batjes, 2004). Le COS est la pièce maîtresse potentielle d'une action concertée visant à améliorer la santé et les fonctions des sols à l'aide de la GDT. Bien que le COS soit un indicateur clé de la qualité des sols, il ne fournit pas à lui seul suffisamment d'informations pour orienter l'utilisation rationnelle des ressources terrestres et, par conséquent, les systèmes de mesure autonomes du COS auront

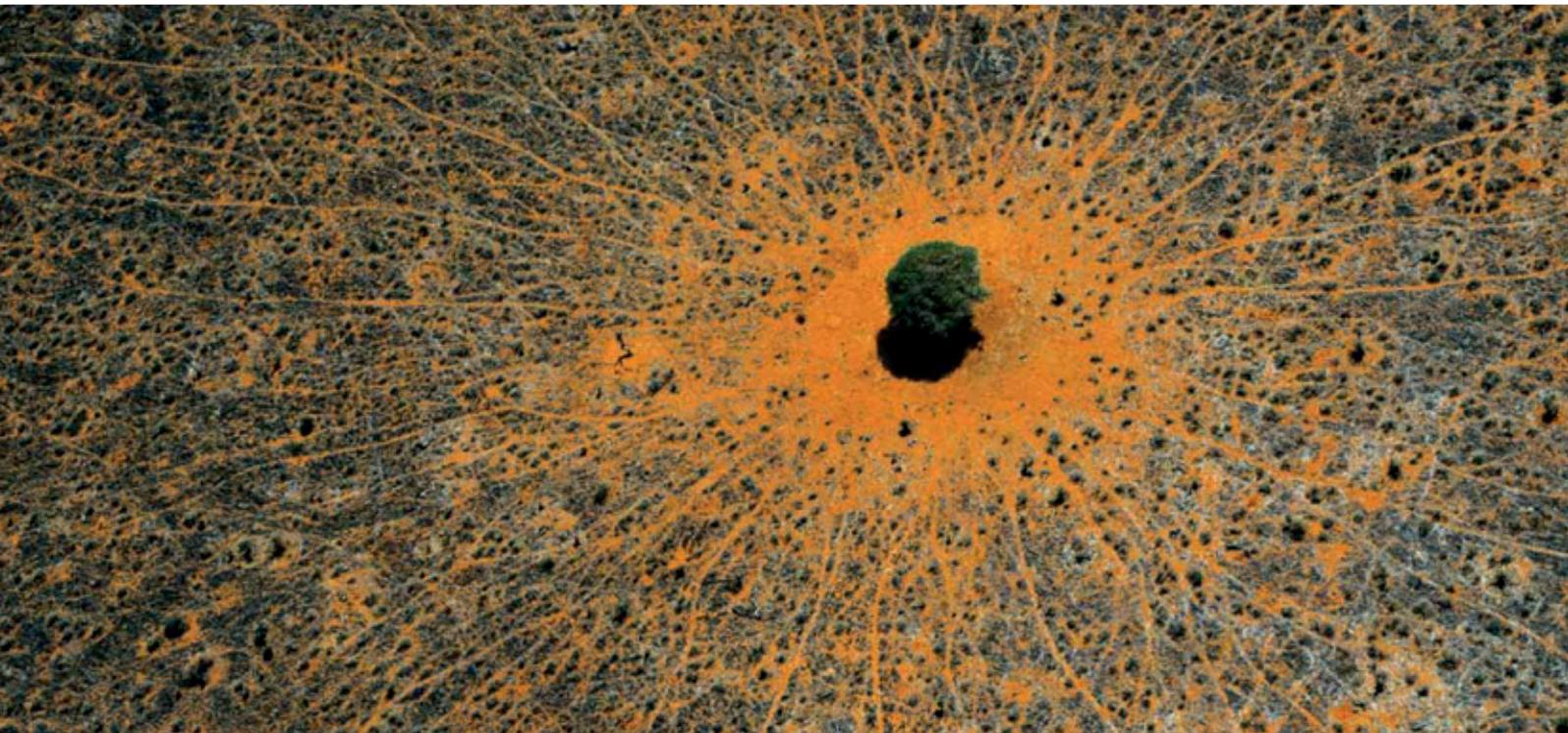
une valeur limitée, en particulier compte tenu des ressources importantes nécessaires à l'échantillonnage sur le terrain et aux mesures en laboratoire. Dans la plupart des cas, il sera plus efficace d'intégrer la mesure du COS dans un système national de surveillance de la santé des sols plus vaste (Shepherd et al., 2015b).

L'objectif de ce rapport technique est de fournir des orientations pour aider les pays (i) à identifier les pratiques et approches de GDT appropriées localement pertinentes pour maintenir ou améliorer les stocks de COS, et (ii) à estimer et surveiller le COS pour la planification de l'utilisation des sols et pour le suivi de l'atteinte de la NDT. Le champ d'application comprend l'utilisation d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS afin de comparer et de sélectionner des approches et des technologies de GDT, ainsi que des approches de suivi des changements dans les stocks de COS à l'échelle locale et nationale en combinant l'utilisation d'outils/de modèles pour évaluer le COS et de données mesurées. Les cadres et les arbres décisionnels pour la planification des interventions de GDT et l'évaluation du COS aideront les pays à prendre de meilleures décisions en cherchant à mieux comprendre quelles pratiques de GDT pourraient accroître ou maintenir le COS, fournir d'autres avantages environnementaux et répondre aux besoins des parties prenantes, tout en réduisant les coûts et les risques.



Le principal instrument pour réaliser la NDT consiste à utiliser les approches et les technologies de gestion durable des terres (GDT) introduites dans la gestion de systèmes socio-écologiques complexes.







Avantages des pratiques de gestion durable des terres pour le carbone du sol

- | | | |
|------|--|----|
| 2.1. | Introduction | 30 |
| 2.2. | Établir des relations entre la gestion durable du carbone organique du sol et la neutralité en matière de dégradation des terres | 32 |
| 2.3. | Choisir des pratiques de gestion durable des terres pour maintenir ou améliorer le carbone organique du sol | 39 |



Optimiser l'utilisation des ressources pour gérer le carbone organique des sols, en utilisant une gestion durable des terres afin d'atteindre la neutralité en matière de dégradation des terres.

2.1. Introduction

Selon le Programme des Nations Unies pour l'environnement, la dégradation des écosystèmes terrestres et marins compromet le bien-être de 3,2 milliards de personnes et coûte environ 10 % du produit mondial brut annuel en perte d'espèces et de services écosystémiques (UNEP, 2019). Le phénomène est de plus en plus exacerbé par le changement climatique. Ainsi, à bien des égards, il s'agit d'un processus dirigé à l'échelle mondiale dont les impacts locaux peuvent conduire à une catastrophe mondiale (Vlek, 2005).

Afin d'optimiser l'utilisation de ressources limitées pour favoriser la gestion du COS, le présent rapport explique pourquoi il est préférable de concentrer les investissements sur la mesure du COS, la surveillance et l'amélioration de la capacité d'évaluation comparative du COS sur les utilisations des terres, et les types de terre pour lesquels une estimation précise du COS est la plus importante.

Dans le cadre conceptuel adopté par la CNUCLD (Orr et al., 2017), la NDT est réalisée si toute nouvelle dégradation est compensée par l'inversion de la dégradation ailleurs, dans le même type de terre, par la restauration ou la réhabilitation. La NDT s'appuie sur trois types d'action dans la hiérarchie de réponses : éviter, réduire, inverser. Le principal instrument permettant de réaliser la NDT consiste à utiliser des approches et des technologies de GDT. **La GDT combine des technologies, des politiques et des activités visant à intégrer les principes socio-économiques aux préoccupations environnementales, de manière à : simultanément maintenir ou améliorer la production/les services (productivité) ; réduire le niveau de risque de production (sécurité) ; protéger les ressources naturelles et éviter la dégradation de la qualité des terres et de l'eau (protection) ; être économiquement viable (viabilité) ; et socialement acceptable (acceptabilité) (Orr et al., 2017).**

Afin d'optimiser l'utilisation de ressources limitées pour favoriser la gestion du COS, le présent rapport explique pourquoi il est préférable de concentrer les investissements sur la mesure du COS, la surveillance et l'amélioration de la capacité d'évaluation comparative du COS sur les utilisations des terres, et les types de terre pour lesquels une estimation précise du COS est la plus importante.

Afin d'optimiser l'utilisation de ressources limitées pour favoriser la gestion du COS, le présent rapport explique pourquoi il est préférable de concentrer les investissements dans la surveillance du COS et les évaluations comparatives du COS afin de sélectionner des interventions de GDT pour la NDT et d'en tirer de multiples avantages, en utilisant une diversité de ressources (par exemple l'expertise locale, les données disponibles, les ressources de base de données de GDT telles que le World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT)). La première étape implique l'évaluation de la santé des terres, si elle n'est pas déjà disponible, dont l'évaluation du potentiel et de l'état de dégradation des terres, qui constituent des étapes préparatoires à la planification de la NDT (Orr et al., 2017).



1. La santé des sols a-t-elle été évaluée en vue de planifier l'atteinte de la NDT d'ici 2030 ?

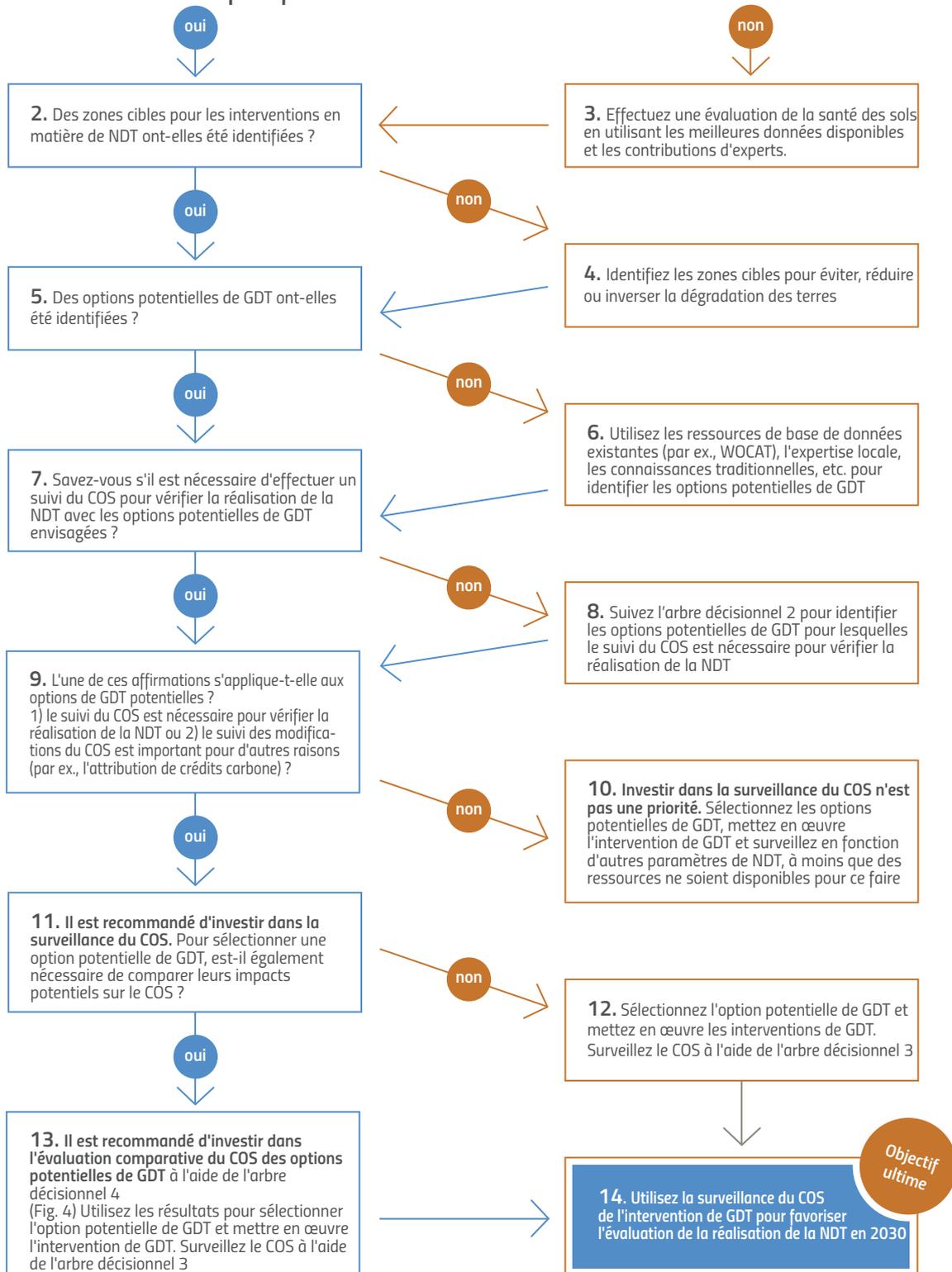


FIGURE 1

L'arbre décisionnel 1 fournit des orientations sur les domaines dans lesquels il est recommandé d'investir dans l'évaluation et la surveillance du carbone organique du sol (COS) pour suivre l'impact de la mise en œuvre de la gestion durable des terres (GDT) et pour étayer la surveillance de l'atteinte de la NDT en termes de changement du COS en 2030.



Ces paramètres sont liés à différents aspects des processus de dégradation des terres, le CCT indiquant des changements plus immédiats dans l'utilisation des terres et de la végétation, la DTP les réponses relativement rapides de la fonction de l'écosystème et le COS les réponses/la résilience à plus long terme et cumulatives à la dégradation des terres fournies par la MOS (Cowie et al., 2018).

de la couverture terrestre (CCT), la dynamique de la productivité des terres (DPT) mesurée à travers la productivité primaire nette (PPN) et les stocks de carbone mesurés à travers le carbone organique du sol (COS). Ces paramètres sont liés à différents aspects des processus de dégradation des terres, le CCT indiquant des changements plus immédiats dans l'utilisation des terres et de la végétation, la DTP les réponses relativement rapides de la fonction de l'écosystème et le COS les réponses/la résilience à plus long terme et cumulatives à la dégradation des terres fournies par la MOS (Cowie et al., 2018).

2.2. Établir des relations entre la gestion durable du carbone organique du sol et la neutralité en matière de dégradation des terres

La dégradation des terres est évaluée à l'aide de trois indicateurs mondiaux basés sur les terres, qui déterminent leur capacité à fournir des services écosystémiques : les tendances du changement

Le taux d'augmentation du COS dépend du sol, du climat, de la végétation et de leurs interactions, tels que modifiés par des interventions anthropiques. Les améliorations apportées au COS par la GDT a des effets bénéfiques importants sur les propriétés et les processus du sol (Tableau 1).

Le taux net de stockage du COS lié spécifiquement à des pratiques de GDT sur un site donné doit être déterminé en établissant des expériences à long terme (5 à 10 ans) pour les principaux agro-écosystèmes de référence du monde, y

Contrainte	Impact
Sécheresse	Conservation de l'eau, modération de la température du sol, prolifération du système racinaire, amélioration de l'approvisionnement en eau verte
Fertilité des sols	Rétention et disponibilité des nutriments ; réduction des pertes par lixiviation, volatilisation et érosion ; grande efficacité d'utilisation des nutriments
Santé des sols	Sols supprimeurs de maladies, biodiversité élevée des sols, amélioration de la croissance et de la vigueur des plantes, résilience des sols
Ameublissement des sols	Faibles risques d'encroûtement et de compactage, meilleure aération du sol, porosité favorable et distribution de la taille des pores
Production	Production agricole durable, rendement minimum assuré, meilleure qualité nutritionnelle

TABEAU 1
Effets bénéfiques du COS/de la MOS sur la santé et la fonctionnalité des sols.



compris les zones des terres arides dans le monde (Lal, 2019). Ces études doivent être menées avec la participation des agriculteurs depuis la planification jusqu'aux étapes de surveillance. Des sites de référence communautaires devraient être établis pour les ordres prédominants de sol dans une écorégion (Dregne, 1976). Les principales écorégions, sur la base de l'indice d'aridité (IA)³ sont les suivantes : i) hyper-arides (< 0,05), ii) arides (0,05 à 0,2), iii) semi-arides (0,2 à 0,5) et subhumides sèches (0,5 à 0,65) (UNEP, 1991). Les informations sur les sols prédominants dans ces écorégions (à savoir, Inceptisols, Arénosols, Psamments, Vertisols et Alfisols, Dewitte et al. (2013)) peuvent être combinées avec la carte climatique de l'Afrique (WMO/UNEP, 2001) afin d'identifier des sites de référence pour mener des études communautaires à long terme (Tableau 2).

Le COS peut être perdu beaucoup plus rapidement qu'il ne peut être récupéré grâce à une meilleure gestion. Pour prévoir l'ampleur potentielle d'un changement du COS dans un sens ou l'autre, par exemple, pour optimiser la sélection de la GDT, il est nécessaire d'utiliser simultanément des données

mesurées et des outils/modèles pour l'évaluation du COS.⁴ **L'évaluation précise du changement du**

4 Outils/modèles pour l'évaluation du COS : terme englobant les différents types d'approches analytiques pouvant être utilisés pour évaluer les stocks de COS et leurs variations à l'échelle nationale, sous-nationale ou locale. Généralement, les outils/modèles d'évaluation du COS combinent l'utilisation de données mesurées et de relations mathématiques pour évaluer le COS dans des zones spatiales plus étendues et sur des périodes de temps plus longues qu'il n'est possible par la seule mesure. Les outils d'évaluation du COS sont des outils logiciels qui utilisent des relations statistiques et empiriques pour simplifier la cartographie et l'évaluation des variations du COS. En règle générale, ces outils sont conçus pour faciliter l'évaluation du COS et pour l'intégrer à d'autres facteurs tels que la comptabilisation du carbone ou l'analyse socio-économique. Exemples : EX-ACT, Projet avantages carbone, Cool Farm Tool. Les modèles d'évaluation du COS sont définis comme un modèle biophysique qui utilise des relations biophysiques et des données mesurées pour estimer et cartographier les variations du COS. Typiquement, les modèles du COS appuient mieux certaines analyses en représentant mieux les processus biophysiques. Cependant, pour être utilisés correctement, ils nécessitent souvent la participation d'un expert et de vastes ensembles de données à l'échelle de la zone présentant un intérêt. Exemples : DAYCENT, DeNitrification-DeComposition (DNDC), Millennial, RothC, EPIC. Ces modèles ne sont pas présentés en détail dans ce rapport, se référer à FAO, 2019 pour plus de détails. <<http://www.fao.org/3/ca2934en/CA2934EN.pdf>>

3 $IA = P/ET$, où P et ET sont tous les deux exprimés en mm par an. IA est donc un indice sans dimension.

Ordre du sol	Écorégion			
	Hyper-aride	Aride	Semi-aride	Subhumide sèche
Alfisols				
Arénosols				
Inceptisols				
Psamments				
Plinthique				
Vertisols				

Identification des transects le long de l'IA et des gradients du sol

TABLEAU 2

Choix de sites de référence pour établir la relation entre GDT et COS via la recherche participative.



Un cadre de gestion du COS pour la NDT

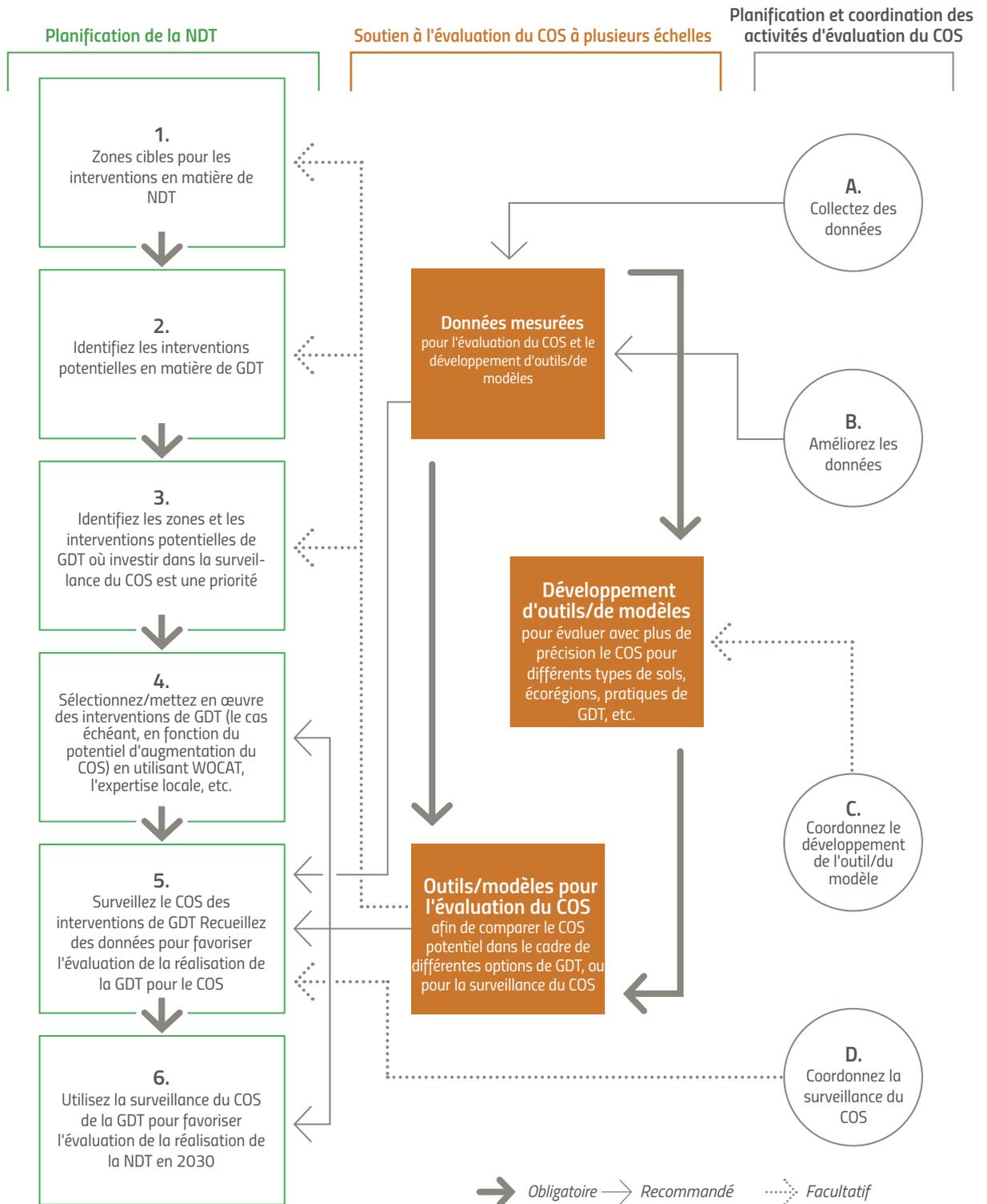


FIGURE 2

Cadre pour la gestion du COS en vue de la NDT et avantages supplémentaires par le biais de la GDT, montrant comment l'utilisation combinée de données mesurées et d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS (cases orange), confortée par des activités de planification et de coordination (cercles gris) sous-tend les activités de planification de la NDT menant à l'atteinte de la NDT (cases vertes). Les activités de planification pour (A) rassembler les données incluent l'identification du meilleur climat disponible, de la texture du sol, des mesures de COS, de l'historique de l'utilisation des terres, de la DPT, du CCT ; et (B) améliorer les données, notamment la planification et la mise en œuvre d'améliorations dans les ensembles de données à l'échelle nationale et à l'échelle des interventions de dégradation des terres, notamment par le biais de mesures du COS et de la collecte d'informations sur l'utilisation des terres. Les activités de coordination (C, D) peuvent se dérouler avec des activités scientifiques, industrielles et autres en dehors des efforts de la NDT.



COS résultant des interventions de GDT est souvent limitée par la disponibilité des données et la performance des outils/modèles d'évaluation du COS : par conséquent, il peut être nécessaire d'investir dans leur amélioration pour augmenter l'évaluation du COS afin de favoriser la NDT.

Afin d'optimiser l'utilisation de ressources limitées pour gérer le COS à l'aide de la GDT, de poursuivre la NDT et d'offrir de multiples avantages, le présent rapport établit un cadre permettant de faire correspondre les zones de terres avec les approches de GDT appropriées, étayé par des informations provenant de mesures du COS et d'outils/de modèles d'évaluation du COS (figure 2). Ce cadre aide les utilisateurs à développer, tester et affiner les méthodes d'évaluation du COS pour les appliquer à la surveillance du COS, afin d'étayer l'évaluation de l'atteinte de la NDT.

2.2.1 Processus reliant le carbone organique du sol à la dégradation des terres

La PPN théorique des terres est indiquée par la position de la terre sur le globe et les contraintes imposées par l'eau et le sol pour soutenir la croissance des plantes (Del Grosso et al., 2008). Les écosystèmes terrestres sont de nature dynamique et leurs attributs tels que le stock de carbone et la diversité biologique, ainsi que leurs services, fluctuent sur une large bande en raison des cycles climatiques et d'autres perturbations naturelles telles que les feux de forêt. Le temps nécessaire pour se remettre de telles perturbations peut aller de quelques années pour les prairies à plusieurs décennies pour les forêts tropicales, en fonction des conditions climatiques et de la résilience du sol (Running, 2008). **Cependant, l'intrusion de l'Homme dans des environnements vierges entraîne souvent des perturbations persistantes et une dégradation des terres au détriment de la performance de l'écosystème par l'élimination de la végétation, la réduction de la PPN et la perte de la santé des sols (Blaikie et al., 2015).**

L'un des principaux impacts de la dégradation des terres est la perte de productivité des sols, qui peut être affectée par de nombreuses interventions humaines, dans un sens positif ou négatif. La dégradation des terres résulte de changements préjudiciables dans les conditions biophysiques et chimiques du sol, dont les trois composantes interagissent souvent et affectent la résilience de l'écosystème et la NDT. Inversement, une diminution de la PPN affectera la dynamique biochimique du sol, une réduction de l'apport de carbone dans le sol étant souvent une conséquence de l'élimination de la végétation. Avec une respiration hétérotrophe inchangée, la réduction des apports de la PPN entraîne un déclin du COS et, finalement, une perte de la biodiversité du sol. Les taux de diminution du COS dépendent des taux d'activité microbienne et de l'accessibilité du COS (par ex. si la MOS est protégée contre l'activité microbienne, en raison par exemple de la formation de granulats dans le sol). De plus, la dynamique du COS est fortement liée à la texture du sol, la quantité et le type d'argile présente déterminant le degré de protection par la formation de complexes argilo-organiques (Lehmann and Kleber, 2015). Le COS intègre de nombreux processus en-dessous et au-dessus du sol, ce qui en fait un indicateur utile de la capacité de production d'un sol, même s'il ne saisit pas toutes les formes de dégradation (Aynekulu and Shepherd, 2015).

Le COS intègre de nombreux processus en-dessous et au-dessus du sol, ce qui en fait un indicateur utile de la capacité de production d'un sol, même s'il ne saisit pas toutes les formes de dégradation (Aynekulu and Shepherd, 2015).





La perte de COS résultant de la conversion des terres suit généralement une fonction logarithmique négative, atteignant asymptotiquement un nouvel équilibre dicté par la nouvelle utilisation et gestion des terres (Bernoux et al., 2006). À titre d'exemple, les stocks de COS dans les zones tropicales semi-arides peuvent diminuer de 30 % en moins de cinq ans lorsque la végétation indigène ou les pâturages sont convertis en terres cultivées (Noellemeyer et al., 2008 ; Zach et al., 2006), tandis que la culture des sols des forêts tropicales entraînait la perte de plus de 60 % des stocks de COS d'origine en quelques années seulement (Brown and Lugo, 1990 ; Guo and Gifford, 2002). La GDT peut atténuer ou surmonter ces déclin (Trivedi et al., 2016), mais l'apport de COS est souvent lent et il est peu probable qu'il atteigne ses niveaux antérieurs à la perturbation, restant généralement bien en dessous de l'équilibre établi pendant des décennies ou des siècles sous la végétation indigène. Winowiecki et al. (2016), par exemple, ont signalé qu'en Tanzanie, les parcelles cultivées avaient en moyenne moins de la moitié du COS des parcelles semi-naturelles jumelées. Même une culture très productive comme la canne à sucre, qui a montré un potentiel d'augmentation du COS par rapport aux pâturages, notamment lorsqu'ils sont dégradés, contient encore moins de COS par rapport aux sols sous une végétation indigène (Bordonal et al., 2018 ; Mello et al., 2014 ; Oliveira et al., 2016).

La plupart des processus de dégradation des terres se reflètent dans le changement du COS au fil du temps, bien qu'il existe des exceptions. Par exemple, l'infestation d'Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) en Asie du Sud-Est après la coupe à blanc s'est produite sans perte de COS. Cependant, de nombreux facteurs de dégradation des terres peuvent déclencher des processus pédologiques

entraînant des pertes de COS. Par exemple, la coupe à blanc, les feux de forêt et le surpâturage peuvent entraîner une exposition du sol qui augmente sa température et la décomposition de la MOS (Crowther et al., 2016), ainsi que l'érosion éolienne et hydrique avec un déplacement du COS (Fernandez-Raga et al., 2017 ; Goudie and Middleton, 2006). L'extraction et l'exportation des nutriments (Grote et al., 2005 ; Stoorvogel and Smaling, 1990), ainsi que l'élimination ou le brûlage des résidus végétaux, entraînent l'épuisement des nutriments dans le sol, une perte de productivité et, à nouveau, une exposition du sol. La culture aère le sol et favorise la décomposition de la MOS ainsi que l'érosion des sols sur les terrains en pente, déplaçant ainsi le COS (Li et al., 2008 ; Lobb, 2011). La traction animale facilite la conversion des terres et la culture, avec les conséquences évoquées ci-dessus. La mécanisation peut exacerber ces processus et causer des dommages dus au compactage du sol, diminuant ainsi l'aération et l'activité biologique du sol, avec des impacts concomitants sur le COS. La situation est d'autant plus compliquée que, dans de nombreux cas, le COS peut être perdu beaucoup plus rapidement qu'il ne peut être ajouté ou récupéré. En outre, par rapport à d'autres indicateurs, le changement du COS est plus difficile à gérer et à surveiller à grande échelle que la couverture terrestre et la productivité. **La GDT, lorsqu'elle est déployée de manière appropriée pour des lieux et des situations donnés, peut être utilisée pour éviter ces actions préjudiciables, ainsi que pour contrer ou compenser leurs effets.**



2.2.2 Le changement de la couverture terrestre, la productivité primaire nette et le carbone organique du sol sont interdépendants et se modifient souvent à l'unisson

Le changement de la couverture terrestre (CCT) dû au défrichement de la végétation naturelle est généralement la première étape du processus de dégradation des terres, tandis que les tendances de la PPN de tout système d'utilisation des terres ultérieures indiquent des changements dans la fonction globale de l'écosystème. Théoriquement, la PPN en un quelconque point du globe est déterminée par les heures d'ensoleillement, le rayonnement solaire et l'altitude, la disponibilité de l'eau et la capacité de production du sol, qui se reflètent dans la végétation indigène. Un déclin de la PPN de la végétation indigène, corrigée pour le changement climatique et la fertilisation atmosphérique (azote ou CO₂) (Vlek et al., 2010), est un signe de dégradation des terres. Il en va de même pour la baisse systématique de la productivité agricole, qui fait l'objet d'un suivi et d'un rapport annuel de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Les intrants de COS sont liés à la PPN hors sol et aux racines, ce qui est lié au type de végétation (Ingram and Fernandes, 2001). Le plus souvent, ces interdépendances entraînent le déclin et l'amélioration des indicateurs de la NDT à l'unisson, au moins jusqu'à un certain point (Oldfield et al., 2019).

Il existe cependant des situations où les indicateurs de la NDT changent à des rythmes différents ou dans des directions différentes. Une méta-analyse de la relation entre le COS et le rendement des cultures (Oldfield et al., 2019), par exemple, a révélé que l'augmentation du COS augmente les rendements jusqu'à ce que les concentrations atteignent environ 2 %, limite au-delà de laquelle l'augmentation du COS commence à produire des rendements décroissants. En dessous du seuil de 2 %, il est possible d'améliorer à la fois le COS et les rendements en utilisant les approches et les technologies de GDT.

Par exemple, environ deux tiers des terres agricoles consacrées au maïs et au blé ont un seuil inférieur à 2 %, et les sols des régions tropicales semi-arides (SAT) qui cultivent du sorgho et du mil sont encore plus pauvres en COS. Dans de telles situations, les rendements sont fortement liés aux niveaux de COS (MacCarthy et al., 2018). Cependant, au-delà du seuil de 2 %, il peut être possible d'améliorer le COS même si les rendements sont peu affectés, ce qui nécessite de prendre en compte séparément la PPN ou les mesures de la productivité agricole par rapport aux variations du COS dans le contexte de la GDT. **Compte tenu des ressources limitées, investir dans le suivi des variations du COS est une priorité majeure lorsque :** a) le COS sera la principale indication de la dégradation des terres et de l'atteinte de la NDT avec la GDT, b) la surveillance du COS est explicitement précisée (par ex. échange de carbone), et/ou c) le COS est moins susceptible d'agir de concert avec la PPN et le CCT avec la GDT.

2.2.3 Plusieurs conventions peuvent tirer parti du maintien ou de l'augmentation du carbone organique du sol

Pour les besoins de la NDT, il est essentiel de déterminer le changement de direction du COS pour atteindre ou dépasser les niveaux de référence de 2015, plutôt qu'un changement radical. Dans le cadre de la planification et de la mise en œuvre des activités de la NDT, il est important de savoir si

Dans le cadre de la planification et de la mise en œuvre des activités de la NDT, il est important de savoir si une approche ou une technologie de GDT déployée dans une zone ciblée pourra contribuer à cet objectif.



une approche ou une technologie de GDT déployée dans une zone ciblée pourra contribuer à cet objectif. En fin de compte, l'atteinte de la NDT est agrégée à l'échelle nationale et doit être vérifiée. Cependant, la gestion du COS pour atteindre l'objectif de la NDT peut différer de la gestion du COS à d'autres fins. Un exemple important est la gestion du COS dans le contexte de la réduction des gaz à effet de serre (GES), qui prend en compte tous les GES et l'impact global sur le changement climatique. Pour la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), la séquestration du carbone dans le sol est considérée dans le contexte des flux nets de GES (y compris le N₂O et le CH₄ qui peuvent être émis par les sols et qui sont affectés par le COS) ; ainsi, toute stratégie de gestion de l'utilisation des terres qui augmente le COS n'a qu'une valeur limitée si ces gains sont compensés par des émissions accrues de ces puissants GES (Bernoux et al., 2006).

La CNULCD reconnaît le potentiel d'intégration du COS et soutient qu'il devrait être mis à profit chaque fois que possible (UNCCD, 2015). Par exemple, les activités initiales de planification de la NDT pourraient utiliser les évaluations du COS effectuées dans le cadre des inventaires nationaux de GES si la composante du COS était estimée à l'aide des approches de niveau 2 ou 3 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). La surveillance et l'évaluation des coûts partagés du COS pour plusieurs conventions pourraient contribuer à une utilisation collective et mutuellement bénéfique des ressources. Cependant, la capacité des activités intégrées variera considérablement en fonction des activités passées, des ressources disponibles et des opportunités de financement. L'urgence de l'impact de la dégradation des terres est telle que l'aspiration à l'intégration ne devrait pas être une contrainte

pour engager des actions de NDT sur le terrain. Au lieu de cela, l'intention d'intégration peut permettre d'orienter la nature et l'augmentation des actions de NDT par le biais de collaborations, dans la mesure du possible.

Aux fins de la coordination à grande échelle, Orr et al. (2017) recommande de tirer parti des activités d'aménagement du territoire existantes, en particulier en reliant la planification de la NDT aux : « Programmes d'action nationaux (PAN) de la CNULCD, aux plans d'adaptation nationaux de la Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique (CCNUCC), aux contributions déterminées au niveau national (CDN), et à l'intégration dans les plans de développement nationaux et d'autres processus politiques ». Ces efforts reposent idéalement sur des évaluations rigoureuses des données de référence de la dégradation des terres, ce qui représente un défi beaucoup plus important pour le COS que pour la PPN ou le CCT, en raison de limitations plus importantes en termes de disponibilité des données, ainsi que des exigences analytiques plus élevées pour suivre les changements passés ou estimer les changements futurs potentiels. Le guide de planification des ressources foncières pour la GDT élaboré par la FAO peut être utile pour une telle planification multisectorielle (Ziadata et al., 2017).



2.3 Choisir des pratiques de gestion durable des terres pour maintenir ou améliorer le carbone organique du sol

L'application ciblée des pratiques de GDT (politiques, stratégies, approches et technologies) est le principal moyen de réaliser la NDT aux niveaux paysager et national. La contribution à l'atteinte de la NDT, et en particulier à l'amélioration du COS, peut être considérée comme un critère d'identification des technologies et approches de GDT appropriées pour un territoire particulier. Les pratiques de GDT se révèlent généralement être des solutions optimales pour traiter simultanément la dégradation des terres, et l'adaptation aux changements climatiques ainsi que leur atténuation. Ces pratiques tendent à présenter un potentiel d'adaptation important (renforcement de la résilience et maintien ou amélioration de la sécurité alimentaire) dans les zones humides et semi-arides, mais peuvent présenter des avantages moindres en termes d'atténuation (émissions de gaz à effet de serre et séquestration accrue du carbone) dans les zones arides où il est plus pertinent, comme objectif, de traiter la dégradation des terres et l'adaptation au changement climatique que d'atténuer ce dernier (Sanz et al., 2017 ; UNCCD, 2017a). Une analyse plus détaillée des contributions de la GDT à l'adaptation aux changements climatiques terrestres et à l'atténuation de leurs effets se trouve dans Sanz et al. (2017).

Des informations sont nécessaires sur les pratiques spécifiques de GDT qui contribuent au maintien ou à l'augmentation du COS, mais également pour identifier les zones de terres et les approches de GDT à hiérarchiser comme investissements pour le COS. Il n'existe pas d'option « universelle » pour la GDT pour les 300 000 séries de sols connues et pour une multitude de facteurs propres au site. L'une des questions clés que les pays se posent souvent est la suivante : quelle répartition des ressources entre les interventions de restauration des terres offrira le meilleur retour sur investissement compte tenu des multiples objectifs de développement et

d'environnement ? Pour y répondre, les décideurs pourraient utiliser des modèles économiques qui prévoient les coûts, les avantages et les risques à long terme des options d'intervention de GDT, ainsi que le coût de l'inaction (Shepherd et al., 2015a).

Les pratiques de GDT se révèlent généralement être des solutions optimales pour traiter simultanément la dégradation des terres, et l'adaptation aux changements climatiques ainsi que leur atténuation.

La figure 2 offre un guide général sur le choix des interventions de GDT pour la gestion du COS, constituée de plusieurs étapes (cases vertes) et qui devrait idéalement s'appuyer sur l'accumulation d'ensembles de données et de ressources (outils/modèles pour l'évaluation du COS) afin d'élargir les évaluations du COS (cases orange). Les choix en matière de GDT doivent être validés et affinés dans des conditions spécifiques au site, en tenant dûment compte des facteurs biophysiques (sol, climat, terrain), socio-économiques (régime foncier, taille des exploitations, infrastructure, soutien institutionnel, accès au marché, questions de genre) et culturelles (foi, traditions, rituels). La reconstitution des stocks COS des sols dégradés et appauvris, qui n'atteint souvent que 0,05 % dans les terres cultivées de l'Asie du Sud et de l'Afrique subsaharienne, ainsi que dans celles des Caraïbes et de la région andine, permet de faire progresser la NDT. Dans ce contexte, la mise en œuvre des options de GDT (Dumanski, 1997 ; Hurni, 1997) peut améliorer le COS, restaurer et maintenir la santé du sol et permettre de réaliser la NDT (tableau 3). Parmi les exemples de GDT, on peut citer l'agro-écologie, l'agriculture de conservation avec rétention de résidus et cultures de couverture, les systèmes agricoles mixtes intégrant culture et élevage, l'agroforesterie, la



gestion intégrée des nutriments impliquant la combinaison judicieuse de sources organiques et inorganiques de nutriments végétaux, et l'agriculture de précision (FAO, 2017).

L'application d'une GDT appropriée devrait aboutir à un bilan carbone du sol/écosystème positif de sorte que l'apport de biomasse-C (à savoir la rétention de résidus, le compost, le biochar) dépasse les pertes de COS (par érosion, décomposition et lixiviation). Dans des conditions de terres arides (avec un indice d'aridité ou P/ET inférieur à 0,65) (UNEP, 1991), le taux de séquestration du COS peut varier de 0,1 à 0,25 MgC ha⁻¹ an⁻¹ (Lal, 2002). Dans de tels environnements, l'adoption de la GDT pourrait également accroître le stock de CIS en tant que carbonates secondaires ou caliches, et par la lixiviation de bicarbonates dans les eaux souterraines (Monger et al., 2015). Les écosystèmes des zones arides ont des mécanismes biologiques et abiotiques de séquestration du CIS, qui peuvent tous deux être améliorés et maintenus grâce à l'adoption de la GDT, telle que l'agroforesterie (Garrity et al., 2006) et la conservation et la gestion de l'eau (Rockstrom et al., 2009).

Après avoir identifié les zones susceptibles de créer du COS, il est possible de définir les interventions de GDT pour gérer le COS. Il convient d'utiliser plusieurs sources d'informations pour identifier les options d'intervention de GDT les plus susceptibles de s'adapter à des contextes socio-écologiques

spécifiques et d'aboutir avec succès à l'atteinte de la NDT. Des bases de données telles que WOCAT, TerrAfrica, le Guide de référence de la GDT de la Banque mondiale et les Directives volontaires pour une gestion durable des sols (VGSSM) fournissent des recommandations détaillées et des exemples de pratiques de GDT, ainsi que des compétences locales et des connaissances traditionnelles (Toudert et al., 2018). Le choix de l'intervention censée être la plus efficace dépend du type de problème qu'elle aborde ainsi que des approches et des technologies de GDT disponibles pour ce type d'utilisation du sol (Shepherd et al., 2015a). L'outil GeOC fournit un moyen d'évaluer le contexte biophysique et socio-économique pour le ciblage spatial et l'extension des options de GDT (Le et al., 2017).

Lorsque vous choisissez les pratiques de GDT appropriées pour maintenir ou améliorer le COS :

- Caractérisez le site (agro-écosystème, potentiel foncier, état des terres, contexte socio-économique) ;
- Identifiez les facteurs de dégradation des terres, les limites de la gestion actuelle ;
- Ciblez les lieux où le COS est vulnérable à la perte et où il est possible d'obtenir le gain le plus important ;
- En utilisant des ressources telles que WOCAT, identifiez les pratiques de GDT potentiellement appropriées (en tenant compte à la fois des technologies et des approches pour traiter les facteurs de dégradation des terres identifiés, ainsi que des contraintes), puis évaluez également l'adéquation au contexte socio-économique ; et
- Évaluez les options alternatives pour leur potentiel d'amélioration du COS (utilisez des outils/modèles pour l'évaluation du COS, le cas échéant, et lorsqu'un degré de certitude supérieur est requis).

Bien que l'adoption des technologies de GDT à l'échelle de l'exploitation agricole puisse améliorer la qualité des terres, c'est souvent la mauvaise gestion au niveau du paysage ou des bassins versants qui crée un contexte dans lequel les agriculteurs subissent des contraintes.



Lorsque vous décidez de la mise en œuvre de tout investissement ciblé dans la gestion du COS, il est important de garder à l'esprit que le résultat peut dépendre fortement de l'ampleur de la mise en œuvre. De nombreuses technologies de GDT sont mises en œuvre au niveau des exploitations agricoles et des champs. Bien que l'adoption des technologies de GDT à l'échelle de l'exploitation agricole puisse améliorer la qualité des terres, c'est souvent la mauvaise gestion au niveau du paysage ou des bassins versants qui crée un contexte dans lequel les agriculteurs subissent des contraintes. Lors de l'élaboration d'une politique basée sur des exemples réussis distincts, il convient de veiller à ce que la reproduction à plus grande échelle ne conduise pas à des résultats défavorables, par exemple par la revégétalisation sur des sites inappropriés, ce qui entraîne une diminution de la disponibilité de l'eau en aval.

Le type de terre et ses caractéristiques peuvent être utilisés pour identifier les zones prioritaires pour la gestion du COS, c'est-à-dire (i) les zones de faibles précipitations et/ou les sols très érodables où le COS est susceptible d'être perdu et peut donc être la cible d'interventions pour éviter ou réduire la dégradation des terres, et (ii) les sols riches en COS et/ou fortement argileux qui, par leur grande capacité à augmenter ou à stocker le COS sont susceptibles de générer des avantages économiques substantiels grâce au commerce du carbone. Cette approche peut être mise en œuvre à l'aide des ensembles de données de référence du COS de 2015, des informations sur le type de terres (potentiel des terres) utilisé dans la planification de la NDT, ainsi que des données sur la couverture terrestre et la productivité du sol.

Une fois que les zones prioritaires générales ont été identifiées, d'autres sources d'information sur l'état de la dégradation des terres et l'expertise locale peuvent être utilisées pour identifier des « cibles prioritaires » pour la GDT, dans lesquelles « l'état des terres est bon mais se dégrade » (Orr

et al., 2017). Une fois que les options de GDT sont identifiées, cela peut faciliter la sélection des interventions de GDT dans le contexte de la nécessité d'investir dans la surveillance du COS et/ou l'évaluation comparative des impacts du COS, afin d'accroître la capacité nationale de gérer le COS et de réaliser la NDT.

et al., 2017). L'outil « Trends. Earth » pourrait constituer une bonne ressource pour cette approche, conçue pour étayer l'évaluation de la dégradation des terres au niveau national, y compris les méthodes d'évaluation du COS sur la base de l'ensemble des données SoilGrids 250m afin de fournir un stock de COS de référence, et le changement de couverture terrestre pour estimer les impacts de l'utilisation des terres sur le changement du stock de COS. Après avoir déterminé les zones cibles, les options d'interventions de GDT pour gérer le COS peuvent être identifiées plus efficacement. Plusieurs sources d'information peuvent être utilisées pour identifier les options d'intervention de GDT les plus susceptibles d'améliorer le COS : données historiques sur l'utilisation et la gestion des terres, données de COS mesurées, outils/modèles pour évaluer les changements potentiels de COS pour un site spécifique, des contextes socio-économiques et écologiques spécifiques. Les sources d'information comprennent, par exemple, la base de données WOCAT sur la GDT et d'autres ensembles de données pertinents, ainsi que l'expertise locale et les connaissances traditionnelles. Une fois que les options de GDT sont identifiées, cela peut faciliter la sélection des interventions de GDT dans le contexte de la nécessité d'investir dans la surveillance du COS et/ou l'évaluation comparative des impacts du COS, afin d'accroître la capacité nationale de gérer le COS et de réaliser la NDT.



TABLEAU 3

Sélection de certaines des approches et technologies de GDT ainsi que des actions collectives qui ont un rapport avec les programmes de NDT (modifié d'après Toudert et al., 2018). Chaque colonne représente une liste indépendante, et chaque liste se compose d'activités dont la mise en œuvre est généralement plus individualisée, de gauche à droite. Plusieurs interventions peuvent servir plus d'un but, mais la principale mesure d'intervention en matière de NDT se reflète dans le code de couleur. L'indice de surveillance principal et (lorsqu'elle est évaluée) l'influence relative du COS sont indiqués pour chaque approche, action ou pratique, cette dernière étant fondée sur une évaluation qualitative dérivée d'une analyse de la littérature scientifique et du jugement d'experts, où 1 indique un impact faible ou nul, 2 indique un impact moyen et 3 indique un impact élevé (de Sanz et al., 2017). Les stratégies d'évitement ne devraient pas entraîner de modification du COS et n'ont donc pas été pris en compte pour l'influence du COS.

Approches		
<i>Régimes et politiques d'utilisation des terres</i>		
Nom	Indice de surveillance principale	Influence du COS
Contrôle de la conversion des terres	CCT (télédétection)	-
Déclaration des zones nationales de protection	CCT (télédétection)	-
Titres fonciers	PPN (télédétection/statistiques agricoles)	-
Réforme agraire	PPN (télédétection/statistiques agricoles)	-
Planification des infrastructures	CCT (télédétection)	-
Paiement pour le programme de services écosystémiques	CCT (télédétection)	-
Aide à la planification des bassins versants	CCT (télédétection)	2
Accords de pâturage	PPN (télédétection/statistiques de production)	2
Programmes de conservation des eaux et des sols	COS (statistiques de surveillance/prod)	2
Mise en jachère/réinstallation	CCT (télédétection)	non évalué
Promotion des fertilisants	COS (statistiques de surveillance/prod)	2
Régulation de la combustion de la biomasse	COS (statistiques de surveillance/prod)	2
Services de vulgarisation	COS (statistiques de surveillance/prod)	non évalué
Fiscalité/subventions	PPN (télédétection/statistiques de production)	non évalué
Plans de carburant alternatifs	CCT (télédétection)	1

Clé d'indice de surveillance principale :

CCT (télédétection) changement de couverture terrestre, en utilisant la télédétection,
 PPN (télédétection/statistiques agricoles) : productivité primaire nette, en utilisant des statistiques de télédétection et de production,
 COS (statistiques de surveillance/prod.) : carbone organique du sol, statistiques de surveillance et de production



Actions collectives						Technologies		
Actions structurelles			Mesures de protection de la végétation			Mesures agronomiques		
Nom	Indice de surveillance principale	Influence du COS	Nom	Indice de surveillance principale	Influence du COS	Nom	Indice de surveillance principale	Influence du COS
Aménagement du territoire communautaire	CCT (télédéttection)	-	Couloirs de végétation	CCT (télédéttection)	-	Jachère rotationnelle ou en bande	PPN (télédéttection/statistiques agricoles)	-
Gestion des eaux de ruissellement	CCT (télédéttection)	-	Stabilisation des dunes de sable	CCT (télédéttection)	-	Couverture de bande de végétaux	PPN (télédéttection/statistiques agricoles)	-
Prévention des crues	PPN (télédéttection/statistiques de production)	2	Régénération naturelle	CCT (télédéttection)	2-3	Labour/plantation suivant les courbes de niveau	PPN (télédéttection/statistiques agricoles)	-
Aménagement de terrasses	PPN (télédéttection/statistiques de production)	2	Reboisement	CCT (télédéttection)	3	Agroforesterie	COS (statistiques de surveillance/prod)	3
Drainage par tuiles	PPN (télédéttection/statistiques de production)	1	Boisement	PPN (RS)	3	Clôture	COS (statistiques de surveillance/prod)	2
Plans d'irrigation	PPN (télédéttection/statistiques de production)	2	Restauration des zones humides	CCT (télédéttection)	non évalué	Labour minimum/inexistant	COS (statistiques de surveillance/prod)	2
Contrôle des ravins	PPN (télédéttection/statistiques de production)	2	Terrains boisés/plantations	PPN (télédéttection/statistiques de production)	1	Rotation des cultures	COS (statistiques de surveillance/prod)	2
			Enclos	CCT (télédéttection)	3	Cultures intercalaires	COS (statistiques de surveillance/prod)	3
			Pépinières	PPN (télédéttection/statistiques de production)	3	Engrais vert	COS (statistiques de surveillance/prod)	3
			Réduire la densité des troupeaux	PPN (télédéttection/statistiques de production)	2	Compostage/paillage de sol	COS (statistiques de surveillance/prod)	3
						Épandage de fumier	COS (statistiques de surveillance/prod)	3
						Systèmes de culture/d'élevage intégrés	PPN (télédéttection/statistiques de production)	2
						Agriculture de conservation	COS (statistiques de surveillance/prod)	2-3
						Utilisation de fertilisants	COS (statistiques de surveillance/prod)	2

*Influence du COS faible ou nulle = 1 ; moyenne = 2 ; élevée = 3 ; = non prise en compte.

Clé de couleur pour les types de mesures d'intervention ■ Éviter ■ Réduire ■ Inverser



2.3.1 Choix des pratiques de GDT pour la gestion du COS aux niveaux local et sous-national

Les technologies de GDT mises en œuvre au niveau des exploitations agricoles et des champs sont des mesures agronomiques, végétatives, structurelles et de gestion qui contrôlent la dégradation des terres et améliorent la productivité dans le champ, tandis que les *approches de GDT* sont des moyens de soutien qui permettent d'introduire, de mettre en œuvre, d'adapter et d'appliquer les technologies de GDT dans le champ (WOCAT, 2007). La littérature scientifique énumère des centaines de technologies de GDT pouvant être déployées dans divers écosystèmes. En outre, elle aborde de nombreuses approches pour créer un environnement propice à la diffusion et à l'adoption de telles technologies dans l'environnement ciblé. Le choix des interventions particulières censées être les plus efficaces dépend du type de problème à traiter, des approches et technologies de GDT disponibles pour l'utilisation et le type de terre spécifiques, de l'expertise et de la connaissance locale pour favoriser l'adoption et la diffusion. Une évaluation qualitative détaillée du potentiel d'augmentation du COS d'une centaine de pratiques de GDT différentes appliquées à l'agriculture, à la foresterie, à la gestion des pâturages et à l'utilisation mixte des terres est disponible dans le rapport de l'Interface science-politique (ISP) « Contribution de la GDT au succès de l'adaptation au changement climatique lié aux terres et à l'atténuation de ses effets » (Sanz et al., 2017).

Le tableau 3 énumère certaines des approches et technologies de GDT que les décideurs prennent en compte dans la planification en matière de NDT. Bien que les stratégies d'intervention s'appliquent à toutes les échelles d'intervention, les interventions de GDT énumérées dans la partie plus à droite du tableau 3 se prêtent mieux à une mise en œuvre sur le terrain par les gestionnaires fonciers individuels. Par exemple, l'aménagement du territoire ne se fait normalement pas au niveau de chaque exploitation agricole, et les communautés ne décident pas non plus des systèmes de culture

ou de la gestion des animaux sur l'exploitation agricole. C'est dans cet éventail d'approches et d'options technologiques que les décideurs déterminent le point d'entrée le plus susceptible de favoriser l'atteinte des objectifs nationaux en matière de NDT et, dans le contexte du présent rapport, celui qui optimisera l'accumulation du COS.

L'intensification des interventions au niveau de l'exploitation agricole qui sont bénéfiques pour l'environnement et le public peut être lente s'il n'y a aucun avantage privé pour le propriétaire terrien, ou si les avantages privés sont lents à se concrétiser (Stevenson and Vlek, 2018). Les avantages réels des technologies de GDT en termes d'accumulation de COS au niveau national dépendront donc du degré d'adoption. Les gestionnaires fonciers utilisent souvent des combinaisons d'interventions de GDT dans leurs exploitations agricoles.

L'investissement dans le suivi des progrès en matière de NDT dépendra de la stratégie déployée en matière de NDT (figure 6). Différentes analyses sont pertinentes selon les lieux, en fonction du niveau de hiérarchie de réponses (éviter, réduire ou inverser la dégradation des terres) appliqué au lieu ciblé. Il est possible d'éviter la dégradation des terres dans les sols naturels et non aménagés (forêts et prairies) en évitant les facteurs de risque négatifs, c'est-à-dire la conversion de terres naturelles et non aménagées en terres aménagées. Si la couverture terrestre n'est pas modifiée, les indicateurs de NDT restent vraisemblablement constants et peuvent être vérifiés par télédétection (RS) avec les corrections appropriées du changement climatique, **ce qui rend la surveillance du COS (par mesure) facultative.** L'évitement n'est toutefois pas toujours possible, car la conversion de terres naturelles et non aménagées reste un mécanisme permettant de répondre à la demande d'aliments et d'autres produits d'origine terrestre. En outre, lorsque des terres productives sont déjà utilisées, les communautés s'installent sur des terres plus marginales aux sols vulnérables. Cette conversion de terres peut être



suivie à l'aide d'outils de télédétection. **Éviter la dégradation des terres** s'applique également aux **terres cultivées et aux terres mixtes**, notamment aux terrains boisés, plantations et prairies qui ne se dégradent pas avec les pratiques de gestion actuelles. Si l'on prévoit que ces systèmes seront stables, même dans le contexte du changement climatique, cela suggère que la GDT est en place **et que les investissements dans la surveillance détaillée du COS (y compris les mesures) pourraient ne pas être nécessaires ou rentables.**

Réduire la dégradation des terres cultivées à l'aide des technologies de GDT est un résultat souhaitable, mais si au moins un des indicateurs de NDT n'est pas sensiblement amélioré par rapport au point de référence, il ne sera pas pris en compte dans les gains du registre des comptes. L'extraction des nutriments est assez courante dans l'agriculture (Stoorvogel and Smaling, 1990) et la réduction du taux d'épuisement des nutriments, par exemple en éliminant le brûlage de la paille et en restituant les résidus dans le sol, pourrait atténuer le problème. Cependant, tant que les produits sont exportés depuis l'exploitation agricole, les nutriments le sont aussi, ce qui signifie que la dégradation des terres se poursuivra à moins que les nutriments exportés ne soient remplacés. Certains agriculteurs combinent de manière rentable la restitution de la paille avec d'autres technologies de GDT telles que l'utilisation d'engrais verts et de fertilisants pour inverser ce processus de dégradation des terres (McDaniel et al., 2014). Tant que ces situations se retrouvent dans des unités d'exploitation des terres comparables, les gains peuvent être imputés sur la dégradation continue de l'atteinte de la NDT, comme indiqué par Orr et al. (2017). La CNULCD et WOCAT ont documenté de nombreuses technologies de GDT adaptées aux systèmes d'utilisation des terres concernés, qu'il s'agisse de prairies, de terres cultivées ou de systèmes mixtes. Leur succès peut dépendre de la localisation et du contexte, et **la surveillance du COS est indispensable pour vérifier le rétablissement des niveaux de COS dans le sol.**

Inverser la dégradation des terres par la restauration et la réhabilitation est une mesure globale largement appliquées aux terres qui ne fournissent plus de services écosystémiques et qui ont perdu leur capacité de production avant la date de référence de 2015. En fonction de la cause fondamentale de cette dégradation, les mesures peuvent inclure la réhabilitation du drainage des tuyaux dans les systèmes d'irrigation, l'aménagement de terrasses, les barrages de retenue, les barrages submersibles, les fosses Zaï ou la construction de murs de soutènement, souvent combinés à des amendements organiques, à l'application d'engrais et à la revégétalisation, mesures énumérées dans le tableau 3 dans la colonne des actions collectives. La nature souvent complexe de telles mesures impliquant une redistribution du sol et un changement de la surface du sol (point zéro) rend difficile le suivi de l'état du COS (Nie et al., 2017). Étant donné que l'objectif premier de ces mesures est de rétablir la capacité de production des terres, **la surveillance du CCT et/ou de la NDT peut être suffisante.**

L'éventail complet des activités potentielles de GDT (tableau 3) doit être dûment pris en compte lors de la mise en œuvre de la NDT. L'impact des interventions de GDT sur le COS ne peut pas être saisi de la même façon par les outils/modèles actuellement disponibles pour l'évaluation du COS. Il varie selon les contextes biophysiques et écologiques, et il devient de plus en plus diffus et difficile à suivre, en particulier dans le cas d'actions institutionnelles ou collectives à grande échelle (par ex. les accords de pâturage, la planification communautaire de l'utilisation des terres). La capacité de prévoir avec précision les impacts potentiels du COS est fortement liée à la disponibilité des données existantes, en raison de la combinaison des coûts et des difficultés logistiques liées à la collecte et à la mesure des caractéristiques du sol, en particulier le COS, ainsi que d'autres mesures pertinentes de l'écosystème.

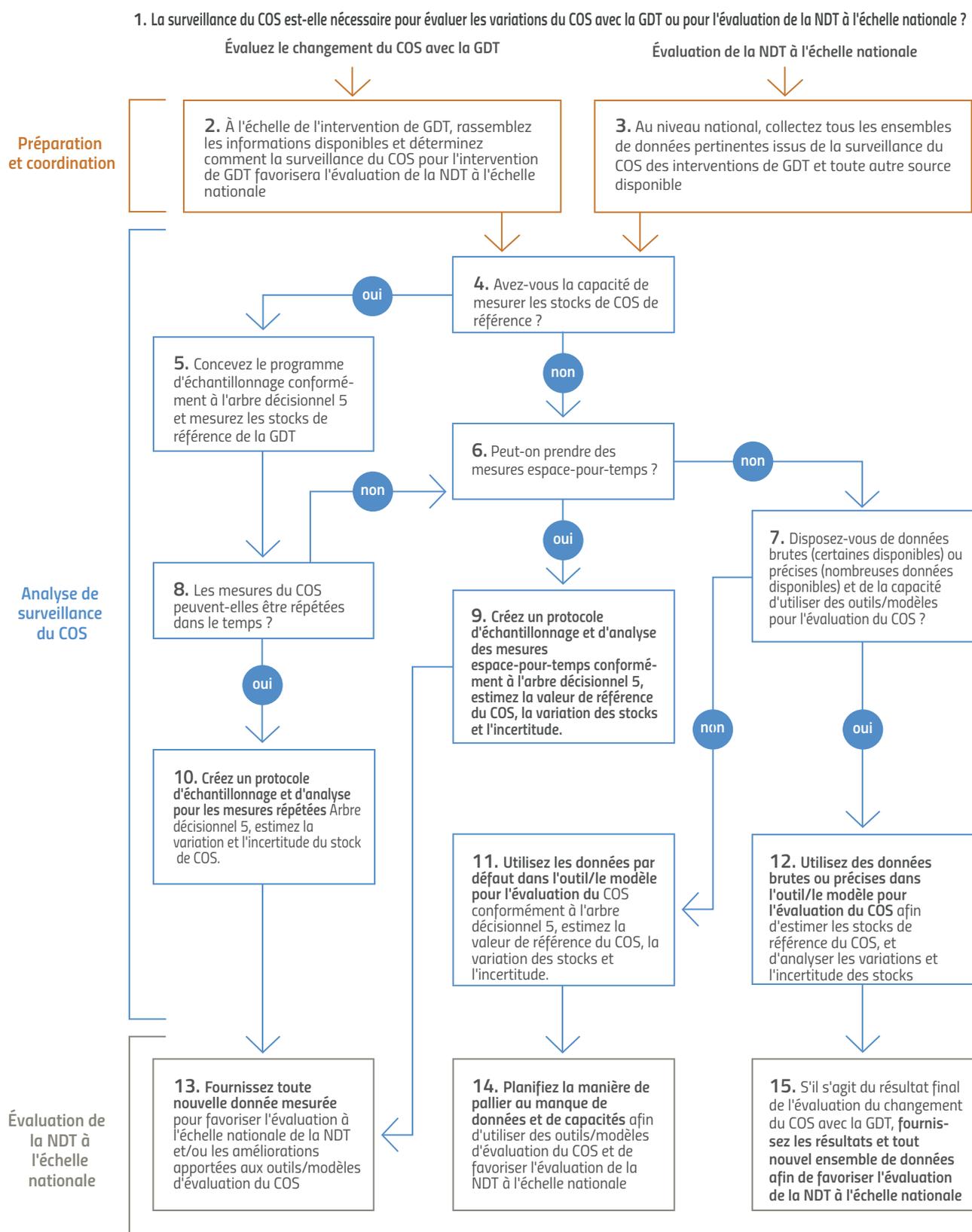


FIGURE 3

Arbre décisionnel 2 guidant l'utilisation de la surveillance du COS pour évaluer et vérifier les impacts de la GDT sur le COS – en utilisant des mesures directes, des outils/modèles pour l'évaluation du COS, ou une combinaison des deux – et pour contribuer ces efforts à une évaluation de la NDT à l'échelle nationale (encadrés 11-13). Cet arbre décisionnel est destiné à être utilisé de façon répétée dans le cadre du processus de NDT au fur et à mesure que les pratiques de GDT sont déployées. Il peut être adapté pour l'évaluation finale de la NDT à l'échelle nationale, en assemblant d'abord tous les ensembles de données pertinents issus de la surveillance du COS lors des interventions de GDT et toute autre source de données disponible, avant de passer par l'arbre décisionnel, encadrés 2-10. Ce chiffre est adapté pour la NDT de (FAO, 2019).



2.3.2 Stéréotypes liés au sexe dans la GDT : qui décide ?

Le cadre conceptuel scientifique pour la neutralité en matière de dégradation des terres stipule que les facteurs de dégradation des terres ne sont pas neutres en termes de genre, l'inégalité entre les sexes jouant un rôle important mais sous-estimé dans les processus conduisant à la dégradation des terres.

Les hommes et les femmes ont des rapports différents à la terre et leurs perspectives uniques sont dictées par la diversité des rôles, des responsabilités, de l'accès aux ressources et du contrôle. Comprendre les rôles et les responsabilités des hommes et des femmes, ainsi que les relations de pouvoir dans la gestion des terres, est une condition essentielle pour obtenir des résultats effectifs

Focus/avantages d'une NDT sexospécifique	Risques liés à la négligence des questions de genre dans la NDT
Identifier les parties prenantes légitimes et saisir les expériences/compétences/connaissances pertinentes des femmes et des hommes.	Accroissement de la charge de travail des femmes ; renforcer de leur statut de victimes de la dégradation plutôt que de leur statut de championnes de la restauration.
Comprendre et tenir compte des différents rôles, droits et responsabilités des femmes et des hommes en tant qu'utilisateurs et gestionnaires fonciers, y compris leurs modes particuliers d'accès et d'utilisation des terres.	Identification imprécise i) des hommes et des femmes parties prenantes dans les pratiques d'utilisation des terres ; ii) des options socialement justes pour des interventions en matière de neutralité et iii) un partage des avantages conduisant à une marginalisation accrue des femmes dans la prise de décision.
Identification claire des facteurs de dégradation, exactitude garantie des informations et synergies/coordination potentielles pour relever les défis.	Entraves à la durabilité et à l'efficacité à long terme du projet, dues par exemple au maintien des inégalités existantes en matière de sécurité d'occupation.
Planification, mise en œuvre et suivi conjoints des options et des résultats en matière de NDT, assurant la conservation/restauration durable des terres et le partage équitable des avantages, par exemple conformément à une approche du développement fondée sur les droits de l'homme.	Systèmes de planification discriminatoires et risque de partage injuste des coûts/avantages, renforçant les divisions sociales.

TABLEAU 4

Avantages d'une NDT sexospécifique et risques d'une absence d'intégration (Okpara et al., 2019).

Critères	Exemple de questions d'évaluation pour les critères
Participation égale des femmes et des hommes et gouvernance sexospécifique	Le processus de prise de décision dans le développement de l'outil foncier, et dans l'utilisation de l'outil foncier lui-même, est-il transparent et inclusif pour les femmes et les hommes ?
Développement des capacités, organisation et autonomisation des femmes et des hommes pour qu'ils puissent utiliser l'outil, y avoir accès et en tirer profit.	Les informations sont-elles claires et donnent-elles aux femmes et aux hommes les moyens d'utiliser l'outil et de connaître leurs droits par rapport à cet outil ?
Considérations juridiques et institutionnelles relatives à l'accès des hommes et des femmes à la terre	L'outil offre-t-il une résolution des conflits tenant compte du genre ?
Considérations sociales et culturelles relatives à l'accès des hommes et des femmes à la terre	L'outil prend-il en compte les lois et pratiques statutaires et coutumières affectant les droits fonciers des femmes ?
Considérations économiques relatives à l'accès des hommes et des femmes à la terre	L'outil favorise-t-il les opportunités économiques pour les femmes et les hommes ?
Échelle, coordination et durabilité pour atteindre plus de femmes et d'hommes	L'outil peut-il être mis en œuvre de manière constante (plutôt qu'ad-hoc) ?

TABLEAU 5

Exemples de critères d'évaluation liés au genre (UN-HABITAT, IIRR, GLTN., 2012).



Comprendre les rôles et les responsabilités des hommes et des femmes, ainsi que les relations de pouvoir dans la gestion des terres, est une condition essentielle pour obtenir des résultats effectifs dans la lutte contre la dégradation des terres et la mise en œuvre d'initiatives de GDT/NDT.

dans la lutte contre la dégradation des terres et la mise en œuvre d'initiatives de GDT/NDT. Ainsi, l'intégration de la dimension de genre dans les activités liées à la terre, en particulier les activités de NDT ou de GDT, offre des possibilités considérables de tirer parti des synergies entre les engagements de NDT et les engagements mondiaux en faveur du développement durable, tels que l'Objectif de développement durable n° 5 (Okpara et al., 2019). Une participation équitable aux initiatives de NDT/GDT en termes de prise de décision et d'influence, ainsi que de répartition des coûts et des avantages (en main-d'œuvre), améliore les perspectives de développement humain et socio-économique et de résultats environnementaux.

Les efforts d'intégration de la problématique hommes-femmes tels que proposés dans le Plan d'action pour l'égalité des sexes (GAP) de la CNULCD, ainsi que les recommandations de la CCNUCC, de la CDB, d'ONU Femmes, de l'UICN et de la CEDAW (entre autres) soulignent l'importance de l'égalité des sexes et de l'action inclusive. La récente conférence de l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement du Programme des Nations Unies pour l'environnement (ANUE), qui s'est tenue en mars 2019, a proposé de nombreuses recommandations pour promouvoir l'égalité des sexes, les droits de l'homme, et l'autonomisation des femmes et des filles dans la gouvernance environnementale (UNEA, 2019). Ces publications, parmi de nombreuses autres,

soulignent que les femmes jouent un rôle majeur dans le développement agricole (UNCCD, 2017b) et que les connaissances et compétences traditionnelles en agriculture sont étroitement liées au maintien et à l'amélioration de la productivité des terres (CNULCD - Perspectives foncières mondiales : neutralité en matière de dégradation des terres tenant compte du genre, 2017). Ces rôles vitaux des femmes doivent être compris et assumés pour permettre, d'une part, aux communautés d'aider les femmes en tant qu'agricultrices et dirigeantes et, d'autre part, de veiller à ce que les hommes et les femmes en bénéficient également et que l'inégalité ne se perpétue pas.

En se référant aux principes liés à la neutralité présentés dans le cadre conceptuel scientifique de la NDT, la planification de la NDT devrait être axée sur la compréhension des rôles généraux et des opportunités des femmes et des hommes au sein de la NDT. Assurer l'égalité sociale, en particulier l'égalité des sexes, est essentiel à l'atteinte de la NDT (Orr et al., 2017). Il est important de permettre un accès plus égal aux ressources naturelles et d'aider les femmes à devenir des utilisatrices et des gestionnaires actives des ressources naturelles. Malgré les synergies potentielles entre la GDT et l'égalité des sexes, les initiatives d'amélioration de la santé des terres de la GDT s'attaquent rarement aux inégalités complexes entre les sexes (Broeckhoven and Cliquet, 2015 ; Collantes et al., 2018; Samandari, 2017). Afin de remédier à cette situation, le Plan d'action pour l'égalité des sexes de la CNULCD fournit un cadre convenu pour la participation pleine et effective des hommes et des femmes à la planification, à la prise de décision et à la mise en œuvre à tous les niveaux, afin de renforcer le pouvoir des femmes, des filles et des jeunes dans les zones affectées. De plus, des publications récentes de Collantes et al., 2018, ainsi que Okpara et al., 2019, identifient des points d'entrée pour l'intégration du genre dans les actions de la NDT. En outre, Okpara et al. (2019) a présenté les avantages d'une NDT sexospécifique associés à l'intégration des questions



de genre et les risques de ne pas le faire, ce qui apporte un soutien solide à l'intégration de la dimension de genre (tableau 4).

Des actions tenant compte de la problématique hommes-femmes peuvent être intégrées aux activités du projet, permettant ainsi de remédier de manière proactive aux différences entre les sexes et de promouvoir l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes. La publication de 2018 du FEM fournit des conseils sur l'intégration et la promotion de l'égalité des sexes au niveau des projets (GEF, 2018) ; ainsi que la publication du Fonds vert pour le climat intitulée « Intégration de la dimension de genre dans les projets du Fonds vert pour le climat » et la publication d'ONU-Femmes (UN Women, 2017). Les actions sexospécifiques contribuent non seulement à un accès équitable et à la prise de décision participative, mais améliorent également la capacité des femmes à investir dans les ressources naturelles (Okpara et al., 2019). Conformément aux recommandations susmentionnées, une publication élaborée par ONU-Femmes, l'UICN et le Mécanisme mondial de la CNULCD intitulée « Manuel pour la conception de projets et programmes transformateurs de NDT sensibles au genre » sera lancée à la COP14 à New Delhi, en Inde. Ce manuel fournit aux parties des instructions étape par étape pour intégrer les questions de genre et promouvoir l'égalité des sexes dans la conception de projets de NDT transformateurs.

Afin de faire progresser l'égalité des sexes dans la NDT, Collantes et al. (2018) a formulé deux recommandations principales :

1. Améliorer la compréhension et faire progresser les plans et programmes de NDT sexospécifiques
 - Assurer la représentation des femmes dans les domaines de la GDT, de la désertification, de la dégradation des terres et de la sécheresse, ainsi que des stratégies financières incluant les femmes des pays touchés

Des actions tenant compte de la problématique hommes-femmes peuvent être intégrées aux activités du projet, permettant ainsi de remédier de manière proactive aux différences entre les sexes et de promouvoir l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes.

- Subordonner le financement des programmes de la NDT et des initiatives liées à la CNULCD à l'intégration d'une perspective de genre dans la mise en œuvre, ainsi qu'à l'obtention de résultats promouvant l'égalité des sexes ainsi que l'autonomisation des femmes et des filles
- Élaborer des orientations pratiques concrètes et des outils pour concevoir, mettre en œuvre, surveiller et évaluer les interventions de NDT tenant compte des questions de genre
- Doter les délégués hommes et femmes du CCD de connaissances techniques en matière de perspectives sexospécifiques et de GDT, NDT et DLDD, ainsi que de compétences et de la capacité de participer efficacement aux réunions de la Convention
- Surveiller les investissements fonciers à grande échelle pour assurer une consultation et un consentement socialement responsables et respectueux du genre des peuples et des communautés autochtones
- Mener des évaluations régulières sur la manière dont l'inégalité des sexes et ses impacts sont traités dans les plans de mise en œuvre de la NDT et de la DLDD



2. Inclure les considérations de genre dans la conception des évaluations préliminaires de la NDT

- Veiller à ce que les peuples et les communautés autochtones soient consultés et donnent leur consentement, en tenant compte des sexospécificités et de la responsabilité sociale, pour ce qui est des investissements fonciers à grande échelle qui les concernent
- Faciliter la participation égale et significative des femmes et leur leadership dans la gouvernance des terres et des ressources naturelles, la prise de décision et les mécanismes de résolution des conflits lorsqu'il s'agit de traiter les conflits liés aux terres et aux ressources naturelles par le biais de mandats gouvernementaux ou autrement
- Organiser des consultations avec les femmes des zones rurales et autochtones, les organisations féminines et les autres groupes de la société civile concernés, ainsi que des universitaires, des chercheurs et des praticiens pour la conception de projets et de programmes de GDT, de réhabilitation des terres, de restauration des terres et de gestion de l'eau
- Renforcer et mettre en place des systèmes de subsistance en milieu rural pour enseigner et encourager la gestion durable de l'utilisation des terres, la conservation des sols, la récupération de l'eau contre la sécheresse, ainsi que d'autres mesures écologiques qui visent en même temps à autonomiser les femmes
- Mettre en place des collectes de données ventilées par sexe et tenant compte de la problématique hommes-femmes, et surveiller les effets des politiques d'intégration de la problématique hommes-femmes sur tous les sexes afin de mettre en évidence les

lacunes en matière de politiques et de programmes pour les corrections de trajectoire

- Poursuivre la sensibilisation et le renforcement des capacités du personnel des ministères chargés des points focaux de la CNULCD, ainsi que des personnes engagées dans la mise en œuvre des politiques de conservation/restauration des terres aux niveaux local et national en matière de NDT et de mise en œuvre sexospécifiques de la Convention, notamment le Plan d'action pour l'égalité des sexes de 2017 de la CNULCD
- Poursuivre les activités de sensibilisation et de renforcement des capacités afin d'améliorer les connaissances juridiques des femmes et des communautés sur les droits fonciers, et de veiller à ce que les femmes des zones rurales et autochtones soient dotées des compétences et des nouvelles technologies nécessaires pour conserver et gérer leurs terres et leurs ressources connexes
- Financer et mener des études quantitatives à grande échelle, longitudinales, comparatives ou multi-pays afin de constituer une base de données factuelles sur les interventions de NDT sexospécifiques, leur impact et leurs résultats sur la promotion de l'égalité des sexes, l'autonomisation des femmes et la résilience des communautés.

Ces recommandations pourraient constituer un point de départ pour développer plus avant des indicateurs de responsabilité pour couvrir l'égalité des sexes dans la gouvernance environnementale et en particulier dans les actions de NDT. À titre d'exemple, le Réseau mondial d'outils fonciers (GLTN), UN-HABITAT, IIRR, GLTN., 2012 a élaboré des critères pour évaluer les outils de promotion de l'égalité des sexes utilisés pour vérifier si les interventions de GDT visant à réaliser la NDT intègrent les questions de genre (tableau 5).



2.3.3 Sélection de pratiques de gestion durable des terres profitant au carbone organique du sol : (i) sans investissement dans une évaluation comparative

La sélection d'interventions de GDT qui apportent des bénéfices en termes de COS peut ne pas nécessiter d'investissement dans une évaluation comparative des impacts de COS si suffisamment d'impacts positifs sur le COS et si la quantification des gains de COS ne constituent pas une priorité dans la région présentant un intérêt. Cependant, dans ce scénario, il est recommandé d'investir dans la surveillance du COS afin d'évaluer et de vérifier les impacts positifs sur le COS. La figure 3 présente l'arbre décisionnel 2 pour guider la mise en place d'une surveillance du COS et de l'investissement dans des programmes de mesure (utilisant la figure 7) qui contribuent le plus efficacement à l'évaluation de la NDT à l'échelle nationale.

Sanz et al. (2017) a effectué une évaluation qualitative du potentiel de pratiques spécifiques de GDT pour augmenter ou maintenir le COS. Alors que les pratiques spécifiques et leur influence sur le COS ont été présentées dans le tableau 3, dans le tableau 6 elles sont maintenant regroupées par catégorie d'utilisation des terres pour illustrer davantage leur contribution potentielle à la NDT.

En outre, en 2012, la Banque mondiale a publié une méta-analyse comprenant plus de 1 000 évaluations de la séquestration du COS et une multitude de technologies de GDT (World Bank, 2012). Selon les rapports, presque toutes les interventions ont abouti à une augmentation de 0,2 à 2 MgC ha⁻¹ an⁻¹ du COS. Plus récemment, certaines méta-analyses ont été complétées pour évaluer les changements du COS avec les actions et activités de NDT, bien que leur portée soit limitée en raison des incertitudes élevées et des données limitées. Un résumé de certaines des principales conclusions tirées de ces sources est fourni dans le tableau 7.

L'examen des données publiées relatives à l'impact des interventions sur le COS (Börner et al., 2016) montre de nettes améliorations dans la couverture forestière résultant de la protection, de la mise en œuvre, de la divulgation, du paiement des services écosystémiques et de la certification, les deux dernières étant les mesures les plus efficaces. Dans le domaine de l'action collective, aucune étude liant les mesures structurelles à l'accumulation de COS n'a été rapportée, mais plusieurs méta-analyses portent sur une gamme de mesures de revégétalisation. Globalement, le passage de la forêt à la prairie et aux terres cultivées se fera au détriment du COS, tandis que la restauration de la forêt offre des avantages pour le COS. La conversion de prairies en terres cultivées entraîne une perte de stock de COS, tandis que le changement de terres cultivées en prairies ou en jachère entraîne la création de COS. Dans l'ensemble, ces méta-études confirment que, du moins dans des conditions expérimentales, les technologies utilisées à l'exploitation agricole ont tendance à favoriser l'augmentation du COS, mais les avantages réels dépendent fortement du contexte.

Les praticiens de la NDT peuvent investir dans l'évaluation comparative du COS, en fonction du niveau de certitude le plus bas requis pour obtenir des résultats utiles à la prise de décision en matière de GDT.



Catégorie d'utilisation des terres et groupes de technologies de GDT	Degré d'influence sur le COS allant de faible (1) à élevé (3)	Exemple de pratiques de GDT	Impacts potentiels sur la NDT
Terres cultivées			
Gestion de la végétation	2.4	Agriculture de conservation (labour minimum et perturbation du sol minimale ; couverture permanente du sol avec des résidus de culture et des paillis vivants ; rotation des cultures et cultures intercalaires) Haies de contour	Lutte contre l'érosion, conservation de l'eau, séquestration du COS, reconstitution de la fertilité du sol
Gestion intégrée de la fertilité des sols	2.3		
Perturbation minimale du sol	2.3		
Gestion intégrée contre les ravageurs	2.2		
Contrôle de l'érosion du sol	2		
Gestion de l'eau	1.6		
Pâturages			
Gestion intégrée de la fertilité des sols	2.5	Gestion des nutriments	Lutte contre l'érosion, séquestration du COS, cycle des nutriments, restauration des pâturages dégradés
Gestion de la végétation	2.3	Haies de contour	
Gestion de la pression due aux pâturages	2.2		
Gestion des déchets d'animaux	2		
Forêt/bois			
Restauration de la forêt	3	Régénération assistée	Contrôle de l'érosion, séquestration du COS, cycle des nutriments
Boisement/reboisement	2.8	Création de zones forestières protégées	
Réduction de la déforestation	2.5		
Lutte contre le feu, les ravageurs et les maladies	2		
Contrôle de l'érosion du sol	1.8		
Gestion durable de la forêt	1.7		
Drainage	1		
Mixtes			
Systèmes agroforestiers	3	Combinaisons de cultures de plantation, arbres polyvalents sur des terres cultivées et des pâturages	Cycle des nutriments, modération du microclimat, brise-vent, biodiversité
Gestion de la végétation	2.3	Jardins potagers	Fixation biologique de l'azote, efficacité élevée, production durable, biodiversité élevée
Gestion de la pression due aux pâturages	2.2		Cycle des nutriments, production durable, efficacité des ressources

TABLEAU 6

Influence de la GDT sur le COS : évaluation qualitative des groupes de technologies de GDT (Sanz et al., 2017).



Type d'action de NDT	Activité ciblée	Description	Couche de COS	Changement du COS	Unité	Réf.
Actions collectives	Revégétalisation	des terres cultivées	(0 à 20 cm)	42	%	1
Actions collectives	Revégétalisation	des terres cultivées	(> 20 cm)	11 à 19	%	1
Actions collectives	Revégétalisation	des terres non cultivées	(0 à 20 cm)	48	%	1
Actions collectives	Revégétalisation	des terres non cultivées	(> 20 cm)	29 à 51	%	1
Actions collectives	Changement d'utilisation des terres (tropiques)	Forêt primaire -> prairies	0 à -20/50 cm	-12.1	t/ha	2
Actions collectives	Changement d'utilisation des terres (tropiques)	Forêt primaire -> terres cultivées	0 à -20/50 cm	-25.2	t/ha	2
Actions collectives	Changement d'utilisation des terres (tropiques)	Forêt primaire -> pérenne	0 à -20/50 cm	-30.3	t/ha	2
Actions collectives	Changement d'utilisation des terres (tropiques)	Forêt primaire -> forêt secondaire	0 à -20/50 cm	-8.6	t/ha	2
Actions collectives	Changement d'utilisation des terres (tropiques)	Forêt secondaire -> prairies	0 à -20/50 cm	-6.4	t/ha	2
Actions collectives	Changement d'utilisation des terres (tropiques)	Forêt secondaire -> terres cultivées	0 à -20/50 cm	-21.3	t/ha	2
Actions collectives	Changement d'utilisation des terres (tropiques)	Prairie -> forêt secondaire	0 à -20/50 cm	17.5	t/ha	2
Actions collectives	Changement d'utilisation des terres (tropiques)	Terres cultivées -> forêt secondaire	0 à -20/50 cm	50.3	t/ha	2
Actions collectives	Changement d'utilisation des terres (tropiques)	Prairies -> terres cultivées	0 à -20/50 cm	-10.4	t/ha	2
Actions collectives	Changement d'utilisation des terres (tropiques)	Terres cultivées -> prairies	0 à -20/50 cm	25.7	t/ha	2
Actions collectives	Changement d'utilisation des terres (tropiques)	Terres cultivées -> jachère	0 à 20/50 cm	32.2	t/ha	2
Technologies de NDT	Ajout de fertilisants	Fertilisant	NR	1,2 à 2,3	g/kg	3
Technologies de NDT	Ajout de fertilisants	Fertilisant + paille	NR	1,9 à 2,2	g/kg	3
Technologies de NDT	Ajout de fertilisants	Fertilisant + fumier	NR	3,2 à 3,8	g/kg	3
Technologies de NDT	Agroforesterie	Pâturage -> AF	(0 à 30 cm)	9	%	4
Technologies de NDT	Agroforesterie	Agriculture -> AF	(0 à 30 cm)	40	%	4
Technologies de NDT	Agroforesterie	Pâturage -> AF	(0 à 60 cm)	10	%	4
Technologies de NDT	Agroforesterie	Agriculture -> AF	(0 à 60 cm)	10	%	4
Technologies de NDT	Agroforesterie	Pâturage -> AF	(0 à 100 cm)	0	%	4
Technologies de NDT	Agroforesterie	Agriculture -> AF	(0 à 100 cm)	35	%	4
Technologies de NDT		Native -> cultivée	(0 à 60 cm)	-22	t/ha	5
Technologies de NDT	Labour	Conventionnel -> pas de labour	(0 à 10 cm)	3.2	t/ha	5
Technologies de NDT	Labour	Conventionnel -> pas de labour	(10 à 20 cm)	0	t/ha	5
Technologies de NDT	Labour	Conventionnel -> pas de labour	(20 à 30 cm)	-2.4	t/ha	5
Technologies de NDT	Labour	Conventionnel -> pas de labour	(30 à 40 cm)	-0.9	t/ha	5
Technologies de NDT	Labour	Conventionnel -> pas de labour	(< 40 cm)	0	t/ha	5
Technologies de NDT	Labour	Conventionnel -> pas de labour	NR	4.61	g/kg	6
Technologies de NDT	Labour	Conventionnel -> labour minimum	NR	3.85	g/kg	6
Technologies de NDT	Fumier	Seul	(0 à 30 cm)	9.4	t/ha	7
Technologies de NDT	Fumier	avec des fertilisants	(0 à 30 cm)	5.6	t/ha	7
Technologies de NDT	Rotation des cultures	Monoculture -> rotation	NR	3.60	%	8

TABLEAU 7

L'impact des actions collectives et des technologies de GDT sur le COS dérivé de la méta-analyse et exprimé dans les unités indiquées. Les valeurs positives pour le changement du COS indiquent l'accumulation de COS, tandis que les valeurs négatives indiquent les pertes en COS. 1 (Gong et al., 2017) ; 2 (Don et al., 2011) ; 3 (Han et al., 2016) ; 4 (De Stefano and Jacobson, 2018) ; 5 (Luo et al., 2010) ; 6 (Haddaway et al., 2017) ; 7 (Maillard and Angers, 2014) ; 8 .



La figure 3 présente l'arbre décisionnel 2 pour guider la mise en place d'une surveillance du COS et de l'investissement dans des programmes de mesure (utilisant la figure 7) qui contribuent le plus efficacement à l'évaluation de la NDT à l'échelle nationale.

2.3.4 Sélection de pratiques de gestion durable des terres profitant au carbone organique du sol : (ii) en investissant dans une évaluation comparative

L'utilisation d'outils/de modèles d'évaluation du COS pour comparer les impacts potentiels de la GDT sur le COS tend à demander davantage de temps et de ressources à mesure que le besoin de certitude augmente. Par conséquent, pour des raisons pratiques, les spécialistes de la NDT peuvent investir dans une évaluation comparative du COS basée sur le niveau de certitude requis le plus bas pour obtenir des résultats utiles à la prise de décision en matière de GDT (conseils fournis dans l'arbre décisionnel 3, fig. 4). Par exemple, l'évaluation comparative du COS pour guider la discussion peut utiliser des outils logiciels simples pour l'évaluation du COS et des ensembles de données par défaut avec un niveau de certitude faible. Les évaluations comparatives du COS à coordonner avec la gestion du COS pour le marché du carbone, par contre, pourraient nécessiter l'identification et le comblement des données manquantes afin d'atteindre le niveau de certitude élevé requis pour sélectionner les options de GDT optimisant les rendements économiques (figure 4).

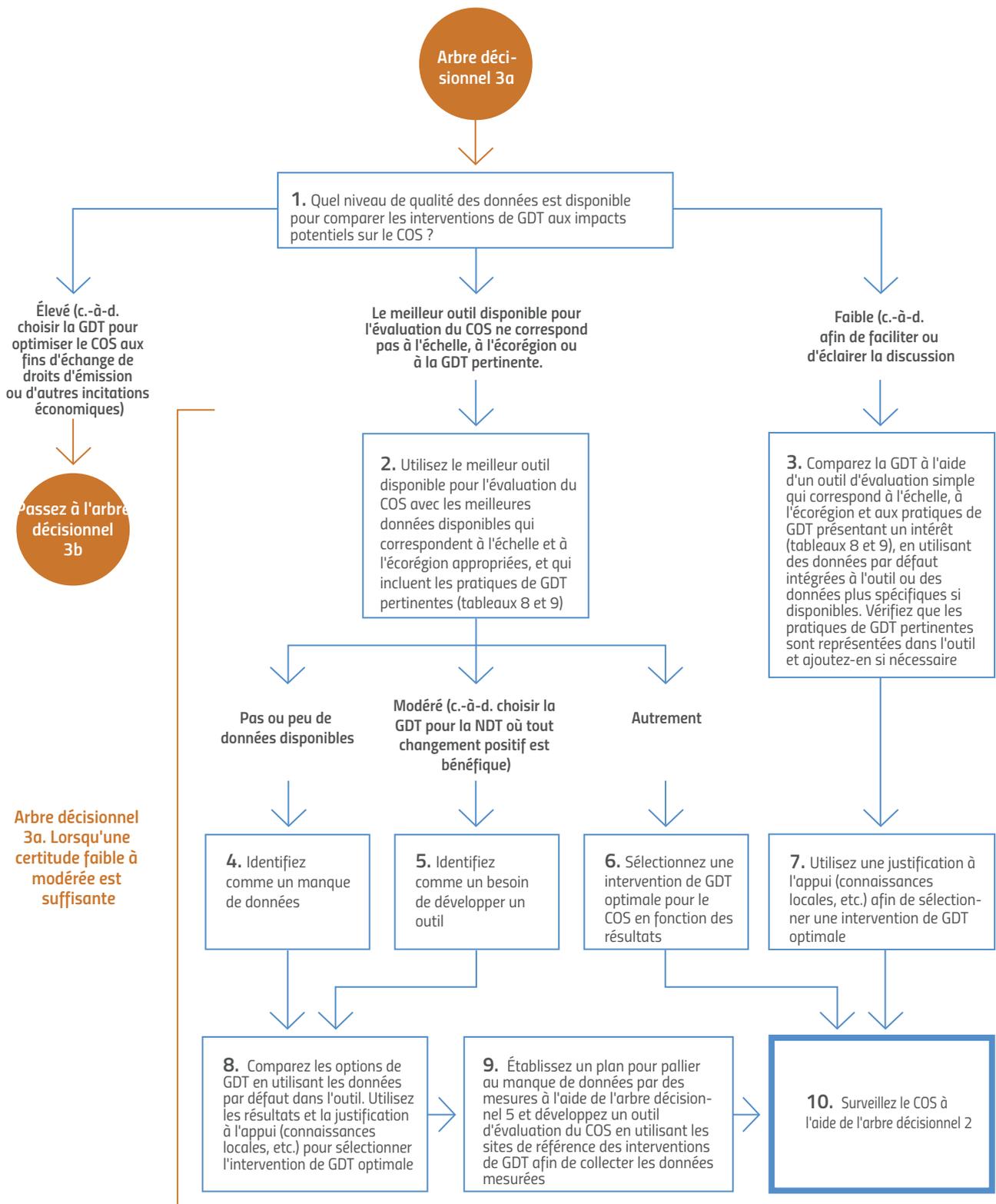


FIGURE 4

Les arbres décisionnels 3a) et 3b) soutiennent l'utilisation d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS et des données mesurées pour évaluer de manière comparative l'impact des pratiques potentielles de GDT sur le COS, en fonction des niveaux de certitude faibles à modérés (arbre décisionnel 3a) et élevés (arbre décisionnel 3b).

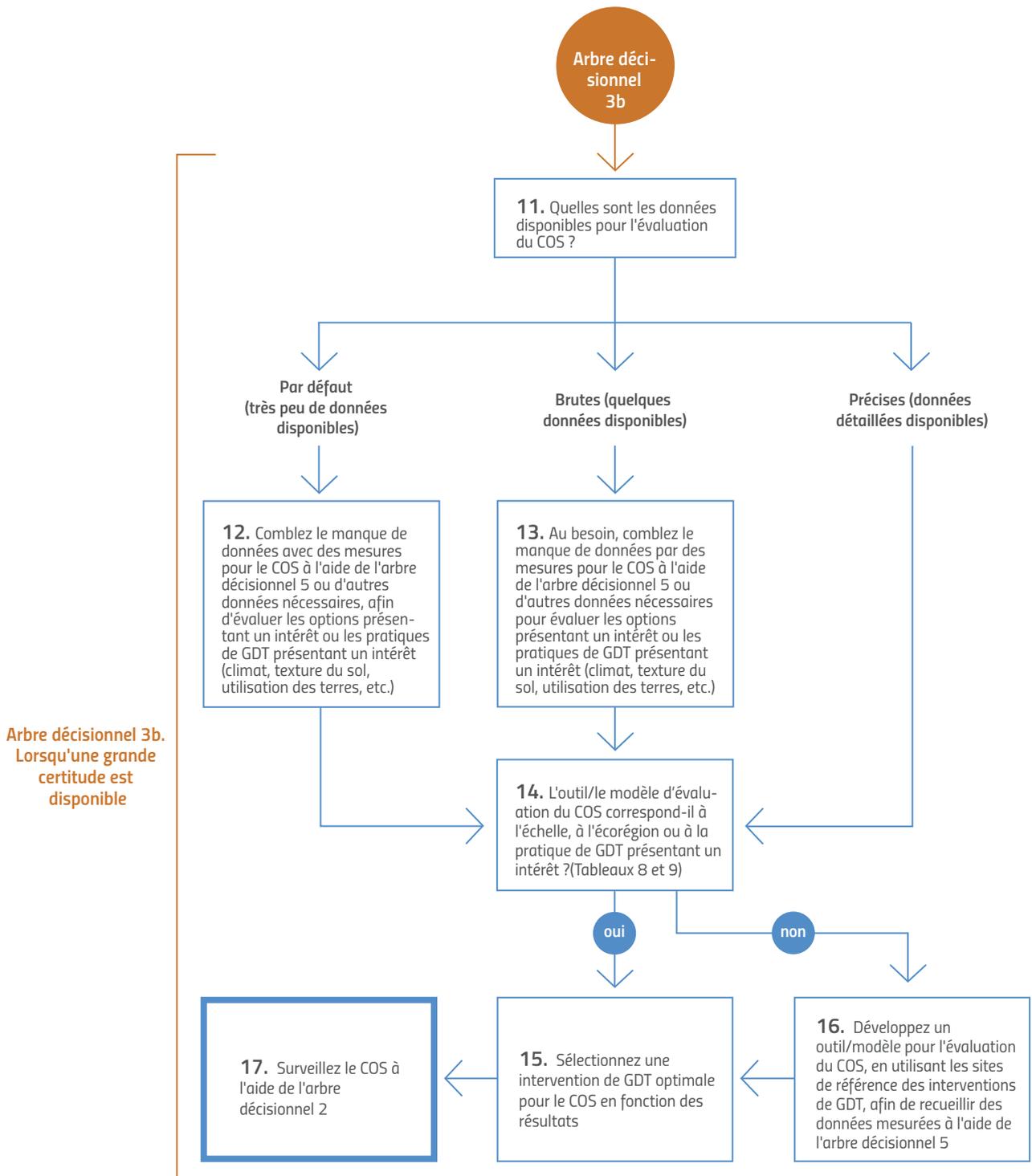


FIGURE 4



Étayer l'utilisation d'outils/de modèles
pour évaluer de manière comparative
les impacts du carbone organique du
sol sur les pratiques potentielles de
gestion durable des terres.







Évaluation et surveillance des stocks de carbone organique du sol

3.1.	Introduction	60
3.2.	Examen des outils d'évaluation et de surveillance du carbone organique du sol	62
3.3.	Lorsque la surveillance du COS est une priorité	66
3.4.	Choix d'outils pour l'évaluation et la surveillance des stocks de carbone organique du sol	66



Hiérarchisation des outils et des méthodes pour surveiller, estimer et évaluer le carbone organique du sol et mesurer l'atteinte de la neutralité en matière de dégradation des terres.

3.1 Introduction

L'estimation et l'évaluation précises du changement du COS résultant d'interventions de GDT sont souvent limitées par l'existence et la disponibilité de données normalisées/harmonisées et par la performance d'outils/de modèles d'évaluation du COS. Par conséquent, il faudra peut-être investir dans l'amélioration de ces outils/modèles afin d'élargir les analyses pour étayer la NDT. De plus, le COS dans les sols peut varier considérablement dans l'espace, même à l'échelle du mètre. Suivre la dynamique du COS dans le temps (surveillance du COS) et cartographier efficacement les variations du COS à grande échelle nécessite la combinaison de plans d'échantillonnage de sol précis, de méthodes d'échantillonnage de sol normalisées et de données de haute qualité à utiliser avec des outils/modèles d'évaluation du COS. Par conséquent, la vérification de l'atteinte de la NDT à l'échelle nationale en termes de COS nécessitera un investissement ciblé dans la surveillance du COS, combinant l'utilisation de mesures directes et d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS.

Une surveillance des changements du COS basée sur les mesures est réalisable mais peut ne pas toujours être souhaitable, compte tenu des ressources limitées et des coûts généralement élevés des programmes de mesure. La FAO a publié des directives pour la mise en place de cadres d'échantillonnage de sol qui traitent des nombreux problèmes de variabilité des sols (FAO, 2019 ;



Mäkipää et al., 2012), d'échantillonnage stratifié, de différence minimum décelable et de fréquence de rééchantillonnage que ces systèmes doivent prendre en compte. Alors que les pays développés ont peut-être déjà mis en place de vastes systèmes d'échantillonnage pour une économie en développement, l'engagement à long terme pour un tel système peut être décourageant. Des efforts plus récents de quantification du COS à l'aide de modèles de télédétection basés sur MODIS semblent prometteurs pour la cartographie des stocks de COS, mais ils manquent jusqu'à présent de précision pour suivre la dynamique du COS (Vågen et al., 2016). **Les quantités de COS varient tellement dans l'espace et dans le temps qu'il est souvent difficile de mesurer le degré de précision et de résolution requis pour la surveillance et l'évaluation de la NDT. Par conséquent, d'autres approches que les mesures directes sont nécessaires, combinant des ensembles de données adéquats sur les sols avec des approches de modélisation rationnelles et des technologies de mise à l'échelle modernes basées sur la télédétection (Winslow et al., 2011).**

Le suivi du COS, à la fois pour la mise en œuvre ex-ante et ex-post de la GDT, peut être effectué à l'aide d'outils/de modèles d'évaluation du COS. Cependant, l'exactitude de ces évaluations et l'échelle à laquelle elles peuvent être appliquées dépendent des ensembles de données disponibles sur les sols pour calibrer les outils et modèles d'évaluation du COS en fonction des conditions locales. Alors que les évaluations du COS à grande échelle (nationale) sont utiles pour définir les priorités et les objectifs nationaux en matière de NDT comme démontré par Milne et al. (2007), ce n'est pas l'échelle à laquelle la NDT (locale, sous-nationale) peut être mise en œuvre par le biais de la GDT. **Par conséquent, aux fins de la NDT, la génération d'ensembles de données mesurées sur le COS doit être envisagée parallèlement à l'utilisation (et à l'amélioration constante) d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS, à la fois à l'échelle des activités de la NDT (du projet à l'échelle sous-nationale) et à l'échelle du suivi de l'atteinte de la NDT (nationale).**

Compte tenu des défis généralisés posés par les données limitées sur le COS, il est essentiel d'investir de façon ciblée dans la surveillance du COS (Shepherd et al., 2015b). Les systèmes fonciers sont intrinsèquement liés à l'espace et de nombreux problèmes de dégradation des terres sont dus à une mauvaise adéquation de l'utilisation des terres avec les attributs de la terre. Ainsi, toute amélioration qui n'augmente pas efficacement, du moins au niveau des activités dégradantes correspondantes, ou qui ne peut pas être vérifiée efficacement au niveau national, aura une valeur pratique limitée pour la NDT, même si elle a beaucoup de succès à petite échelle. L'évaluation du COS et les efforts de surveillance doivent être basés sur des évaluations de référence rigoureuses de la dégradation des terres fondées sur des données. L'évaluation et la surveillance du COS constituent un défi beaucoup plus important que pour la PPN ou le CCT, en raison des plus grandes restrictions dans la disponibilité des données, ainsi que des exigences analytiques plus élevées pour suivre les changements passés ou potentiels. De nombreux pays sont confrontés à un manque de données nationales existantes en matière de COS, ce qui entraîne des difficultés supplémentaires dans la mise en œuvre de la NDT (Solomon et al., 2018).

Bien que des données globales sur le COS soient disponibles (par ex. SoilGrids, abordée à la section 3.4), ces données sont parfois incertaines et ne reflètent souvent pas l'état réel du COS sur le terrain. Cependant, étant donné que le COS ne suit pas toujours la PPN et le CCT (Oldfield et al., 2019), il est important d'identifier où et à quelles échelles la surveillance du COS est essentielle pour assurer un suivi et une mise à l'échelle efficaces des évaluations des changements du COS. Les pays peuvent évaluer le COS en utilisant les outils/modèles proposés en fonction des circonstances spécifiques du pays (région), avec des données nationales limitées sur le COS, et donner la priorité aux zones dégradées pouvant potentiellement augmenter le COS en appliquant la GDT. Investir dans le suivi des variations du COS est une priorité majeure lorsque le COS sera la principale



indication de la dégradation des terres et de l'atteinte de la NDT avec la GDT, lorsque la surveillance du COS est explicitement précise (par ex. crédits carbone) et, enfin, lorsque le COS est moins susceptible d'agir de concert avec la PPN et le CCT avec la GDT.

3.2 Examen des outils d'évaluation et de surveillance du carbone organique du sol

L'évaluation de COS pour l'adaptation au changement climatique terrestre et/ou l'atténuation de ses effets a conduit à l'élaboration d'outils et modèles d'évaluation du COS liés à des initiatives mondiales, nationales et infranationales, y compris des inventaires nationaux de GES.

Les outils/modèles pour les évaluations du COS combinent l'utilisation de données mesurées à des approches analytiques pour estimer la dynamique du COS et sont utilisés à deux fins principales : 1) « pallier aux lacunes » des programmes de mesure du COS par interpolation et extrapolation, 2) orienter la prise de décision pour la mise en œuvre de la GDT en prévoyant les changements du COS dans des scénarios possibles de GDT. L'évaluation du COS pour l'adaptation au changement climatique terrestre et/ou l'atténuation de ses effets a conduit à l'élaboration d'outils/de modèles d'évaluation du COS liés à des initiatives mondiales, nationales et sous-nationales, y compris des inventaires nationaux de GES (e.g., Ogle et al., 2013) et des crédits carbone (e.g., Climate Action Reserve, 2017). Cependant, l'utilisation de tels outils/modèles pour l'évaluation du COS pour la NDT doit commencer par prendre en compte plusieurs facteurs spécifiques à la NDT, notamment :

1. la nature de la définition de la NDT (c.-à-d. inclure tous les processus de dégradation imputables à

l'homme et à la nature (Cowie et al., 2018) en relation avec la compréhension scientifique actuelle des liens entre les processus de dégradation des terres et la dynamique du COS) ;

2. les types de terres spatialement explicites utilisés pour répondre aux critères de la NDT « à l'identique » et ;
3. la nécessité d'estimer les stocks de COS ainsi que les variations potentielles et futures des stocks de COS afin de sélectionner et de mettre en œuvre des projets de NDT.

Les crédits carbone, par exemple, ne sont certifiés que pour des pratiques bien comprises et, lorsque des approches analytiques incluant l'évaluation du changement du COS sont impliquées, la performance de ces approches analytiques est minutieusement vérifiée (e.g., Alberta Environment and Water, 2012 ; Climate Action Reserve, 2017). Pour cette raison, les activités agricoles ont été en grande partie omises de la certification des crédits carbone jusqu'à la dernière décennie (González-Ramírez et al., 2012). Les inventaires nationaux de GES sont spatialement explicites mais ne doivent pas faire face aux changements futurs, car ils sont conçus pour faire le point sur les émissions et les absorptions historiques et actuelles (IPCC, 2006b). En effet, des évaluations spatialement explicites des changements anticipés de COS à des échelles sous-nationales aux fins de la NDT sont largement reconnues comme étant extrêmement difficiles en raison d'un manque omniprésent de données (Campbell and Paustian, 2015) et constituent un facteur essentiel dans l'évaluation du COS aux fins des engagements en matière de NDT.

Les coûts et les contraintes pratiques liés à la surveillance du COS sont bien reconnus comme une barrière et peuvent être prohibitifs lors de la réalisation d'évaluations à l'échelle du paysage. Dans certains cas, le coût de la démonstration de la variation des stocks de carbone du sol avec la précision et l'exactitude requises peut dépasser les



avantages découlant de l'augmentation des stocks (IPCC, 2006b). Bien que la spectroscopie infrarouge (Shepherd and Walsh, 2007), technique permettant de corrélérer l'absorption de la lumière avec la teneur en carbone, réduise considérablement le coût analytique et la vitesse de mesure du contenu en carbone du sol, les coûts liés à l'échantillonnage et à la préparation du sol constituent toujours la composante la plus importante du coût total de la surveillance (Aynekulu et al., 2011 ; Milne et al., 2016).

L'impact des interventions de GDT sur le COS ne peut pas être saisi de la même façon par les outils/modèles actuellement disponibles pour l'évaluation du COS. Par exemple, l'effet des interventions institutionnelles et collectives sur le COS est difficile à suivre. Même pour les technologies de GDT, la capacité de prédire avec précision les impacts potentiels du COS ou de surveiller les changements du COS après la mise en œuvre est fortement liée à la disponibilité des données, en raison de la combinaison des coûts et des difficultés logistiques de collecte et de mesure des caractéristiques du sol, en particulier du COS, ainsi que d'autres paramètres pertinents de l'écosystème. Par conséquent, pour évaluer le COS dans le contexte de la NDT, l'utilisation d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS doit être considérée dans le contexte de leur capacité actuelle, ainsi que des ensembles de données disponibles pour leur utilisation. Des investissements ciblés peuvent être nécessaires pour améliorer l'un ou l'autre, ou les deux, pour accroître la capacité d'évaluations à grande échelle du COS et, en fin de compte, pour appuyer l'évaluation à l'échelle nationale de l'atteinte de la NDT en termes de COS.

Les outils logiciels permettant d'évaluer les stocks et les changements du COS varient ; certains sont dédiés uniquement au COS, tandis que d'autres incluent les stocks et le changement du COS comme un ou deux paramètres parmi d'autres. À chaque extrémité de ce spectre, de tels outils utilisent souvent des modèles biophysiques de COS pour représenter les interactions complexes des processus qui influent sur la dynamique du COS.

Les modèles biophysiques de COS peuvent être utilisés *indirectement*, les résultats de modèle étant la source des valeurs de l'outil (par exemple, le pourcentage de perte de COS avec l'utilisation des terres qui passe d'un écosystème natif en terres cultivées dans des sols à teneur en argile variable). L'utilisation indirecte de modèles biophysiques de COS de cette manière est courante et les outils logiciels dédiés à l'évaluation des GES en fournissent de nombreux exemples (e.g., Climate Action Reserve, 2017). Les modèles biophysiques de COS peuvent également être utilisés *directement*,⁵ bien que cela soit généralement plus difficile et beaucoup moins courant. La base scientifique des modèles biophysiques de COS, ainsi que leur capacité actuelle à représenter les processus de dégradation des terres, sont des éléments clés pour comprendre 1) les limites des modèles biophysiques de COS et 2) la meilleure façon de dédier des ressources pour améliorer les outils/modèles d'évaluation du COS, lorsque cela est nécessaire et faisable.

Les modèles biophysiques de COS varient du plus simple (par exemple, traiter le COS comme un pool unique, comme indiqué dans la figure 5, au plus complexe (par exemple, en considérant les réseaux trophiques ou les pools multiples de COS (Stockmann et al., 2013)). Aucun modèle répondant à tous les besoins n'a encore émergé. Au lieu de cela, différentes approches de modélisation sont utilisées à différentes échelles et situations (par exemple, pour simuler le changement climatique à une échelle globale, par opposition à une simulation des pratiques de gestion à l'échelle d'une exploitation agricole (Campbell and Paustian,

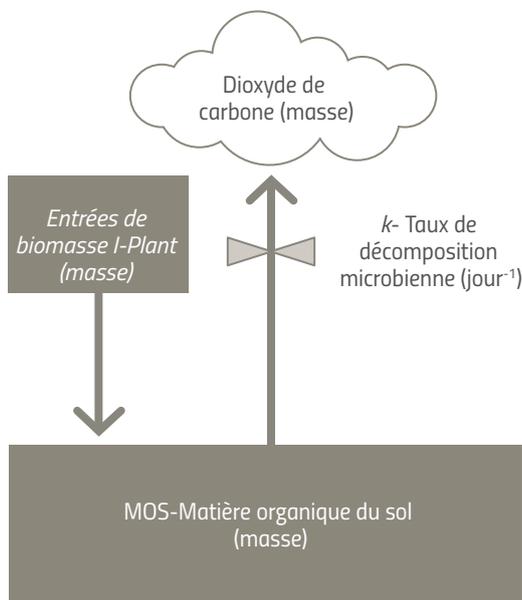
5 Un exemple se trouve dans l'outil CBP, qui offre aux utilisateurs la possibilité d'interagir directement avec le modèle CENTURY, une approche classique et répandue de simulation du COS (Parton et al., 1988). Cependant, la plupart des spécialistes ont peu de chances de poursuivre l'utilisation directe de CENTURY dans CBP, car cette option nécessite beaucoup plus de main-d'œuvre que le recours à des options d'analyse plus simples qui utilisent indirectement les résultats du modèle du COS (E. Milne, communication personnelle).



2015)). Une approche commune utilisée dans des modèles bien connus tels que CENTURY et RothC définit les pools de COS en fonction de leur taux de décomposition (rapide = annuel ou inférieur, lent = années ou décennies, passif = années ou siècles).

Cependant, il est reconnu que les modèles qui reflètent mieux les mécanismes explicites régissant l'accessibilité au COS (Abramoff et al., 2017 ; Lehmann and Kleber, 2015) peuvent améliorer notre capacité à prédire la dynamique du COS.

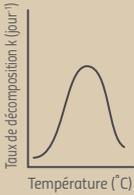
Modèle MOS à un seul pool



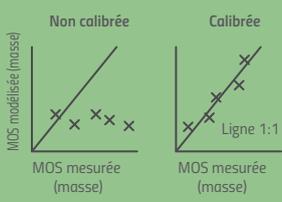
Forme d'équation de la MOS : $\frac{dSOM}{dt} = I - k * SOM$



1. Formuler
Exemple : Les données d'incubation en laboratoire servent à définir la relation entre le taux de décomposition microbienne (k, jour⁻¹) et la température (°C). Le modèle peut ensuite être utilisé pour stimuler les effets de la température sur la MOS.



2) Calibrer
Les mesures de MOS sont utilisées pour optimiser les performances d'un modèle sur un site spécifique



3) Piloter
Exemple : 0,5° de données quadrillées sur 20 ans de température quotidienne (°C) sont utilisées pour simuler des modèles dans une région présentant un intérêt



4) Évaluer
Exemple : Des mesures historiques répétées de la MOS (masse) des stations de surveillance des sols dans la région présentant un intérêt sont utilisées pour évaluer les performances du modèle



FIGURE 5

La structure d'un modèle biophysique simple de matière organique du sol (MOS) montrant comment les pools, les puits, les flux et les paramètres modélisés (définis dans la zone en bas à gauche) sont interconnectés, ainsi que les différentes formes de données utilisées pour (1) formuler le modèle, (2) étalonner le modèle, (3) conduire le modèle sur de grands domaines spatiaux et (4) évaluer les performances du modèle. Adaptation de Campbell and Paustian (2015).



Théoriquement, les modèles de COS, en particulier en tant que composants de modèles d'écosystème complets comprenant des processus physiques, biologiques et chimiques en-dessous et au-dessus du sol, peuvent simuler la dégradation (par exemple, l'épuisement des nutriments dans les sols et la diminution correspondante de la croissance des plantes), ainsi que le potentiel de résilience (par exemple, la croissance des plantes en fonction des changements actuels ou futurs des précipitations). Cependant, tous les processus de dégradation ne sont pas représentés de la même manière, de façon complète ou dynamique, dans les modèles biophysiques du COS. **Actuellement, les processus de dégradation les plus robustes représentés dans les simulations de modèle de COS sont ceux liés au changement de couverture terrestre, aux changements de fertilité du sol et au déclin de la biomasse aérienne.** La dégradation provoquée par le changement de couverture terrestre, par exemple, peut être simulée si un modèle de COS donné est structuré de manière à représenter les processus pertinents affectés par ce changement. La baisse de fertilité du sol due à l'azote du sol est bien reflétée et liée à des baisses simulées du COS, bien que peu de modèles tiennent compte d'autres nutriments. Les baisses de biomasse peuvent être simulées de manière dynamique dans les modèles de COS lorsqu'elles sont liées à l'eau du sol et aux nutriments ou qu'elles peuvent être mesurées à l'aide de la télédétection et utilisées comme intrants pour piloter les simulations de COS.

Les modèles biophysiques de COS ne permettent pas de représenter d'autres processus de dégradation en raison de divers facteurs, dont la disponibilité limitée de données, une compréhension limitée des corrélations avec les processus de COS, des limites en termes de calcul ou la sensibilité limitée du COS à ces formes de dégradation. Le fait de remédier à ces contraintes pourrait améliorer les modèles et réduire les incertitudes quant à leur utilisation pour l'évaluation et la surveillance du COS. Par exemple, certaines formes chimiques de dégradation telles que l'acidification

et l'alcalinisation sont rarement modélisées de manière dynamique, mais peuvent être représentées par le pH et la capacité d'échange de cations, des intrants communément utilisés pour définir l'environnement chimique du sol dans les simulations de COS. D'autres types de contamination du sol et des processus tels que la salinisation sont rarement pris en compte. En outre, de nombreuses formes physiques de dégradation ne sont pas représentées de manière dynamique dans de nombreuses approches de modélisation du COS en raison de la complexité des calculs. Par exemple, la densité apparente est utilisée pour définir l'environnement physique du sol dans de nombreuses simulations de MOS, mais dans un souci de simplicité, elle est souvent supposée constante, ignorant ainsi le compactage (Campbell et al., 2018). Les processus tels que l'érosion et les modifications du niveau des eaux souterraines dépendent des écoulements latéraux exigeants en calcul. Il existe des modèles hydrologiques ou spécifiques à l'érosion, mais ils ne sont pas couramment intégrés aux simulations dynamiques du COS, ce qui introduit une incertitude substantielle dans les estimations de flux de carbone terrestre global (Campbell et al., 2018). La représentation dynamique des processus physiques dans les modèles de COS est considérée comme un besoin important (Campbell et al., 2018).

En dépit de ces limites, **les outils/modèles d'évaluation du COS évoluent rapidement, de manière généralisée et continue.** À l'heure actuelle, les modèles biophysiques de COS sont très limités dans leur capacité à représenter de nombreuses formes de dégradation des terres et leur atténuation. Toutefois, les protocoles d'amélioration sont bien établis, grâce à des processus de développement, de calibrage et de validation de modèle (par ex. la figure 5, panneaux 1, 2 et 4 ; Del Grosso et al., 2008). **Lorsque les outils/modèles fonctionnent mal ou donnent des résultats très incertains dans la prédiction des changements du COS pour les scénarios de NDT, et dans la mesure où les ressources sont disponibles, investir dans**



le développement d'outils/de modèles⁶ (c'est-à-dire par la collecte ciblée de données sur des sites de référence et l'engagement d'experts pour l'amélioration des modèles et outils) doit être intégré dans les programmes de NDT.

3.3 Lorsque la surveillance du COS est une priorité

Compte tenu des défis généralisés que posent les données limitées sur le COS, il est essentiel d'investir de façon ciblée dans la surveillance du COS. Les inventaires nationaux des sols sont également d'importants fournisseurs d'information en matière

6 Développement d'outils/de modèles : terme englobant le processus d'amélioration des outils/modèles d'évaluation du COS afin de mieux représenter les zones, les caractéristiques des terres (par exemple, la texture du sol) et les pratiques de GDT présentant un intérêt. Généralement, si un développement d'outil/de modèle est nécessaire, des sites de surveillance du COS de référence sont nécessaires pour collecter des données détaillées pouvant étayer le développement et les tests afin d'en garantir la précision. En outre, il est souvent nécessaire de faire appel à des experts pour étayer le développement qui améliore le plus efficacement l'analyse des zones nationales, sous-nationales ou locales présentant un intérêt.

La base scientifique des modèles biophysiques de COS, ainsi que leur capacité actuelle à représenter les processus de dégradation des terres, sont deux éléments clés pour comprendre 1) les limites des modèles biophysiques de COS et 2) la meilleure façon de dédier des ressources pour améliorer les outils/modèles d'évaluation du COS, lorsque cela est nécessaire et faisable.

de COS qui peuvent nécessiter une harmonisation des données et des méthodes afin de documenter les progrès réalisés en matière de NDT. L'atteinte de la NDT est évaluée à l'échelle nationale. Ainsi, toute amélioration qui n'augmente pas efficacement, du moins au niveau des activités dégradantes correspondantes, ou qui ne peut pas être vérifiée efficacement au niveau national aura une valeur pratique limitée pour la NDT, même si elle a beaucoup de succès à plus petite échelle. L'arbre décisionnel dans la figure 6 peut être utilisé pour définir les domaines dans lesquels le suivi et la surveillance du COS sont nécessaires pour vérifier l'atteinte de la NDT.

3.4 Choix d'outils pour l'évaluation et la surveillance des stocks de carbone organique du sol

Une surveillance des variations du COS basée sur les mesures est possible mais n'est pas toujours souhaitable. Les modèles biophysiques de COS peuvent également être utilisés *directement*,⁷ bien que cela soit généralement plus difficile et beaucoup moins courant. La base scientifique des modèles biophysiques de COS, ainsi que leur capacité actuelle à représenter les processus de dégradation des terres, sont deux éléments clés pour comprendre 1) les limites des modèles biophysiques de COS et 2) la meilleure façon de dédier des ressources pour améliorer les outils/modèles d'évaluation du COS, lorsque cela est nécessaire et faisable.

7 Un exemple se trouve dans l'outil CBP, qui offre aux utilisateurs la possibilité d'interagir directement avec le modèle CENTURY, une approche classique et répandue de simulation du COS (Parton et al., 1988). Cependant, la plupart des spécialistes ont peu de chances de poursuivre l'utilisation directe de CENTURY dans CBP, car cette option nécessite beaucoup plus de main-d'œuvre que le recours à des options d'analyse plus simples qui utilisent indirectement les résultats du modèle du COS (E. Milne, communication personnelle).



3.4.1 Analyses des stocks de carbone organique du sol pour déterminer la neutralité en matière de dégradation des terres : données manquantes et écarts de calcul

Réaliser la NDT nécessite de changer une multitude d'activités sur de vastes zones et d'évaluer l'impact de ces changements à l'échelle nationale à la lumière des indicateurs de NDT. D'un point de vue scientifique, il est largement reconnu qu'évaluer les variations du COS à une échelle sous-nationale est extrêmement difficile (Campbell and Paustian, 2015 ; Field et al., 2018). Les modèles de COS directement ou indirectement utilisés pour les analyses à l'échelle sous-nationale sont souvent limités par la qualité et la disponibilité de données spatialement explicites permettant d'exécuter le modèle dans toute la zone présentant un intérêt,

Une meilleure cartographie spatiale et des évaluations modélisées des variations du COS à grande échelle sont reconnues comme des besoins essentiels et des domaines de développement actifs.

ainsi que de données permettant d'évaluer ses performances (par exemple, panneaux 3 et 4, figure 5). De plus, il peut être difficile de calculer les flux latéraux en plus des processus complexes qui se produisent verticalement dans le profil de sol. L'utilisation d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS à grande échelle (sous-nationale, nationale) est donc généralement limitée soit par la *limitation des données* relatives aux caractéristiques spatialement explicites de la zone, soit par la *limitation informatique* représentant des interactions complexes spatialement explicites (par ex. la topographie et les mouvements latéraux du sol avec érosion). **Ainsi, la qualité des données spatiales disponibles pour une zone terrestre est un facteur déterminant de la façon dont les variations**

du COS au sein de cette zone peuvent être évaluées. Cependant, les spécialistes doivent être conscients des limites du calcul informatique, en ce qui concerne l'intégration de l'érosion des sols, qui introduisent des incertitudes auxquelles il n'est pas possible de remédier en améliorant uniquement les ensembles de données spatiales.

Une meilleure cartographie spatiale et des évaluations modélisées des variations du COS à grande échelle sont reconnues comme des besoins essentiels et des domaines de développement actifs. Aux fins de la NDT, il s'agit d'un domaine dans lequel la collecte ciblée de mesures du COS peut être très utile pour la NDT, ainsi que pour d'autres initiatives de GDT. L'historique de l'utilisation des terres (par ex. la date de conversion, la jachère) et la gestion des terres (par ex. les pratiques de pâturage, les ajouts d'engrais, etc.) font partie des informations les plus difficiles à recueillir aux fins de l'évaluation spatialement explicite du COS. De nombreux aspects de la gestion des terres ne peuvent pas être télédéteçtés et, dans de nombreuses zones, il existe peu de ressources pour recueillir ces informations. **Compte tenu de l'impact des activités humaines sur les terres, le peu de données spatiales disponibles sur les pratiques de gestion des terres constitueront très probablement une source importante d'incertitude pour les évaluations du COS. Il est vivement recommandé aux spécialistes de la NDT de créer et de mettre en œuvre un plan de collecte d'informations sur la gestion des terres, en particulier dans le cadre d'interventions de GDT, afin de renforcer efficacement et avec précision les évaluations du COS pour la NDT.**

3.4.2 Mise en place d'une stratégie nationale pour investir dans l'évaluation et la surveillance du COS

Le concept de NDT permet aux nations de s'unir autour d'un objectif central : stopper la perte de terres saines et productives tout en conservant une grande souplesse dans la manière d'atteindre cet objectif. Alors que la NDT est finalement rapportée à l'échelle nationale, elle sera construite à partir



d'une combinaison très diversifiée d'interventions à l'échelle sous-nationale et à l'échelle spécifique des projets. Cela nécessite que les parties responsables tiennent compte dès le départ de l'intégration entre les analyses au niveau national et les activités spécifiques à un site, ce qui est souvent un défi en ce qui concerne le COS en raison du peu de données disponibles permettant d'évaluer des combinaisons spécifiques d'écotypes, de textures de sol, d'interventions de GDT, etc., avec suffisamment de précision pour soutenir la prise de décision et la production de rapports. **Compte tenu des ressources limitées, il est important de cibler les investissements dans (1) l'évaluation comparative des impacts du COS avec les interventions de GDT et (2) la surveillance du COS (figure 1).** Dans la pratique, ces investissements impliqueront diverses combinaisons de mesures directes, de télédétection et d'outils/de modèles d'évaluation du COS. S'ils sont organisés de manière stratégique à l'échelle nationale, ces investissements amélioreront considérablement la capacité nationale de gestion du COS pour la NDT et apporteront des avantages multiples.

Pour appuyer la gestion du COS en vue de la NDT et ses multiples avantages, un cadre (figure 2) est proposé, dans lequel les éléments de la planification de la NDT sont accompagnés par l'accumulation d'ensembles de données et de ressources (outils/modèles pour l'évaluation du COS) afin d'accroître les évaluations du COS, créées par les activités de planification et de coordination pour évaluer, gérer et surveiller le COS. Une infrastructure au niveau national devrait être mise en place pour organiser les données et les ressources d'évaluation du COS en fonction des besoins actuels et futurs (par ex. pour le stockage des images de télédétection ou des ensembles de données spatiales).

Les données mesurées utilisées pour l'évaluation du COS (données existantes ou issues des investissements décrits ci-dessus) renforcent considérablement la capacité nationale de gestion du COS. Par conséquent, les projets ciblés pour les investissements en matière de COS

Une infrastructure au niveau national devrait être mise en place pour organiser les données et les ressources d'évaluation du COS en fonction des besoins actuels et futurs (par ex. pour le stockage des images de télédétection ou des ensembles de données spatiales).

nécessitent un protocole permettant de fournir de nouvelles données à un référentiel de données centralisé, facile, clairement défini et pris en charge avec suffisamment de temps et de financement. On pourrait accumuler les données mesurées à l'échelon national pour l'évaluation du COS en exigeant que toutes les données nouvellement collectées soient organisées et soumises à la partie responsable de la planification de la NDT au niveau national, où elles peuvent être stockées dans un endroit centralisé, accessible et protégé contre la perte des données. Un exemple relativement ancien (qui pourrait être un modèle utile) est fourni par le réseau de réduction des gaz à effet de serre par la mise en valeur du carbone agricole (GRACEnet), qui associe une base de données Web centralisée, disponible gratuitement, à un modèle Excel téléchargeable pouvant être utilisé pour organiser les données de gestion des terres, des sols, de la biomasse, des flux de gaz à effet de serre, qui sont ensuite soumises à nouveau dans la base de données (Jawson et al., 2005). De tels efforts harmonisés pourraient aider les pays à mesurer et à communiquer les stocks de COS pour de multiples initiatives mondiales de restauration des terres, telles que le défi de Bonn (Bonn Challenge, 2017) et l'initiative 4 pour 1000 (4 per 1000, 2017), et régionales, comme l'Initiative pour la restauration des paysages forestiers africains, visant à restaurer 100 millions d'hectares de terres dégradées (AFR100, 2017), ou une initiative pour restaurer 20 millions de terres dégradées en Amérique latine et dans les Caraïbes (Initiative 20x20, 2017).



Une stratégie nationale d'investissement dans l'évaluation et la surveillance du COS, ainsi que dans l'organisation des ensembles de données et des ressources associées (outils/modèles d'évaluation du COS), peut prendre en charge tous les aspects de la planification de la NDT pour la gestion du COS (figure 2).

On observe un effort mondial visant à rassembler des informations sur les sols dans le Système mondial d'information sur les sols (GLOSIS) du Partenariat mondial sur les sols (PMS) de la FAO. Le GLOSIS favorise le développement et le renforcement des Systèmes nationaux d'information sur les sols (NSIS). À cet égard, le PMS offre aux pays le soutien nécessaire pour développer et harmoniser leur NSIS sous GLOSIS. Ce processus vise en fin de compte à réduire l'incertitude liée aux données. Il s'accompagne de l'élaboration de procédures opérationnelles normalisées et de l'atteinte de tests de compétences à l'échelle mondiale dans le cadre du réseau mondial de laboratoires consacrés au sol (GLOSOLAN), autre activité lancée par le PMS en 2017.

Une stratégie nationale d'investissement dans l'évaluation et la surveillance du COS, ainsi que dans l'organisation des ensembles de données et des ressources associées (outils/modèles d'évaluation du COS), peut prendre en charge tous les

Établir une base de référence du COS aux fins de la planification de la NDT présente l'avantage de faire double emploi avec les protocoles existants pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre.

aspects de la planification de la NDT pour la gestion du COS (figure 2). L'évaluation du COS peut être considérée comme facultative dans les premières étapes de la planification de la NDT (ciblage des zones pour les interventions en matière de dégradation des terres et identification des interventions potentielles de GDT (encadrés 1 et 2, figure 2), au lieu d'utiliser d'autres ressources (par ex. la contribution d'experts, des connaissances locales, d'autres types d'évaluation) lorsque l'appui à l'évaluation du COS en est aux premiers stades de développement. Par la suite, il devient essentiel d'identifier les zones cibles et les interventions potentielles de GDT afin d'investir dans la surveillance du COS, car cela est nécessaire pour étendre les évaluations du COS au niveau national. Lorsqu'une évaluation comparative des impacts du COS sur les options de GDT est recommandée pour choisir et mettre en œuvre la GDT (figure 1, encadré 13), le présent rapport fournit des indications sur l'utilisation d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS sur la base du niveau de certitude requis pour la prise de décision, à partir d'un examen de certains outils existants.

À titre indicatif, les logiciels doivent être robustes dans au moins trois domaines :

1. corrélations avec d'autres programmes relatifs au COS, car cela permet de diversifier les possibilités de collaboration productive et de partage des ressources ;
2. une infrastructure logicielle stable et une communauté de développement rigoureuse, qui, ensemble, peuvent contribuer à la fiabilité et à la longévité des outils, et ;
3. un engagement envers les principes d'une science ouverte, car les efforts connexes visant à améliorer l'accessibilité aux données et aux résultats peuvent grandement simplifier la collaboration et l'intégration.



3.4.3 Utilisation du COS de référence initial et du potentiel foncier pour identifier les zones prioritaires pour des interventions de gestion durable des terres

Les pays adoptent des positions très différentes pour ce qui est d'établir l'état de la dégradation des terres en 2015 et autour de cette date de référence. La plupart des pays développés ont investi dans les inventaires des terres pendant de nombreuses décennies et disposent de bases de données fiables. L'autre extrême est représenté par les pays pauvres en données qui n'ont que peu de ressources à consacrer à cette entreprise. Établir une base de référence du COS aux fins de la planification de la NDT présente l'avantage de faire double emploi avec les protocoles existants pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Il est également possible de renforcer les partenariats visant à répondre au besoin généralisé de disposer de meilleures cartes mondiales du COS. La note méthodologique de la CNUCLD sur la définition de cibles volontaires de NDT établit trois niveaux pour la prise en compte des indicateurs de surveillance de la NDT, décrits comme suit :

Niveau 1 (méthode par défaut) : observation mondiale/régionale de la Terre, informations géospatiales et modélisation ;

Niveau 2 : statistiques nationales basées sur les données acquises pour les unités de référence administratives ou naturelles (par ex. les bassins versants) et l'observation de la Terre à l'échelle nationale ;

Niveau 3 (méthode la plus détaillée) : études sur le terrain, évaluations et mesures au sol (Mécanisme Mondial de la CNUCLD, 2016).

Les niveaux 1 à 3 de la NDT sont utilisés ici pour les différencier des niveaux 1 à 3 du GIEC, basés sur des sources de données et une complexité

analytique,⁸ et qui sont cités en référence dans la discussion sur les outils/modèles d'évaluation du COS ci-dessous.

Pour les besoins du COS, le niveau 1 de la NDT est obtenu à l'aide de cartes pédologiques mondiales, le niveau 2 de la NDT à l'aide des cartes pédologiques nationales existantes et le niveau 3 de la NDT en créant de nouvelles cartes à l'aide de nouvelles données de terrain. La combinaison de cartes pédologiques mondiales avec de nouvelles données de terrain constitue une option « hybride » de niveau 2 de la NDT, qui sera probablement utilisée dans de nombreuses régions (Nijbroek et al., 2018). La référence de base du niveau 1 de la NDT fixée par la CNUCLD repose sur le produit de données pédologiques SoilGrids du Centre international de référence et d'information pédologique (ISRIC) d'une résolution de 250 m (Hengl et al., 2017). SoilGrids est conçu comme un système mondial cohérent, axé sur les données, qui permet de prédire les propriétés des sols à l'aide de covariables et de modèles adaptés à l'échelle mondiale. D'autres ressources pour la cartographie de référence du COS comprennent la Base de données mondiale harmonisée sur les sols, le Cadre de surveillance de la dégradation des terres et les Menaces pour les sols du Centre commun de recherche (Aynekulu et al., 2017).

La cartographie d'autres cartes mondiales du carbone progresse rapidement sur divers fronts, comme le Partenariat mondial sur les sols de la FAO, qui a mis en ligne la carte mondiale du carbone

8 Niveau 1 du GIEC utilisant les facteurs d'émission par défaut du GIEC, niveau 2 du GIEC avec des facteurs d'émission spécifiques au pays et niveau 3 du GIEC utilisant des ensembles de données de niveau supérieur et des modèles avec davantage de certitude (GIEC 2006). Il convient de noter que les directives du GIEC doivent être révisées en 2019. Ainsi, les niveaux du GIEC dont il est question dans le présent rapport peuvent changer et nécessiter un réalignement et une différenciation par rapport aux niveaux 1 à 3 de la NDT.



organique du sol (GSOC) en 2017. À l'avenir, les activités du 4^e pilier du Partenariat mondial pour les sols de la FAO (visant à « améliorer la quantité et la qualité des données et informations sur les sols : collecte (production), analyse, validation, communication, surveillance et intégration avec d'autres disciplines ») pourraient conduire à une base de données du COS nettement améliorée. De plus amples informations sur les ressources disponibles pour évaluer la base de référence du COS sont fournies dans les informations complémentaires « Outils d'inventaire du COS ».

À l'heure actuelle, SoilGrids constitue toujours une ressource fiable pour le COS initial de référence au niveau 1 ou 2 de la NDT. SoilGrids s'est engagé dans le développement continu de logiciels, dans l'infrastructure de logiciels libres, à appliquer les principes de données FAIR et à établir des liens avec la base de données de profils pédologiques du Service mondial d'information sur les sols⁹ qui recueille et harmonise activement les données de profils pédologiques. Il entretient également des liens avec un recueil d'ensembles de données à plus haute résolution par l'intermédiaire d'organisations nationales, régionales, locales et non gouvernementales (ONG) qui peuvent être utiles pour des activités spécifiques à des projets et des analyses à l'échelle sous-nationale. La carte GSOCmap est également une ressource utile, mais sa résolution est plus grossière (env. 1 km comparé à 250 m pour SoilGrids). Elle repose sur un effort de collecte de données mené de manière collaborative à l'échelle nationale. Elle devrait être mise à jour dans un avenir proche et devrait faire l'objet d'une utilisation plus large à ce stade. Quelle que soit la ressource utilisée, **le COS initial de référence ne devrait pas être considéré comme définitif, mais devrait plutôt être mis à jour au fur et à mesure que des données pertinentes sont accumulées grâce aux investissements dans la surveillance du COS, de sorte que l'évaluation de 2030 de la NDT utilise un scénario**

de référence de 2015 pour le COS qui soit au niveau de NDT le plus élevé possible. Le groupe de travail du PMS chargé d'élaborer des directives pour la mesure, la cartographie, la surveillance et la communication d'informations sur les stocks de COS et les variations de ces stocks pourrait également contribuer à cet objectif.

Dans l'idéal, le point de référence initial du COS devrait être utilisé parallèlement à une évaluation des tendances historiques du COS pour identifier des zones cibles d'intervention en matière de dégradation des terres (c'est-à-dire où éviter les changements, réduire les pertes ou restaurer les terres), puis y surveiller ensuite les effets ultérieurs. Toutefois, pour le COS, l'analyse des tendances historiques en termes de perte de COS dépend de la disponibilité de données historiques sur les niveaux de COS et de l'historique de l'utilisation des terres, et cette analyse risque d'être très imprécise et/ou incertaine à l'échelle nationale, notamment dans les premiers stades de planification de la NDT. **Il n'est peut-être pas pratique d'investir dans ce type d'analyse descendante de la dégradation historique du COS à l'échelle nationale pour identifier les zones cibles d'intervention de la NDT pour le COS, car cela nécessite beaucoup de ressources et peut s'avérer insuffisamment certain pour être utile.** L'exception serait si de telles analyses du COS ont déjà été effectuées par d'autres parties et sont facilement accessibles, auquel cas elles devraient être prises en compte.

Comme alternative pratique lorsque les données sur les sols sont limitées, **il est possible d'utiliser un sous-ensemble de types de couverture terrestre et de caractéristiques des sols comme méthode simple mais grossière pour identifier les zones prioritaires où, dans la lutte contre la dégradation des terres, la gestion des sols et du COS peut être l'objectif principal.** Plus précisément, il est important d'identifier (1) les terres de pâturage/terres cultivées comme cibles où l'accumulation de COS est probablement la principale

9 Service mondial d'information sur les sols



mesure du succès des interventions de GDT (par exemple, la figure 6), (2) les zones de faibles précipitations et/ou de sols très érodables où le COS est probablement susceptible de subir des pertes et qui peuvent donc être la cible d'interventions pour éviter ou réduire la dégradation des terres, et (3) les sols riches en COS et/ou à forte teneur en argile qui, grâce à une plus grande capacité à augmenter ou à stocker le COS, pourraient être plus susceptibles de générer des retombées économiques substantielles grâce au commerce de carbone. Cette approche peut être mise en œuvre au niveau 1 de NDT en utilisant les ensembles de données de référence de 2015 concernant le COS, la couverture terrestre et le potentiel foncier utilisés pour établir le type des terres dans l'objectif de la NDT (Orr et al., 2017).

Une fois que les zones prioritaires pour les projets de NDT ont été identifiées, d'autres sources d'information sur l'état de la dégradation des terres et l'expertise locale peuvent être utilisées pour identifier les cibles « critiques » en matière de GDT où, comme décrit dans Orr et al. (2017) « l'état des terres est bon mais en détérioration » (p. 71). Une approche de « niveau 1 de NDT » pour évaluer l'état de dégradation des terres pour les zones terrestres utiliserait des informations à l'échelle mondiale sur la dégradation des terres, telles que le Système mondial d'information sur la dégradation des terres (GLADIS) de la FAO, une base de données imprécise sur l'état des terres, ou l'Évaluation mondiale de la dégradation des terres (GLADA) à mesure de sa disponibilité au-delà des six premiers pays pilotes que sont l'Argentine, la Chine, Cuba, le Sénégal, l'Afrique du Sud et la Tunisie. Une approche de « niveau 2 de NDT » pourrait utiliser des informations à l'échelle nationale basées sur les tendances du CCT et de la PPN. Par exemple, les récents changements négatifs en termes de CCT ou de PPN (< 5 ans) n'ont peut-être pas entraîné une baisse importante du COS, tandis que les changements à moyen terme (5 à 15 ans) peuvent avoir entraîné une baisse continue du COS et que les changements à long

terme (> 20 ans) peuvent avoir stabilisé un équilibre de COS inférieur. Les régions récemment en déclin pourraient être des zones prioritaires pour la GDT afin de réduire les pertes de COS avant qu'elles ne deviennent graves ou irréversibles. L'outil « Trends. Earth » pourrait constituer une bonne ressource pour cette approche, conçue pour étayer l'évaluation de la dégradation des terres à l'échelle nationale, y compris les méthodes d'évaluation du COS sur la base de l'ensemble des données SoilGrids 250m afin de fournir un stock de COS de référence et le changement de couverture terrestre pour estimer les impacts de l'utilisation des terres sur le changement du stock de COS. Une approche de « niveau 3 de NDT » utiliserait des données historiques d'utilisation/de gestion des terres, des données de COS mesurées et des outils/modèles d'évaluation du COS pour évaluer les changements historiques du COS dans une zone spécifique. Cette approche de « niveau 3 de NDT » nécessiterait probablement beaucoup plus de ressources. Par conséquent, si elle est sélectionnée pour un investissement, il est recommandé qu'elle soit étroitement liée au processus de sélection des interventions de GDT pour le COS et à l'établissement d'une surveillance du COS.

Les évaluations comparatives du COS peuvent être complétées avec des outils logiciels simplifiés ou des modèles biophysiques plus détaillés. Les outils logiciels sont généralement conçus pour évaluer le COS à l'aide d'approches statistiques et empiriques plus simples, permettant souvent l'utilisation d'ensembles de données par défaut intégrés, et souvent dans le contexte d'une comptabilité carbone ou d'analyses socio-économiques plus complètes. Les outils logiciels conviennent généralement mieux lorsque des niveaux de certitude faibles à modérés sont requis, même si certains peuvent être utilisés avec des niveaux de certitude élevés. Les modèles biophysiques, en revanche, représentent plus explicitement les processus qui ont un impact sur le COS et peuvent donner des résultats avec une certitude relativement élevée. Cependant, leur utilisation nécessite souvent des



Outil	Date d'examen	Échelle spatiale			
		Projet	Sous-nationale	Nationale	Liens entre les échelles
AFOLU Carb	08/02/19	+	+++	-	+
CBP	11/02/19	+++	+++	+++	+
CCAFS-MOT	04/02/19	+++	+	-	+
CFT	01/02/19	+++	+	-	+
Ex-ACT	13/02/19	+	+++	+++	+
Trends. Earth	07/03/19	-	+++	+++	+

TABLEAU 8

Comparaison des outils d'évaluation et de surveillance du COS indiquant les utilisations recommandées (+++), possibles (+) ou non recommandées/impossibles (-) à différentes échelles spatiales et types d'évaluation du COS pour la NDT.

investissements dans une formation plus poussée ou l'implication d'experts. L'examen de la FAO (2019) sur les approches de modélisation du COS constitue une excellente ressource dans le cas où des modèles biophysiques sont nécessaires.

Pour aider les spécialistes de la NDT, le présent rapport fournit un aperçu des outils logiciels existants pour évaluer le COS. Pour sélectionner les outils à examiner, l'analyse a débuté par le récent examen par le Groupe de la Banque mondiale des outils de comptabilisation du carbone pour la GDT, qui portait sur sept outils de comptabilisation du carbone choisis en fonction de critères de disponibilité, de couverture géographique, de portée des activités, et d'exigences en termes de données, de temps et de compétences. Aux fins du présent rapport, six outils comprenant l'évaluation du COS ont été examinés : le Calculateur de carbone pour l'agriculture, les forêts et autres utilisations des terres (AFOLU), le Projet avantages carbone

(CBP), l'Outil d'options d'atténuation du changement climatique, de l'agriculture et de la sécurité alimentaire (CCAFS-MOT), le Cool Farm Tool (CFT) et l'Outil de bilan carbone EX-Ante (EX-ACT) (Touder et al., 2018, tableau 8). Pour chaque outil, la documentation a été examinée et, dans la mesure du possible, des experts participant au développement d'outils ont été interrogés pour déterminer (1) si les outils pouvaient relier les évaluations du COS à l'échelle nationale, sous-nationale et spécifique à un projet, et (2) si les outils proposaient des corrélations adaptées, avaient une infrastructure logicielle stable, offraient une solide communauté de développeurs et garantissaient un engagement envers les principes d'une science ouverte. Au cours de ce processus d'inspection, l'outil Trends. Earth a également été considéré. Le cas échéant, les outils et ressources interconnectés utiles dans le cadre de la NDT ont également été examinés. **Des fiches de ressources basées sur ces examens ont été rédigées pour chaque outil. Les résumés**



* pour faciliter ou éclairer la discussion

** pour choisir la GDT pour la NDT, lorsque tout changement positif est bénéfique

*** pour choisir la GDT pour optimiser le COS pour l'attribution de crédits carbone ou d'autres incitations économiques

Utilisations recommandées des outils d'évaluation du COS

Pour comparer la GDT potentielle avec différents niveaux de certitude sur le COS			Pour surveiller le COS		
Faible certitude requise*	Certitude modérée requise**	Haute certitude requise***	Utilisation	Modèle de COS	Description des données par défaut et évaluation du COS (à utiliser lorsqu'aucune donnée n'est disponible)
+++	-	-	-	-	ensembles de données mondiales, tous les climats, facteurs d'émission de niveau 1 du GIEC
+	+++	+++	+++	CENTURY	ensembles de données mondiales, tous les climats, facteurs d'émission de niveau 1 du GIEC
+++	+	-	-	-	relations empiriques à l'échelle mondiale ou sous-nationale, le cas échéant
+	+++	+	-	-	ensembles de données mondiales, tous les climats, facteurs d'émission de niveau 1 du GIEC ou valeurs de la littérature scientifique, si disponibles
+++	+++	+	-	-	ensembles de données mondiales, tous les climats, facteurs d'émission de niveau 1 du GIEC
-	-	-	+++	-	ensembles de données mondiales, tous les climats, cartographie du COS soit directement, soit à l'aide de facteurs d'émission de niveau 1 du GIEC

(+++ recommandé, + possible, - non recommandé/impossible)

du tableau 8 et du tableau 9 peuvent être utilisés par les spécialistes afin de sélectionner les outils ou la suite d'outils qui répondra/répondront le mieux à leurs besoins (figure 4). Vous trouverez de plus amples informations sur chacun de ces outils dans la rubrique « Fiches de ressources des outils de COS ».

CBP est une option viable pour des analyses du COS plus intensives et robustes à l'échelle quantitative. Il est également approprié pour une surveillance du COS. CBP est directement connecté à la base de données WOCAT et à LandPKS, une application mobile qui se concentre sur ce qu'un propriétaire foncier peut collecter ou doit savoir pour faire des choix plus durables concernant la gestion de ses terres. Cette série d'outils utilise un langage normalisé sur plusieurs plateformes afin de faciliter les interconnexions. Le logiciel CBP est conçu pour une expansion et des liens supplémentaires à

l'avenir. Le logiciel est hébergé par l'Université de l'État du Colorado et maintient un accès stable aux utilisateurs, même lorsque les fonds nécessaires à son développement ne sont pas disponibles. Toutefois, son utilisation exige beaucoup de temps et convient mieux aux évaluations du COS qui exigent des niveaux de certitude modérés à élevés.

Trends. Earth est un outil Web stable conçu pour étayer l'objectif de développement durable (ODD) 15.3.1. Il est donc idéal pour la surveillance du COS à l'échelle nationale et pour générer des rapports. Il est également recommandé en tant que ressource pour l'évaluation initiale de l'état de dégradation des terres, en tant que composante des zones de ciblage pour examiner les options de GDT. Trends. Earth permet l'entrée de données spatiales à haute résolution pour remplacer les ensembles de données mondiales par défaut et il peut donc être utilisé pour améliorer la cartographie du COS, tandis que les données sont



Logiciel				Comparaison par le Groupe de la Banque mondiale en 2018 des outils d'évaluation du carbone pour la GDT			
Outil	Plate-forme	Utilisateurs	Corrélations	Résumé des activités incluses dans l'outil	Besoin en termes de temps	Besoin en termes de données	Besoin en termes de compétences
AFOLU Carb	Basé sur le Web	Chefs de projet de l'USAID pour les programmes à l'étranger	Winrock International, USAID, Applied GeoSolutions	Terres cultivées (cultures tempérées, cultures tropicales, riziculture) Pâturage (prairies, bétail) Bois/forêts (vergers/vignes, forêts) Mixtes (arbres des champs/haies/agroforesterie)	Moyen	Faible	Faible
CBP	Basé sur le Web	Chefs de projets de GDT, responsables de programmes de GDT, experts en GDT	WOCAT, LandPKS, 4 pour 1000, crédit carbone VERRA (possible)	Terres cultivées (cultures tempérées, cultures tropicales, riziculture) Pâturage (prairies, bétail) Bois/forêts (vergers/vignes, forêts) Mixtes (arbres des champs/haies/agroforesterie) Autre (zones humides, peuplements)	Élevé	Faible	Moyen
CCAFS-MOT	Excel	Multi-intervenants (décideurs en matière de changement climatique et d'agriculture, éducateurs, chercheurs, chefs de projets)	Cool Farm Tool	Terres cultivées (cultures tempérées, cultures tropicales, riziculture) Pâturage (prairies, bétail) Bois/forêts (vergers/vignobles) Mixtes (arbres des champs/haies/agroforesterie)	Faible	Faible	Très faible
CFT	Basé sur le Web	Membres payants (industrie), gestionnaires fonciers, chefs de projets	Plus de 50 partenaires commerciaux, Cool Farm Alliance, (possible) Gold Standard Foundation	Terres cultivées (cultures tempérées, cultures tropicales, riziculture) Pâturage (bétail) Bois/forêts (vergers/vignobles) Mixtes (arbres des champs/haies/agroforesterie)	Moyen	Faible	Faible
Ex-ACT	Excel	Agents de programme formés et consultants travaillant avec des agences et projets de développement	Série de programmes de la FAO : EX-ACT MRV pour un petit projet, EX-ACT pour les chaînes de valeur	Terres cultivées (cultures tempérées, cultures tropicales, riziculture) Pâturage (prairies, bétail) Bois/forêts (vergers/vignes, forêts) Mixtes (arbres des champs/haies/agroforesterie) Autre (zones humides, peuplements)	Moyen	Faible	Moyen
Trends. Earth	Basé sur le Web	Conservation International pour les projets internes, responsables de rapports de NDT, chercheurs	WOCAT, LandPKS, rapports de la CNULCD, NASA, ISRIC	Sans objet (pratiques de GDT non incluses dans l'outil)	Sans objet	Sans objet	Sans objet

TABLEAU 9

Comparaison des outils d'évaluation et de surveillance du COS décrivant l'état actuel de la plateforme logicielle, des utilisateurs et des liens avec d'autres programmes. Les informations sur les activités et les besoins en termes de temps (faible = 0 à 10 min, moyen = 10 à 30 min, élevé = > 30 min), les données et les compétences ont été extraites du rapport du Groupe de la Banque mondiale de 2018 (Toudert et al., 2018) lorsqu'elles étaient disponibles.



collectées au moyen d'investissements de mesure et de surveillance du COS à l'échelle sous-nationale et au niveau d'un projet spécifique. À l'heure actuelle, il ne prend pas en charge la saisie des pratiques de GDT, car les ensembles de données spatialement explicites sur l'utilisation et la gestion des terres ne sont pas suffisamment disponibles. Cependant, Trends. Earth est en train de développer des liens avec WOCAT et LandPKS pour aider à répondre à ce besoin, et des développements seront probablement mis en place pour permettre aux utilisateurs de saisir ces informations.

Les outils **EX-ACT** et **CCAFS-MOT** sont tous deux basés sur Excel, ce qui en fait de bonnes options si les spécialistes souhaitent utiliser des outils ne nécessitant pas d'accès au Web. L'outil CCAFS-MOT pourrait être envisagé pour une sélection de GDT basée sur la discussion dans des sites spécifiques. Il est simple et facile à utiliser, conçu pour être une ressource en matière de politique et de discussion. Il est également stable et relativement facile à adapter aux informations ou aux scénarios locaux. Il a été utilisé avec succès à cet égard en Éthiopie. L'outil EX-ANTE permet une évaluation plus complète de l'empreinte carbone dans les projets de développement. Il fonctionne de manière comparable à CBP en termes d'évaluations du carbone ex-ante, il peut être facilement mis à jour pour tenir compte des facteurs d'émission de niveau 2 du GIEC qui permettent des niveaux plus élevés de spécificité nationale et il est associé à d'autres outils fournissant des ressources supplémentaires pour des projets de développement à petite échelle (EX-ANTE MRV) et pour l'analyse de la chaîne de valeur alimentaire (outil EX-ACT pour les chaînes de valeur).

AFOLU peut offrir un soutien pour orienter les discussions à plus grande échelle (communautés, bassins versants), grâce à sa conception permettant d'évaluer les impacts du carbone sur de grandes unités administratives. Cependant, l'avenir du logiciel est incertain au-delà de 2020. AFOLU devrait certainement être envisagé si son

utilisation reste accessible au moment voulu. Cependant, ce ne sera pas une ressource fiable tant que l'accès en ligne permanent ne sera plus garanti.

De tous les outils évalués, le *CFT* est celui qui est le plus étroitement lié aux partenaires de l'industrie et il devrait être considéré si la collaboration de l'industrie est un critère dans la sélection de la GDT à l'échelle locale. Si le crédit carbone est approuvé par Gold Standard, où il fait actuel-

Si les ressources financières et humaines ne constituent pas une contrainte, il est recommandé de mettre en place un réseau national de surveillance du COS comprenant une répartition soigneusement conçue de parcelles pour les mesures du COS, dont il existe des exemples à l'appui d'initiatives telles que les inventaires nationaux de GES (e.g., Spencer et al., 2011).

lement l'objet d'un examen, il est recommandé d'appliquer le CFT dans les zones prioritaires où le potentiel d'accumulation de COS est élevé.

Tous les outils inclus dans cet examen peuvent être utilisés globalement pour tous les climats, avec un résumé général des activités inclus dans le tableau 9. **Il se peut qu'un manque de données et le besoin de développer des outils soient identifiés au cours du processus d'évaluation comparative du COS dans un contexte national spécifique** (figure 4). Lorsqu'il est nécessaire de disposer d'une grande certitude dans l'évaluation du COS, pallier au manque de données et recourir au développement d'outils/de modèles peut s'avérer nécessaire afin de mener à bien l'évaluation comparative du COS et de sélectionner les options



de GDT à mettre en œuvre. Cependant, lorsqu'un degré de certitude plus faible est requis pour la prise de décision en matière de GDT, il peut être facultatif de combler ce manque de données ou de recourir au développement d'outils. Il peut toutefois s'avérer nécessaire de pallier à ce manque de données et de recourir au développement d'outils pour appuyer l'évaluation du COS à l'échelle nationale en vue de la NDT. Dans les deux cas, les sites de référence (ceux dans lesquels des pratiques clés de GDT ont été mises en œuvre, ou dans des écorégions/textures de sol/etc. où peu de données sont disponibles) peuvent être utilisés pour cibler une collecte intensive de données de grande valeur. Les ensembles de données provenant de sites de référence peuvent aider au développement d'outils/de modèles d'évaluation du COS pour une plus grande précision dans un contexte national spécifique, et améliorer la capacité nationale d'évaluer, de gérer et de surveiller le COS.

Toutefois, les mesures du COS dans la végétation indigène et non aménagée seraient utiles si, après une conversion, des efforts de revégétalisation étaient entrepris avant qu'une dégradation importante des sols ne se produise, afin de réduire la dégradation des terres.

3.4.4 Mesure des stocks de carbone organique du sol pour appuyer la surveillance

L'un des défis que pose la surveillance de l'augmentation du COS est le niveau de précision requis, c'est-à-dire que la précision de la surveillance doit être suffisamment élevée pour détecter les variations du COS dues à la GDT avec suffisamment de certitude afin qu'elles puissent être considérées comme réelles. La figure 7 offre un

arbre décisionnel permettant d'obtenir le type de programme d'échantillonnage du sol qui convient pour relever ce défi. Si les ressources financières et humaines ne constituent pas une contrainte, il est recommandé de mettre en place un réseau national de surveillance du COS comprenant une répartition soigneusement conçue de parcelles pour les mesures du COS, dont il existe des exemples à l'appui d'initiatives telles que les inventaires nationaux de GES (e.g., Spencer et al., 2011). Un grand nombre de pays n'ont pas ou très peu de systèmes d'échantillonnage du sol et devront affecter des ressources à cette fin (Shepherd et al., 2015b). Si, comme il est probable, de telles ressources sont limitées, l'arbre décisionnel présenté dans la figure 6 aidera à décider du meilleur endroit où déployer ces ressources.

L'évaluation du COS, à la fois ex-ante et ex-post, peut être effectuée à l'aide d'outils/de modèles d'évaluation du COS. Cependant, l'exactitude de ces évaluations et l'échelle à laquelle elles peuvent être appliquées dépendent des ensembles de données disponibles sur les sols pour calibrer les outils et modèles d'évaluation du COS en fonction des conditions locales. Alors que les évaluations du COS à grande échelle (nationale) sont utiles pour définir les priorités et les objectifs nationaux en matière de NDT comme démontré par Milne et al. (2007), ce n'est pas l'échelle à laquelle la NDT (locale, sous-nationale) peut être mise en œuvre par le biais de la GDT. **Par conséquent, aux fins de la NDT, la génération d'ensembles de données mesurées sur le COS doit être envisagée parallèlement à l'utilisation (et à l'amélioration constante) d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS, à la fois à l'échelle des activités de la NDT (du projet à l'échelle sous-nationale) et à l'échelle du suivi de l'atteinte de la NDT (nationale).**

Aux fins de la coordination à grande échelle, Orr et al. (2017) détaille des procédures pour tirer parti des activités d'aménagement du territoire existantes, en particulier en reliant la planification de la NDT aux : « Programmes d'action nationaux (PAN) de la CNULCD, aux plans d'adaptation nationaux



de la Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique (CCNUCC), aux contributions déterminées au niveau national (CDN) et à l'intégration dans les plans de développement nationaux et d'autres processus politiques » (p. 62). Ces efforts sont idéalement fondés sur de rigoureuses évaluations de référence de la dégradation des terres basées sur des données. **Étant donné que les trois indicateurs de référence de la NDT font souvent l'objet d'un suivi à l'unisson : dans les zones où l'analyse et le suivi du CCT et/ou de la PPN par télédétection sont suffisants, un investissement dans la surveillance des variations du COS (par des mesures individuelles ou combinées, ainsi qu'à l'aide d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS) peut ne pas être nécessaire, à moins de rapporter des avantages communs. Cependant, étant donné que le COS n'assure pas toujours le suivi de la PPN et du CCT (Oldfield et al., 2019), il est important d'identifier où et à quelles échelles, pour appuyer la NDT, la surveillance du COS est essentielle pour suivre et intensifier efficacement les évaluations des variations du COS. Cependant, les indices de végétation doivent être interprétés avec soin. Une augmentation de la biomasse aérienne (verdure), par exemple, pourrait être un signe de dégradation des terres due à l'empiètement de la brousse sur les pâturages (Aynekulu et al., 2017).**

Dans les activités de NDT visant à éviter la dégradation des terres, le COS peut ne pas être l'indicateur de choix. Toutefois, les mesures du COS dans la végétation indigène et non aménagée seraient utiles si, après une conversion, des efforts de revégétalisation étaient entrepris avant qu'une dégradation importante des sols ne se produise, afin de réduire la dégradation des terres. Le boisement ou la repousse secondaire rétablira progressivement le COS et une confirmation de ce processus serait justifiée pour la comptabilisation de la NDT. Mesurer les niveaux de COS de référence serait essentiel si la végétation était entièrement éliminée. Sinon, les restes de végétation peuvent être échantillonnés avec les peuplements récupérés 10 à 15 ans

après la mise en œuvre de la mesure. Comme ces perturbations affectent normalement des zones relativement vastes et uniformes, les programmes d'échantillonnage représentatifs peuvent être de faible densité, pour autant que les conditions du paysage soient prises en compte.

L'évitement de la dégradation des terres dans une végétation aménagée stable, qu'il s'agisse de parcs naturels à proximité ou de petites parcelles morcelées avec différents systèmes agricoles ou d'exploitations agricoles ou animales à grande échelle, peut également être surveillé à l'aide d'autres indices de dégradation des terres, c'est-à-dire sans investir dans des systèmes d'échantillonnage du COS. Si les fonds le permettent, l'inclusion de ces zones dans un système de surveillance des sols permettra de certifier que la gestion de ces zones est durable. Cependant, en l'absence de tels fonds, des statistiques stables sur la production agricole combinées à la télédétection de la PPN sont susceptibles de refléter des conditions de sol stables.

Les efforts visant à réduire la dégradation des terres dans la végétation aménagée, tels que les terres cultivées et les pâturages, peuvent être de nature assez différente. Si un gouvernement opte pour des approches de GDT institutionnelles telles qu'un programme de subvention des engrais (par ex. au Malawi), l'impact peut être reflété dans les statistiques de production agricole et l'accumulation du COS peut être implicite là où elle est adoptée. Si l'approche de GDT choisie est décidée à un niveau administratif inférieur ou ciblé sur une région présentant des zones prioritaires de dégradation des terres, l'impact doit être mesuré dans les limites administratives appropriées. Il existe un lien plus direct avec les programmes de NDT axés sur l'aménagement du territoire, qui impliquent souvent des mesures structurelles ou des mesures de protection de la végétation traversant de nombreuses limites de propriété ou de terrains communs. Ces programmes bénéficieront grandement de l'établissement d'un point de référence pour le COS avec le niveau de précision



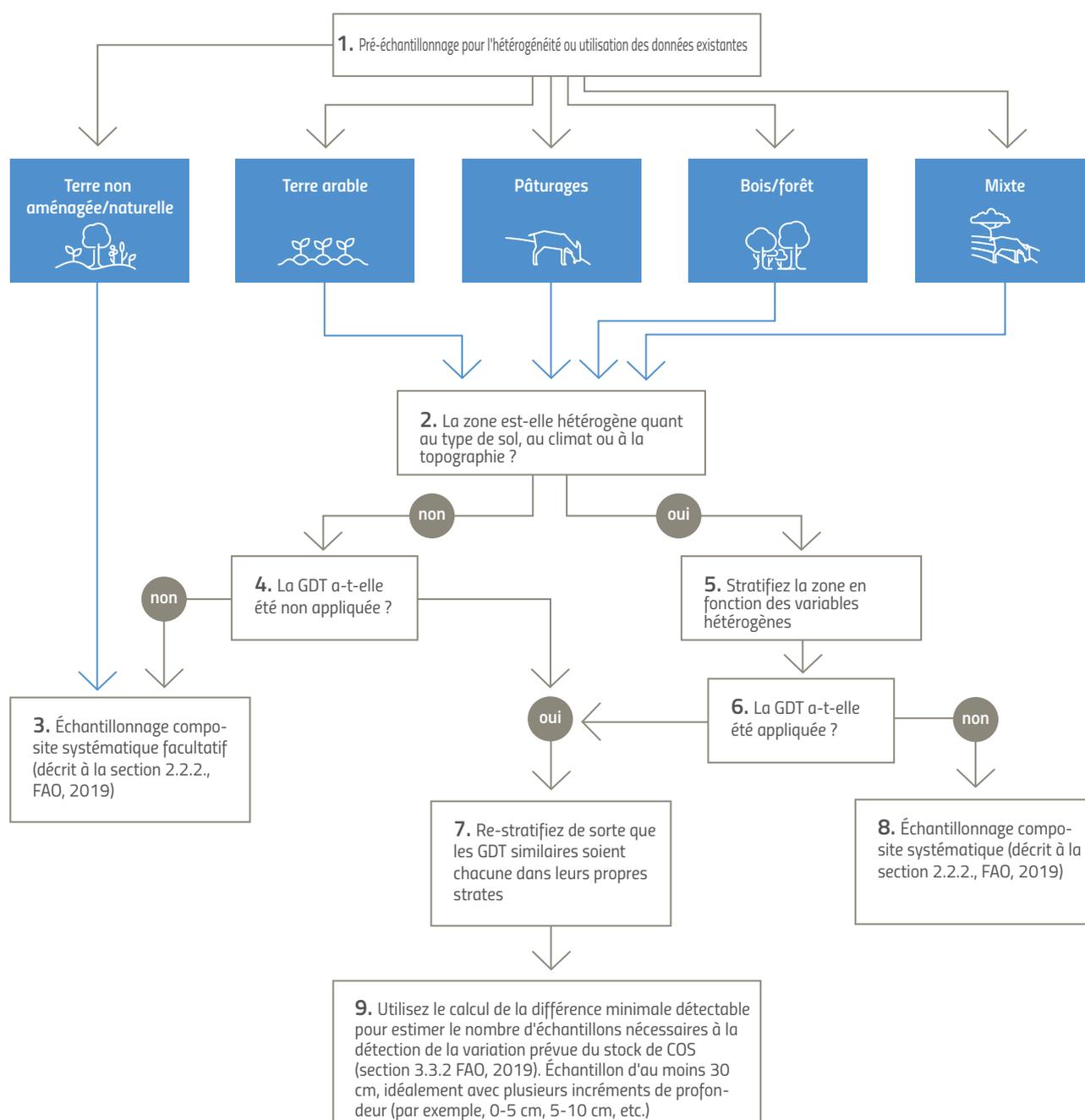
La réduction de la dégradation des terres par les technologies de GDT au niveau des exploitations agricoles, qu'il s'agisse de production animale, de plantations de bois ou de fruits, de productions végétales ou de combinaisons de celles-ci, sera reflétée dans les statistiques de production agricole si elle est adoptée à une assez grande échelle.

le plus élevé possible, avant la mise en œuvre de la GDT. Tout programme d'échantillonnage de ce type devrait cibler les zones du bassin versant/ de l'unité administrative qui subira des changements structurels ou de la végétation. Même s'il est facile de suivre l'amélioration de la PPN ou des rendements, dans les zones où la PPN demeure inchangée, il est possible que les stocks de COS s'accumulent. Les agriculteurs peuvent réagir différemment aux nouvelles conditions du sol et l'enquête de terrain doit donc tenir compte de cette diversité. Les investissements dans la surveillance du COS peuvent être considérables, mais ils sont précieux pour vérifier l'atteinte de la NDT dans les zones où la CT ne change pas et où le COS ne peut pas être supposé suivre les tendances de la PPN.

La réduction de la dégradation des terres par les technologies de GDT au niveau des exploitations agricoles, qu'il s'agisse de production animale, de plantations de bois ou de fruits, de productions végétales ou de combinaisons de celles-ci, sera reflétée dans les statistiques de production agricole si elle est adoptée à une assez grande échelle. Cependant, pour affirmer le succès de telles technologies, les niveaux de référence du COS doivent être mesurés de manière représentative, de préférence avant la promotion de la technologie dans une zone prioritaire de dégradation des terres désignée. L'échantillonnage doit être répété à intervalles réguliers, au plus tard en 2030, année du

rapport national sur la NDT. En l'absence d'un tel point de référence du COS mesuré, un échantillonnage couplé « espace-pour-temps » peut être effectué au moment du rééchantillonnage désigné, en s'assurant que ceux qui ont adoptés les nouvelles technologies et ceux qui ne les ont pas adoptés sont correctement représentés (figure 3).

Le besoin de données et d'indicateurs du sol harmonisés et comparables pouvant être utilisés pour suivre l'impact de la GDT a été largement reconnu et constitue l'un des piliers du Partenariat mondial sur les sols de la FAO (par ex. le 5e pilier : « Harmonisation des méthodes, des mesures et des indicateurs pour la gestion durable et la protection des ressources des terres »). Jusqu'à présent, cela a guidé la création du réseau mondial des laboratoires consacrés au sol (GLOSOLAN) qui sera en mesure de coordonner les activités des réseaux régionaux des laboratoires consacrés au sol (RESOLAN) ; le réseau des laboratoires d'Asie du Sud-Est (SEALNET) et le réseau latino-américain des laboratoires de traitement des sols (LATSOLAN) sont déjà actifs et plusieurs autres devraient être créés en 2019. De plus en plus de ressources sont mises à disposition pour normaliser les procédures de collecte et de communication des données sur les sols dans des bases de données centralisées qui améliorent collectivement la disponibilité des données sur les sols. Reconnaître les avantages mutuels du COS dans les conventions des Nations Unies peut aider à utiliser les ressources disponibles dans ce qui est probablement une entreprise relativement laborieuse et coûteuse. Dans la mesure du possible, il convient d'utiliser des étalons de mesure générant des données pouvant être généralisées grâce à de multiples efforts de gestion durable des sols. Si les normes de mesure sont recommandées par un inventaire du COS spécifique ou par des outils d'évaluation sélectionnés pour les analyses de NDT, ou par des GLOSOLAN/RESOLAN, il est recommandé d'utiliser ces normes à titre indicatif. **Si SoilGrids est utilisé pour les inventaires du**



FAO. 2019 « Mesure et modélisation des stocks de carbone dans le sol et de leurs variations dans les lignes directrices pour les systèmes de production animale ». Rome. <<http://www.fao.org/3/I9693EN/I9693en.pdf>>

FIGURE 7

L'arbre décisionnel 5 aide à choisir les types d'approches d'échantillonnage pour mesurer le COS et évaluer les variations du COS avec la GDT. Il est recommandé de prélever un échantillon de 0 à 30 cm au minimum afin de s'aligner sur les exigences de la CCNUCC. Des mesures plus approfondies du changement du COS peuvent être utiles mais peuvent ne pas être aussi rentables ou réalisables.



COS, par exemple, il peut être efficace d'utiliser des étalons de mesure de sol ISRIC pour compléter directement la base de données utilisée pour les calculs de SoilGrids. Le CBP, s'il est utilisé pour évaluer les stocks et les variations du COS, intègre des recommandations pour mettre à jour les valeurs de base du GIEC avec des informations spécifiques à la région et des références aux procédures ISRIC. Une autre ressource précieuse est fournie par le Centre mondial d'agroforesterie (Aynekulu et al., 2011). En fait, l'existence d'un si grand nombre de procédures analytiques dans le monde entier constitue sa propre contrainte. Il est donc fortement recommandé de soutenir les normes d'harmonisation des activités du 5e pilier du Partenariat mondial sur les sols de la FAO, au fur et à mesure qu'elles se développent.

L'atteinte de la NDT par le maintien ou l'amélioration du COS devrait être évaluée à l'aide de toutes les informations accumulées pendant le processus de NDT, à savoir les mesures de COS, les informations de gestion des terres et les ensembles de données à l'appui des évaluations du COS (figure 3).

3.4.5 Évaluation de l'atteinte de la neutralité en matière de dégradation des terres

L'atteinte de la NDT par le maintien ou l'amélioration du COS devrait être évaluée à l'aide de toutes les informations accumulées pendant le processus de NDT, à savoir les mesures de COS, les informations de gestion des terres et les ensembles de données à l'appui des évaluations du COS (figure 3). Ces efforts devraient servir à améliorer le niveau de référence du COS pour 2015 au niveau de résolution le plus élevé possible. Par exemple, les évaluations initiales du COS de 2015 ne comportaient peut-être pas d'informations explicites sur l'historique de la gestion des terres. Cela peut motiver les spécialistes de la planification de la NDT au niveau national à acquérir ces informations pendant le déploiement des activités de NDT. LandPKS (, présenté à la rubrique 5.4.3) est un outil à prendre en compte à cette fin. Les évaluations du COS de référence pour 2015 peuvent donc être mises à jour rétroactivement pour une plus grande précision.

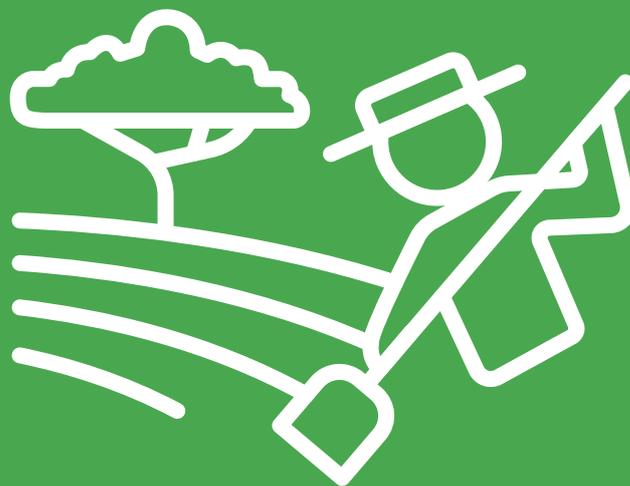
Aux fins de l'évaluation du COS de 2030 pour vérifier l'atteinte de la NDT, les ensembles de données les plus précieux associeraient des taux d'adoption spatialement explicites à des mesures répétées du COS sur des sites avec l'adoption d'une GDT donnée, idéalement à des intervalles supérieurs à 5 ans à compter de la mise en œuvre de la GDT. Une ressource de données moins idéale mais néanmoins utile serait fournie par des mesures qui substituent l'espace au temps dans l'évaluation par paires, c'est-à-dire des mesures ponctuelles de zones terrestres avec et sans adoption qui sont situées sur des sols et dans des climats similaires, et en supposant que toute différence entre elles est due à des différences dans la gestion (figure 3). Idéalement, l'évaluation du COS en 2030 pour vérifier l'atteinte de la NDT devrait se situer au niveau 2 ou 3 de la NDT. Les plus hauts niveaux de certitude concerneront les types de terres et les zones où la surveillance du COS a été établie.



Réaliser l'harmonisation des normes
de surveillance et de mesure du
carbone organique du sol dans le but
d'évaluer l'atteinte de la neutralité en
matière de dégradation des terres.







Directives destinées aux gestionnaires des terres

- | | | |
|------|---|----|
| 4.1. | Mise en œuvre d'une gestion durable des terres pour maintenir ou améliorer le carbone organique du sol et parvenir à la neutralité en matière de dégradation des terres | 86 |
| 4.2. | Évaluation et surveillance des stocks de carbone organique du sol | 88 |



Cibler la GDT pour maintenir ou accroître les pratiques en matière de carbone organique du sol afin d'éviter, de réduire et d'inverser la dégradation des terres.

4.1. Mise en œuvre d'une gestion durable des terres pour maintenir ou améliorer le carbone organique du sol et parvenir à la neutralité en matière de dégradation des terres

1. Choisissez des pratiques de GDT adaptées aux conditions socio-économiques locales, y compris en fonction du genre et de l'égalité des sexes, et du contexte biophysique :
 - a. Les parties prenantes nationales/locales concernées par les questions de gestion des terres devraient identifier les pratiques de GDT appropriées, en utilisant les connaissances locales et traditionnelles, les connaissances hybrides et les preuves scientifiques pertinentes.
 - b. Le choix de pratiques de GDT appropriées devrait tenir compte d'interventions sexospécifiques, y compris des activités de projet qui traitent de manière proactive les sensibilités liées au genre, et qui promeuvent l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes.
 - c. Utilisez les informations sur l'état actuel des terres, y compris l'état de dégradation des terres, le potentiel inhérent des terres pour maintenir ou accroître le COS (c'est-à-dire lorsqu'il y a un « déficit de COS » important et que les terres sont susceptibles de réagir à la gestion) et pour fournir d'autres avantages socio-économiques et écologiques connexes afin de cibler les **interventions de GDT pour éviter, réduire et inverser la dégradation des terres.**
 - d. Apprenez et appliquez la gestion adaptative. Bien que la relation entre la GDT et l'augmentation du COS ne soit souvent pas



« prouvée », il est raisonnable de supposer, au premier abord, que les pratiques de GDT maintiendront ou augmenteront le COS. Découvrez les contributions des pratiques de GDT pour maintenir ou augmenter le COS, ainsi que d'autres avantages socio-économiques et écologiques connexes, et affinez les recommandations en la matière, le cas échéant.

2. Appliquez la **gestion intégrée du paysage** : utilisez des outils intégrés d'aménagement du territoire pour estimer les impacts cumulatifs des décisions en matière d'utilisation et de la gestion actuelle des terres sur le COS et d'autres indicateurs de NDT ; planifiez des interventions à travers les paysages afin d'équilibrer les zones de perte anticipée de COS avec des zones de restauration/réhabilitation dans le même type d'utilisation des terres. Utilisez des outils/modèles économiques pour projeter les coûts, les avantages et les risques à long terme des options d'intervention en matière de GDT ;

3. Bien qu'il existe de plus en plus de preuves scientifiques sur le potentiel des pratiques de GDT pour créer des paysages multifonctionnels qui traitent simultanément de la NDT, de l'adaptation et de l'atténuation du changement climatique au niveau du sol et de la conservation de la diversité biologique, tout en assurant la quantité et la qualité des ressources en sols et en eau, **les évaluations en vue de l'adoption de la GDT devraient inclure des évaluations des avantages et inconvénients concomitants entre les services écosystémiques fournis par la terre**, afin de contribuer à la base de données factuelles d'exemples chiffrés des multiples avantages de la GDT.

Bien qu'il existe de plus en plus de preuves scientifiques sur le potentiel des pratiques de GDT pour créer des paysages multifonctionnels qui traitent simultanément de la NDT, de l'adaptation et de l'atténuation du changement climatique au niveau du sol et de la conservation de la diversité biologique, tout en assurant la quantité et la qualité des ressources en sols et en eau, les évaluations en vue de l'adoption de la GDT devraient inclure des évaluations des avantages et inconvénients concomitants entre les services écosystémiques fournis par la terre, afin de contribuer à la base de données factuelles d'exemples chiffrés des multiples avantages de la GDT.

4. Tenez compte des impacts de la gestion sur la composante carbone inorganique du sol (CIS), qui revêt une importance particulière pour les terres arides, où elle constitue une grande partie du stock total de carbone du sol. Bien que le CIS soit relativement stable, une gestion inappropriée des terres (irrigation, fertilisation chimique) peut être responsable du rejet de CO² dérivé du CIS dans l'atmosphère, annulant les efforts de séquestration du carbone dans le sol par la GDT.



4.2 Évaluation et surveillance des stocks de carbone organique du sol

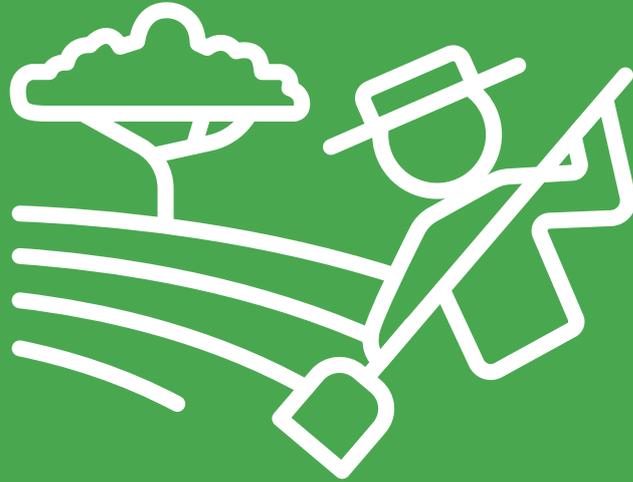
La NDT est surveillée à l'aide de trois indicateurs mondiaux (changement de la couverture terrestre, CCT ; évolution de la productivité primaire nette, PPN ; évolution des stocks de carbone du sol, COS) et d'indicateurs pertinents à l'échelle nationale. Souvent, le COS est corrélé avec la PPN et le CCT ; un effort intensif pour mesurer le COS est moins important lorsque la PPN et la couverture terrestre changent ; il faut par conséquent :

1. **Se concentrer sur la mesure du COS sur les sites où le COS est l'indicateur clé** (par ex. dans les terres cultivées et les pâturages où la PPN et le CCT sont des indicateurs moins fiables de la dégradation des terres, comme entre différentes pratiques de gestion des terres cultivées ou lorsque des processus spécifiques de dégradation des terres ne se reflètent pas facilement dans les tendances de la couverture terrestre et de la productivité des terres) ;
2. **Utiliser des outils/modèles** pour l'évaluation du COS afin d'évaluer le COS et de le cartographier, lorsque le COS n'est pas un indicateur clé. Choisissez un outil/modèle approprié en fonction de l'objectif : différents outils/modèles sont pertinents pour la planification et la surveillance ;
 - a. **Utilisez les données nationales/locales et l'expertise locale** pour appliquer les outils/modèles du COS à l'évaluation du COS pour l'estimation et la surveillance. Il existe plusieurs ensembles de données mondiales

existants et gratuits qui pourraient offrir des informations sur le COS. Réalisez un inventaire des données et des compétences nationales/locales ; là où des lacunes sont identifiées, allouez des ressources pour renforcer les capacités nationales d'échantillonnage et d'analyse des sols ; développez/améliorez les données nationales de COS et renforcez la collaboration avec des organismes internationaux tel que le Partenariat mondial sur les sols (PMS) ;

- b. **L'investissement dans la mesure et le renforcement des capacités peut améliorer les outils/modèles d'évaluation du COS et réduire les incertitudes des modèles, afin de réduire les coûts de l'évaluation du COS à long terme.** Utilisez les données disponibles pour tester et améliorer les modèles, et lorsque les outils/modèles du COS pour l'évaluation du COS ne sont pas adéquats, allouez des ressources pour améliorer ces outils/modèles : établissez des sites de référence dans des écosystèmes clés, effectuez des échantillonnages, renforcez les capacités de développement d'outils/modèles. **Un partenariat et une coopération au niveau régional** pourraient permettre une approche efficace pour tester et développer des modèles pour les principaux agroécosystèmes et pratiques de GDT ;
3. **La combinaison de mesures et d'outils/modèles pour l'évaluation du COS** peut constituer une approche efficace et robuste permettant de réduire les coûts au minimum : utilisez des mesures pour établir le point de référence, appliquez des outils/modèles pour estimer les variations du COS. (Mesurez le point de référence avec la précision requise, selon qu'il s'agit d'évaluer le changement du COS à l'aide d'un outil/modèle ou de la mesurer à nouveau. Une plus grande précision est requise dans ce dernier cas). Quantifiez et signalez les incertitudes en termes de mesure et de modèle.

L'investissement dans la mesure et le renforcement des capacités peut améliorer les outils/modèles d'évaluation du COS et réduire les incertitudes des modèles, afin de réduire les coûts de l'évaluation du COS à long terme.



La combinaison de mesures et d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS peut constituer une approche efficace et rigoureuse permettant de minimiser les coûts.







Conclusion et
propositions de politiques



Options orientées vers des politiques encourageant des actions immédiates afin d'atteindre l'objectif de NDT par le biais des technologies de GDT et des approches visant à maintenir et à améliorer les stocks de COS.

La gestion durable des terres (GDT) est l'un des principaux mécanismes permettant d'atteindre la NDT (Orr et al., 2017). La GDT peut maintenir et améliorer les niveaux de COS en favorisant la croissance des plantes, en utilisant les ressources en matière organique pour les amendements de sol et en réduisant les pertes de COS (Sanz et al., 2017). Le rapport technique de l'IPS pour le sous-objectif 1.1 fournit une base scientifique pour la gestion du COS par des interventions de GDT conçues pour atteindre la NDT et offrir de multiples avantages en matière d'environnement et de développement. Il fournit également des conseils pour relever les défis liés à la mesure et à la surveillance du COS. Ce rapport peut aider les pays à identifier les technologies et les approches de GDT adaptées au contexte afin de maintenir et d'augmenter les stocks de COS, et les aider à évaluer et surveiller le COS, pour l'aménagement du territoire et la surveillance de la NDT. Il y a quatre conclusions principales accompagnées de propositions de politiques correspondantes :



Conclusion 1 : Le COS est un indicateur fondamental de la santé de l'écosystème et, de par ses rôles multifonctionnels, sa sensibilité à la gestion des terres et sa pertinence directe pour les missions des trois conventions de Rio, il constitue un critère clé pour l'identification de technologies de GDT appropriées pour l'atteinte de la NDT ;

Proposition 1. Encourager les pays Parties à :

1. utiliser des technologies et des approches de GDT conçues pour maintenir ou augmenter le COS dans le but de générer de multiples avantages ;
2. utiliser le COS comme indicateur pour surveiller les interventions de NDT basées sur la GDT afin de soutenir l'atteinte de la NDT ;
3. aligner la surveillance du COS sur la surveillance nationale de la NDT ; et
4. partager les directives adressées aux gestionnaires des terres aux niveaux national et sous-national.

Conclusion 2 : Les défis posés par (i) la prévision des changements potentiels du COS avec les interventions de GDT et (ii) le suivi des variations du COS à des échelles temporelles et spatiales peuvent être résolus à l'aide d'outils/de modèles développés pour estimer la dynamique du COS. La gestion du COS en vue d'atteindre la NDT nécessite un cadre conçu pour appuyer les décisions d'investissement (du niveau national au niveau du projet), pour cibler les interventions de NDT dans les zones à risque et pour appuyer le choix de technologies et d'approches de GDT appropriées. Un tel cadre

fournirait une approche structurée, permettant l'intégration de données mesurées et d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS, afin d'appuyer la planification d'interventions de GDT et de réhabilitation/restauration adaptées aux conditions locales dans le contexte de la gestion intégrée de l'utilisation des terres pour atteindre la NDT.

Proposition 2. Inviter les partenaires techniques spécialisés dans la GDT, en collaboration avec les mécanismes scientifiques pertinents (par exemple, le Groupe technique intergouvernemental sur les sols (ITPS) du Partenariat mondial sur les sols (PMS)) à concevoir un cadre de gestion du COS pour la GDT, afin de soutenir les décisions d'investissement, à concentrer les interventions sur les zones à risque, et à soutenir la sélection des technologies et des approches de GDT appropriées localement. Ce cadre guiderait les pays Parties dans leurs efforts pour :

1. Évaluer le potentiel des terres et l'état actuel des terres, afin de déterminer les zones prioritaires pour éviter, réduire et inverser la dégradation des terres ;
2. Identifier les interventions de GDT appropriées aux conditions locales ;
3. Concentrer les interventions de GDT dans des zones où les stocks de COS risquent d'être perdus ou des zones où il existe un fort potentiel d'augmentation des stocks de COS ; et
4. Investir dans la surveillance du COS lorsque le suivi du COS est recommandé pour l'atteinte de la NDT, et pour développer des connaissances sur la relation entre la GDT et le COS, afin d'identifier les pratiques de GDT pour créer du COS et quantifier leurs avantages conjoints.



Conclusion 3 : Un cadre de gestion du COS pour étayer l'atteinte de la NDT sera plus efficace s'il promeut l'égalité des sexes et le développement inclusif, permet aux femmes d'investir dans les ressources naturelles, renforce les capacités des institutions locales et implique les parties prenantes dans l'identification de pratiques de GDT appropriées.

Proposition 3. Exhorter les pays Parties et les autres parties prenantes à :

1. Intégrer des mesures sexospécifiques visant à promouvoir l'égalité des sexes et l'autonomisation des femmes grâce à la conception d'évaluations préliminaires de la NDT tenant compte de la problématique hommes-femmes recommandées par le Cadre conceptuel scientifique pour la neutralité en matière de dégradation des terres ;
2. Mettre au point des interventions de NDT tenant compte de la problématique hommes-femmes, fondées sur la participation des femmes à la prise de décision afin de permettre une gouvernance foncière inclusive ; et
3. Inclure les dimensions de genre dans la planification de l'utilisation des terres et dans la conception des interventions visant à atteindre la NDT ;
4. Utiliser les critères d'évaluation de la problématique hommes-femmes tels que ceux définis par le Réseau mondial d'outils fonciers, facilité par ONU-Habitat.

Conclusion 4 : Le niveau de certitude requis pour l'évaluation du COS varie en fonction de l'objectif de l'évaluation. De plus, la capacité nationale à mesurer et à surveiller le COS est très variable. Les programmes de mesure et de surveillance devraient évaluer le COS au niveau de certitude adapté à l'application. Des efforts devraient être

faits pour renforcer la capacité des pays en matière de mesure et de modélisation du COS afin de combler les lacunes et les limites des données identifiées dans les outils/modèles.

Proposition 4. Encourager les pays Parties, en collaboration avec les partenaires techniques et financiers concernés, à renforcer la coordination et les capacités au niveau national pour la mesure et la surveillance du COS en :

1. Renforçant les capacités des institutions techniques et des ressources humaines en fournissant des conseils sur l'évaluation, la surveillance et la création de rapports du COS pour l'aménagement du territoire, la surveillance de la NDT et d'autres applications ;
2. Développant/renforçant les capacités dans la conception de stratégies d'échantillonnage du sol et la mise en œuvre de programmes de mesure et de surveillance ;
3. Développant/améliorant les processus pour l'assurance qualité, le stockage des échantillons et la conservation des données, afin de favoriser le développement d'outils/de modèles pour l'évaluation du COS, et
4. Invitant les partenaires techniques concernés à développer/affiner des outils/modèles pour l'évaluation du COS, en vue de leur utilisation dans l'évaluation de la NDT sur les sites où des mesures détaillées du COS ne sont pas nécessaires.



Le carbone organique du sol est un indicateur fondamental de la santé de l'écosystème et un critère clé pour l'identification de technologies de GDT appropriées pour contribuer à la réalisation de la NDT.



Références

- 4 per 1000**, (2017). Understand the “4 per 1000” Retrieve from: <https://www.4p1000.org/understand> (accessed 3.20.19).
- Abramoff, R.**, Xu, X., Hartmann, M., O'Brien, S., Feng, W., Davidson, E., Finzi, A., Moorhead, D., Schimel, J., Torn, M., Mayes, M.A., (2017). The Millennial model: in search of measurable pools and transformations for modeling soil carbon in the new century. *Biogeochemistry* 137, 51–71. doi:10.1007/s10533-017-0409-7
- AFR100**, (2017). African Forest Landscape Restoration Initiative Retrieve from: URL <https://www.wri.org/our-work/project/AFR100/about-afr100> (accessed 3.24.19).
- Alberta Environment and Water**, (2012). QUANTIFICATION PROTOCOL FOR CONSERVATION CROPPING Version 1.0. ISBN: 978-0-7785-9628-8
- Alexander, S.**, Aronson, J., Whaley, O., Lamb, D., (2016). The relationship between ecological restoration and the ecosystem services concept. *Ecol. Soc.* 21, 34. doi.org/10.5751/ES-09048-210447.
- Aynekulu, E.**, Lohbeck, M., Nijbroek, R.P., Ordoñez, J.C., Turner, K.G., Vågen, T.-G., Winowiecki, L.A., (2017). Review of Methodologies for Land Degradation Neutrality Baselines: Sub-National case studies from Costa Rica and Namibia. Nairobi. Available on <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/80563/Review%20LDN%20Baseline%20Methods.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Aynekulu, E.**, Shepherd, K., (2015). Measuring rangeland health and soil carbon in Africa, in: Milde, Hoag, Bowen (Eds.), *Resilient Mitigation in Sub-Saharan Africa: The State of the Science*. USAID. Available on <http://www.worldagroforestry.org/sites/default/files/Ermias%20&%20Keith%20Chapter%20-%20Measuring%20rangeland%20health%20and%20soil%20carbon%20in%20Africa.pdf>
- Aynekulu, E.**, Vagen, T.-G., Shephard, K., Winowiecki, L., (2011). A Protocol for Modeling, Measurement and Monitoring Soil Carbon Stocks in Agricultural Landscapes. Version 1.1. World Agroforestry Centre, Nairobi. Retrieve from: URL <http://www.worldagroforestry.org/soc> (accessed 3.24.19).
- Batjes, N.H.**, (2004). Estimation of soil carbon gains upon improved management within croplands and grasslands of Africa. *Environ. Dev. Sustain* 6, 133–143. <https://doi.org/10.1023/B:ENVI.0000003633.14591.fd>
- Bernoux, M.**, Feller, C., Cerri, C.C., Eschenbrenner, V., Cerri, C.E.P., (2006). Soil carbon sequestration, in: Roose, E., Lal, R., Feller, C., Barthès, B., Stewart, B. (Eds.), *Erosion & Carbon Dynamics*. CRC Publisher. Available on https://www.researchgate.net/publication/298355463_Soil_carbon_sequestration
- Blaikie, P.**, Brookfield, H., Brookfield, H., (2015). *Land Degradation and Society*. Routledge. ISBN-13: 978-1138923072

- Bonn Challenge**, (2017). The Bonn Challenge. Retrieve from: URL <http://www.bonnchallenge.org> (accessed 3.24.19).
- Bordonal, R.O.**, Carvalho, J.L.N., Lal, R., Figueiredo, E.B., Oliveira, B.G., Scala, N., (2018). Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 38, 13. doi:10.1007/s13593-018-0490-x
- Börner, J.**, Baylis, K., Corbera, E., Ezzine-de-Blas, D., Ferraro, P.J., Honey-Rosés, J., Lapeyre, R., Persson, U.M., Wunder, S., (2016). Emerging Evidence on the Effectiveness of Tropical Forest Conservation. *PLoS One* 11, e0159152. doi:10.1371/journal.pone.0159152
- Broeckhoven, N.**, Cliquet, A., (2015). Gender and ecological restoration: Time to connect the dots. *Restor. Ecol.* 23, 729–736.
- Brown, S.**, Lugo, A.E., (1990). Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen content of soils in Puerto Rico and US Virgin Islands. *Plant Soil* 124, 53–64. doi:10.1007/BF00010931
- Campbell, E.E.**, Field, J.L., Paustian, K., (2018). Modelling soil organic matter dynamics as a soil health indicator, in: Reicosky, D. (Ed.), *Managing Soil Health for Sustainable Agriculture*, Volume 2: Monitoring and Management, Agricultural Science. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK. DOI: 10.19103/AS.2017.0033.21
- Campbell, E.E.**, Paustian, K., (2015). Current developments in soil organic matter modeling and the expansion of model applications: a review. *Environ. Res. Lett.* 10, 123004. doi:10.1088/1748-9326/10/12/123004
- Climate Action Reserve**, (2017). Grassland Project Protocol Version 2.0. Available on <https://www.climateactionreserve.org/how/protocols/grassland/dev/>
- Collantes, V.**, Kloos, K., Henry, P., Mboya, A., Mor, T., Metternicht, G., (2018). Moving towards a twin-agenda: Gender equality and land degradation neutrality. *Environ. Sci. Policy* 89, 247–253. doi:10.1016/j.envsci.2018.08.006
- Cowie, A.L.**, Orr, B.J., Castillo Sanchez, V.M., Chasek, P., Crossman, N.D., Erlewein, A., Louwagie, G., Maron, M., Metternicht, G.I., Minelli, S., Tengberg, A.E., Walter, S., Welton, S., (2018). Land in balance: The scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality. *Environ. Sci. Policy* 79, 25–35. doi:10.1016/j.envsci.2017.10.011
- Crowther, T.W.**, Todd-Brown, K.E.O., Rowe, C.W., Wieder, W.R., Carey, J.C., Machmuller, M.B., Snoek, B.L., Fang, S., Zhou, G., Allison, S.D., Blair, J.M., Bridgman, S.D., Burton, A.J., Carrillo, Y., Reich, P.B., Clark, J.S., Classen, A.T., Dijkstra, F.A., Elberling, B., Emmett, B.A., Estiarte, M., Frey, S.D., Guo, J., Harte, J., Jiang, L., Johnson, B.R., Kröel-Dulay, G., Larsen, K.S., Laudon, H., Lavelle, J.M., Luo, Y., Lupascu, M., Ma, L.N., Marhan, S., Michelsen, A., Mohan, J., Niu, S., Pendall, E., Peñuelas, J., Pfeifer-Meister, L., Poll, C., Reinsch, S., Reynolds, L.L., Schmidt, I.K., Sistla, S., Sokol, N.W., Templer, P.H., Treseder, K.K., Welker, J.M., Bradford, M.A., (2016). Quantifying global soil carbon losses in response to warming. *Nature* 540, 104–108. doi:10.1038/nature20150

- De Stefano, A.,** Jacobson, M.G., (2018). Soil carbon sequestration in agroforestry systems: a meta-analysis. *Agrofor. Syst.* 92, 285–299. doi:10.1007/s10457-017-0147-9
- Del Grosso, S.,** Parton, W., Stohlgren, T., Zheng, D., Bachelet, D., Prince, S., Hibbard, K., Olson, R., (2008). Global Potential Net Primary Production Predicted from Vegetation Class, Precipitation, and Temperature. *Ecology* 89, 2117–2126. doi:10.1890/07-0850.1
- Dewitte, O.,** Jones, A., Spaargaren, O., Breuning-Madsen, H., Brossard, M., Dampha, A., Deckers, J., Gallali, T., Hallett, S., Jones, R., Kilasara, M., Le Roux, P., Michéli, E., Montanarella, L., Thiombiano, L., Van Ranst, E., Yemefack, M., Zougmore, R., (2013). Harmonisation of the soil map of africa at the continental scale. *Geoderma* 211–212, 138–153. doi:10.1016/j.geoderma.2013.07.007
- Don, A.,** Schumacher, J., Freibauer, A., (2011). Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks – a meta-analysis. *Glob. Chang. Biol.* 17, 1658–1670. doi:10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x
- Dregne, H.,** (1976). *Soils of Arid Lands*. Elsevier, Amsterdam. ISBN: 9780080869735
- Dumanski, J.,** (1997). Criteria and indicators for land quality and sustainable land management. *ITC J.* 3, 216–222. Available on <http://www.ces.iisc.ernet.in/energy/HC270799/LM/SUSLUP/KeySpeakers/ADumanski.pdf>
- FAO,** (2019). *Measuring and modelling soil carbon stocks and stock changes in livestock production systems – Guidelines for assessment.*, Version 1. ed. Rome. Available on <http://www.fao.org/3/I9693EN/i9693en.pdf>
- FAO,** (2017). *Unlocking the Potential of Soil Organic Carbon - Outcome Document of the Global Symposium on Soil Organic Carbon*, Global Symposium on Soil Organic Carbon. Rome. ISBN 978-92-5-109759-5
- Fernandez-Raga, M.,** Palencia, C., Keesstra, S.D., Jordan, A., Fraile, R., Angulo-Martinez, M., Cerda, A., (2017). Splash erosion: A review with unanswered questions. *Earth-Science Rev.* doi:10.1016/j.earsci.2017.06.009
- Field, J.L.,** Evans, S.G., Marx, E., Easter, M., Adler, P.R., Dinh, T., Willson, B., Paustian, K., (2018). High-resolution techno-ecological modelling of a bioenergy landscape to identify climate mitigation opportunities in cellulosic ethanol production. *Nat. Energy* 3, 211. doi:10.1038/s41560-018-0088-1
- Garrity, D.,** Okono, A., Grayson, M., Parrott, S. (Eds.), (2006). *World Agroforestry into the Future*. Nairobi. ISBN 92 9059 184 6
- GEF,** (2018). *Guidance to Advance Gender Equality in GEF Projects and Programs*. Washington DC. Global Environment Facility. Retrieve from: URL <https://www.thegef.org/publications/gef-guidance-gender-equality> (accessed 5.24.19).

- Global Mechanism of the UNCCD**, (2016). Methodological Note to Set National Voluntary Land Degradation Neutrality (LDN) Targets Using the UNCCD Indicator Framework. UNCCD. Available on https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-08/LDN%20Methodological%20Note_02-06-2017%20ENG.pdf
- Gong, L.**, Liu, G., Wang, M., Ye, X., Wang, H., Li, Z., (2017). Effects of vegetation restoration on soil organic carbon in China: A meta-analysis. *Chin. Geogr. Sci.* 27, 188–200. doi: 10.1007/s11769-017-0858-x
- González-Ramírez, J.**, Kling, C.L., Valcu, A., (2012). An Overview of Carbon Offsets from Agriculture. *Annu. Rev. Resour. Econ.* 4, 145–160. doi:10.1146/annurev-resource-083110-120016
- Goudie, A.**, Middleton, N.J., (2006). *Desert Dust in the Global System*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-32355-6
- Grote, U.**, Craswell, E., Vlek, P., (2005). Nutrient flows in international trade: Ecology and policy issues. *Environ. Sci. Policy* 8, 439–451. doi:10.1016/j.envsci.2005.05.001
- Guo, L.B.**, Gifford, R.M., (2002). Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Glob. Chang. Biol.* 8, 345–360. doi:10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x
- Haddaway, N.R.**, Hedlund, K., Jackson, L.E., Kätker, T., Lugato, E., Thomsen, I.K., Jørgensen, H.B., Isberg, P.-E., (2017). How does tillage intensity affect soil organic carbon? A systematic review. *Environ. Evid*, 6, 30. <https://doi.org/10.1186/s13750-017-0108-9>
- Han, P.**, Zhang, W., Wang, G., Sun, W., Huang, Y., (2016). Changes in soil organic carbon in croplands subjected to fertilizer management: a global meta-analysis. *Sci. Rep.* 6, 27199. <https://doi.org/10.1038/srep27199>
- Hengl, T.**, Jesus, J.M. de, Heuvelink, G.B.M., Gonzalez, M.R., Kilibarda, M., Blagotić, A., Shangguan, W., Wright, M.N., Geng, X., Bauer-Marschallinger, B., Guevara, M.A., Vargas, R., MacMillan, R.A., Batjes, N.H., Leenaars, J.G.B., Ribeiro, E., Wheeler, I., Mantel, S., Kempen, B., (2017). Soil-Grids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS One* 12, e0169748. doi:10.1371/journal.pone.0169748
- Hurni, H.**, (1997). Assessing sustainable land management. *Agric. Ecosyst. Env.* 81, 83–92. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(00\)00182-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(00)00182-1)
- Ingram, J.S.I.**, Fernandes, E.C.M., (2001). Managing carbon sequestration in soils: concepts and terminology. *Agric. Ecosyst. Environ.* 87, 111–117. doi:10.1016/S0167-8809(01)00145-1
- Initiative 20x20**, (2017). Initiative 20x20. Retrieve from: URL <http://www.wri.org/our-work/project/initiative-20x20/restoration-commitments> (accessed 3.24.19).
- IPBES**, (2018). Summary for policymakers of the assessment report on land degradation and restoration of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Secretariat of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany. ISBN No: 978-3-947851-04-1

- IPCC**, (2006a). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Glossary. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, in: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), . Hayama, Japan.
- IPCC**, (2006b). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.
- Jawson, M.D.**, Shafer, S.R., Franzluebbers, A.J., Parkin, T.B., Follett, R.R., (2005). GRACEnet: Greenhouse gas reduction through agricultural carbon enhancement network. *Soil Tillage Res* 83, 167–172. doi:doi:10.1016/j.still.2005.02.015
- Lal, R.**, (2019). Promoting “4 per thousand” and “adapting African agriculture” by south-south cooperation: conservation agriculture and sustainable intensification. *Soil Tillage Res.* 188, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.12.015>
- Lal, R.**, (2018). Digging Deeper: A Wholistic Perspective of Factors Affecting SOC Sequestration. *Glob. Chang. Biol.* 28. doi:10.1111/gcb.14054.
- Lal, R.**, (2002). Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. *Env. Pollut.* 116, 353–362. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00211-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00211-1)
- Lal, R.**, Kimble, J.M., Stewart, B.A., (2000). *Global Climate Change and Pedogenic Carbonates*. Lewis/CRC Press, Boca Raton. ISBN-13: 978-1566704588
- Le, Q.B.**, Thomas, R., Bonaiuti, E., (2017). Global Geo-informatics Options by Context (GeOC) Tool for Supporting Better Targeting and Scaling-out of Sustainable Land Management: Designing the System and Use Cases. Available on <http://hdl.handle.net/20.500.11766/7358>
- Lehmann, J.**, Kleber, M., (2015). The contentious nature of soil organic matter. *Nature* 528, 60–68. doi:10.1038/nature16069
- Li, S.**, Lobb, D.A., Lindstrom, M.J., Papiernik, S.K., Farenhorst, A., (2008). Modelling tillage-induced redistribution of soil mass and its constituents within different landscapes. *oil Sci. Soc. Am. J.* 72, 167–179. doi:10.2136/sssaj2006.0418
- Lobb, D.A.**, (2011). Understanding and managing the causes of soil variability. In: *Recent Advances in Precision Conservation*. *J. Soil Water Conserv.* 66, 175A–179A. doi:10.2489/jswc.66.6.175A
- Luo, Z.**, Wang, E., Sun, O.J., (2010). Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agric. Ecosyst. Environ.* 139, 224–31. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.08.006>
- MA**, (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington, DC. ISBN 1-59726-040-1
- MacCarthy, D.S.**, Agyare, W.A., Vlek, P.L.G., (2018). Evaluation of soil properties of the Sudan Savannah ecological zone of Ghana for crop production. *Ghana J. Agric. Sci.* 52, 95-104–104. Available on <https://www.ajol.info/index.php/gjas/article/view/179646/169004>

- Maillard, É.,** Angers, D.A., (2014). Animal manure application and soil organic carbon stocks: a meta-analysis. *Glob. Chang. Biol.* 20, 666–79. <https://doi.org/10.1111/gcb.12438>
- Mäkipää, R.,** Liski, J., Guendehou, S., Malimbwi, R., Kaaya, A., (2012). Soil carbon monitoring using surveys and modelling: General description and application in the United Republic of Tanzania. Food and Agriculture Organization of The UNITED NATIONS, Rome, Italy. ISBN 978-92-5-107271-4
- McDaniel, M.D.,** Tiemann, L.K., Grandy, A.S., (2014). Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. *Ecol. Appl.* 24, 560–70. doi:<https://doi.org/10.1890/13-0616.1>
- Mello, F.F.C.,** Cerri, C.E.P., Davies, C.A., Holbrook, N.M., Paustian, K., Maia, S.M.F., Galdos, M. V, Bernoux, M., Cerri, C.C., (2014). Payback time for soil carbon and sugar-cane ethanol. *Nat. Clim. Chang.* 4, 605–609. doi:10.1038/nclimate2239
- Milne, E.,** Aynekulu, E., Bationo, A., Batjes, N.H., Boone, R., Conant, R., Davies, J., Hanan, N., Hoag, D., Herrick, J.E., Knausenberger, W., Neely, C., Njoka, J., Ngugi, M., Parton, B., Paustian, K., Reid, R., Said, M., Shepherd, K., Swift, D., Thornton, P., Williams, S., (2016). Grazing lands in Sub-Saharan Africa and their potential role in climate change mitigation: What we do and don't know. *Environ. Dev.* 19, 70–74. doi:10.1016/j.envdev.2016.06.001
- Milne, E.,** Paustian, K., Easter, M., Sessay, M., Al-Adamat, R., Batjes, N.H., Bernoux, M., Bhattacharyya, T., Cerri, C.C., Cerri, C.E.P., Coleman, K., Falloon, P., Feller, C., Gicheru, P., Kamoni, P., Killian, K., Pal, D.K., Powlson, D.S., Williams, S., Rawajfih, Z., (2007). An increased understanding of soil organic carbon stocks and changes in non-temperate areas: National and global implications. *Agric. Ecosyst. Environ.* 122, 125–36. DOI: 10.1016/j.agee.2007.01.012
- Monger, H.C.,** Kraimer, R.A., Khresat, S.E., Cole, D.R., Wang, X., Wang, J., (2015). Sequestration of inorganic carbon in soil and groundwater. *Geology* 43, 375–378. DOI: 10.1130/G36449.1
- Nie, X.,** Li, Z., Huang, J., Huang, B., Xiao, H., Zeng, G., (2017). Soil Organic Carbon Fractions and Stocks Respond to Restoration Measures in Degraded Lands by Water Erosion. *Environ. Manage.* 59, 816–825. doi:10.1007/s00267-016-0817-9
- Nijbroek, R.,** Piikki, K., Söderström, M., Kempen, B., Turner, K.G., Hengari, S., Mutua, J., (2018). Soil Organic Carbon Baselines for Land Degradation Neutrality: Map Accuracy and Cost Tradeoffs with Respect to Complexity in Otjozondjupa, Namibia. *Sustainability* 10, 1610. doi:10.3390/su10051610
- Noellemeyer, E.,** Frank, F., Alvarez, C., Morazzo, G., Quiroga, A., (2008). Carbon contents and aggregation related to soil physical and biological properties under a land-use sequence in the semiarid region of central Argentina. *Soil Tillage Res.* 99, 179–190. doi:10.1016/j.still.2008.02.003

- Ogle, S.M.**, Buendia, L., Butterbach-Bahl, K., Breidt, F.J., Hartman, M., Yagi, K., Nayamuth, R., Spencer, S., Wirth, T., Smith, P., (2013). Advancing national greenhouse gas inventories for agriculture in developing countries: improving activity data, emission factors and software technology. *Environ. Res. Lett.* 8, 015030. doi:10.1088/1748-9326/8/1/015030
- Okpara, U.T.**, Stringer, L.C., Akhtar-Schuster, M., (2019). Gender Land Degradation Neutrality: A Cross-Country Analysis to Support more Equitable Practices. *L. Degrad. Dev.* doi:10.1002/ldr.3326
- Oldfield, E.E.**, Bradford, M.A., Wood, S.A., (2019). Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. *SOIL* 5, 15–32. doi:https://doi.org/10.5194/soil-5-15-2019
- Oliveira, D.M. da S.**, Paustian, K., Davies, C.A., Cherubin, M.R., Franco, A.L.C., Cerri, C.C., Cerri, C.E.P., (2016). Soil carbon changes in areas undergoing expansion of sugarcane into pastures in south-central Brazil. *Agric. Ecosyst. Environ.* 228, 38–48. DOI: 10.1016/j.agee.2016.05.005
- Orr, B.J.**, Cowie, A.L., Castillo Sanchez, V.M., Casek, P., Crossman, N.D., Erlewein, A., Louwagie, G., Maron, G.I., Metternicht, G.I., Minelli, S., Tengberg, A.E., Walter, S., Welton, S., (2017). Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality. A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), Bonn, Germany. ISBN 978-92-95110-59-5
- Parton, W.J.**, B, S.J.W., Cole, C.V., (1988). Dynamics of C, N, P and Sin grassland soils: A model. *Biogeochemistry* 5, 109–131. <https://doi.org/10.1007/bf02180320>
- Rockstrom, J.**, Kaumbutho, P., Mwalley, J., Nzabi, A.W., Temesgen, M., Mawenya, L., Barron, J., Muta, J., Da, gaard-Larsen, S., (2009). Conservation farming strategies in East and Southern Africa: Yields and rainwater productivity from on-farm action research. *Soil Tillage Res.* 103, 23–32. DOI: 10.1016/j.still.2008.09.013
- Running, S.W.**, (2008). Ecosystem Disturbance, Carbon, and Climate. *Science* (80-.). 321, 652–653. doi:10.1126/science.1159607
- Samandari, A.M.**, (2017). Global Gender-Responsive Land Degradation. Bonn. Available on https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/3.%20Gender-Responsive%2BLDN__A_M__Saman-dari.pdf
- Sanz, M.J.**, de Vente, J., Chotte, J.-L., Bernoux, M., Kust, G., Rulz, I., Almagro, M., Alloza, J.-A., Vallejo, R., Castillo, V., Hebel, A., Akhtar-Schuster, M., (2017). Sustainable Land Management contribution to successful landbased climate change adaptation and mitigation. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany. ISBN 978-92-95110-96-0
- SER**, (2004). The SER primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration International. Washington, D.C., USA. Available on https://www.ctahr.hawaii.edu/littonc/PDFs/682_SERPrimer.pdf
- Shepherd, K.D.**, Hubbard, D., Fenton, N., Claxton, K., Luedeling, E., de Leeuw, J., (2015a). Development goals should enable decision-making. *Nature* 523, 152–154. doi:10.1038/523152a

- Shepherd, K.D.**, Shepherd, G., Walsh, M.G., (2015b). Land health surveillance and response: A framework for evidence-informed land management. *Agric. Syst.* 132, 93–106. doi:10.1016/j.agsy.2014.09.002 <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.09.002>
- Shepherd, K.D.**, Walsh, M.G., (2007). Infrared spectroscopy - enabling an evidence based diagnostic surveillance approach to agricultural and environmental management in developing countries. *J. Near Infrared Spectrosc.* 15, 1–19. <https://doi.org/10.1255%2Fjnirs.716>
- Solomun, M.K.**, Barger, N., Keesstra, S., Cerda, A., Marković, M., (2018). Assessing land condition as a first step to achieving Land Degradation Neutrality: A case study of the Republic of Srpska. *Environ. Sci. Policy* 90, 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.09.014>
- Spencer, S.**, Ogle, S.M., Breidt, F.J., Goebel, J., Paustian, K., (2011). Designing a national soil carbon monitoring network to support climate change policy: a case example for US agricultural lands. *Greenh. Gas Meas. Manag.* 1, 167–178. <https://doi.org/10.1080/20430779.2011.637696>
- Stevenson, J.R.**, Vlek, P., (2018). Assessing the Adoption and Diffusion of Natural Resource Management Practices: Synthesis of a New Set of Empirical Studies. Independent Science and Partnership Council (ISPC), Rome. Available on https://ispc.cgiar.org/sites/default/files/pdf/ispc_syntesis_study_nrm.pdf
- Stockmann, U.**, Adams, M.A., Crawford, J.W., Field, D.J., Henakaarchchi, N., Jenkins, M., Minasny, B., McBratney, A.B., Courcelles, V. de R. de, Singh, K., Wheeler, I., Abbott, L., Angers, D.A., Baldock, J., Bird, M., Brookes, P.C., Chenu, C., Jastrow, J.D., Lal, R., Lehmann, J., O'Donnell, A.G., Parton, W.J., Whitehead, D., Zimmermann, M., (2013). The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agric. Ecosyst. Environ.* 164, 80–99. doi:10.1016/j.agee.2012.10.001
- Stoorvogel, J.J.**, Smaling, E.M.A., (1990). Assessment of soil nutrient depletion in sub-Saharan Africa: 1983-2000. 1. Main report. Rep. Winand Star. Cent. Neth. ISSN 0924-3062
- Toudert, A.**, Braimoh, A., Bernoux, M.M.Y., St-Louis, M., Abdelmagied, M., Bockel, L., Ignaciuk, A., Zhao, Y., (2018). Carbon Accounting Tools for Sustainable Land Management. The World Bank. Available on <http://documents.worldbank.org/curated/en/318251544164909341/pdf/1327676-6-12-2018-14-1-54-SLMFullReportFINAL.pdf>
- Trivedi, P.**, Delgado-Baquerizo, M., Anderson, I.C., Singh, B.K., (2016). Response of Soil Properties and Microbial Communities to Agriculture: Implications for Primary Productivity and Soil Health Indicators. *Front. Plant Sci.* 7. doi: 10.3389/fpls.2016.00990
- UN-HABITAT**, IIRR, GLTN., (2012). Handling Land, Tools for land governance and secure tenure. ISBN 978-92-1-132438-9

- UN Women**, (2017). Towards a gender-responsive implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification. New York, USA [WWW Document]. URL <http://www.unwomen.org/en/digital-library/publications/2018/2/towards-a-gender-responsive-implementation-of-the-un-convention-to-combat-desertification> (accessed 5.24.19).
- UNCCD**, (2017a). The Global Land Outlook, first edition. Bonn, Germany. Available on https://knowledge.unccd.int/sites/default/files/2018-06/GLO%20English_Full_Report_rev1.pdf
- UNCCD**, (2017b). Turning the tide: the gender factor in achieving land degradation neutrality. Bonn, Germany Retrieve from: URL <https://www.unccd.int/publications/turning-tide-gender-factor-achieving-land-degradation-neutrality> (accessed 5.24.19).
- UNCCD**, SPI., (2015). Pivotal Soil Carbon science-policy brief. UNCCD. Available on https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2015_PolicyBrief_SPI_ENG_0.pdf
- UNCCD**, (2018). Gender Action Plan (GAP). Bonn, Germany. <https://www.unccd.int/publications/gender-action-plan>
- UNEA**, (2019). Promoting gender equality and the human rights and empowerment of women and girls in environmental governance (UNEP/EA.4/L.21.), Nairobi, Kenya. Retrieve from: URL <http://web.unep.org/environmentassembly/ministerial-declaration-resolutions-and-decisions-unea-4> (accessed 5.24.19).
- UNEP**, (2019). New UN Decade on Ecosystem Restoration offers unparalleled opportunity for job creation, food security and addressing climate change. Retrieve from: URL <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/new-un-decade-ecosystem-restoration-offers-unparalleled-opportunity?fbclid=IwAR3Av9DeyZId19HI4hk60StOfae-8aQcGqJhVC6OzHNlsthSohq2RWNsil> (accessed 3.5.19).
- UNEP**, (1991). Status of desertification and implementation of United Nations plan of action to combat desertification. Nairobi, Kenya. Available on <https://digitallibrary.un.org/record/137199>
- United Nations General Assembly**, (2015). Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Available on https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E
- United Nations General Assembly**, (1992). Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Annex II. Agenda 21. Rio de Janeiro, 3-14 June 1992.
- Vågen, T.-G.**, Winowiecki, L.A., Tondoh, J.E., Desta, L.T., Gumbricht, T., (2016). Mapping of soil properties and land degradation risk in Africa using MODIS reflectance. *Geoderma* 263, 216–225. doi:10.1016/j.geoderma.2015.06.023
- Vlek, P.L.G.**, (2005). Nothing Begets Nothing: The Creeping Disaster of Land Degradation. United Nations University-Institute for Environment and Human Security

(UNU-EHS). Available on <https://collections.unu.edu/eserv/UNU:1855/pdf4009.pdf>

- Vlek, P.L.G.,** Le, Q.B., Temene, L., (2010). Assessment of land degradation, Its possible causes and threat to food security in Sub-Saharan Africa. CRC Press. ISBN 978-1-4398-0057-7
- Winowiecki, L.,** Vågen, T.-G., Massawe, B., Jelin-ski, N.A., Lyamchai, C., Sayula, G., Msoka, E., (2016). Landscape-scale variability of soil health indicators: effects of cultivation on soil organic carbon in the Usambara Mountains of Tanzania. *Nutr. Cycl. Agroecosystems* 105, 263–74. <https://doi.org/10.1007/s10705-015-9750-1>
- Winslow, M.,** Sommer, S., Bigas, H., Martius, C., Vogt, J., Akhtar-Schuster, M., Thomas, R., (2011). Understanding Desertification and Land Degradation Trends, in: Proceedings of the UNCCD First Scientific Conference. Buenos Aires. ISBN 978-92-79-21135-5
- WMO/UNEP,** (2001). Impact, Adaptation and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Third IPCC Report. Geneva. ISBN 0 521 80768 9
- WOCAT,** (2007). Where the Land is Greener: Case Studies and Analysis of Soil and Water Conservation Initiatives Worldwide. ISBN 978-92-9081-339-2
- World Bank,** (2012). Carbon sequestration in agricultural soils (English). Washington, DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/751961468336701332/Carbon-sequestration-in-agricultural-soils>
- Zach, A.,** Tiessen, H., Noellemeier, E., (2006). Carbon Turnover and Carbon-13 Natural Abundance under Land Use Change in Semiarid Savanna Soils of La Pampa, Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 1541–1546. doi:10.2136/sssaj2005.0119
- Ziadata, F.,** Bunning, S., De Pauw, E., (2017). Land resource planning for sustainable land management. ISBN 978-92-5-109896-7

Optimiser les interventions basées sur l'exploitation des terres pour en tirer de multiples bénéfices exige d'être en capacité de prendre les bonnes mesures, au bon endroit, au bon moment et à la bonne échelle. Le carbone organique est essentiel pour des sols sains et productifs, ainsi que pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique, mais il n'est pas facile à gérer sans mesures efficaces.



Optimiser les interventions basées sur l'exploitation des terres pour en tirer de multiples bénéfices exige d'être en capacité de prendre les bonnes mesures, au bon endroit, au bon moment et à la bonne échelle. Le carbone organique est essentiel pour des sols sains et productifs, ainsi que pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique, mais il n'est pas facile à gérer sans mesures efficaces.

Le rapport technique de la CNULCD-ISP « Réaliser les bénéfices, en termes de carbone, des pratiques de gestion durable des terres : directives pour l'estimation du carbone organique du sol dans le contexte de la dégradation des terres » fournit des orientations pour l'estimation du carbone organique du sol (COS) à l'appui du déploiement approprié de technologies de gestion durable des terres (GDT), afin de maintenir ou d'accroître le taux de carbone dans le sol et de contribuer à l'atteinte de la neutralité en matière de dégradation des terres (NDT). Le rapport a été produit pour répondre à la nécessité de disposer d'outils politiques fournissant des orientations sur des méthodes harmonisées permettant d'estimer avec précision les changements dans les stocks de carbone organique du sol (COS) résultant des interventions de GDT.

Le rapport fournit un cadre et un ensemble d'arbres de décision pour aider les pays i) à identifier les pratiques et approches de GDT appropriées et spécifiques à chaque région pour maintenir ou améliorer les stocks de COS, et ii) à estimer et surveiller le COS pour la planification de l'utilisation des terres et le suivi de la NDT. Il fournit également une liste comparative d'outils et de modèles pour l'évaluation du COS et la sélection d'approches et de technologies de GDT, y compris des approches pour le suivi de l'évolution des stocks de COS, du niveau local au niveau national.

ISBN 978-92-95110-98-4 (exemplaire papier)

ISBN 978-92-95117-04-4 (exemplaire électronique)

Téléchargez la note scientifique
et politique ici :



www.unccd.int/spi2019-brief1

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 **SP** **Interface** Science - Policy