

L'économie de la dégradation des terres en Afrique

**Les bénéfices de
l'action l'emportent sur les coûts**

Un rapport complémentaire
de l'initiative ELD

Rapport du Directeur:

Pushpam Kumar, PNUE

Coordinateur et Editeur Technique:

Aaron Vuola, PNUE

Equipe des principaux auteurs:

Mesfin Tilahun, Norwegian University of Life Sciences, As & Mekelle University, Mekelle;
Eric Mungatana, CEEPA, University of Pretoria;
Ashbindu Singh, EPI, Washington DC;
Eugene Apindi, EPI, Nairobi;
Jane Barr, EPI, Montreal;
Zinta Zommers, UNEP;
Gyde Lund, EPI, Washington DC

Réviseurs:

Tom Barker, Centre for Alternative Technology, Machynlleth;
Chourabi Hassen, Ministry of Agriculture, Tunisia;
Victor Chude, National Programme for Food Security, Nigeria;
Vanja Westerberg, IUCN;
Uriel Safriel, UNCCD;
Steven Stone, PNUE;
Terry L. Roberts, International Plant Nutrition Institute;
Paulo A. L. D. Nunes, DEPI, PNUE

Le présent rapport ELD a été publié avec l'appui d'organisations partenaires de l'initiative ELD et de Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), le rapport GmbH a été publié report grâce au soutien du Ministère allemand pour la Coopération économique et le développement BMZ).

Photographie: Adam Cohn (Cover photo); Hernán Piñera (p. 50); Milo Mitchell, IFPRI (p. 31, 32, 49); CIAT (p. 68); P. Kimeli CCAFS (p. 80); T. Samson, CIMMYT (p. 45); Giulio Napolitano, FAO (p. 92)

Concept visuel: MediaCompany, Bonn Office

Mise en pages: kipppconcept GmbH, Bonn

ISBN: 978-92-808-6077-1

Pour plus d'informations et de reactions, veuillez contacter:

ELD Secretariat

info@eld-initiative.org

Mark Schauer

c/o Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 36

53113 Bonn, Germany

Ecosystem Services Economics Unit

UNEP Division of Environmental Policy Implementation

P.O. Box , Nairobi, Kenya

Aaron Vuola

aaron.vuola@unep.org

Citation suggérée:

ELD Initiative & UNEP (2015). L'économie de la dégradation des terres en Afrique: les bénéfices de l'action l'emportent sur ses frais; disponible sur www.eld-initiative.org.

L'économie de la dégradation des terres en Afrique

Les bénéfices de l'action l'emportent sur les coûts

Un rapport complémentaire
de l'initiative ELD

Octobre 2015

www.eld-initiative.org

Remerciements:

L'unité chargée des services économiques des écosystèmes tient à exprimer sa reconnaissance à la Coopération allemande internationale pour le développement (GIZ) pour l'appui financier et l'aide organisationnelle qu'elle lui a accordée. Nous remercions également le Coordinateur du Secrétariat de l'ELD, M. Mark Schauer, ainsi que M. Tobias Gerhartsreiter et toute l'équipe de l'ELD, pour leur soutien organisationnel. Nous remercions en outre Mme Naomi Stewart (UNU-INWEH), d'avoir organisé le processus de révision, et M. Nicola Favretto (UNU-INWEH) qui a révisé les contributions. Nous tenons également à remercier M. Richard Thomas (UNU and ICARDA) et tous les réviseurs pour les commentaires inestimables qu'ils ont apportés.

Nous remercions enfin la Directrice de la Division de la mise en œuvre des politiques environnementales, (DEPI) Mme Mette L. Wilkie, du PNUE et son Directeur Adjoint M. Neville Ash, pour avoir constamment fourni appui et encouragements.

Préambule



La dégradation des sols et la désertification font partie des défis environnementaux majeurs de notre temps. Au cours des 40 dernières années, nous avons perdu près d'un tiers des terres arables du monde du fait de l'érosion alors que le nombre de personnes à nourrir grâce à ces mêmes terres a doublé.

C'est pour cette raison que l'Assemblée Générale des Nations Unies a déclaré l'année 2015 Année internationale des sols. Et la bonne nouvelle transmise par le présent rapport est que même si l'Afrique reste la région la plus gravement affectée, les bénéfices d'une action à travers le continent contrebalancent les coûts de sa mise œuvre: pas juste d'un peu, mais avec un facteur de sept.

La dégradation des sols et la désertification, y compris l'érosion du sol, s'aggravent avec les changements climatiques et la mauvaise gestion des exportations agricoles. Cela a des implications fortes pour l'Afrique et pour ceux qui dépendent des 97% de l'approvisionnement alimentaire mondial issu des écosystèmes terrestres. En d'autres termes: tous ceux qui mangent.

La désertification affecte déjà, dans une certaine mesure, entre le tiers et la moitié de la superficie de l'Afrique. Toutefois, le présent rapport montre que 280 millions de tonnes de céréales supplémentaires pourraient être produites chaque année tout simplement en évitant l'érosion causée par l'homme. Ce serait là un bond en avant vers l'augmentation de la sécurité alimentaire et des recettes nationales tout en réduisant aussi bien les coûts des importations des denrées alimentaires que la pauvreté.

Il est crucial de rassembler des données solides sur ces progrès si l'on veut avancer et le présent rapport tire parti des premières études de même nature en se focalisant sur l'érosion des sols et la baisse de productivité sur les 100 millions d'hectares de terres cultivables à travers les 42 pays africains. Il indique les caractéristiques de référence de la collecte des données empiriques nécessaires au cours des 15 prochaines années. Il montre que ne pas agir pourrait avoir un impact de plus de 12% sur le produit intérieur brut. Et surtout, il fournit un plaidoyer économique et humanitaire crédible permettant à l'Afrique d'atteindre les Objectifs de développement durable.

C'est pour cela que je me félicite que le PNUE ait été en mesure de coopérer avec l'Initiative de l'Economie de la dégradation des sols qui bénéficie de l'appui du GIS/BMZ, la Commission européenne et d'autres précieux partenaires dans l'élaboration définitive du présent rapport.

Je tiens à les remercier tous du dévouement dont ils ont fait preuve en assurant la visibilité de ce travail. J'espère sincèrement que ceci va justifier les investissements nécessaires dans la gestion durable des sols, ce qui est absolument crucial pour la réalisation des objectifs de développement durable dans la région et à travers le monde.

A handwritten signature in black ink, reading 'Achim Steiner'.

Achim Steiner

*Sous-Secrétaire-Général et
Directeur Exécutif du PNUE*

Table des matières

	Préambule	5
	Acronymes and abréviations	10
	Messages clés.....	11
	Résumé exécutif	12
Chapitre 1	Aperçu du bilan de la dégradation des sols en général et en Afrique	14
	1.1. Introduction	14
	1.1.1. Qu'est-ce que la dégradation des terres?.....	14
	1.1.2. Aperçu de la dégradation des sols en Afrique	15
	1.2. Objectifs du rapport	17
	1.3. Etat des connaissances	19
	1.3.1. Vecteurs biophysiques et socioéconomiques de la dégradation des terres en Afrique	22
	1.3.2. Vecteurs biophysiques fondamentaux	25
	1.3.3. Vecteurs socioéconomiques sous-jacents.....	30
	1.3.4. Pressions humaines contribuant à la dégradation des sols	34
	1.3.5. Les Impacts.....	36
	1.3.6. Perte de la terre végétale.....	48
	1.3.7. Revue littéraire sur les approches relatives à la dégradation des terres	48
Chapitre 2	Approches méthodologiques relatives à l'évaluation économique de la dégradation des terres	52
	2.1. Introduction.....	52
	2.2. Valeur économique totale et méthodes d'évaluation.....	54
	2.3. Matériels et méthodes.....	56
	2.3.1. Données et cadre conceptuel	56
	2.3.2. Les modèles empiriques	58
	2.3.3. Estimation des pertes des nutriments et de la production des cultures (saison des cultures 2010–2012)	60
	2.3.4. Estimation des coûts de l'inaction et des bénéfices de l'action	60
	2.4. Résultats et examen du modèle empirique	65
	2.4.1. Le modèle économétrique de l'équilibre des nutriments	65
	2.4.2. La fonction de production des cultures céréalières.....	67
	2.4.3. Les coûts de l'inaction pendant la période de référence 2002–2004 et 2010–2012	67

Chapitre 3

Les coûts de la gestion durable des terres en Afrique	70
3.1. Introduction.....	70
3.2. Evaluation de coûts de l'action	70
3.3. Bases de données de l'estimation des coûts des GDT en Afrique par pays	71
3.3.1. La base de données de WOCAT.....	71
3.3.2. D'autres bases de données exploitées	73
3.4. Etudes de cas sélectionnées pour l'estimation de la fonction de transfert méta-analytique	73
3.5. Description des variables utilisées pour estimer la fonction de transfert méta-analytique	76
3.6. Résultats empiriques et discussions	76
3.6.1. Statistiques descriptives.....	77
3.6.2. Estimation des fonctions de transfert méta-analytique à partir des données de WOCAT.....	79
3.6.3. Estimation des fonctions de transfert méta-analytique à partir d'une base de données plus large	79
3.6.4. Sélection des fonctions de transfert méta-analytique	80
3.7. Limites de l'utilisation de l'approche fonction de transfert méta-analytique pour estimer le coût de la GDS en Afrique par pays.....	83

Chapitre 4

Rapport couts-bénéfice et rapport avantages-coûts	84
4.1. Introduction.....	84
4.2. Méthodes: Valeur nette et rapports coût-bénéfices actuels	84
4.3. Résultats de l'analyse du bénéfice du coût	87
4.3.1. Les valeurs actuelles des futurs coûts de l'inaction (2016–2030)	87
4.3.2. Valeur actuelle des futurs coûts de l'action	88
4.3.3. Valeurs actuelles des bénéfices de l'action comparées aux valeurs actuelles des coûts de l'action et de l'inaction	88
4.4. Analyse de sensibilité	92

Chapitre 5

Conclusions et recommandations politiques	94
Bibliography.....	96

Annexe 1

Changements survenus dans les rendements de cultures et de bétail en Afrique entre 2000 et 2010	102
---	-----

Annexe 1a: Changements survenus dans les rendements de cultures et de bétail en Afrique entre 2000 et 2010	102
--	-----

Changements intervenus dans les rendements de cultures	105
--	-----

Changements enregistrés en ce qui concerne le bétail	108
--	-----

Annexe 1b: Examen de la documentation sur l'érosion des sols en Afrique	124
---	-----

Lal 1995	124
----------------	-----

Commission économique pour l'Afrique (2007)	124
---	-----

Obalum et al. 2012	125
--------------------------	-----

Kirui et Mirzabaev 2014	126
-------------------------------	-----

Pertes économiques de la dégradation des sols en Afrique	126
--	-----

Annexe 2

Notes sur les sources et les descriptions de données	136
--	-----

Annexe 3

Modèle de prévision des coûts des interventions de la gestion durable des terres, par pays, en Afrique	137
--	-----

Annexe 3a: Modèle de coûts en capital prévus des interventions de la GDS	137
--	-----

Annexe 3b: Modèle des coûts récurrents prévus des interventions de la GDS.	138
---	-----

Annexe 3c: Modèle des coûts en capital et des coûts récurrents de la GDS en Afrique	139
---	-----

Annexe 3d: Modèle des coûts en capital prévus pour les interventions de la GDS	140
--	-----

Annexe 3e: Modèle de coûts récurrents prédits pour les interventions de la GDS .	141
--	-----

Annexe 3f: Modèle de coûts en capital et des coûts récurrents prévus pour les interventions de la GDS	142
---	-----

Annexe 4

Valeurs actuelles des coûts de l'inaction face à l'érosion des sols par catégories d'érosion et de pauvreté et résultats des analyses de sensibilité par pays en Afrique	143
--	-----

Annexe 4a: Valeur actuelle des coûts de l'inaction contre l'appauvrissement en nutriments des terres arables dû à l'érosion dans 42 pays Africains regroupés en fonction du taux d'érosion annuel ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ années (20016–30))	143
--	-----

Annexe 4b: Valeur actuelle des coûts de l'inaction contre la pauvreté induite par l'épuisement de nutriments dans les terres arables de 42 pays africains regroupés en fonction de l'indice de l'écart de pauvreté ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ année (20016–30))	144
--	-----

Annexe 4c: Valeur actuelle des coûts de l'action contre la dégradation des sols induite par l'érosion dans 42 pays africains, les pays sont regroupés en fonction du taux d'érosion ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ ans (20016–30))	145
Annexe 4d: Valeur actuelle nette de l'action dans la lutte contre la pauvreté et la pauvreté induite par la dégradation des terres arables dans 42 pays africains regroupés par indice de l'écart de pauvreté ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ année (2016–30)).	146
Annexe 4e: Valeur actuelle nette de l'action dans la lutte contre la pauvreté induite par l'épuisement des nutriments des terres arables dans 42 Pays africains regroupés en fonction de l'écart de pauvreté ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ année (2016–30)).	147
Annexe 4f: Sensibilité des NPV et des BCR aux changements des taux d'actualisation réels par pays	148
Annexe 4g: Sensibilité des NPV et des BCR aux changements des prix de céréales des producteurs par pays	149
Annexe 4h: – Sensibilité des NPV et de BCR aux changements survenus dans l'efficacité des interventions de gestion durable des terres en ce qui concerne le contrôle de l'épuisement des nutriments des sols induit par l'érosion par pays	150
Annexe 4i: Sensibilité des NPV et BCR aux changements du coût total des technologies de gestion durable des terres par pays	151
Appendix 4j: Sensibilité du NPV et du RCD aux changements du nombre d'années nécessaires pour concevoir des technologies de la gestion durable des terres sur l'ensemble des terres céréalières par pays	152
Liste des figures.	153
Liste des tableaux	155

Acronymes and abréviations

AESSTI	Index d'arbitrage des services d'écosystèmes agricoles
ASALS	Sols arides et semi-arides
BCR	Rapport avantages-coûts
DLD	Désertification, dégradation des sols et sécheresse
DPSIR	Vecteurs-Pression-Etat-Impact-Intervention
ELD	Economie de la dégradation des sols
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FAOSTAT	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture des Statistiques de l'Organisation des Nations Unies
GDP	Produit intérieur brut
GEF	Fonds pour l'environnement mondial (FEM)
GLADA	L'évaluation mondiale de la dégradation et de l'amélioration des sols
GLADSOD	L'évaluation mondiale de la dégradation anthropique des sols
LADA	L'évaluation de la dégradation des terres en zones arides
LDD	La dégradation des sols et la désertification
MSOC	Coûts sociaux et d'opportunité marginaux
NDVI	Indice de végétation par différence marginalisée
NPP	Productivité primaire nette
NPV	Valeur actuelle nette
PVB	Valeur actuelle des bénéfices
PVC	Parité de pouvoir d'achat
SLM	Gestion foncière durable
SOC	Coût d'opportunité sociale
SRTP	Taux de préférence sociale pour le présent
TEEB	L'économie des écosystèmes et de la biodiversité
TLU	Unité de bétail tropical
UNCCD	Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification
UNEP	Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE)
USD	Dollar des Etats Unis
WOCAT	L'étude mondiale des approches et des technologies de conservation

Messages clés

1. En Afrique, la perte d'environ **280 millions de tonnes de cultures céréalières** sur environ 105 millions d'hectares de terres peut être évitée grâce à la gestion de l'érosion des sols.
2. La valeur actuelle du **coût de l'inaction mesurée en termes de valeur de la perte des cultures céréalières due à l'appauvrissement des sols induit par l'érosion** au cours des 15 prochaines années (2016–2030) s'élève à environ 4600 milliards de dollars US en PPA, avec une valeur annuelle de 286 milliards de dollars US de pouvoir de parité d'achat (PPA), soit 127 milliards de dollars US/an au taux constant du dollar de 2011), ce qui équivaut à **environ 12,3% du PIB des 42 pays¹ considérés dans l'étude.**
3. Toutefois, entreprendre une action à travers l'investissement dans les pratiques de gestion durable des sols ne coûtera qu'à peine 344 milliards de dollars US en PPA au cours des 15 prochaines années avec un **coût annuel de l'action d'environ 9,4 milliards de dollars US, soit 1,15% du PIB des 42 pays du continent.**
4. Les **bénéfices d'une éventuelle action tels qu'évalués approximativement à partir des données de l'Étude mondiale des approches et des technologies de conservation (WOCAT) relatives aux dépenses de capital et de fonctionnement de la Gestion durable des sols (GDS) en Afrique atteignent presque 7 fois le coût de l'action.** En d'autres termes, l'Afrique pourrait générer environ 2830 milliards de dollars US en PPA (ou environ 71,8 milliards de dollars US/an) si tous les pays entreprennent des actions contre l'érosion des sols qui cause des pertes de nutriments sur les terres arables exploitées pour la production des céréales en investissant dans les actions de gestion durable des sols.
5. Ainsi, **la valeur nette actuelle des actions contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion des sols** sur les terres arables exploitées pour la production des céréales au cours des 15 prochaines années (2016–2030) est d'environ 2480 milliards de dollars US en PPA (soit **62,4 milliards de dollars US/an**).
6. L'analyse de sensibilité indique que pour la plupart des pays couverts par la présente étude, la valeur nette des actions contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion des sols sur les terres céréalières reste positive et fortement élevée par rapport aux changements des taux d'actualisation, aux prix des céréales ainsi qu'aux coûts et à l'efficacité des actions menées aux fins de contrôle de l'érosion des sols.
7. L'étude révèle une relation positive et statistiquement significative entre le taux de l'écart de pauvreté et l'appauvrissement des nutriments des terres céréalières en Afrique. Les pays ayant les taux d'écart de pauvreté les plus élevés au cours de la période 2002–2004 avaient également des pertes moyennes de NPK élevées sur leurs terres agricoles et vice-versa.
8. Pour réaliser autant d'Objectifs de développement durables (ODD) que possibles dans la région, les actions contre la dégradation des sols doivent être combinées aux mesures de réduction de la pauvreté destinées à exploiter les bénéfices de la gestion durable des ressources naturelles pour accroître les recettes nationales, à réduire l'insécurité alimentaire et à éradiquer la pauvreté.

¹ L'Angola, le Bénin, le Botswana, le Burkina Faso, le Burundi, le Cameroun, la République Centre Africaine, le Tchad, le Congo, la Côte D'Ivoire, Djibouti, la République Démocratique du Congo, l'Égypte, l'Erythrée, l'Éthiopie, le Gabon, le Ghana, la Guinée, le Kenya, le Lesotho, le Liberia, Madagascar, le Malawi, le Mali, la Mauritanie, le Maroc, le Mozambique, la Namibie, le Niger, le Nigeria, le Rwanda, le Sénégal, la Sierra Leone, l'Afrique du Sud, le Soudan, le Swaziland, le Togo, la Tunisie, l'Ouganda, La République Unie de Tanzanie, la Zambie, le Zimbabwe.

Résumé exécutif

La dégradation des sols et la désertification font partie des plus grands défis environnementaux du monde. Selon les estimations, la désertification affecte près de 33% de toute la surface de la terre et au cours des 40 dernières années, l'érosion a emporté près du tiers des terres arables du monde destinées à la production. L'Afrique est particulièrement vulnérable à la dégradation des sols et à la désertification et est la région la plus gravement affectée. La désertification affecte environ 45% de la superficie de l'Afrique avec 55% de cette superficie exposée à un risque élevé ou très élevé de plus de dégradation.

Il est souvent considéré que la dégradation des sols en Afrique a très négativement affecté les écosystèmes agricoles et la production vivrière, créant ainsi un handicap à l'atteinte de la sécurité alimentaire et à l'amélioration des moyens de subsistance. Toutefois, l'essentiel de la littérature manque de fondements empiriques, quantifiant cette perte et évaluant le coût de l'inaction, le coût de l'action et les bénéfices de l'action contre la dégradation des sols. Du point de vue de la dégradation des sols en tant qu'état et processus, le coût de l'action contre la dégradation des sols intègre les investissements destinés à la restauration des sols dégradés et à la réduction du taux de dégradation des sols. L'on peut y parvenir grâce à l'adoption de mesures mécaniques et biologiques et en améliorant la productivité. Les retombées de ces investissements sont considérées comme étant les bénéfices de l'action à travers la prévention des dommages causés aux cultures et la perte de productivité qui en découle. Il y a plusieurs autres services écosystémiques, aussi bien sur site et hors site, mais à cause de l'absence des données, nous étions limités dans l'estimation de l'ensemble des bénéfices de l'action. Bien entendu, la perte de productivité et donc le bénéfice de l'action pourrait varier en fonction de l'état et du processus de dégradation des sols.

Le rapport passe en revue les données au niveau régional relatives aux coûts économiques de l'érosion des sols relative à la dégradation des sols. Il analyse également les limites et les défis de l'utilisation de ces données et les divergences qu'en-

trainent les diverses méthodologies. Le rapport aborde également l'approche méthodologique utilisée pour les estimations au niveau régional et l'analyse des coûts du bénéfice de l'action entreprise contre les pertes des nutriments induites par l'érosion des sols sur les terres arables exploitées pour la production des céréales et qui est un des aspects de la dégradation des sols. Cela est fait en utilisant l'approche de la modélisation économétrique par laquelle les coûts de l'inaction, les coûts de l'action et les bénéfices nets de l'action contre l'appauvrissement en nutriments induit par l'érosion des sols sont estimés grâce à l'utilisation des données économiques et biophysiques au niveau national. Le rapport se focalise sur les estimations régionales de l'Afrique et une analyse du rapport coût-bénéfice des apports de nutriments du sol par rapport à l'écoulement des nutriments, ou ce qui est appelé l'équilibre global des nutriments du sol.

Les résultats indiquent qu'au cours des 15 prochaines années à partir de 2016, l'inaction face à l'érosion des sols va entraîner une perte totale annuelle de nutriments NPK d'environ 4,74 millions de tonnes de nutriments/an équivalant à près de 72,40 milliards de dollars US en PPA de valeur actuelle, soit 5,09 milliards de dollars US en PPA par an. En termes de service écosystémique d'appui, la perte de nutriments NPK entraînera un coût dans la fourniture de services écosystémiques sous forme de rendements céréaliers. Une augmentation d'un pour cent de toutes les quantités de nutriments appauvris sur les terres cultivables d'un pays cause une chute de 1,254 kg/ha du rendement céréalier. En d'autres termes, les pays ayant les taux d'appauvrissement de nutriments les plus élevés sur leurs terres cultivables ont un rendement céréalier relativement plus bas à l'hectare par rapport aux pays avec des taux plus bas d'appauvrissement de terres en nutriments.

Ainsi, la valeur actuelle des bénéfices nets des actions contre l'érosion des sols sur les 105 millions d'hectares de terres cultivables dans les 42 pays au cours des 15 prochaines années (2016–2030) représentera près de 2480 milliards de dollars US en PPA, soit 62,4 milliards de dollars par an, ce qui

équivalait à 5,31% de leur Produit intérieur brut (PIB) moyen de 2010–2012. Ceci nous montre qu'en entreprenant une action contre l'appauvrissement des sols induit par l'érosion sur les terres céréalières exploitées pour la production des céréales au cours de la période 2016–2030, les économies des 42 pays peuvent connaître un taux de croissance économique de 5,31% en moyenne par rapport aux niveaux de 2010–2012. En considérant que la valeur de l'annuité du coût de l'inaction est de 12,3% du PIB moyen annuel de ces 42 pays au cours de la même période, le coût cumulé de l'inaction, qui en d'autres termes mesure les bénéfices maximaux de l'action, est de loin supérieur au coût cumulé de l'action.

Aperçu du bilan de la dégradation des sols en général et en Afrique

1.1. Introduction

Selon les estimations de la Convention des Nations Unies sur la Lutte Contre la Désertification (UNCCD), de 1981 à 2003, près du quart (24%) de la surface de la Terre est devenu dégradé, ce qui a affecté quelques 1500 millions de personnes. Hors de cette zone, près de 20% étaient des terres cultivables et 20 à 25% étaient des parcours naturels. Chaque année, près de 12 millions d'hectares de terre – presque la taille de la Bulgarie ou du Bénin – sont perdus en même temps que tout le potentiel pour produire 20 millions de tonnes de grains (UNCCD, 2012). La perte des terres arables se déroule à un taux 30 à 35 fois supérieur au taux historique (2011). Dans ce contexte de l'état de la dégradation des sols, 78% des sols dégradés se trouvent être dans des zones non arides. Ce scénario de la dégradation des sols a été désigné comme l'un des plus grands défis écologiques du monde (Pender, 2009). En effet, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a déclaré 2015 Année internationale des sols pour souligner combien il est important de protéger cette ressource inestimable contre davantage de dégradation (FAO, 2014).

La désertification est la dégradation des sols dans les zones arides (Case 1). En 2001, lors de 2ème Conférence internationale sur la dégradation des sols et la désertification, il a été rapporté que la désertification affecte 33% de toute la surface des terres du monde, ce qui représente 42 millions de km² (Eswaran, et al, 2001). En 2005, le Rapport de l'évaluation des écosystèmes pour le Millénaire indiquait que la désertification menace plus de 41% de la superficie de la Terre et que 20 à 70% des terres arides étaient déjà dégradées (MEA, 2005; Solh, 2009).

La FAO estime qu'au cours des 40 dernières années, l'érosion a ôté à la production près d'un tiers des terres arables dans le monde (Fischer, et al, 2011). Les estimations de la perte annuelle des sols fertiles oscillent entre 24 milliards de tonnes (UNCCD) et 75 milliards de tonnes (Gnacadjia, 2012; Eswaran, et al, 2001).

La première partie du présent rapport est une évaluation de la dégradation des sols en Afrique entreprise dans le cadre de l'initiative ELD qui colationne des ensembles de données complètes et crédibles sur le statut et les tendances de la dégradation au niveau mondial et localise les zones à risque qui constituent alors la base d'évaluation de l'impact économique de l'appauvrissement des nutriments des sols sur les terres céréalières et de renseignement de la conception de son scénario à l'horizon 2030.

1.1.1. Qu'est-ce que la dégradation des terres?

Comme souligné dans l'*encadré 1*, la dégradation des terres peut être perçue comme un processus englobant la détérioration des terres et l'érosion. On la désigne désertification quand elle se produit dans les zones arides. Il est important de noter que notre compréhension de la portée de ce processus s'est élargi et comprend désormais tous les changements qui se produisent dans la capacité des écosystèmes touchés par la dégradation des terres à fournir des services biologiques, sociaux et économiques (FAO, n.d., FAO, 2011, p. 108, Nachtergaele, et al, 2011a).

Les principaux facteurs responsables de la dégradation des terres sont l'érosion des sols causée par l'eau et le vent, les changements chimiques tels que l'acidification, la salinisation et la perte d'éléments nutritifs et la dégradation physique due aux pressions telles que la compaction (UNCCD, 2013; Eswaran, et al, 2001). Comme déjà expliqué dans les définitions, l'érosion consiste en la perte des sols arables par les activités destructrices de l'eau et du vent, particulièrement quand la couverture végétale a été ôtée, et cela peut également aboutir à une érosion dramatique sous forme de glissements de terrain (Eswaran, et al. 2001).

L'érosion hydrique est le processus le plus connu menant à la perte de sols arables et à la dégradation des sols, elle est répandue partout dans le monde, mais elle est variable en intensité et en étendue en

fonction des conditions physiques et climatiques et des activités humaines (Oldeman, et al, 1991).

Le vent aussi peut éliminer ou déplacer les terres arables. L'érosion éolienne est la plus répandue dans les climats aride et semi-aride, bien que les régions humides ne soient pas immunisées contre le phénomène. Généralement, les sols à texture grossière sont plus enclins à la vulnérabilité de l'érosion éolienne que les sols à texture plus fine. Bien qu'elle se produise naturellement dans les régions arides, l'érosion est très souvent causée ou empirée par les activités humaines, comme l'abatage des arbres, la surexploitation, le labourage des terres, qui suppriment la protection végétale (Oldeman, et al, 1991).

La salinisation se produit souvent sur les terres irriguées, dans le contexte où de fortes concentrations de sels minéraux sont abandonnées sur la surface suite à l'évaporation de l'eau. Au niveau mondial, on estime que la salinisation affecte 950 millions d'hectares dans les régions arides et semi-arides, ce qui représente environ 33% des terres potentiellement cultivables du monde (Eswaran, et al, 2001). Les sels portent atteinte à la vie des plantes et à la fertilité des sols, ce qui réduit la productivité et le rendement agricoles (Jones, et al, 2013).

Une irrigation mal gérée, la surexploitation et d'autres mauvaises pratiques d'utilisation des terres, peuvent entraîner la perte d'éléments nutritifs des sols et aboutir à la dégradation des sols et des terres, alors que par l'utilisation extrême de produits agrochimiques, on peut polluer les sols et détériorer les terres (UNCCD, 2012). Enfin, l'utilisation excessive d'engins lourds et le piétinement des animaux de pâturage, surtout dans des conditions humides, sont tous des facteurs pouvant causer la compaction et la détérioration des terres (Jones, et al, 2013).

1.1.2. Aperçu de la dégradation des sols en Afrique

Des revues relatives à la dégradation des terres au niveau mondial affirment que l'Afrique est particulièrement vulnérable à la dégradation des terres et à la désertification, et qu'elle est la région la plus gravement affectée (Lal, 1995; Nellemann, et al, 2009; Obalum, et al, 2012). La Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD) estime que la détérioration des terres affecte jusqu'aux deux tiers de surfaces de terres

ENCADRÉ 1

Définitions

La dégradation des terres:

La CNULD définit la dégradation des terres comme: «toute réduction ou perte de la capacité de production organique ou économique de la base de ressources des terres. Elle est généralement le fait d'activités humaines, exacerbées par les processus naturels, et souvent empirées par et étroitement liée au changement climatique et à la perte de la biodiversité» (UNCCD, 2014).

La désertification:

La désertification est la dégradation des sols qui se déroule dans des zones arides. La CNULD définit la désertification comme étant «la dégradation des sols dans les zones arides, semi-arides et subhumides résultant de divers facteurs au rang desquels les variations climatiques et les activités humaines. Lorsque la dégradation des sols a lieu dans les zones arides du monde, elle crée souvent des conditions semblables celles du désert» (UNCCD, 2012). Elle peut également renvoyer à une «modification irréversible du sol à un tel niveau que celui-ci ne peut plus être recouvert aux fins de son utilisation de départ (FAO, n. d.).

La dégradation des sols:

Le sol est l'un des ingrédients clés de la terre et sa dégradation est définie de façon plus précise (Nkonya, et al, 2011). L'Atlas africain des sols décrit la dégradation des sols comme étant «le processus qui entraîne la détérioration des propriétés et des fonctions du sol et qui est souvent accéléré par les activités humaines» (Jones, et al, 2013).

L'érosion des sols:

L'érosion des sols est plus spécifiquement définie que la dégradation de la terre et la dégradation des sols. Elle ne renvoie qu'à la perte absolue des terres de surface et de nutriments, l'effet le plus visible de la dégradation des sols. L'érosion provoquée par le vent et l'érosion causée par l'eau constituent les principaux processus affectant les sols. Alors qu'elle se produit naturellement dans les zones montagneuses, de mauvaises pratiques de gestion entraînent souvent le potentiel pour les sols à s'éroder (FAO, n.d., Jones, et al, 2013).

L'appauvrissement des nutriments:

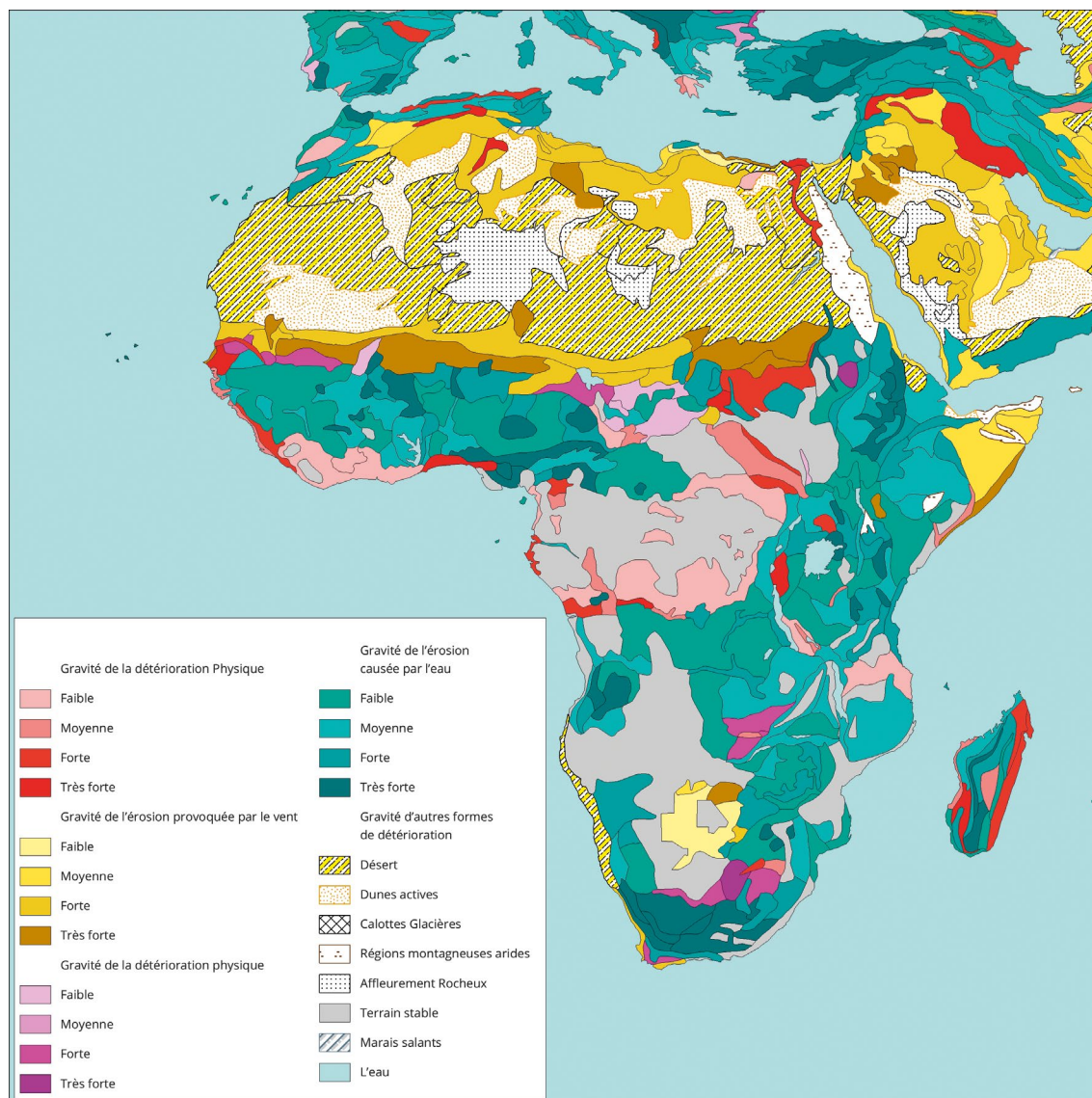
La perte nette des nutriments des plantes du sol ou du système de production est due à un équilibre négatif entre l'apport et l'élimination des nutriments. Les principaux canaux d'appauvrissement des nutriments sont l'élimination des nutriments à travers l'érosion des sols, les récoltes, le lessivage et la dénitrification (Lal 1994; Pieri 1995; Enters 1998).

productives en Afrique (UNCCD, 2013; Jones, et al, 2013), et dans le document intitulé *Review Report on Drought and Desertification in Africa*, il est déclaré qu'au moins 485 millions de personnes ou 65% de la population africaine est affectée (ECA, 2007).

FIGURE 1

Gravité de la dégradation du sol, par type

(Source: ISRIC, 1990)



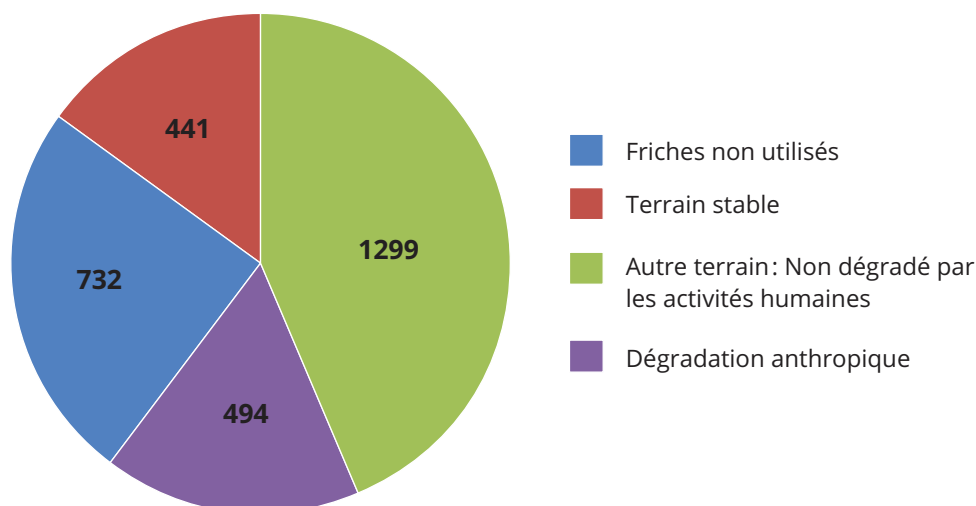
Le schéma 1 montre le type, la portée et le niveau de dégradation des sols (c'est-à-dire l'érosion éolienne et hydrique, et la dégradation physique et chimique), causées par les activités humaines en Afrique subsaharienne. Les parties les plus sombres de chacune des zones colorées représentent les niveaux les plus élevés de l'érosion et de la dégradation des terres.

Le schéma 2 montre que sur les 2,966 millions d'hectares de terres constituant la superficie totale de l'Afrique, 494 million d'hectares sont dégradées

La désertification affecte environ 45% de la surface de toutes les terres d'Afrique, et 55% de cette superficie est à risque ou à haut risque de plus de dégradation.

Les impacts socio-économiques de la dégradation des terres varient en fonction du contexte géographique, politique et économique. Dans les zones arides d'Afrique, les gens endurent déjà la pauvreté, l'insécurité alimentaire, des taux de mortalité élevés, entre autres difficultés, et celles-ci sont exacerbées par la dégradation des terres et la désertifi-

FIGURE 2

Proportion des terres africaines dégradées (millions of hectares)*(Source: Oldeman, et al., 1991)*

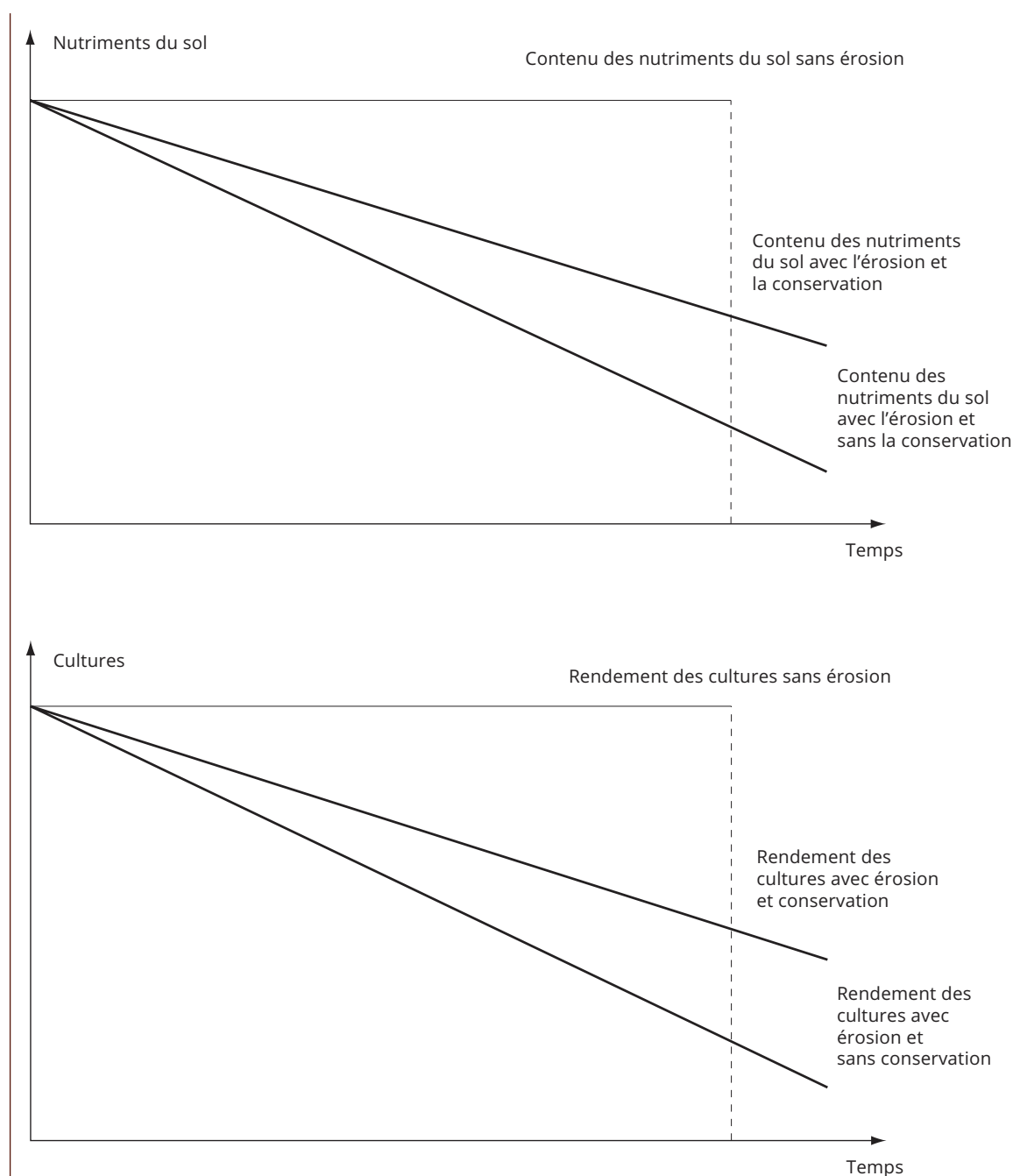
cation, ce qui entraîne souvent l'appauvrissement, les migrations et les conflits (UNCCD, 2012; Jones, et al, 2013). En raison de la désertification et de la dégradation des terres, les sols perdent leur structure et leur fertilité, et cela affecte le rendement des cultures et la végétation qui sert pour l'élevage du bétail et par conséquent les moyens de vivre au niveau local, et les économies nationales et régionales.

De manière plus générale, la dégradation des terres et la désertification affectent la fourniture d'autres services inestimables de l'ensemble de l'écosystème, notamment la séquestration du carbone, la production du bois, l'habitat des animaux sauvages, les aliments et les plantes médicinales, la recharge des eaux souterraines, les opportunités de chasse et les activités touristiques (Solh, 2009; UNCCD, 2013). En plus de la perte des terres et de l'appauvrissement en éléments nutritifs sur le terrain, la dégradation des sols et l'érosion des terres peuvent avoir des répercussions sur la région au sens large, elle peut provoquer des tornades de poussière, modifier le flux des sources, polluer l'eau potable et causer l'envasement des masses d'eau, entre autres impacts se produisant au niveau régional (UNCCD, 2012; UNCCD, 2013). Des impacts peuvent également se faire ressentir au-delà des frontières et sur le plan mondial quand elle affecte

le climat, la sécurité alimentaire, la santé humaine et la stabilité politique (UNCCD, 2011).

1.2. Objectifs du rapport

Toute forme de dégradation des terres, y compris l'érosion des sols et la perte des services écosystémiques qui en découle, pourrait constituer un phénomène dans la sphère biophysique, mais pour la société, ces répercussions sont purement et par-dessus tout économiques. De tous les défis environnementaux, de la perte de la biodiversité jusqu'au changement climatique, la dégradation des terres est le défi environnemental le plus fondamental, du fait qu'elle affecte directement les gens, et qu'elle a des impacts lointains sur les vies et les options de survie des gens, particulièrement des pauvres. La dégradation des terres, qu'elle soit modérée ou grave, provoque des pertes de services des écosystèmes, notamment l'appauvrissement des éléments nutritifs, la perte de l'humidité et la perte de la biodiversité. Tous ces facteurs affectent négativement la production agricole et érodent la durabilité de base des activités agricoles. Il est nécessaire d'accorder une attention particulière au problème de la dégradation des sols, dans une société où 97% de nourriture est tiré des écosystèmes terrestres (MEA 2005). Les impacts de la



(Source: Kumar, 2004)

dégradation des sols sont souvent catégorisés sur et hors site, et rentrent dans des cadres de prise de décision des parties prenantes à différents niveaux. Alors que les impacts sur site de la dégradation des sols ont des répercussions directes pour les agriculteurs, la productivité de leurs cultures, la génération de revenus actuellement et dans l'avenir, et des retours sur leurs investissements, les effets des impacts hors de sites pèsent sur d'autres agriculteurs et parties prenantes (c'est-à-dire l'industrie,

la navigation), aux niveaux national, régional et mondial.

L'objectif général du présent rapport est de générer des estimations en Afrique au niveau national et régional de la valeur économique de la DDT, en comparant le scénario du maintien du statu quo (le contrefactuel) au scénario que nous obtiendrions si les dispositions politiques (c'est-à-dire les interventions) étaient prises pour contrôler la DDT, en

s'appuyant sur les approches contenues dans les deux diagrammes ci-dessous. Alors que le premier diagramme explique l'approche générale de l'évaluation de la prévention de la perte des nutriments, le second explique la prévention de perte de productivité des cultures.

Objectifs spécifiques du rapport :

1. Conduire un bilan général de la dégradation des terres en Afrique;
2. Développement d'un modèle de dégradation des sols (mesuré en termes de pertes en nutriments des terres cultivées en Afrique) comme une fonction des facteurs biophysiques et économiques fondés sur les données de 2002 à 2004 comme années de base;
3. Estimation de la perte de productivité agricole comme une fonction de dégradation des terres et des facteurs de production;
4. Estimation du coût de l'intervention: (biologique et mécanique), y compris le coût initial du capital et les coûts opérationnels
5. Recommander des actions politiques concrètes.

Objectif du travail :

L'objectif de l'évaluation économique en général et de l'érosion des sols en particulier, est le suivant :

1. Saisir certains des services non commercialisés de terres subissant la dégradation,
2. Aider à résoudre des compromis et d'autres mesures envisageables
3. Résoudre les objectifs conflictuels en termes de faisabilité politique, sociale et économique des politiques
4. Faciliter l'intégration du capital naturel représentant les ressources des sols;
5. Renforcer les outils de prise de décision en les rendant plus acceptables, transparents, et crédibles.

1.3. Etat des connaissances

Des informations actuelles, pertinentes et fiables concernant la dégradation des sols sont nécessaires au niveau régional et continental afin de restaurer, de protéger et de gérer durablement les ressources des sols en Afrique, notamment étant donné les

incertitudes que font naître les changements climatiques et les impacts des pressions humaines croissantes (Dewitte, et al, 2012).

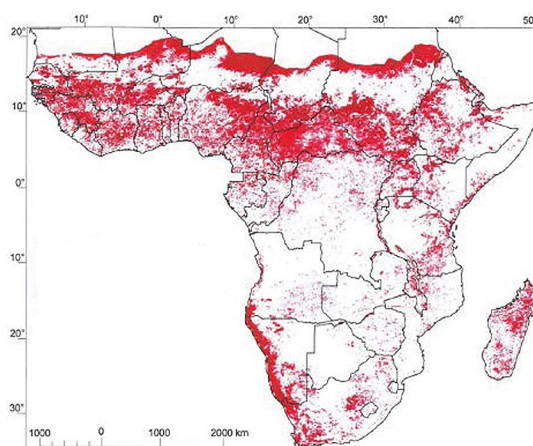
Un certain nombre de méthodes ont été utilisées pour évaluer les niveaux de la dégradation des terres aux différentes échelles spatiales et temporelles. Des mesures de l'érosion des sols réalisées sur le terrain, visant à découper les essais expérimentaux et l'avis des experts sont des méthodes utilisées pour évaluer la dégradation poussée qui est facile à identifier en raison de l'érosion antérieure (Omuto, et al, 2014).

La dégradation des étant toutefois un processus, l'identification des zones géographiques qu'elle affecte et l'évaluation de sa gravité nécessite des données échelonnées dans le temps et non des ensembles de données statiques. La répétition des expériences sur les propriétés des sols et des plates sur les sols érodés, la modélisation de la dégradation des sols et de la végétation et l'examen de la littérature relative à la dégradation des sols dans des lieux précis sur une certaine durée permettent d'identifier certaines mesures de l'analyse des tendances, mais des défis subsistent. Au rang de ces derniers, il y a la nécessité de disposer de données plus détaillées, l'incertitude des résultats sur de grandes échelles et le manque de simplicité pour les utilisateurs (UNCCD, 2013; Omuto, et al, 2014).

Les progrès technologiques récents et rapides en matière de télédétection et d'imagerie satellite ont

FIGURE 3

Dégradation des sols en Afrique sub-saharienne en fonction du déclin de la biomasse
(Source: Kirui & Mirzabaev, 2014)



donné naissance à une plus grande capacité de construction de données échelonnées sur le temps pour renseigner les évaluations de la dégradation des sols (Omuto, et al, 2014). Comme avantages, il y a l'observation directe des changements dans l'exploitation des sols sur différentes échelles et la capacité de tirer des conclusions concernant la dégradation des sols à partir de l'analyse des tendances et d'identifier les zones à risque où la dégradation a été significative (Solh, 2009). L'idéal est que les données obtenues à partir de la télédétection soient combinées aux observations sur le terrain pour être plus efficaces (Dewitte, et al, 2012).

Un récent article sur l'économie de la dégradation des sols en Afrique de l'est a adopté les données d'un rapport de 2010 sur la sécurité alimentaire et la qualité du sol pour quantifier la dégradation des sols en utilisant les données obtenues par télédétection. Il montre une biomasse en déclin comme approximation de la dégradation des sols en Afrique subsaharienne tout en décrivant l'étendue des zones affectées par les processus de dégradation des sols entre 1982 et 2003. L'Indice différentiel de végétation normalisé (NDVI) à long terme montre que près de 27% des terres sont soumis aux processus de dégradation dont font partie la dégradation des sols, le surpâturage ou la déforestation. Les points rouges de la *Figure 3* montrent les pixels ayant des NDVI déclinant de façon significative du fait des activités humaines; parmi certains des principaux points chauds, il y a les régions de l'ouest et du sud de l'Éthiopie, la partie occidentale du Kenya, les parties méridionales de la Tanzanie et les parties est du Malawi (Kirui & Mirzabaev, 2014).

L'évaluation de la dégradation des sols à l'échelle mondiale (GLASOD) menée par le Centre international de recherche et d'information sur les sols [International Soils Research and Information Centre (ISRIC)] sous l'égide du PNUE a été la première tentative internationale mondiale visant à cartographier la gravité de la dégradation des sols au niveau mondial. La carte de dégradation des sols par type en Afrique dans l'introduction du présent rapport (*Figure 1*) est basée sur le projet GLASOD. Les données ont été compilées en collaboration avec un grand nombre de pédologues à travers le monde, en utilisant des lignes directrices uniformes et la corrélation internationale. Le statut de la dégradation du sol a été cartographié à l'intérieur d'unités physiographiques définies vaguement (polygones) sur la base d'avis d'experts (ISRIC, 1990).

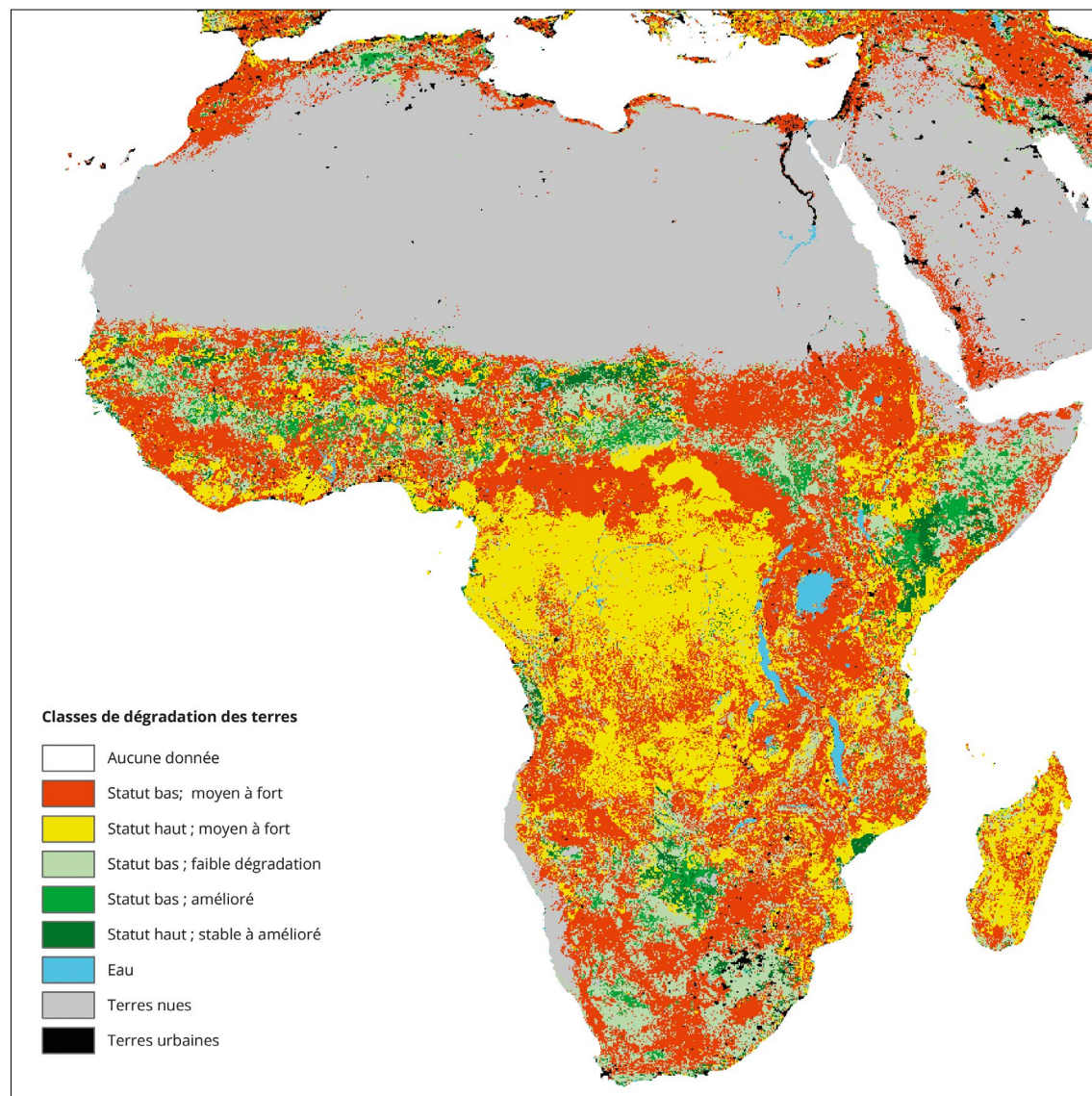
Les résultats de GLASOD ont été critiqués à cause d'un certain nombre de fautes parmi lesquelles la mauvaise utilisation des résultats et sa dépendance aux avis des experts qui, selon les scientifiques, manquaient d'objectivité et de reproductivité (Nachtergaele, et al, 2011b). En plus d'acquérir les données des tendances, l'élargissement de l'image de la dégradation des sols nécessite des informations sur ses causes institutionnelles, socioéconomiques et biophysiques, la manière dont cela affecte les populations locales, les impacts sur les biens et services écosystémiques et les coûts financiers impliqués. La première édition (1992) de l'Atlas mondial de la désertification du PNUE a utilisé l'approche GLASOD mais la seconde édition de 1997 ne s'est pas contentée de décrire la désertification, mais a également examiné les méthodes de lutte contre les problèmes sous-jacents tels que la biodiversité, les changements climatiques et le rôle des facteurs socioéconomiques tels que la densité de population (Nkonya, et al, 2011).

En 2006, le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) a lancé le projet d'Évaluation de la dégradation des sols des zones arides (LADA) qui aborde cette nécessité d'une vision plus intégrée de la dégradation des sols. Le projet a été mis en œuvre par le PNUE et exécuté par la FAO (Nachtergaele, et al, 2011a).

Ce projet LADA a procédé à la mise à jour des informations du GLASOD avec une nouvelle Évaluation mondiale de la dégradation des sols (GLADA) qui a généré des tendances au niveau du pays. Plus tard, le Système mondial d'information sur la dégradation des sols (GLADIS) a remplacé GLADA. Il combinait six propriétés – la biomasse, la santé du sol, les ressources en eau, la biodiversité, la production économique et la richesse sociale et culturelle – afin d'évaluer le statut et les tendances en matière de biens et de services écosystémiques (Akhatova, 2011) ainsi que les principales causes de la dégradation des sols et les priorités concernant les interventions. Les résultats peuvent être obtenus pour toutes les zones du globe, par pays, ou par exploitation du sol (Nachtergaele, et al, 2011a).

Les *figures 4* et *5* sont les cartes extraites du projet GLADIS, la première montrant la gravité de la dégradation des sols en Afrique et la seconde fournissant les prévisions sur la perte des sols.

FIGURE 4

Carte GLADIS de la dégradation des sols*(Source: Nachtergaele, et al., 2011b)*

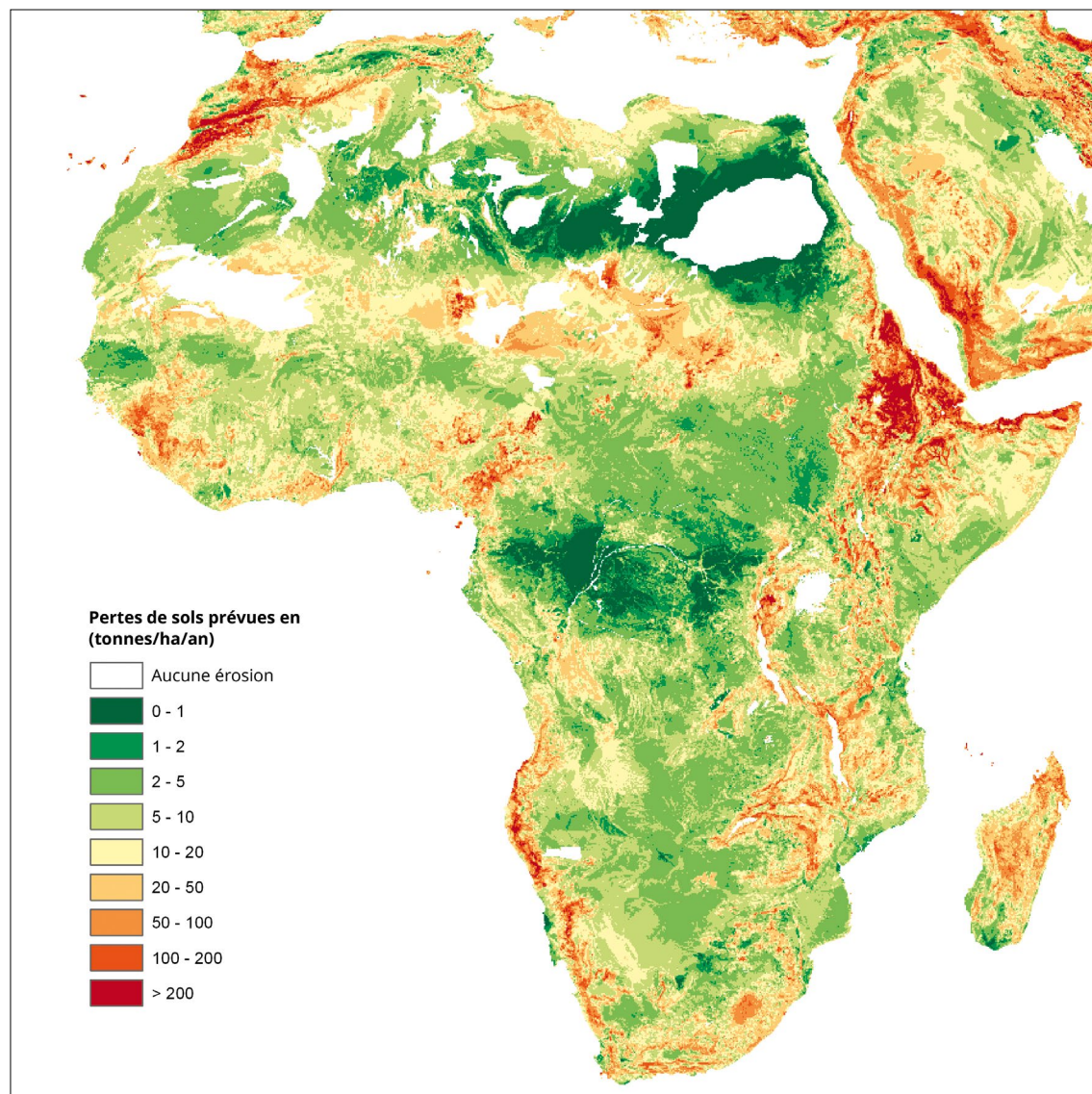
Une autre tentative d'évaluation de la dégradation des terres consiste à associer les tendances de productivité des cultures de séries temporelles aux caractéristiques des changements de la dégradation des sols, bien que le manque d'une relation claire de cause à effet défavorise cette méthode (Omuto, et al, 2014), et que le manque de données suffisantes est un problème continu.

Deux réexamens relatifs à la portée de l'érosion des sols et ses rapports avec la productivité des cultures en Afrique ressortent de la littérature, l'une par Lal

en 1995 et l'autre par Obalum et al. en 2012. Les deux soulignent le manque de données et les difficultés qu'il y a à établir la relation cause à effet. Lal note que d'autres variables ayant des incidences sur les données sont le climat, les maladies et les parasites, les pratiques culturelles, le degré d'érosion du passé et les taux d'érosion actuels (Lal, 1995).

Dans leurs études de 2012, Obalum et al. note que depuis la fin du 20ème siècle, les recherches menées dans la région n'ont pas eu de progrès significatifs permettant de 'renforcer' les données – tant sur la

F I G U R E 5

Carte GLADIS des prévisions de perte de sol en ton/ha/an*(Source: Nachtergaele, et al., 2011b)*

portée que sur la relation entre l'érosion des sols et la productivité des sols (Obalum, et al, 2012).

Une autre étude menée par Kirui and Mirzabaev (2014) indique que les études précédentes ne s'accordent pas sur le montant exact des pertes de productivité causées par la dégradation des terres en Afrique orientale.

Les Annexes de ce rapport fournissent les principaux résultats sur l'érosion des sols et la dégradation des terres en Afrique tirés de la littérature et plus tard une section de ce rapport examine les

données disponibles sur le lien entre la dégradation des terres et la productivité.

1.3.1. Vecteurs biophysiques et socio-économiques de la dégradation des terres en Afrique

Selon les rapports de l'UNCCD, presque trois quarts des vastes zones arides agricoles d'Afrique connaissent déjà un certain niveau de dégradation. Les deux tiers de la base de terre de l'Afrique est désertique ou aride, et de graves sécheresses

frappent régulièrement le continent. Un grand nombre de pays Africains sont enclavés et ses populations dépendent énormément de ressources naturelles pour survivre, elles sont sujettes à la pauvreté généralisée et ont besoin d'aide externe. En outre, les conditions socioéconomiques sont difficiles tandis que les cadres et infrastructures institutionnels et juridiques sont insuffisants, et que les capacités scientifiques, techniques et d'éducation sont faibles (UNCCD, 2009).

Selon les rapports de l'UNCCD, presque trois quarts des terres arides d'agriculture extensive d'Afrique sont déjà dégradées à un certain degré. Les deux tiers des bases territoriales de l'Afrique sont désertiques ou arides et des sécheresses fréquentes et rudes affectent le continent. De nombreux pays sont enclavés et leurs populations dépendent fortement

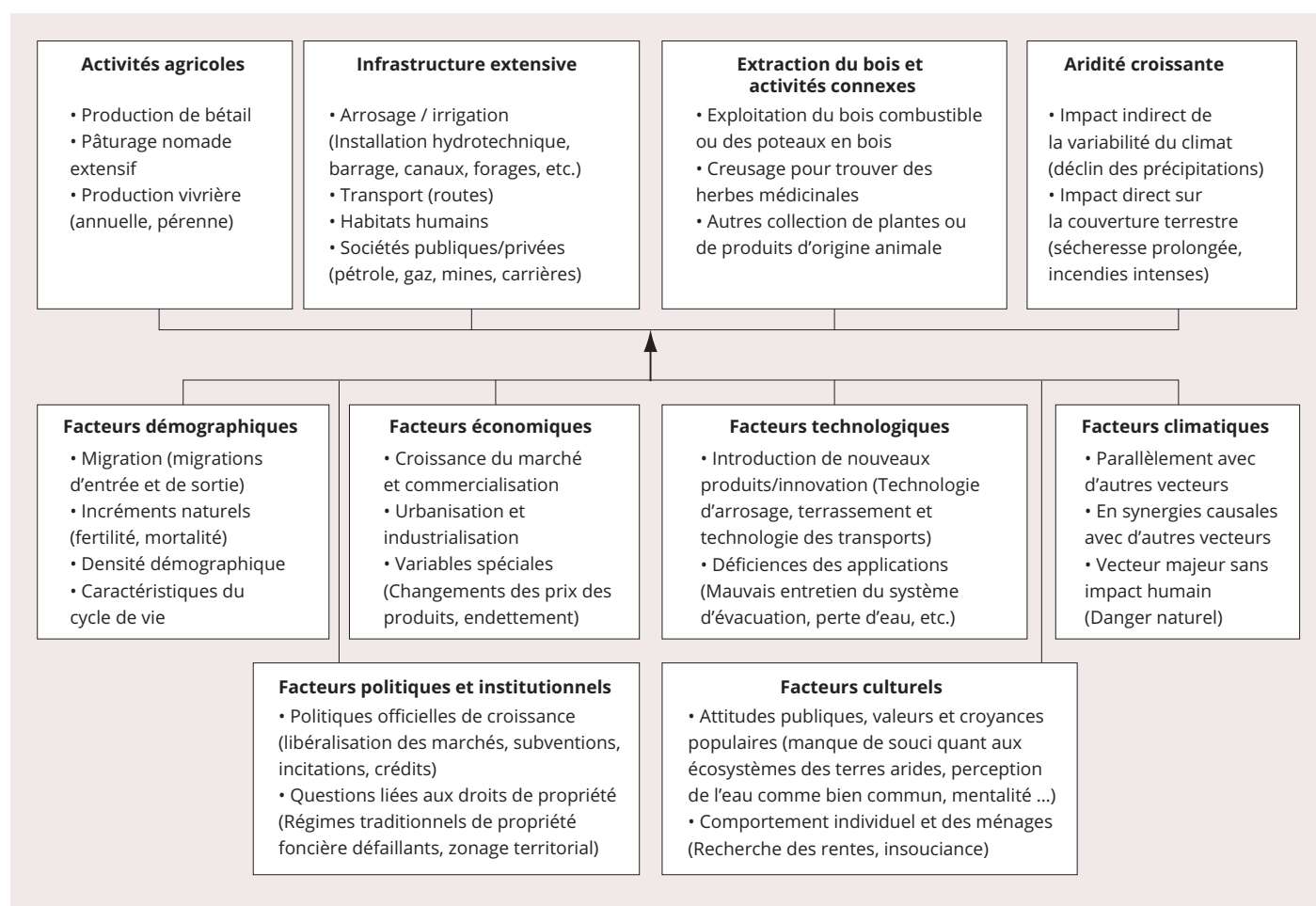
des ressources naturelles pour leur subsistance, les populations qui connaissent une pauvreté généralisée et ont besoin de l'aide extérieure. En outre, la conjoncture socioéconomique est difficile pendant que les cadres aussi bien institutionnel, juridique qu'infrastructurel sont insuffisants et les capacités scientifiques, techniques et éducatives sont faibles (UNCCD, 2009).

En raison des pressions en faveur de l'augmentation de la production dans ce contexte fragile, les populations mènent des activités d'agriculture et d'élevage toujours accrues sur des terres marginales et les activités commerciales recourent abondamment aux engrais et pesticides tout en réduisant les périodes de jachères. Ces activités peuvent épuiser les capacités reproductives du sol qui aboutiraient alors à une baisse de rendements, la perte

FIGURE 6

Causes de la dégradation des sols: vecteurs et pressions

(Source: Geist, H., and Lambin, E. 2004, cité dans (Svensson, 2008))



de végétation et des sols et, dans des cas extrêmes, à la désertification. Les effets des changements climatiques exacerbent ces impacts (PNUE, 2013).

Le schéma 6 illustre un procédé qui identifie six « racines » ou causes fondamentales de la dégradation des terres tant au milieu qu'au bout des rangées de boîtes (Svensson, 2008). Les variables représentent un ensemble complexe de facteurs interconnectés liés aux facteurs politiques, institutionnels, ainsi qu'aux facteurs culturels, notamment les niveaux de pauvreté, les taux de croissance de la population, les régimes d'accès et de détention des ressources naturelles, les conflits et le changement climatique (ECA, 2007). En revanche, ceux-ci mènent aux causes plus directes se produisant sur le terrain, qui sont généralement définies comme causes directes, elles sont illustrées dans les quatre premières boîtes, y compris la gestion des activités agricoles, l'infrastructure, la récolte de produits de bois, et les incendies (Svensson, 2008).

Un autre cadre commun d'analyse des causes des préoccupations environnementales telles que la dégradation des sols est le modèle DPSIR [Dri-

vers-Pressure-State-Impact-Response] (Vecteurs-Pression-Etat-Impact-Réponse). Selon ce modèle, les causes sous-jacentes ou de base sont appelées « Vecteurs » comme illustré dans les six cases inférieures du diagramme. Les causes directes qui apparaissent dans les quatre cases supérieures sont appelées « Pressions ». Le DPSIR est utilisé dans les évaluations environnementales intégrées et comprend les « Impacts » qui renvoient aux effets des vecteurs sur l'environnement (il s'agit dans ce cas de la dégradation des sols), la santé humaine et l'économie, alors que les « Réponses » se penchent sur la manière dont les acteurs sociaux s'attaquent à la dégradation de l'environnement pour améliorer les conditions comme dans le cas de la gestion durable des sols destinée à résoudre le problème de dégradation des sols.

Le texte de l'annexe concernant la mise en œuvre régionale de l'UNCCD pour l'Afrique énonce les conditions qui rendent le continent particulièrement vulnérable à, et sujet à des répercussions de la dégradation des sols et la désertification (*encadré 2*). Ces conditions font partie des vecteurs fondamentaux de la dégradation des terres en Afrique.

ENCADRÉ 2

Conditions spécifiques de la région d'Afrique, telles que soulignées dans le document de la CNULD

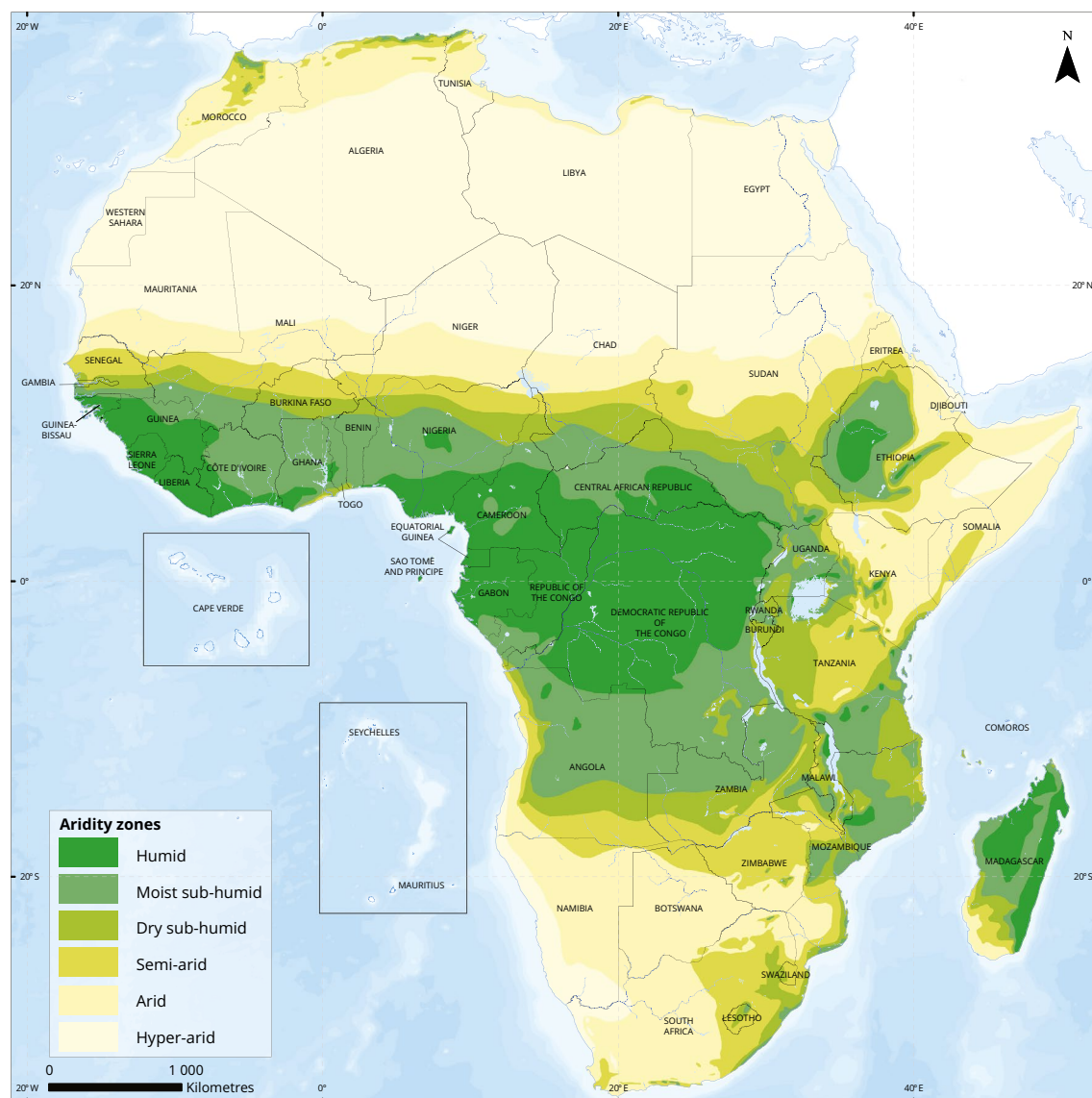
(Source: UNCCD, 2012)

- (a) Haute proportion de régions arides, semi-arides et subhumides;
- (b) Nombre important de pays et de populations négativement affectés par la désertification et la fréquence de récurrence de grandes sécheresses;
- (c) Un grand nombre de pays enclavés affectés;
- (d) Pauvreté généralisée prévalant dans les pays les plus affectés, notamment un grand nombre de pays les moins développés, et leurs besoins d'aide extérieure importante, sous forme de subventions et de crédits à conditions préférentielles, pour poursuivre leurs objectifs de développement;
- (e) Conditions socio-économiques difficiles, empirées par la dégradation et la fluctuation des conditions commerciales, l'endettement externe et l'instabilité politique, qui donnent lieu aux migrations internes, régionales et internationales;
- (f) Forte dépendance des populations des ressources naturelles pour leur subsistance, qui, aggravée par les retombées des tendances et facteurs démographiques, une faible base technologique, et des pratiques non durables de production, contribuent à l'ampleur de la dégradation des ressources;
- (g) Cadres institutionnels et juridiques inadéquats, une faible base d'infrastructures et la capacité scientifique, technique, et éducationnelle insuffisante, toutes choses qui entraînent des exigences importantes en termes de renforcement de capacités;
- (h) Le rôle déterminant des mesures de lutte contre la désertification et/ou d'atténuation des effets de la sécheresse dans l'élaboration des priorités nationales de développement dans les pays Africains affectés.

FIGURE 7

Les terres arides d'Afrique

(Source: World Meteorological Organization (WMO), United Nations Environment Programme (UNEP), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, et vulnérabilité*, contribution du Groupe de travail II au Troisième rapport d'évaluation du Groupe de travail Intergouvernemental sur le changement climatique (GIEC), cité dans (UNCCD and CFC, 2009))



1.3.2. Vecteurs biophysiques fondamentaux

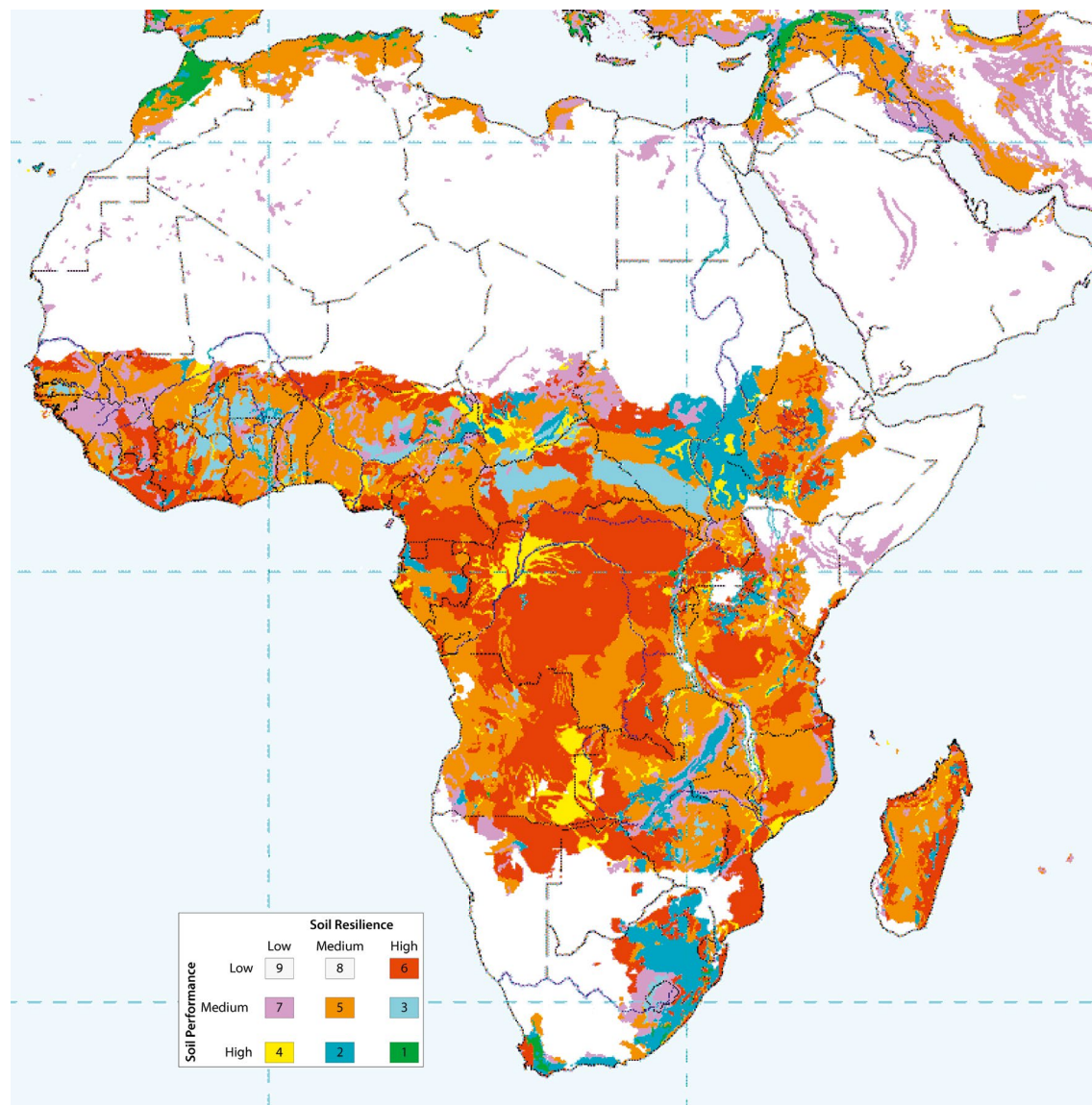
Les «vecteurs», ou causes fondamentales de la dégradation des terres peuvent être regroupés en deux catégories: les causes, les conditions naturelles, les processus biophysiques tels que la qualité intrinsèque des terres, les variables climatiques, la biodiversité des sols et d'autres variables liés à la société humaine comme la pauvreté, le change-

ment démographique, et les facteurs économiques et politiques (Solh, 2009; Eswaran, et al., 2001); des exemples politiques de la dernière catégorie comprennent les pressions de la population, la pauvreté, le manque de marchés et d'infrastructure, la mauvaise gouvernance, de faibles cadres institutionnels et l'éducation inadéquate (Nachtergaele, et al., 2011a). La prochaine section décrit les vecteurs «naturels» de la dégradation des terres.

F I G U R E 8

Qualité inhérente au sol

(Source: USDA, 2003)



Zones arides: proportion et distribution

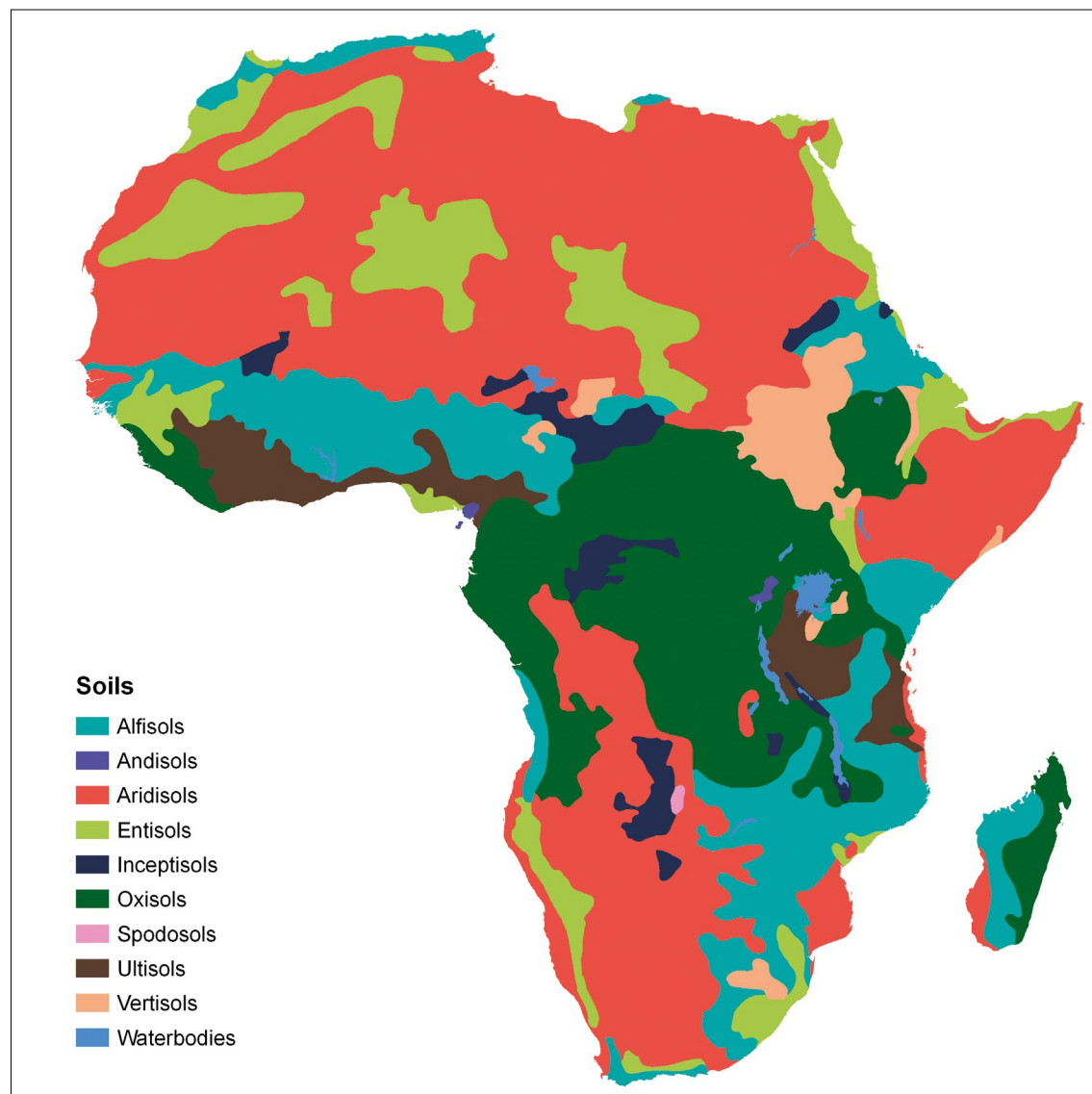
Dix-sept des 54 pays africains sont classés parmi les pays les moins développés (PLMD); et la majorité de leurs sols agricoles sont situés dans des régions semi-arides: le Burkina Faso; le Mali; le Tchad; la Mauritanie; Djibouti; le Mozambique; l'Erythrée; le Niger; l'Éthiopie; le Sénégal; la Gambie; la Somalie; le Lesotho; le Soudan et le Soudan du Sud; le Malawi et la République Unie de Tanzanie. Ainsi, les terres de ces pays sont plus susceptibles à la dégradation et la désertification, étant donné la fragilité des terres arides. Quelques 66 pour cent

des territoires africains sont classés comme désertiques ou arides (Figure 7) (UNEP, 2013).

Qualité inhérente des terres

Une autre façon de décrire les conditions sous-jacentes des sols qui rendent une grande partie de l'Afrique vulnérable à la dégradation des sols est d'évaluer la qualité inhérente aux sols (Figure 8). Cette façon est basée sur la carte mondiale du climat des sols et une carte des sols du monde. La qualité inhérente aux sols est définie comme «la capacité des sols à exécuter leur fonction de pro-

FIGURE 9

Carte de la classification des sols*(Source: FAO/EC/ISRIC, 2003)*

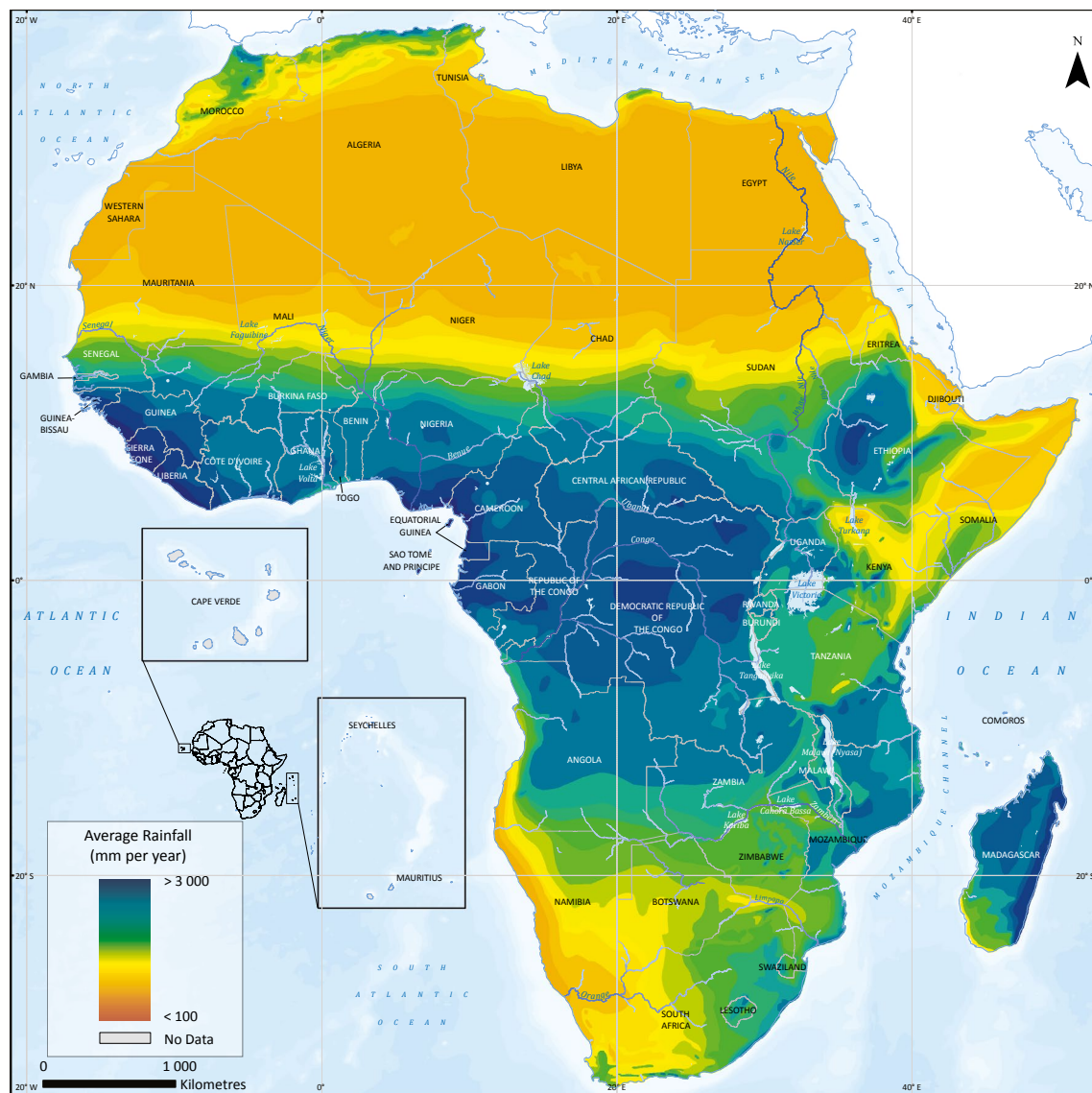
duction agricole durable et de lui permettre de répondre à la gestion durable des sols» (Kettler, 2014). La *Figure 8* cartographie la résilience des sols et la performance des sols. La résilience des sols est définie comme étant «la capacité de la terre à retrouver quasiment son niveau de production après avoir été dégradée du fait de la mauvaise gestion. Les terres ayant une faible résilience des sols sont endommagées de façon permanente». La performance du sol est sa capacité de produire (comme cela peut être mesuré par le rendement en grains ou par la biomasse) avec des niveaux modérés d'intrants sous forme de technologie de condi-

tionnement, d'engrais, de lutte contre les parasites et les maladies des plantes. Les terres ayant des sols aux performances faibles ne sont généralement pas propices à l'agriculture» (Kettler, 2014). Sur la carte, la terre de la Classe 1 est la plus souhaitable et la terre de la Classe 9 est celle qui est de la pire qualité. Ainsi, les zones de pire qualité sont celles colorées en blanc, violet et rouge et qui couvrent une grande partie du continent. La *figure 11* montre les zones climatiques d'Afrique selon la Classification des climats par Köppen et Geiger faite sur la base des écarts moyens des températures et des précipitations annuelles et mensuelles, montrant

FIGURE 10

Variabilité moyenne des précipitations

(Source: UNEP, 2013)



une large proportion du continent avec des climats naturellement arides et chauds.

Terres

Les terres d'Afrique peuvent être classées en neuf grandes classes, qui sont: les terres Alfisols, Andisols, Aridisols, Entisols, Inceptisols, Oxisols, spodosols, Ultisols, et Vertisols (Figure 9).

L'atlas relatif aux terres d'Afrique rapporte que "dans la grande partie de l'Afrique, la production agricole

est entravée par la domination de terres à faible fertilité inhérente, des écosystèmes fragiles qui ne supportent pas l'agriculture intense." (Jones, et al, 2013). Le sol est considéré comme une condition fondamentale contribuant à la dégradation des terres.

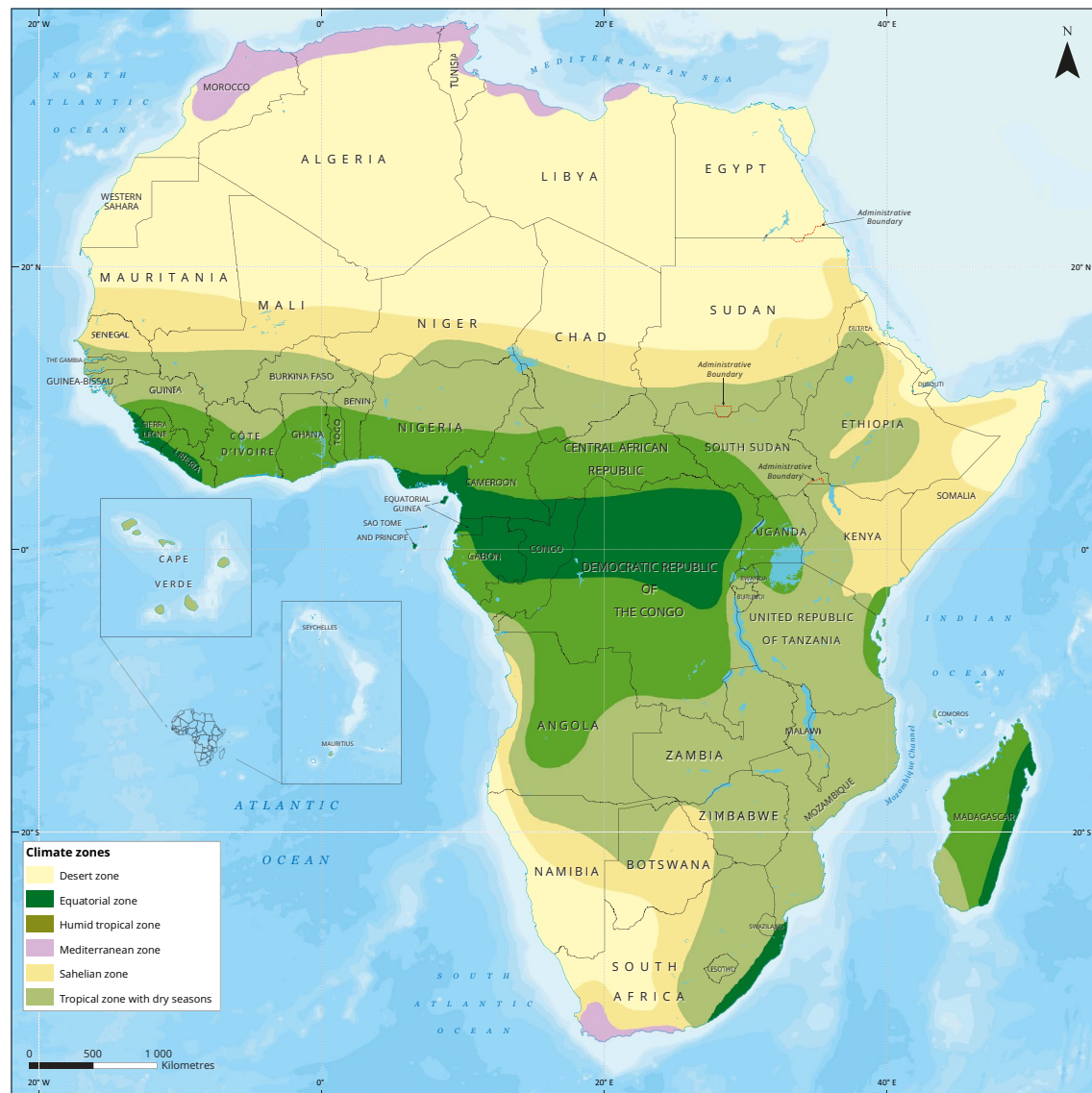
Variabilité du climat

La variabilité du climat est une autre condition fondamentale ou naturelle contribuant à la dégradation des terres en Afrique (Nachtergaele, et al,

FIGURE 11

Zones climatiques: données du climat observé, 1975–2000

(Source: UNEP, 2013)



2011a). La variabilité du climat se réfère aux variations annuelles de température et précipitations au sein des et entre les régions ou les pays.

La plupart de pays africains connaissent de grandes variations de rythmes de précipitations, que ce soit au long de l'année ou entre les ans, ils sont sujets aux fréquences extrêmes d'inondations ou de sécheresse, les deux contribuant à l'érosion et à la dégradation des sols (UNEP, 2013). La Figure 10 montre la moyenne des précipitations et leur distribution en Afrique. Comme phénomène naturel, il y

a des sécheresses quand les précipitations sont très inférieures à la normale sur une longue période de temps, ce qui rend les sols plus susceptibles à l'érosion éolienne, puis à l'érosion hydrique quand survient la saison des pluies. Mais les sécheresses et l'érosion sont empirées par une mauvaise gestion des terres qui répond de manière inappropriée aux variations du climat, et cela entraîne la désertification (UNCCD, 2009).

Le schéma 11 montre les zones climatiques d'Afrique, selon la Classification de Köppen et

Geiger, basée sur les moyennes annuelles et mensuelles des températures et des précipitations, montrant une grande proportion du continent ayant des climats naturellement aride et chaud.

Changement climatique

Le Changement climatique est un autre vecteur sous-jacent de la dégradation des sols. L'UNCCD note qu'il exacerbe la désertification et vice versa. Les prévisions indiquent que la fréquence et la gravité des événements météorologiques dangereux vont augmenter en raison du changement climatique, et cela va augmenter la dégradation des terres arides (UNCCD, 2012).

Selon le GIEC, certaines régions arides, semi-arides, sèches et humides, connaissent déjà le déclin des

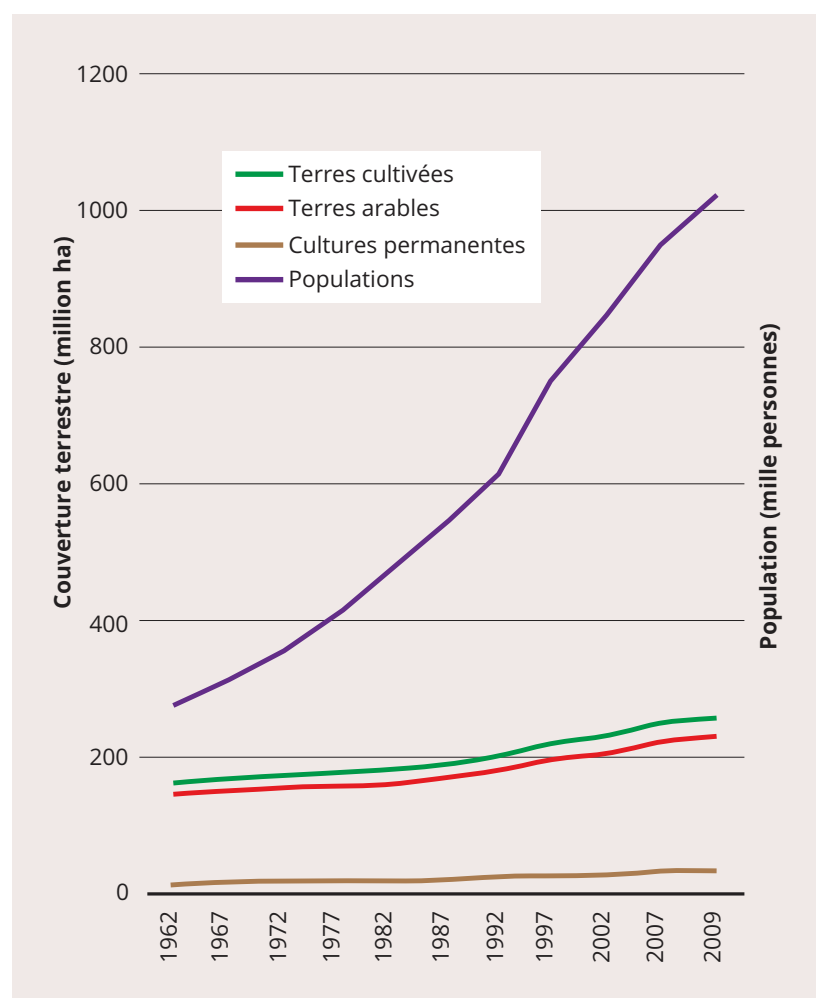
précipitations, suivi de la baisse de fertilité des sols et par conséquent cela pèse sur la production agricole, le bétail, les forêts et les terrains de parcours (IPCC, 2001). Il donne la description d'une boucle de rétroaction changement climatique et de la désertification qui réduit la quantité de carbone captée par la végétation et augmente les émissions provenant de matières végétales en décomposition, ce qui entraîne davantage d'émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et fortifie le cercle continu vicieux de la dégradation des sols (UNCCD, 2012).

Le cinquième rapport d'évaluation du GIEC indique que les températures de surface en Afrique ont augmenté de 0.5–2°C au cours des cent dernières années et l'ampleur et la fréquence des événements météorologiques dangereux et extrêmes ont déjà changé depuis 1950. Selon ces projections, l'Afrique du nord et l'Afrique australe deviendront encore plus arides et des tempêtes de plus en plus fortes pourront accroître l'érosion des sols (CDKN, 2014).

FIGURE 12

Corrélation entre croissance démographique et conversion de l'exploitation de la terre aux fins agricoles

(Source: FAO Aquastat/JRC cité dans (Jones, et al., 2013))



1.3.3. Vecteurs socioéconomiques sous-jacents

Cette section examine les vecteurs humains ou les contributeurs socioéconomiques à la dégradation des terres.

La pauvreté

L'Afrique a une part disproportionnée de pays à revenus faibles comparée à d'autres parties du monde et en général, le continent enregistre un très bas niveau de développement économique. La Commission économique pour l'Afrique a rapporté qu'en 2013 la population de l'Afrique représentait 13% de la population mondiale tandis qu'elle ne contribuait que de 1.6% au P. I B. du monde. Des données de 2010 révèlent que 20.6% de la population africaine (à l'exception de l'Afrique du Nord) vivait en dessous de 1.25 USD par jour, ce qui révèle le haut niveau de pauvreté qui reflète le faible niveau de développement du continent (ECA, 2014).

La pauvreté peut agir comme vecteur de la dégradation des sols lorsque les agriculteurs, les bergers nomades et autres qui dépendent directement des ressources de la terre ne peuvent pas attendre que les sols et la végétation se régénèrent et recourent à une gestion inappropriée de la terre. On peut citer

comme exemple la suppression des périodes de jachères, l'exploitation des sols déjà pauvres dans des zones marginales et le maintien prolongé du bétail dans les mêmes endroits. Ces circonstances peuvent entraîner un cercle vicieux dans lequel la dégradation accrue des sols et la perte de bétail pousseront les gens à exercer davantage de pression sur les fragiles ressources (Svensson, 2008; Solh, 2009). Puisque de nombreuses économies africaines reposent sur l'agriculture et que les niveaux de pauvreté sont élevés, les pratiques agricoles liées à la pauvreté et d'autres problèmes d'exploitation de la terre contribuent en grande partie aux problèmes de dégradation des sols du continent (CEA, 2007).

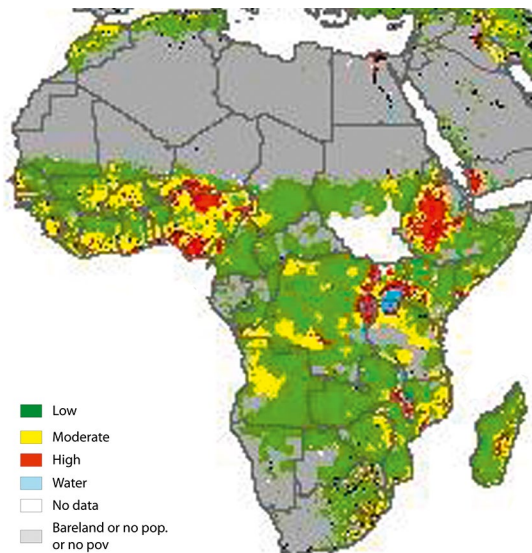
La croissance démographique et densité de la population

Les pressions exercées sur les terres par le nombre de personnes et les densités de population sont de potentiels facteurs de dégradation des sols lorsque l'intensification de la production vivrière et animale n'est pas accompagnée d'un accroissement des mesures de conservation qui permettent d'em-

FIGURE 13

Indice de l'impact de dégradation des sols de GLADIS

(Nachtergaele, et al., 2011b)



pêcher le dépassement des capacités de production des sols (Svensson, 2008).





Entre 1962 et 2009, il y a eu un taux de croissance de 59% de terres cultivables, tandis que dans la même période, la population augmentait de 271%. En 1962, chaque hectare cultivé supportait 1.91 de personnes alors qu'en 2009, un hectare supportait 4.55 personnes. L'Atlas des terres d'Afrique indique que du fait qu'une portion importante des cultures récoltées est exportée, le rapport des personnes au secteur de la terre produisant la nourriture est encore plus élevé (Jones, et al, 2013).

Au cours des 50 dernières années, l'Afrique a connu une croissance démographique continue et rapide, avec une augmentation de 300% depuis le début des années 1960 et un doublement entre 1983 et 2009. De la même manière, les zones agricoles (terres arables plus terres exploitées en permanence) ont augmenté en parallèle au cours de cette période. Entre 1962 et 2009, il y a eu une augmentation de 59% des terres cultivées pendant qu'en même temps, la population s'est accrue de 271%. En 1962, chaque hectare cultivé supportait 1,91 personne mais en 2009, un hectare supportait 4,55 personnes. L'Atlas africain des sols indique qu'étant donné qu'une portion significative des récoltes de vivres est exportée, le rapport personnes/terre de production alimentaire est même plus élevé (Jones, et al, 2013).

Sur la *figure 12*, l'axe de gauche représente 1.000 hectares de lignes de la couverture terrestre tandis que l'axe de droite représente 1.000 personnes pour la ligne de la population (FAO Aquastat/JRC) mentionné dans (Jones, et al, 2013).

La *figure 13* montre la relation entre la pauvreté, la population et la dégradation des sols. Il a été élaboré par le projet GLADIS déjà mentionné. Il illustre comment la dégradation des sols est exacerbée dans les régions ayant tant un taux de pauvreté élevé qu'une forte densité de population. Le projet a mesuré l'effet de cette confluence de facteurs par un indice qui multiplie la pauvreté et les niveaux de population dans des zones spécifiques. Dans cette équation, la mesure des niveaux de pauvreté au niveau sous-régional utilise des données liées aux taux de mortalité infantile (Nachtergaele, et al, 2011b).

Autres vecteurs socioéconomiques de la dégradation des sols

La littérature mentionne un certain nombre de vecteurs qui peuvent contribuer à la dégradation des sols et parmi ceux-ci, il y a : l'impact des facteurs économiques mondiaux tels que les tendances économiques qui encouragent l'exploitation, sur

TABLEAU 1

Zone terrestre affectée par des pressions qui contribuent à la dégradation des terres*(Source: Oldeman, et al., 1991)*

	Facteurs de causalité de la dégradation des sols, exprimés en millions d'ha de terrain affectés.				
	Déforestation	Surpâturage	Mauvaise gestion Agricole	Sur- exploitation	Activités Biologiques (industrielles)
Afrique	67	243	121	63	+

le court terme, de la terre avec les cultures de rente, ou des taxes qui faussent les marchés locaux et poussent à une surexploitation des terres cultivables; les arrangements fiscaux dans des pays précis ou des régions et qui n'incitent pas les individus à investir dans la maintenance et le renforcement des sols; la prévalence des conflits qui empêchent

la conservation des sols; la pénurie de la main-d'œuvre agricole rurale pour pratiquer l'agriculture de conservation traditionnelle qui est à forte intensité de main-d'œuvre; le manque d'éducation qui peut signifier une faible adoption de nouvelles technologies de conservation (Svensson, 2008; UNCCD, 2009).

FIGURE 14

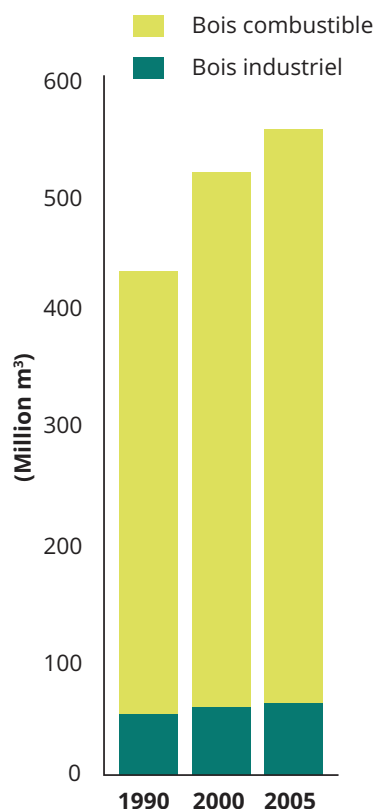
Tendances en matière de collecte de bois, 1990-2005*(Source: ECA, 2007)*

FIGURE 15

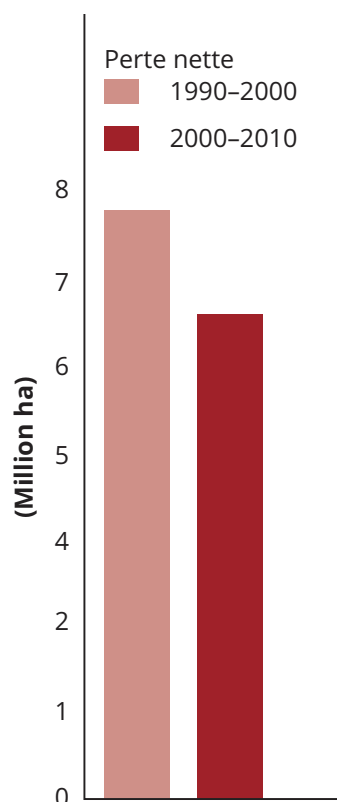
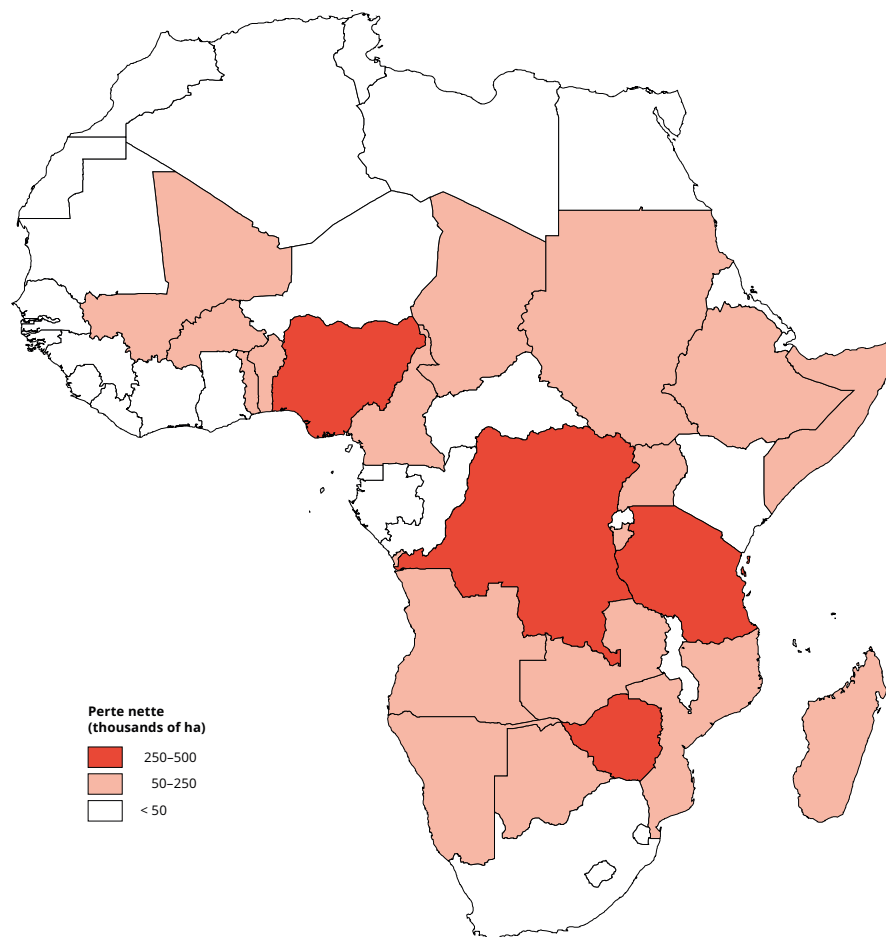
Changement annuel de la zone forestière, 1990-2010*(Source: FAO, 2010)*

FIGURE 16

Changement annuel des zones forestières par pays, 2005–2010*(Source: FAO, 2010)***1.3.4. Pressions humaines contribuant à la dégradation des sols**

Des pressions se réfèrent aux causes directes du changement environnemental dans le cadre DPSIR. Un certain nombre de pressions peuvent signifier l'utilisation non durable des terres et sa vulnérabilité face à la dégradation des sols, notamment la déforestation, la surexploitation, le surpâturage, de mauvaises pratiques d'irrigation, et des activités industrielles entraînant la pollution (UNCCD, 2009). Le *Tableau 1* montre approximativement les régions en Afrique sujettes à ces pressions.

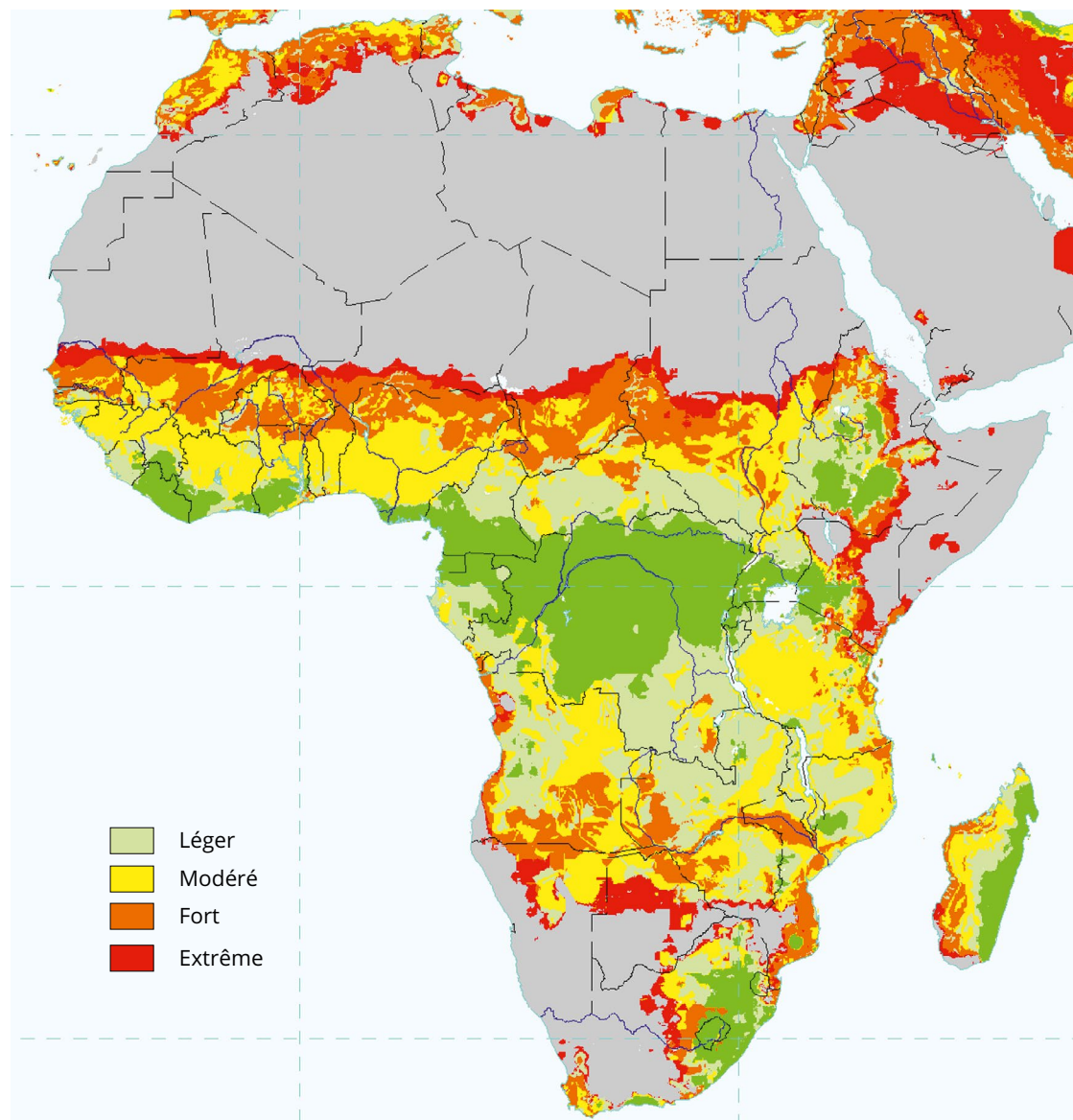
La déforestation

La déforestation peut être définie comme l'élimination de la végétation naturelle (notamment la forêt et la brousse) sur les terres. Elle est due au besoin

d'exploiter la terre à des fins agricoles (cultures et pâturage pour le bétail), la coupe du bois pour la foresterie commerciale à grande échelle, la cueillette du bois de chauffage pour des raisons de subsistance, la construction des routes, le développement urbain, entre autres (Oldeman, et al, 1991). La déforestation est une cause directe majeure de DDS en Afrique.

En 2007, la Commission économique pour l'Afrique (CEA) a indiqué que la biomasse représentait 30% de toute l'énergie utilisée en Afrique et que plus de 80% de l'énergie dans la majorité des pays de l'Afrique subsaharienne et les Etats dont la production et la consommation du bois de chauffage a doublé au cours des 30 dernières années du 20ème siècle et a augmenté de 0,5% chaque année (*Figure 14*). L'élimination de vastes quantités d'arbres et d'arbustes utilisés comme combustibles a créé

FIGURE 17

Vulnérabilité à la désertification*(Source: NRCS, 2003)*

de vastes zones de sols nus exposés à la DDS (CEA, 2007).

Selon l'Évaluation des ressources forestières mondiales de la FAO en 2010, entre 2000 et 2010, l'Afrique a perdu 3,4 millions d'hectares annuellement, ce qui en fait la région du monde avec la plus grande zone concédée à la déforestation après l'Amérique du sud. La *Figure 15* montre la déforestation nette si l'on prend la croissance annuelle en considération au cours des périodes 1990–2000 et 2000–2010. La *Figure 16* montre le changement annuel dans les zones de forêts par pays africain.

Le surpâturage

Le surpâturage qui signifie l'élimination extensive de la végétation par le bétail ainsi que l'impact du piétinement baisse généralement la couverture du sol, exposant la zone à l'érosion par l'eau et par le vent; le piétinement cause également le tassement du sol, une autre pression qui contribue à la DDS (Oldeman, et al, 1991). Le surpâturage est particulièrement dommageable pour les sols situés dans les zones marginales et pour les sols sablonneux, lorsque les animaux qui en sont responsables sont de la même espèce, et particulièrement lorsqu'il

y a des densités de peuplement particulièrement élevées (UNEP, 2013). Le PNUE cite les données du milieu des années 1990 suggérant que le surpâturage est responsable d'environ la moitié des dégradations des sols en Afrique suivi des pratiques de gestion agricoles médiocres (14%) et de la surexploitation (1%) (PNUE, 2013).

La mauvaise gestion agricole

Cette pression renvoie à la gestion inappropriée des terres agricoles et cela implique un ensemble de pratiques qui ne permettent pas la conservation et l'amélioration de la qualité des sols et de la couverture végétale, ni la protection des sols contre l'érosion par l'eau et par le vent mais les dégradent plutôt par la surexploitation et des pratiques polluantes. Comme pratique de surexploitation et polluantes, il y a, entre autres, l'utilisation excessive des engrais, le raccourcissement de la durée de jachère dans l'agriculture itinérante, de mauvaises pratiques d'irrigation, l'absence de mesures anti-érosion et l'utilisation des engins lourds sur des sols encore fragiles (Oldeman, et al, 1991; Jones, et al, 2013).

1.3.5. Les Impacts

Dans le cadre du DPSIR, la dégradation et la désertification des sols peuvent être considérées comme étant les impacts des vecteurs et des pressions décrits dans la section précédente, notamment les conditions géographiques et les facteurs naturels sous-jacents qui font de l'Afrique une région propice à l'érosion, un ensemble de conditions socioéconomiques favorables à la surexploitation des terres, surtout la pauvreté et la croissance démographique,

puis enfin les pressions directes sur les ressources de la terre et qui érodent les sols.

Vulnérabilité à la dégradation des terres et à la désertification

Lorsqu'un grand nombre de ces variables se produisent ensemble dans la même région, ces endroits deviennent très vulnérables à la dégradation des terres et à la désertification. Le schéma 17 est une carte de zones africaines vulnérables face à la désertification.

Dans sa définition de la désertification, la carte de la Vulnérabilité à la désertification de ce Système d'information géographique (SIG) exclut les terres qui ont des climats hyperarides et humides: 43% du continent est caractérisé par des déserts extrêmes et près de 11% du bloc continental est humide. La carte révèle que dans le reste de ce bloc, 46% des terres sont en danger de désertification et parmi elles, 55% sont en grand danger ou en très grand danger. Les pays de l'extrême sud du Sahara sont particulièrement vulnérables. Par exemple, des 19% du territoire nigérien qui n'est pas encore désertique, 17% est très vulnérable aux processus de désertification. D'autres pays dans lesquels de vastes zones sont exposées à la dégradation des sols sont les pays méditerranéens de l'Afrique du nord et ceux bordant le désert du Kalahari (Reich, et al, 2001).

Le *Tableau 2* montre la zone de terre approximative, la proportion de superficie, la masse, et le nombre de personnes affectées par chaque catégorie.

La prochaine partie du présent rapport décrit et évalue les caractéristiques, la distribution, les pro-

T A B L E A U 2

Risques liés à la désertification exprimés en chiffres

(Source: Reich, et al., 2001)

Catégorie des risques	Zone terrestre affectée au total (million km ²)	Pourcentage de l'étendue des terres	Nombre de personnes affectées
Faible	2,5	14	485 million
Modéré	3,6	16	
Grand	4,6	11	
Très grand	2,9	5	22 million

TABLEAU 3

Gravité de la dégradation des terres d'origine anthropique en Afrique (millions d'hectares)*(Source: UNEP, 1992)*

Type	Légère	Modérée	Forte	Extrême	Total
Perte de la couche arable	53,9	60,5	86,6	3,8	204,9
Déformation de terrain	3,6	6,9	11,7	0,4	22,5
EAU	57,5	67,4	98,3	4,2	227,4 (46 %)
Perte de couche arable	79,1	84,2	7,4	-	170,7
Déformation de terrain	9,2	5,1	-	-	14,3
Gonflant	-	-	0,5	1,0	1,5
VENT	88,3	89,3	7,9	1,0	186,5 (38 %)
Perte de nutriments	20,4	18,8	6,2	-	45,1
Salinisation	4,7	7,7	2,4	-	14,8
Pollution	-	0,2	-	-	0,2
Acidification	1,1	0,3	+	-	1,5
CHIMIQUE	26,0	27,0	8,6	-	61,5 (12 %)
Tassement	1,4	8,0	8,8	-	18,2
Engorgement	0,4	0,1	-	-	0,5
Sols organiques affaissés	-	-	-	-	-
PHYSIQUE	1,8	8,1	8,8	-	18,7 (4 %)
TOTAL	173,6 (35 %)	191,8 (38 %)	123. (25,0)	5,2 (1,0)	494,2 (100 %)

FIGURE 18

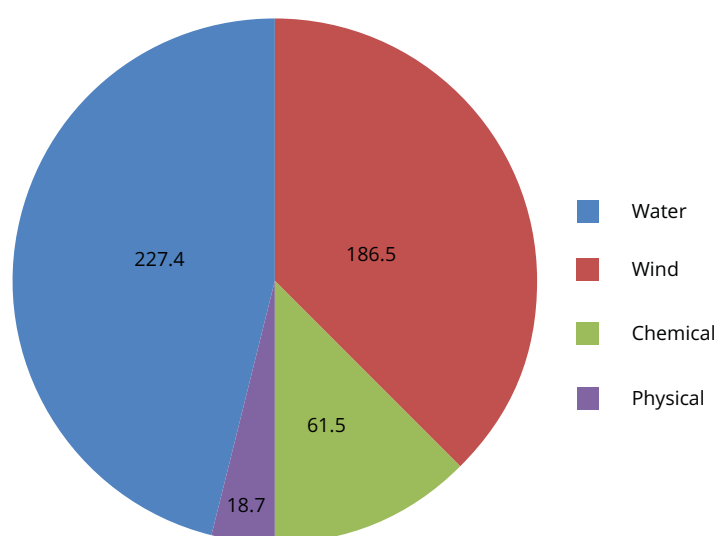
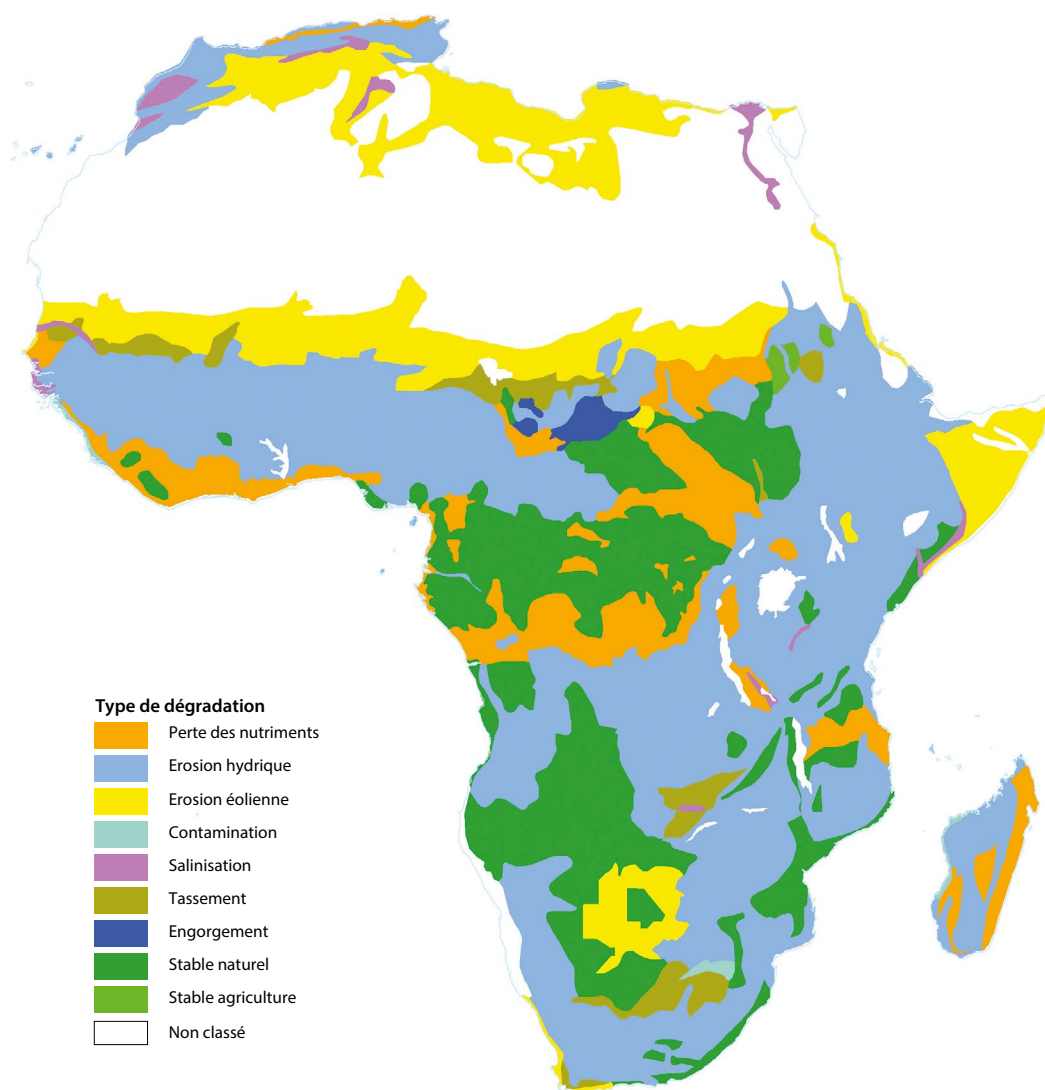
Proportion de la zone dégradée par type d'impact en millions d'hectares*(Source: UNEP (1992), World Atlas of Desertification)*

FIGURE 19

Dégradation des terres par type*Source: UNEP, 1992)*

portions affectées, et la gravité de la dégradation des terres en Afrique.

Types et gravité de la dégradation des terres en Afrique

L'appauvrissement des sols induit par l'action humaine peut être classé dans la catégorie de dégradation des sols par déplacement des matériaux du sol et qui implique la dégradation des sols par la détérioration physique et chimique. La *Figure 18* illustre la proportion de la superficie

d'Afrique affectée par ces quatre types de dégradation des sols, révélant en même temps que l'érosion par l'eau est le processus le plus significatif. Le *Tableau 3* montre l'étendue de la zone affectée par chacun des niveaux de gravité de la dégradation des sols selon les quatre types de dégradation et la *Figure 19* est la carte GLASOD montrant la répartition des différents types de processus de dégradation des sols sur le continent, ce qui montre également le niveau d'érosion par l'eau.

Comme montré sur ces schémas et Tableaux, l'érosion éolienne et l'érosion hydrique sont générali-

FIGURE 20

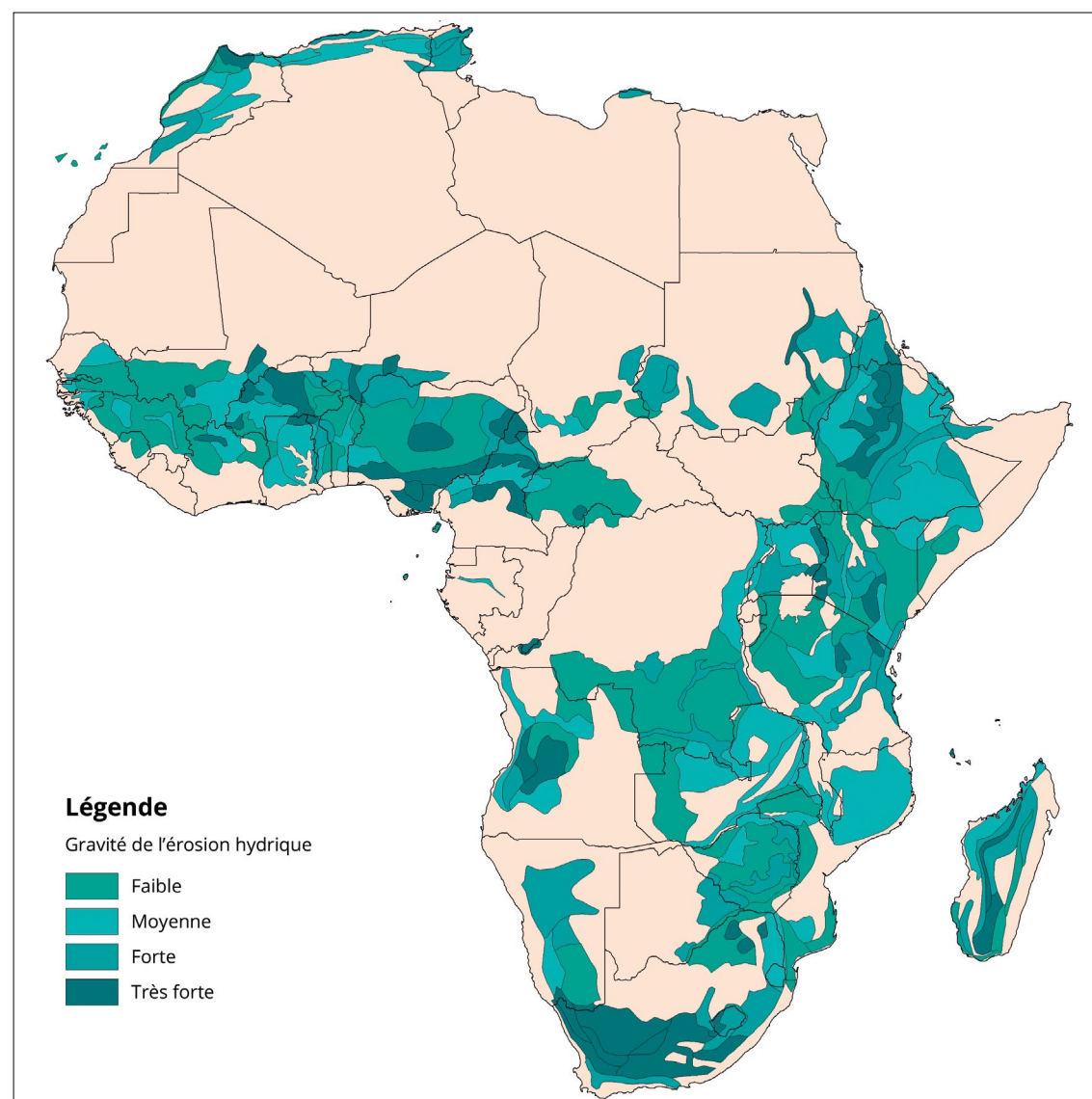
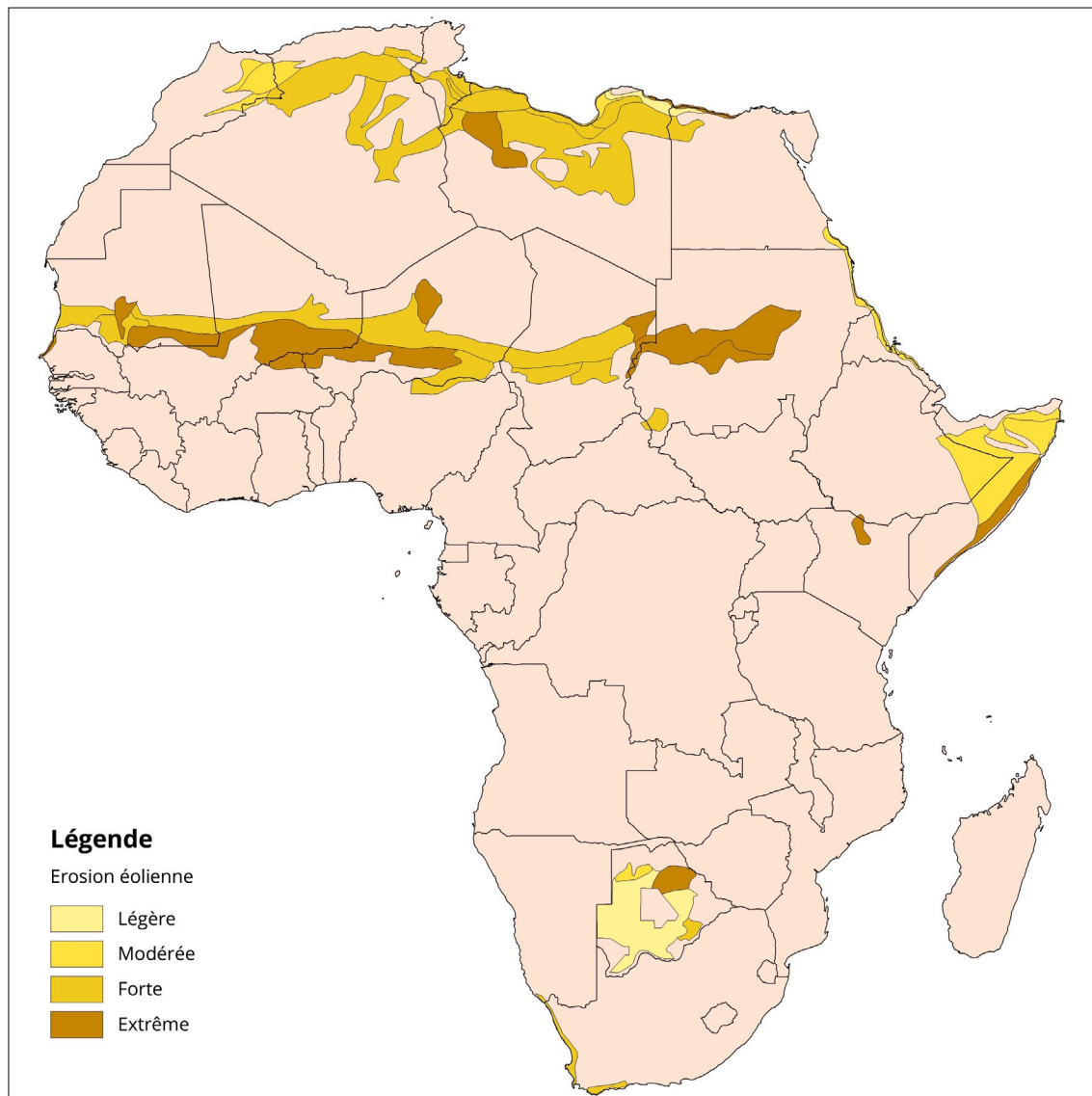
Zones affectées par l'érosion hydrique*(Source: UNEP, 1992)*

TABLEAU 4

Zone et proportion de terres affectées par l'érosion hydrique*(Source: UNEP, 1992)*

	Type	Légère	Modérée	Forte	Extrême	Total
Erosion éolienne	Perte de couches arables	53,9	60,5	86,6	3,8	204,9
	Déformation de terrain	3,6	6,9	11,7	0,4	22,5
	TOTAL	57,5	67,4	98,3	4,2	227,4 (46 %)

F I G U R E 2 1

Zones affectées par l'érosion éolienne*(Source: UNEP, 1992)*

T A B L E A U 5

Zone et proportion de terres dégradées par l'érosion éolienne*(Source: UNEP, 1992)*

	Type	Légère	Modérée	Forte	Extrême	Total
Erosion éolienne	Perte de couches arables	79,1	84,2	7,4	-	170,7
	Déformation du terrain	9,2	5,1	-	-	14,3
	Gonflant	-	-	0,5	1,0	1,5
	TOTAL	88,3	89,3	7,9	1,0	186,5 (38%)

FIGURE 22

Zones affectées par la détérioration chimique

(Source: UNEP, 1992)

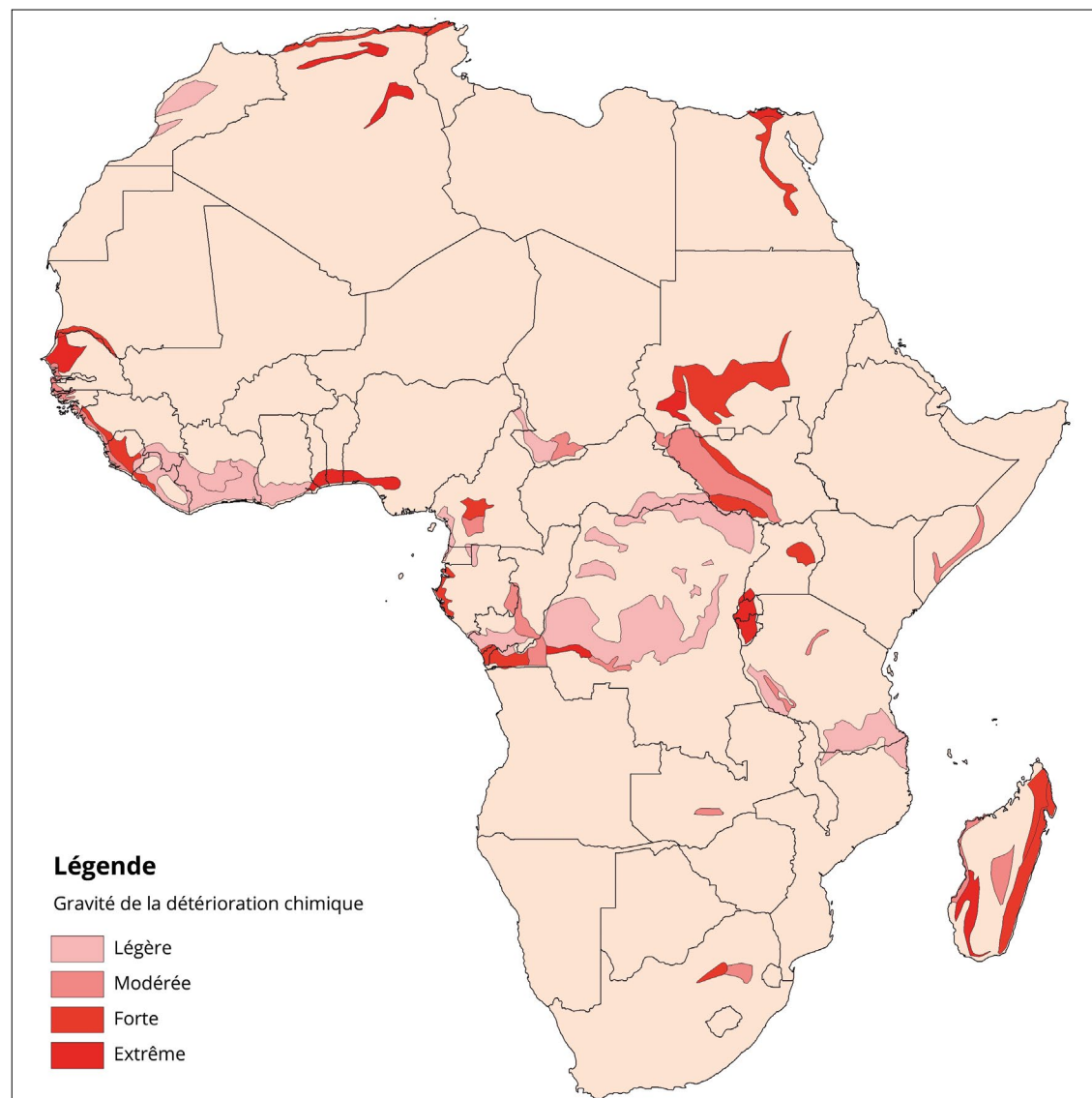


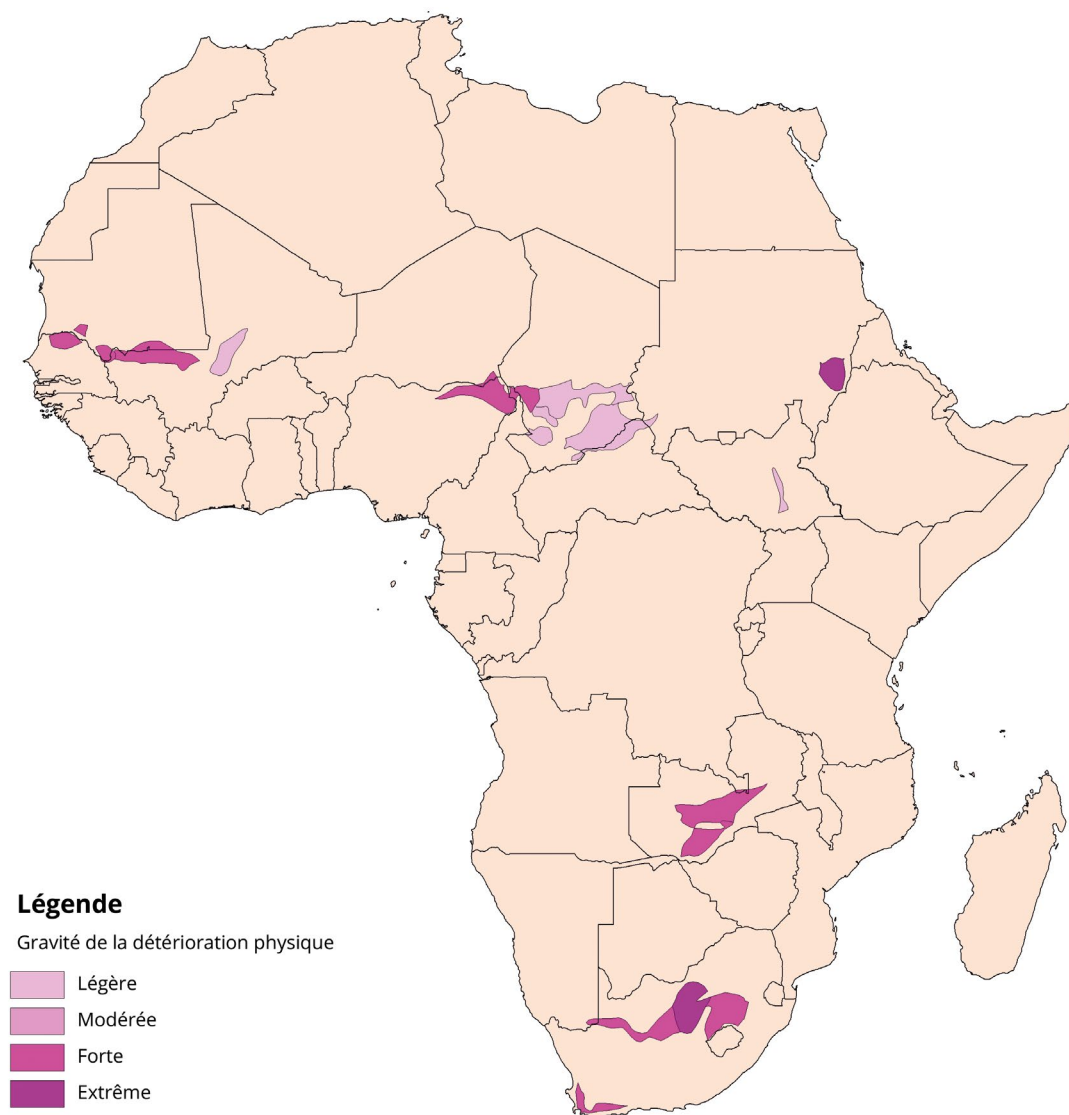
TABLEAU 6

Zone et proportion des terres dégradées par la détérioration chimique

(Source: UNEP, 1992)

	Type	Légère	Modérée	Forte	Extrême	Total
Détérioration Chimique	Perte de nutriments	20,4	18,8	6,2	–	45,1
	Salinisation	4,7	7,7	2,4	–	14,8
	Pollution	–	0,2	–	–	0,2
	Acidification	1,1	0,3	+	–	1,5
	TOTAL	26,0	27,0	8,6	–	61,5 (12 %)

F I G U R E 2 3

Zones affectées par la détérioration physique*(Source: UNEP, 1992)*

T A B L E A U 7

Zones et proportion de terres affectées par la détérioration physique*(Source: UNEP, 1992)*

	Type	Légère	Modérée	Forte	Extrême	Total
Détérioration Physique	Tassement	1,4	8,0	8,8	–	18,2
	Engorgement	0,4	0,1	–	–	0,5
	Sols biologiques de subsidence	–	–	–	–	–
	TOTAL	1,8	8,1	8,8	–	18,7 (4%)

sées dans beaucoup de régions africaines, tout en étant plus intenses dans les zones arides et subhumides (Reich, et al, 2001).

L'érosion hydrique

La dégradation d'environ 46% des sols dégradés d'Afrique est la conséquence de l'érosion par l'eau (Tableau 3 et 4). Le lessivage de surface et l'érosion de surface emportent une grande quantité de nutriments de la terre végétale, ce qui entraîne son appauvrissement. Dans d'autres cas d'érosion hydrique, les rigoles et les ravins se forment sous l'action de grandes coulées d'eau sur des terrains vulnérables.

L'érosion par l'eau est particulièrement destructrice dans les régions tropicales humides d'Afrique où la confluence des pressions démographiques, la déforestation et les épisodes de pluies torrentielles peuvent entraîner des pertes annuelles de sols de

plus de 50 t/ha. A s'en tenir aux données limitées disponibles, l'érosion hydrique serait beaucoup plus grave en Afrique du Nord, à Madagascar et en Afrique du Sud. (Figure 20) (Jones, et al., 2013).

L'érosion éolienne

La dégradation de près de 38% des sols d'Afrique est la conséquence de l'érosion éolienne (Tableau 5). Cela est particulièrement évident dans les zones où les précipitations annuelles sont inférieures à 600 mm et où la saison sèche dure plus de six mois. Le Sahel, la zone de la Méditerranée et certaines parties de l'Afrique australe sont particulièrement affectées (Jones, et al, 2013). Dans ces climats arides et semi-arides, les vents peuvent déplacer la terre végétale de façon uniforme, notamment là où les sols ont une texture grossière, mais l'érosion par le vent peut également déplacer le sol de façon inégale dans d'autres zones, ce qui peut entraîner des creux et des dunes dégonflées (PNUE, 1992).

ENCADRÉ 3

Surpâturage, tassement et dégradation des sols

« En Ouganda, le surpâturage effectué dans les zones arides appelées «couloir du bétail», le tassement des sols, l'érosion et l'émergence des espèces d'herbes et de la végétation de peu de valeur ont compromis la capacité productive des terres, ce qui a abouti à la désertification. En Gambie, il est signalé que les périodes de jachère ont été réduites à néant sur la plus grande partie de terres arables. Entre 1950 et 2006, la population de bétail du Nigeria a connu une augmentation par 11, passant de 6 millions à 66 millions. Les besoins en forages du bétail dépassent la capacité que ses terres (GRASSLAND) peuvent supporter. On indique que chaque année, le surpâturage ou l'excès de cultures convertissent 351,000 hectares de terres en déserts. Les taux de dégradation des terres sont particulièrement pointus lorsque de telles pratiques agricoles sont étendues dans l'agriculture pratiquée sur les terres marginales comme des terres arides et semi-arides, les zones de collines et montagneuses et les zones humides » (ECA, 2007). On estime qu'en Afrique de l'ouest, le tassement est responsable des pertes de production à hauteur de 40 à 90 pour cent. » (Eswaran, et al, 2001).

FIGURE 24

Portée de la vulnérabilité des sols face au tassement

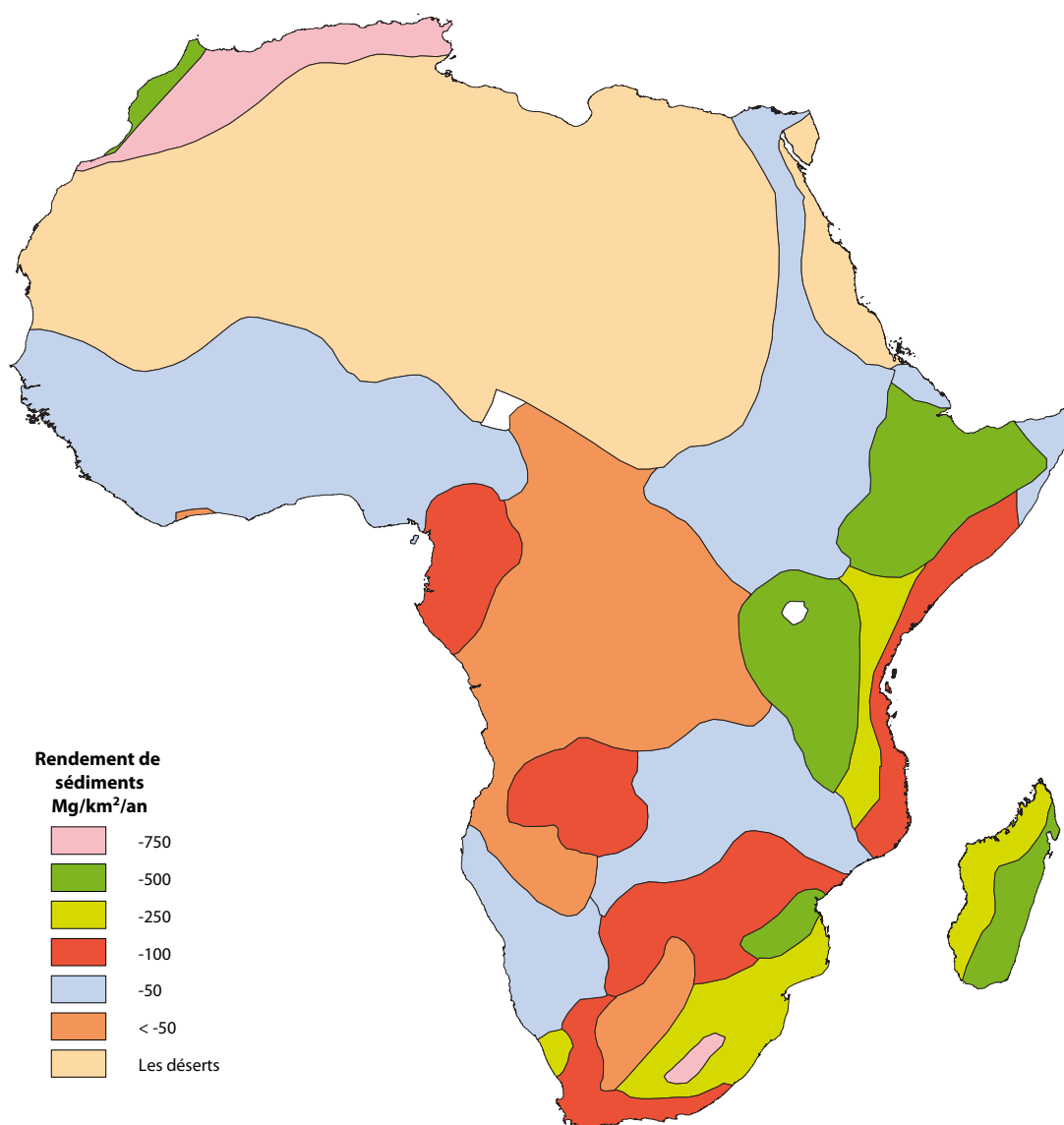
(Source: Oldeman, et al., 1991 cité dans (Jones, et al., 2013))



F I G U R E 2 5

Transport des sédiments, taux d'érosion du terrain et perte cumulée de sol dans diverses régions d'Afrique

(Source: Lal, 1995 (modifié sur la base de Walling et al., 1984))



La détérioration chimique

La détérioration chimique est responsable de la dégradation des terres en Afrique à hauteur de 12% (Tableau 6). La détérioration chimique comprend la perte d'éléments nutritifs et/ou de la matière organique, la salinisation, l'acidification et la pollution. La perte d'éléments nutritifs constitue la plus importante forme de dégradation chimique des terres en Afrique.

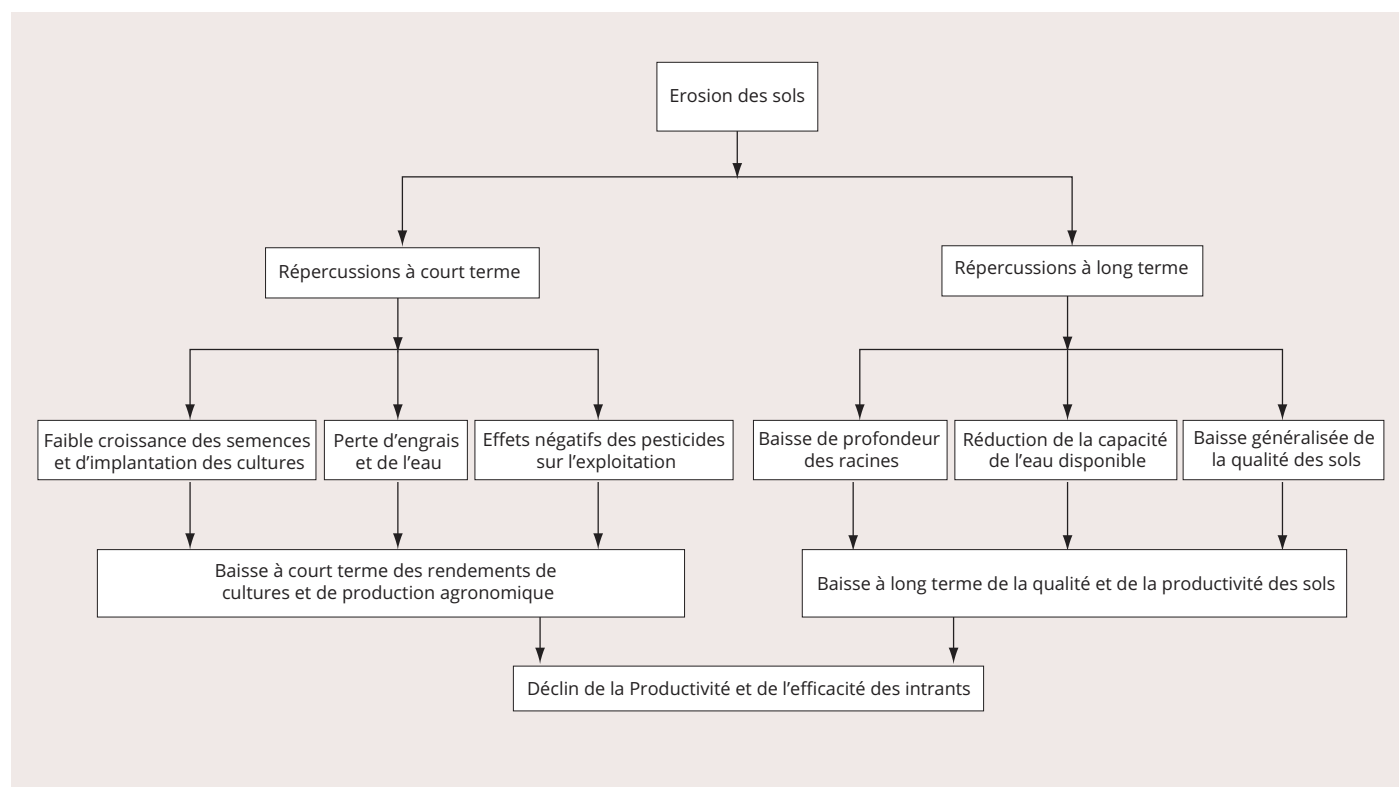
La perte de nutriments renvoie à l'appauvrissement général de la fertilité lorsque des sols pauvres ou moyennement pauvres sont cultivés sans une application suffisante d'engrais organique (fumier) ou agrochimique, ce qui entraîne une baisse de productivité. Elle se traduit également par la perte de la matière organique des sols (Oldeman, et al, 1991). La perte de nutriments a causé la stagnation ou une chute de la production agricole dans de nombreux pays africains. A titre d'exemple, dans certaines régions comme les hautes terres d'Afrique de l'est,



FIGURE 26

Effets sur site de l'érosion du sol sur la baisse de productivité

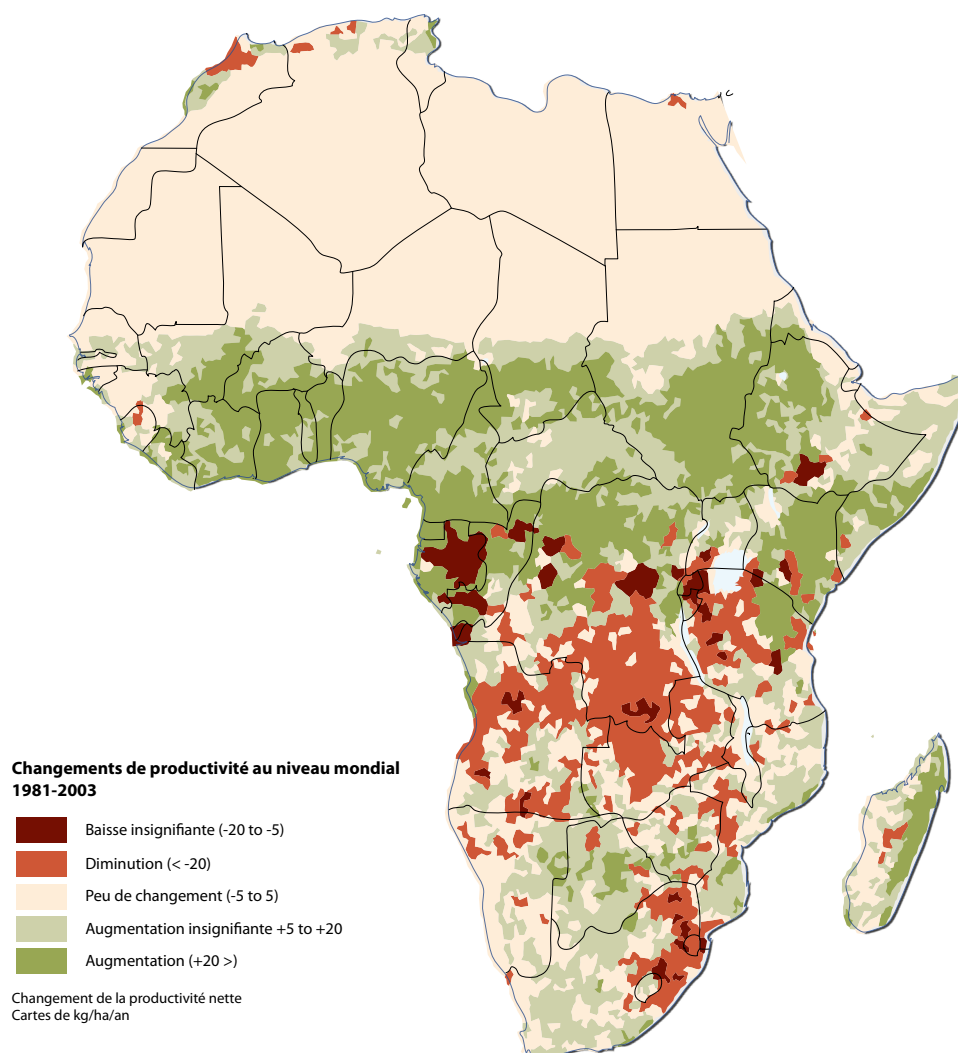
(Source: Lal, et al., 2004, p. 26)



F I G U R E 2 7

Tendances de la productivité suite à la dégradation des terres, 1981-2003 (Ecologisation et dégradation des terres)

(Source: Nellemann, et al., 2009 après (Bai, et al., 2008))



il y a peu de chance que l'on puisse restaurer la fertilité des sols (Jones, et al, 2013).

La détérioration physique

La détérioration physique est responsable de 4 pour cent de la dégradation des sols en Afrique (Tableau 7).

La détérioration physique des sols implique le tassement, la battance et la formation de couches

impermeables et l'engorgement. Le tassement est généralement causé par l'utilisation d'engins lourds sur des sols ayant une faible stabilité structurale, rendant le labour plus onéreux, empêchant ou retardant la germination des semis et limitant les capacités d'infiltration de l'eau. Cela cause à son tour un plus grand ruissellement de surface qui peut entraîner une forte érosion par l'eau. La Figure 24 montre les régions d'Afrique les plus vulnérables au tassement. L'engorgement est généralement causé par l'intervention de l'homme dans les systèmes de drainage naturels.

T A B L E A U 8

Pertes induites par l'érosion sur des rendements de différentes cultures aux niveaux continental et subsaharien

(Sources: Lal, et al., 2004)

Zone	Ordre des sols	Taux de l'érosion (Mg/ha/an)	Erosion causée par l'eau	Erosion causée par le vent	Réduction de rendement du fait de l'érosion	Pertes futures	Perte de rendement par cultures			Total des réductions de la é (millions Mg, 1989)		
							Maïs	Orge	Millet	Céréales	Racines et tubes	Pulsations
Africa					8,2 % ¹	16,5 % (by 2020) ¹	72 (kg/ha/M) ²	2 (kg/ha/M) ²	54 (kg/ha/M) ²			
	Alfisols	14,10 ⁴					0,04 % Mg-1 ⁴					
	Andisols	13,77 ⁴					0,03 % Mg-1 ⁵					
	Aridisols	17,17 ⁴					0,03 % Mg-1 ⁵					
	Entisols	2,46 ⁴					0,03 % Mg-1 ⁵					
	Histosols	12,52 ⁴					0,03 % Mg-1 ⁵					
	Inceptisols	18,75 ⁴					0,01 % Mg-1 ⁵					
	Mollisols	16,58 ⁴					0,03 % Mg-1 ⁵					
	Oxisols	12,21 ⁴					0,01 % Mg-1 ⁴					
	Spodosols	n/a										
	Ultisols	11,97 ⁴					0,05 % Mg-1 ⁴					
Sub-Sahara	Vertisols	18,62 ⁴					0,03 % Mg-1 ⁵					
			50 tons/ha ³	58-80 tons/ha (West African Sahel) ³	6,2 % ¹	14,5 % (by 2020) ¹				3,6 ¹	6,5 ¹	0,36 ¹
			46 % of total land ⁴	38 % of total land ⁴								

1: (Lal, 1995)

2: (Lal, et al., 2004)

3: (Obalum, et al., 2012)

4: (Kirui & Mirzabaev, 2014)

5: (den Biggelaar, et al., 2004, p. 71)

Les estimations de la FAO indiquent que 18 millions d'hectares sont tassés en Afrique. Le tassement est particulièrement perceptible dans le Sahel, en Afrique du Sud et en Zambie (Jones, et al, 2013)

1.3.6. Perte de la terre végétale

La *Figure 25* montre le transport des sédiments, le taux d'érosion des terres et la perte cumulée de sol dans différentes régions d'Afrique. Elle est inspirée des travaux de Lal (1995) qui a utilisé les données d'une publication de 1984 sur les taux des rendements sédimentaires des cours d'eaux africains qui ont été convertis en taux d'érosion sur le terrain et ensuite en taux de dénudation. Lal résume la répartition de l'érosion comme suit: «Les taux d'érosion courante estimés sont excédentaires de 75 Mg/ha/an dans une petite partie de la région du Maghreb dans partie du nord-est de l'Afrique; de 50 à 75 Mg/ha/an dans les hautes terres de l'Afrique de l'est; de 25 à 50 Mg/ha/an dans certaines zones du nord-ouest de l'Afrique et de l'Afrique australe; de 10 à 25 Mg/ha/an dans certaines régions côtières de l'Afrique de l'est, de l'est du bassin du Congo et de l'Afrique australe; de <10 Mg/ha dans la plupart des

zones du Sahel de l'Afrique de l'ouest et de l'Afrique de l'est et australe» (Lal, 1995).

1.3.7. Revue littéraire sur les approches relatives à la dégradation des terres

Relation entre la productivité des cultures et l'érosion des sols

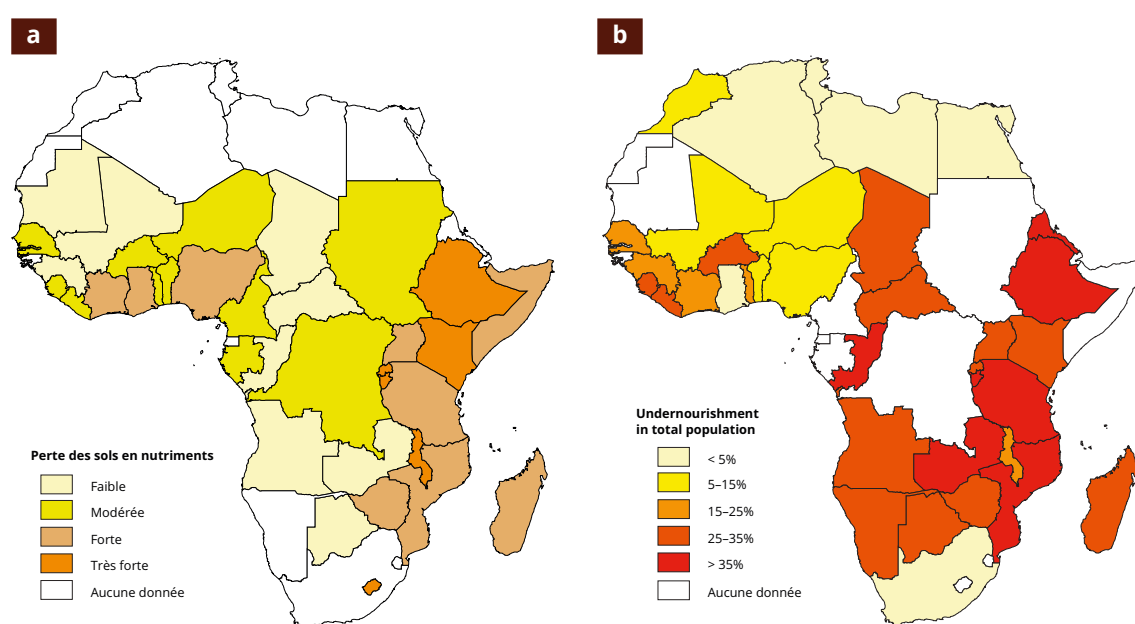
La productivité des sols est définie comme «la capacité des sols à produire un certain rendement de cultures ou d'autres plantes dans le cadre d'un ensemble de pratiques de gestions» (Obalum, et al, 2012) ou un système agricole spécifique (Jones, et al, 2013).

L'érosion des sols est une cause majeure de dégradation des sols sur le long et le court terme, qui par la suite affecte la productivité des sols sur le terrain (Nill, et al, 1996) et la qualité des services rendus par les écosystèmes hors site, particulièrement dans les zones arides, où elle peut entraîner une exposition des sols et une vulnérabilité aux risques climatiques comme la sécheresse (UNCCD, 2013).

FIGURE 28

Corrélation entre la perte de la productivité des sols et la faim et la malnutrition

(Source: Jones, et al. 2013)





Sur site, les impacts de l'érosion des sols sur la productivité sont la conséquence de la mauvaise germination et de la réduction de la profondeur d'enracinement, le stress hydrique dû à l'écoulement des eaux et la stérilité des sols à cause de la perte des nutriments du sol emportés par l'élimination des matières organiques lors l'écoulement des sédiments (Lal, et al, 2004; Obalum, et al, 2012) (Figure 26).

Etudes à l'échelle continentale sur l'érosion des sols et la productivité en Afrique

La figure 27 illustre l'estimation des changements dans la productivité du fait de la dégradation des sols de 1981 à 2003 en montrant les zones en rouge comme étant celles qui ont subi les plus fortes baisses. Elle a été produite par le programme LADA (Projet d'évaluation de la dégradation des terres arides) de la FAO en utilisant la télédétection pour

identifier les zones où il y a un changement biologique significatif, y compris les points chauds de la dégradation des sols et les zones brillantes de l'amélioration des sols (Bai, et al, 2008).

Il y a eu un certain nombre de tentatives d'évaluation des pertes de production vivrière dues à l'érosion en Afrique, mais comme relevé plus haut dans le présent rapport, la faible relation cause-effet entre l'érosion et la productivité est une limitation qui ôte toute crédibilité à cette méthode. Lal et al. (2004) citent une étude de den Biggelaar et al. (2001) qui «transposé des données locales collectées à travers le monde à l'échelle nationale, régionale et mondiale pour estimer les éventuels effets de l'érosion sur les rendements agricoles en l'absence de modifications dans les pratiques de gestion chez les agriculteurs». Etendant la même technique à l'échelle continentale, Lal et al. (2004) ont estimé la valeur des pertes annuelles de production du fait de l'érosion des sols en termes de cultures de maïs,

d'orge et de millet, ce qui a donné les résultats pour l'Afrique contenus dans le *Tableau 8*.

Les analyses de Lal de 1995, basées sur les données alors disponibles pour quelques sites, ont indiqué que les réductions de rendement dues aux érosions antérieures peuvent osciller entre 2 et 40% avec une moyenne de 8,2% pour le continent et de 6,2% pour l'Afrique subsaharienne (Lal, 1995). Les estimations de den Biggelaar, et al. (2004) également citées par Kirui and Mirzabaev (2014) révèlent qu'environ 200 000 Mg/an de la production de maïs est perdue à cause de l'érosion des sols en Afrique, avec environ deux tiers des pertes touchant les Alfisols et près de 14,5% les Ultisols (den Biggelaar, et al, 2004).

Une revue faite par Eswaran, Lal and Reich (2001) indique que les études à l'échelle de parcelle et de terrain et menées sur place dans certaines parties de l'Afrique de l'ouest où les sols peu profonds limitent les racines, montrent que l'érosion peut entraîner des réductions de rendement oscillant

entre 30 et 90%. Elles mentionnent également des recherches qui évaluent l'appauvrissement des nutriments dans 38 pays d'Afrique subsaharienne avec des résultats qui suggèrent des taux d'appauvrissement annuels de la fertilité des sols de 22 kg N, 3 kg P et 15 kg K/ha (Eswaran, et al, 2001). Le *Tableau 31* dans les Annexes montre l'érosion et les données sur la productivité au niveau des pays glanées dans la littérature.

Une autre tentative d'évaluation de l'impact de la dégradation des sols sur la productivité consiste à noter la corrélation entre la perte de la fertilité des sols et les niveaux de faim et de malnutrition. L'Atlas des sols d'Afrique a produit une carte montrant les liens étroits entre la perte de productivité des sols et des niveaux de faim et de malnutrition (*figure 28*). Elle déclare que la baisse de la fertilité des sols en Afrique occasionne des baisses de rendements et de production de nourriture par habitant, notant que la population augmente à raison de 3% par an, mais le nombre de personnes mal



nourries a augmenté de quelques 88 millions en 1970 à plus de 240 million en 2010 (Jones, et al, 2013).

La carte (*Figure 28a*) montre l'estimation de la perte de nutriments sur les sols d'Afrique subsaharienne au cours de la période 1983–2000. Les pays densément peuplés et montagneux de la région de la vallée du Rift subissent les plus fortes pertes à cause des niveaux élevés de terre arable, des rendements agricoles relativement élevés et des niveaux d'érosion significatifs. Dans l'ensemble de la zone, les pertes de nutriments ont été calculées comme suit : -22 kg/ha en 1983 et -26 kg/ha en 2000 pour N ; -2.5 kg/ha en 1983 et -3.0 en 2000 pour P ; et -15 kg/ha en 1983 et -19 kg/ha en 2000 pour K. Pendant que de telles données sont difficiles à mesurer, des études plus récentes ne montrent aucun changement dans cette tendance (Roy et al, 2003).

Approches méthodologiques relatives à l'évaluation économique de la dégradation des terres

2.1. Introduction

La dégradation des terres est l'un des défis environnementaux majeurs dans le monde (Pender, 2009). Selon la Convention des Nations Unies pour la lutte contre la désertification (UNCCD), la désertification des terres renvoie à la réduction ou la perte de productivité biologique ou économique et la complexité liée aux terres agricoles, de parcours, pastorales, forestières, ou aux terres boisées. Il s'agit de la réduction permanente ou éphémère de la capacité de production de la terre, ou de son potentiel de donner des résultats avantageux à partir d'une utilisation de la terre sous une sorte précise de gestion de la terre (Lal, 1994; Pieri, 1995; Enters, 1998). Les processus qui exacerbent la dégradation des terres comprennent l'érosion hydrique ou l'érosion éolienne des sols, la dégradation des sols qui englobe la détérioration de formes de propriétés physique, biologique ou économique des sols, et la perte de la végétation naturelle au moyen de la déforestation (Pagiola 1999). L'érosion des sols, l'épuisement des nutriments des sols, la pollution des sols, la salinisation, et la baisse de la structure des sols sont certains des processus qui contribuent à la dégradation des sols.

L'épuisement des nutriments consiste en la perte nette des éléments nutritifs des plantes à partir des terres ou de systèmes de production en raison d'un mauvais équilibre entre les entrées et les sorties d'éléments nutritifs. Des voies importantes de l'appauvrissement en nutriments sont l'élimination de nutriments par l'érosion des sols, les récoltes, le lessivage et la dénitrification (Lal, 1994; Pieri, 1995; Enters, 1998). Au cours des 40 dernières années, l'érosion a mis hors de production approximativement un tiers des terres arables du monde (Fischer, et al, 2011). En plus, la désertification, qui d'après la définition de la CNULD consiste en la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sèches subhumides, menace plus de 41 pour cent de la surface terrestre de la Terre (MEA, 2005; Solh, 2009).

Des études sur la dégradation des terres à l'échelle mondiale affirment que l'Afrique est particulièrement vulnérable à l'érosion des sols et qu'il ne fait aucun doute qu'elle est également la région la plus gravement affectée (Lal, R, 1995; Nellemann, et al, 2009; Obalum, et al, 2012). Les estimations de la CNULD indiquent que les deux tiers des surfaces productives de l'Afrique sont affectées par la dégradation des terres (UNCCD, 2013). Les études du PNUE avaient estimé que jusqu'à 25% de la production mondiale de nourriture serait perdue au cours du 21ème siècle en raison de la combinaison des effets de la dégradation des terres, du changement climatique, de la pénurie de l'eau et des insectes envahissants (UNEP, 2009). Les préoccupations suscitées par la croissance de l'insécurité alimentaire en Afrique subsaharienne où la production alimentaire par habitant a baissé d'au moins 3% par an depuis 1990 sont au plus haut niveau (Alexandratos & Bruinsma, 2012; McKenzie & Williams, 2015). Le déclin de rendements causé par l'érosion des sols sur le continent peut être classé de 2 à 40% (Eswaran, et al, 2001). Une étude menée en 2004 a estimé la valeur des pertes annuelles de production sur la base des baisses de productivité agronomique du fait de l'érosion des sols en Afrique à 15 millions de dollars US (Lal, R; den Biggelaar, C.; Wiebe, K.D., 2004). En Afrique subsaharienne, l'épuisement des sols est responsable des pertes à raison d'environ 7% du PIB agricole au niveau sous-continentale ou près de 3.9 milliards de dollars US (Drechsel & Gyiele, 1999) et il y avait des variations importantes par pays. A titre d'exemple, les pertes annuelles sont estimées représenter environ 3% du PIB (soit 106 millions de dollars US) en Ethiopie (Bojö & Cassells, 1995; Yesuf et al, 2008) mais elles représentent 9.5–11% du PIB agricole au Malawi, (Drechsel & Gyiele, 1999). Nkonya et al. (2013) a noté le manque de consensus sur l'ampleur et la gravité de la dégradation des terres et ses effets dans la région d'Afrique orientale ou en Afrique subsaharienne. Toutefois, en Afrique orientale, la perte de ressources due à la dégradation des terres est esti-

mée être énorme (Kirui and Mirzabaev, 2014). Cela permet de remettre en cause la validité, la précision et la comparabilité des estimations actuelles de la dégradation des terres, effet, la plus grande partie des données ayant été collectées depuis au moins une décennie, elles ne seraient plus valides. Les grandes variations existant entre les estimations elles-mêmes rendent difficile l'identification de la portée du problème. En outre, les résultats des études ne sont pas comparables du fait des différences en termes de méthodologie. Certaines estimations calculent la perte du PIB sur la seule base de l'érosion dans le domaine agricole ; d'autres examinent la perte de PIB à partir d'autres formes de dégradation. C'est à peine s'il existe des études examinant les coûts de l'inaction au niveau continental, les coûts de l'action, et les avantages des actions visant l'épuisement de ressources induite par des facteurs économiques et biophysiques de façon à faciliter une analyse des avantages en termes de coûts liés aux pratiques alternatives de gestion des terres prenant en compte l'érosion des sols.

Une telle approche méthodologique pourrait permettre l'analyse de scénario relative aux pertes de cibles des services écosystémiques associés aux facteurs économiques et biophysiques. En outre, l'approche pourrait aider à faire une analyse de coûts/avantages d'un type d'appauvrissement en nutriments induits par un facteur précis. Des résultats d'une telle étude va influencer les décideurs sur des facteurs économiques et biophysiques les plus importants qui peuvent être la priorité en tant qu'objectifs de développement et qui nécessitent d'être abordés par des investissements rentables. Ainsi, le présent chapitre cherche à développer une approche de modélisation économétrique qui peut permettre l'évaluation des coûts du manque d'action, de l'action et des avantages de l'action pour contrer l'appauvrissement en nutriments des terres en associant l'appauvrissement de nutriments aux indicateurs biophysiques et économiques précis au niveau national.

Les indicateurs biophysiques liés à l'épuisement des nutriments sont : les taux nationaux de l'érosion des sols, la couverture forestière et les taux historiques de l'épuisement en nutriments. Les indicateurs économiques comprennent le taux de pauvreté, le revenu par habitant, le PIB du secteur de la fabrication, et la population du bétail. L'étude met l'accent sur l'appauvrissement en nutriments des terres de culture de céréales et l'approche de la focalisation

et l'approche méthodologique ont toutes deux été utilisées en fonction de la disponibilité des données au cours de la période 1993 à 2012. L'étude met spécifiquement l'accent sur l'épuisement des nutriments sur environ 105 millions d'hectares de terres céréalières dans 42 pays Africains, ce qui représente environ 45% au total des 230.42 million d'hectares de terres arables du continent. Hormis les données disponibles, les céréales constituent les sources d'aliments majeures du continent. Selon les données du FAOSTAT, les céréales ont représenté environ 30% des 467 millions de tonnes de la fourniture totale de nourriture ou en termes de calories de nourriture, elles représentent près de 50% des 2596 kcal par habitant de fourniture quotidienne de nourriture sur le continent au cours de la période 2010–2012. En plus, il est très important de procéder à une estimation des effets de l'épuisement des nutriments des sols sur la production des cultures de céréales quand on considère les fortes préoccupations liées à l'insécurité alimentaire, particulièrement en Afrique subsaharienne, où la production de nourriture par habitant décline d'au moins 3% par an depuis 1990 (Alexandratos et Bruinsma, 2012; McKenzie et Williams, 2015).

En nous appuyant sur des données nationales fournies par la FAO, la Banque mondiale, WOCAT et des documents des 42 pays africains, nous avons élaboré des modèles économétriques de portée continentale sur l'épuisement de la perte de nutriments et la production de cultures de céréales. Les résultats de ces modèles nous ont permis de sélectionner deux des vecteurs importants d'épuisement des nutriments sur la base de facteurs socioéconomiques (Ecart de pauvreté, PIB par habitant, PIB du secteur de fabrication, population du bétail) et biophysiques (taux de l'érosion des sols, la couverture forestière, le taux historique d'épuisement des ressources) utilisés dans la modélisation.

Les modèles ont ensuite été utilisés pour estimer les pertes de production causées par l'érosion et la pauvreté par an (2010–2012), en se basant sur le niveau de nutriments au niveau national (Azote, phosphore, et potassium), et les cultures de céréales l'orge, le sarrasin, les graines à canari, le fonio, le maïs, le millet, l'avoine, le riz, le seigle, le sorgho, le triticale, et le blé. Les estimations annuelles des pertes de nutriments au niveau national ont été faites à l'aide de la méthode de remplacement des coûts, tandis que les pertes liées à l'épuisement des nutriments ont été évaluées à l'aide des prix de

cultures des fournisseurs, qui en effet impliquent que la méthode dose-réponse ou méthode de fonction de production a été utilisée pour évaluer les coûts de l'inaction contre l'appauvrissement des nutriments. La moyenne des estimations au cours de la période 2010 à 2012 a été utilisée comme base des estimations annuelles de l'analyse coûts avantages, et les valeurs actuelles aux niveaux national et continental des coûts futurs de l'inaction, des coûts de l'action, des avantages de l'action, et des valeurs nettes de l'action (VNA) contre la dégradation des terres provoquée par la pauvreté et l'érosion étaient déterminés à l'horizon prévisionnel 2016–2030. Une analyse de sensibilité a été menée pour examiner l'impact des changements sur la réduction des taux d'actualisation de l'inaction, les prix des céréales, les coûts de l'action, et l'efficacité des mesures de contrôle de l'érosion sur les VNA des actions contre l'épuisement des nutriments induit par l'érosion.

Le reste des parties du chapitre est organisé de la manière suivante: la deuxième partie donne un aperçu du concept de la valeur économique totale et des méthodes d'évaluation. La partie concernant les matériels et les méthodes donne une description des données et du cadre conceptuel utilisé pour guider l'analyse, les approches de modélisation économétriques et les modèles empiriques.

2.2. Valeur économique totale et méthodes d'évaluation

L'évaluation économique de la dégradation des terres a été reconnue comme un outil important qui peut aider les décideurs à faire l'estimation des compromis entre les pertes de l'inaction en termes de sécurité sociale et les gains nets de sécurité sociale des actions alternatives contre la dégradation des sols. Les concepts de la valeur économique totale et des services des écosystèmes sont des cadres importants dans le plus grand contexte de l'évaluation environnementale et de l'évaluation de la dégradation des terres à différents niveaux spatiaux.

Les économistes définissent la Valeur économique totale des ressources environnementales comme la somme de deux principales sources de valeur que les êtres humains tirent de l'environnement, à savoir 'les valeurs utilisées' et 'les valeurs non-utilisées'. (Perman & al, 2011; Pearce, 1993). Les valeurs utilisées sont ensuite classées en valeurs utilisées directe (VUD) et valeurs utilisées indirecte (VUI).

1. **Les valeurs d'usage direct:** sont des biens et services qui s'accumulent directement au bénéfice des consommateurs. Ceux-ci peuvent ou peuvent ne pas s'acquitter du prix de rajustement du marché de ces biens et service et ainsi, certains sont des avantages marchands et d'autres peuvent être des bénéfices non marchands.
2. **Les valeurs d'usage indirect:** sont des fonctions spéciales des ressources environnementales qui profitent directement ou indirectement aux utilisateurs ou aux non utilisateurs. Parmi les exemples, il y a les services que les écosystèmes forestiers offrent dans la régularisation du climat, en régularisant le climat, la fixation du carbone, l'amélioration des événements météorologiques, les fonctions du bassin versant comme la conservation des sols, l'amélioration de l'approvisionnement en eau et la qualité de l'eau, la protection contre les inondations et les orages, la protection des activités de pêche, et les services locaux.
3. **Valeur de l'option:** Weisbrod (1964) a été le premier à introduire l'idée de la valeur de l'option, qui renvoie aux bénéfices potentiels futurs de toutes les valeurs d'usage. Elle peut être comprise comme une prime d'assurance qu'on peut accepter de payer pour garantir la fourniture de valeurs d'usage direct ou de valeur d'usage indirect comme ressource à une date ultérieure.
4. **Valeur de non-usage:** Cette valeur désigne des éléments de valeur non associés à l'usage actuel, futur ou potentiel (Krutilla, 1967) d'une ressource environnementale. Elle évalue le niveau de satisfaction que les gens tirent de la connaissance de l'existence d'avoirs environnementaux en soi (valeur d'existence), pour le plaisir des autres, (valeurs altruistes), ou pour les futures générations (valeur de legs) (Plottu & Plottu, 2007).

La typologie des services écosystémiques introduit par le rapport d'Evaluation des écosystèmes pour le millénaire fournit un cadre conceptuel permettant d'identifier une liste presque complète de tous les services fournis à la société par les terres et les ressources foncières. Il s'agit, notamment, de: l'approvisionnement, la régulation, l'appui aux services culturels fournis par les écosystèmes (MEA, 2005; Noel & Soussan, 2010; Nkonya, et al, 2011). Les sols fournissent des services d'approvisionnement

comme valeurs d'usage direct, qui englobent la nourriture, l'eau, les fibres, les minerais, le matériel de construction, le bois, le carburant, le matériel de construction et l'abri, et les ressources biologiques et génétiques pour la fabrication de médicaments. L'éducation, la recherche, l'esthétique et les valeurs spirituelles, que les terres et ses ressources naturelles apportent à la société constituent des services écosystémiques culturels qui rentrent dans les catégories de valeur d'usage direct, valeur d'usage indirect, ainsi que de valeur d'existence de l'ensemble du cadre de la valeur économique. Les sols sont des unités d'appui de presque toutes les formes de vie et la terre fournit la formation du sol et le cycle de nutriments en tant que services écosystémiques d'appui, qui peuvent être considérés comme des éléments de la valeur d'usage indirect, des valeurs d'options et de valeurs de non usage. Les ressources forestières en tant que des écosystèmes basés sur les sols, contribuent la séquestration de carbone et des services de stocks comme un service de régulation, qui font part de la valeur d'usage indirect (MEA, 2005).

Dans la littérature sur l'évaluation, les différentes composantes de la TEV des sols peuvent être estimées en utilisant diverses méthodes d'évaluation que l'on peut classer en demande non marchande et en demande marchande en s'appuyant sur des méthodes d'évaluation économique. Les approches de demande non-marchandes sont élaborées pour permettre d'observer les mutations physiques que subit l'environnement de sorte à pouvoir estimer les différences qu'ils apporteront aux biens et services et d'estimer ensuite la valeur marchande de ces mutations. Comme approches non marchandes, l'on peut citer :

1. La fonction dose-réponse ou production : elle nécessite d'abord l'évaluation de la relation qui lie les variables de la qualité environnementale (ex : niveaux des nutriments des sols) au niveau de rendement d'un produit de consommation commercialisé (disons la récolte) et ensuite l'estimation des pertes ou de l'amélioration de la qualité environnementale est faite en termes de perte ou de gain dans le produit avec les cours du marché (Garrod & Willis, 1999). Cette approche exige que l'on ait des connaissances scientifiques sur les relations cause-effet qui existent entre les services écosystémiques d'appui et une activité économique bénéficiaire (Barbier & al, 2009).

2. Dépenses de prévention ou approche de comportement aversif : la valeur de l'environnement est inférée à partir de ce que les gens sont prêts à dépenser en vue d'en prévenir la dégradation (Garrod & Willis, 1999). La valeur des services écosystémiques (disons la forêt près des zones urbaines qui contribue par exemple à la purification de l'air en absorbant les particules de poussière et les polluants) peut être inférée à partir des dépenses sur les technologies nécessaires en vue de la réduction des polluants.

3. L'approche des coûts de remplacement : elle estime un service écosystémique en termes de coûts nécessaires pour la restauration du service écosystémique dans son état initial après qu'il a été endommagé. Par exemple, l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion des sols peut être estimé en termes de coûts des engrais commerciaux nécessaires pour la remise à niveau des nutriments appauvris.

4. L'approche des coûts d'opportunité : cette approche évalue les avantages d'un service écosystémique (par exemple les avantages d'une zone forestière destinée à la préservation de la nature) en termes de prochaine meilleure alternative abandonnée pour y parvenir. Par exemple, une zone forestière réservée à la protection de la nature aurait pu être utilisée pour la production des cultures agricoles comme deuxième meilleure alternative. Ainsi, le coût d'opportunité de la conservation de la forêt constitue le revenu net généré cédé de la production agricole.

Comme **méthodes basées sur la demande marchande**, l'on peut citer les méthodes de préférence révélées ou déclarées. Dans les méthodes de préférence révélées, la valeur d'un système écosystémique est mesurée en termes de cours sur le marché ou indirectement en examinant l'achat d'un service (complémentaire ou de substitution) afférent sur le marché privé (Garrod & Willis, 1999).

1. Les cours marchands directs : il s'agit de l'évaluation du service écosystémique en utilisant son cours sur le marché. Pour certains des éléments de la forêt ayant une valeur d'utilisation directe comme le bois, le bois de chauffe et les résines, des marchés existent et les prix de ces produits peuvent être directement utilisés aux fins de leur évaluation.

2. Estimation hédoniste des prix: elle est basée sur la théorie du consommateur selon laquelle chaque bien fournit un ensemble de caractéristiques ou d'attributs (Lancaster, 1966). La valeur des terrains situés près des paysages dégradés et exposés à des risques d'inondation sera différente de celle d'un autre terrain de qualité similaire mais situé à côté d'une forêt. La forêt en tant que bien public fournit diverses commodités aux domaines avoisinants. Ainsi, la différence entre les prix des deux domaines peut être expliquée par les services qu'offre la forêt.

3. Méthode de coût de voyage: cette méthode permet d'estimer la demande ou la courbe de valeur marginale de récréation des sites. Ces services écosystémiques agricoles peuvent être inférés en observant comment le nombre de visites de ces sites varie en fonction des prix des biens privés (comme les coûts de transport) avec la distance parcourue.

L'approche de préférence déclarée (exprimée) implique l'évaluation d'un service écosystémique grâce à une estimation des préférences déclarées ou exprimées par les gens pour le service lié à leur demande pour d'autres services écosystémiques. Dans cette approche, il n'est pas nécessaire de trouver un bien ou service complémentaire ou un service de substitution afin de dériver la courbe de demande et d'estimer ainsi à combien un individu estime implicitement un service écosystémique. La technique de préférence déclarée demande explicitement aux gens à combien ils estiment la valeur d'un service écosystémique. Cette méthode se divise en deux principaux types:

1. Évaluation contingente: cette méthode décrit d'abord le service écosystémique à évaluer et ensuite demande combien les répondants sont prêts à déboursier pour un service donné. La méthode d'évaluation contingente conventionnelle évalue le service écosystémique dans sa globalité et ne révèle rien sur les valeurs des différents attributs du service

2. Expérimentation des choix: dans l'estimation de l'expérimentation des choix, les caractéristiques du service écosystémique sont définies de façon explicite; elles varient dans un choix à la carte ainsi qu'en mesures monétaires. Ensuite, les individus doivent choisir différentes combinaisons de caractéristiques du service

écosystémique sur d'autres combinaisons à divers prix.

Dans l'évaluation des services écosystémiques, il est important de faire une distinction entre les valeurs des actifs ou valeurs des stocks et les produits ou valeurs des flux; cela permet d'éviter les doubles comptages. Un stock est une quantité existant à un moment donné et le flux est une quantité par période. Les stocks, les flux et leurs rapports sont cruciaux pour le fonctionnement des systèmes aussi bien naturels qu'économiques (Common & Stagl, 2007).

2.3. Matériels et méthodes

2.3.1. Données et cadre conceptuel

L'étude couvre 42 pays africains² sélectionnés en fonction de la disponibilité de leurs données. La figure 29 montre le cadre conceptuel utilisé comme

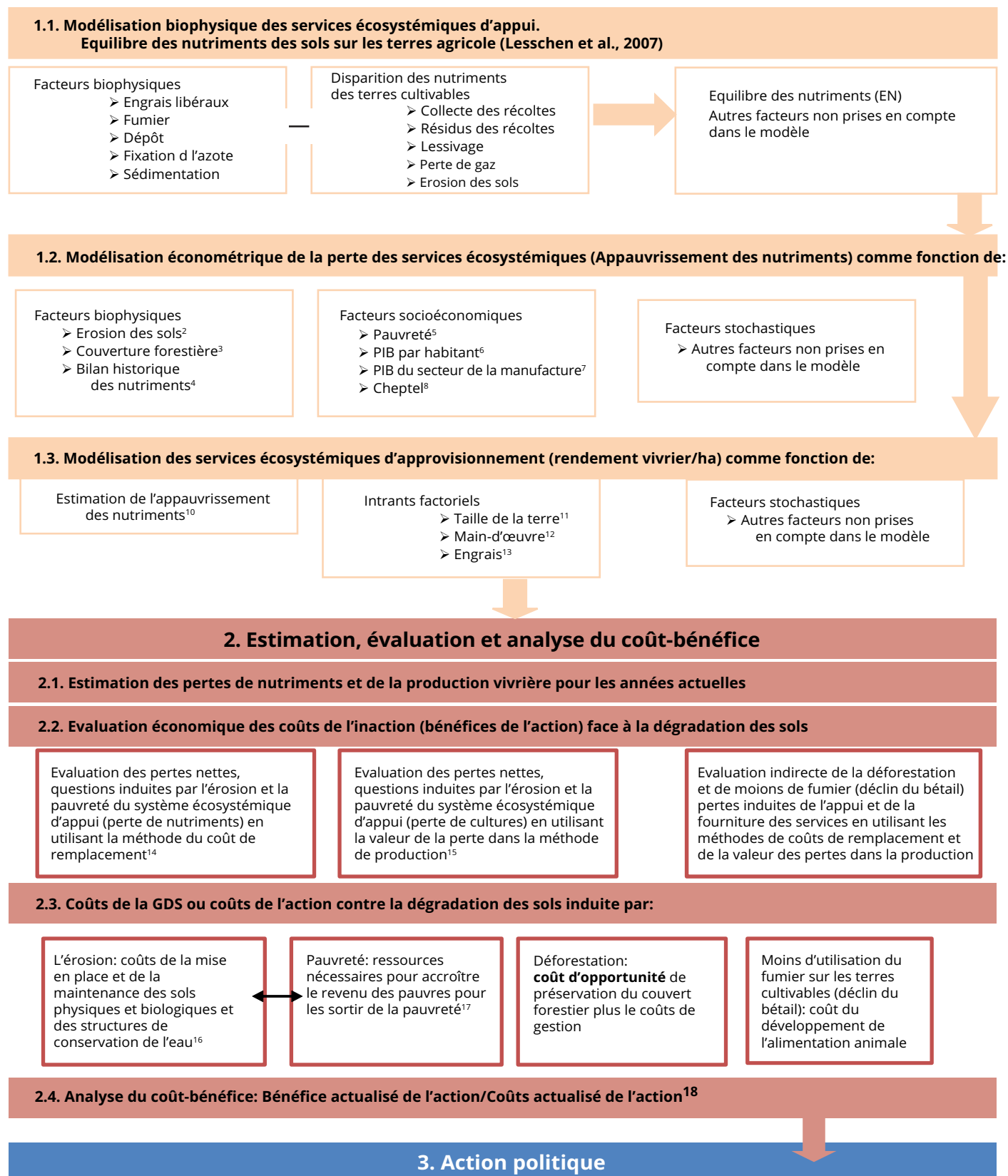
ENCADRÉ 4

Hypothèses et réserves

1. La dégradation des sols pèsent sur la société par ses impacts sur place et hors site. Nous n'avons considéré que les impacts sur site dans cette étude.
2. Parmi les impacts sur site, le flux des différents services rendus par les écosystèmes se détériore. En raison du manque de données appropriées pour tous les pays d'Afrique, nous avons seulement mis l'accent sur la perte des nutriments
3. La dégradation des terres sur les terres céréalières a été rapprochée de la perte des nutriments de N, P, et K.
4. Le changement de productivité dû au changement de nutriments causé par l'érosion des sols a été évalué.
5. L'érosion des sols due à l'eau reste la forme dominante de dégradation des sols.
6. Les données utilisées dans l'analyse ne contiennent pas et n'expliquent pas explicitement la variabilité spatiale au sein d'un pays.
7. En conclusion, la présente estimation est très conservatrice et devrait être considérée comme relevant de la limite inférieure.

² L'Angola, le Bénin, le Botswana, le Burkina Faso, le Burundi, le Cameroun, la République Centrafricaine, le Tchad, le Congo, la Côte D'Ivoire, Djibouti, la RD Congo, l'Égypte, l'Erythrée, l'Éthiopie, le Gabon, le Ghana, la Guinée, le Kenya, le Lesotho, le Liberia, Madagascar, le Malawi, le Mali, la Mauritanie, le Maroc, le Mozambique, la Namibie, le Niger, le Nigeria, le Rwanda, le Sénégal, la Sierra Leone, l'Afrique du Sud, le Soudan, le Swaziland, le Togo, la Tunisie, l'Ouganda, la Tanzanie, la Zambie, le Zimbabwe.

FIGURE 29

Cadre conceptuel de l'analyse*(Voir Annexe 2& pour les sources des données relatives aux notes 1 à 18)*

cadre directeur d'analyse pour l'étude. La dégradation des terres qui se manifeste notamment à travers le déclin de la fertilité des sols constitue l'un des risques majeurs auxquels sont exposées la production agricole, la sécurité alimentaire et la subsistance des Africains. L'équilibre biologique du sol est un indicateur commun utilisé pour évaluer les changements dans la fertilité des sols des écosystèmes agricoles (Bindraban et al, 2000; Roy et al, 2003; Lesschen et al, 2007).

Les travaux fondateurs de Follet, Gupta et Hunt (1987) et ceux de Miller et Larson (1992) décrivent l'équilibre biologique des sols dans les écosystèmes agricoles aussi bien à l'échelle nationale que régionale comme étant la différence entre la quantité de nutriments dans le sol (intrants) et la quantité de nutriments retirés du sol (extrants). Les intrants représentent les nutriments ajoutés au sol sous forme d'engrais minéraux, d'engrais organiques (fumier), de dépôt atmosphérique, de fixation de l'azote et de sédimentation. Les extrants sont constitués des nutriments éliminés à travers les produits agricoles, les résidus de culture, le lessivage, les pertes gazeuses et l'érosion.

Un bilan négatif des substances nutritives implique un appauvrissement des éléments nutritifs et cela se produit lorsque la somme des intrants est inférieure à la somme des extrants. Stoorvogel et Smaling (1990) ont fait une estimation des bilans nationaux en nutriments d'azote (N), de phosphore (P_2O_5) et du potassium (K_2O) pour 38 pays d'Afrique subsaharienne en 1983 et 2000 et leurs études ont révélé un déclin de la fertilité des sols sur le continent africain. En outre, Henao et Baanante (1999, 2006) ont appliqué l'approche du bilan des nutriments et ont abouti à des bilans NPK moyens annuels négatifs pour 49 pays africains au cours des saisons de récolte de 1993–1995 et de 2002–2004.

Les résultats des études menées à l'échelle nationale sur le bilan des nutriments des écosystèmes agricoles se déclinent en kg/ha/année. Selon Lesschen et al. (2007), ces résultats ne fournissent pas un point d'entrée d'intervention et ne revêtent qu'un faible intérêt pour les décideurs. Ils pensent qu'il faudrait relier ces résultats à d'autres applications et données pour en optimiser l'exploitation. La méthode de modélisation économétrique peut être utilisée pour évaluer la relation qui existe entre les estimations des bilans des nutriments au niveau national et les facteurs économiques (comme la pauvreté)

et biophysiques (couverture forestière) pertinents ainsi que le lien entre la perte de nutriments et le rendement national des cultures. Une telle étude est importante pour une estimation des bénéfices nets des actions entreprises pour lutter contre l'appauvrissement des nutriments. Il permet également de mettre en place des interventions optimales au niveau politique capables de résoudre tant les problèmes de dégradation des sols que les défis économiques d'une nation.

2.3.2. Les modèles empiriques

Modélisation de l'appauvrissement des sols en éléments nutritifs: dégradation des services de:

S'inspirant de la littérature sur les causes de la dégradation des sols (Lal & Stewart, 2013; Nkonya et al, 2013; Pingali et al, 2014) et des résultats empiriques des allocations budgétaires pour les nutriments en Afrique (Stoorvogel et al, 1993; Henao and Baanante. 199, 2006) un modèle économétrique de la perte en nutriments des sols pour les écosystèmes agricoles en Afrique peut être spécifié comme suit:

$$NPK_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 X_{1it} + \alpha_2 NPK_{it-n} + \alpha_3 X_{2it} + u_{it} \quad (1)$$

Où:

NPK_{it} représente le bilan moyen des nutriments (en NPK kg/ha/année) en tant que services de préservation des écosystèmes agricoles d'un pays i sur une période t donnée;

X_{1it} est un vecteur des facteurs biophysiques au niveau national (érosion des sols en ton/ha, la couverture forestière en% de la superficie totale) d'un pays i sur une période t donnée;

NPK_{it-n} est un facteur de décalage biophysique qui mesure le bilan de nutriments historique moyen en kg/ha/an de NPK d'un pays i sur une période $t-n$ donnée où $1 < n < t$. Une évaluation de la corrélation par paires entre le taux d'appauvrissement des nutriments relevé par Henao et Baanante (1999) pour l'année 1993 et le taux d'appauvrissement rapporté par Henao et Baanante (2006) pour la saison des récoltes 2002–04 a donné lieu à un coefficient de corrélation de 0.575 qui est significatif à $P < 0.001$. Ainsi, sur la base de cette évidence empirique, nous avons pris en compte le taux d'appauvrissement des nutriments dans le modèle avec l'intuition que le bilan actuel de nutriments est lié

au niveau historique du taux d'appauvrissement des nutriments.

X_{2it} est le vecteur des facteurs économiques au niveau national (l'écart de pauvreté en % de la population avec des revenus au-dessous du seuil de pauvreté (1,25 dollars US/jour de PPA). L'écart de pauvreté mesure le manque à gagner moyen sur le revenu à partir du seuil de pauvreté. Il est exprimé en tant que pourcentage du seuil de pauvreté et considère les non-pauvres comme ceux avec zéro manque à gagner. Il mesure la profondeur de la pauvreté ainsi que son incidence dans un pays. Le PIB par habitant est exprimé en dollars US de PPA. Le cheptel est exprimé en Unités de bétail tropical (UBT) d'un pays i sur une période t donnée;

α représente les paramètres à estimer à partir des données empiriques; et

u_{it} est le terme d'erreur ou stochastique qui reflète les effets des facteurs non observés dans un pays i sur une période t donnée.

L'équation 1 peut être estimée efficacement en utilisant la méthode des moindres carrés ordinaires si le terme d'erreur ne se rapporte à aucune des variables du côté droit.

Modélisation de la perte des récoltes de céréales: perte d'un service écosystémique d'approvisionnement

En se fondant sur le concept microéconomique de la production en tant que fonction des apports factoriels, la relation entre le bilan des nutriments et la production des cultures dans les écosystèmes agricoles africains peut être spécifié comme dans l'équation 2 ci-dessous:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 TNPK_{it} + FI_{it} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Où:

Y_{it} représente les vrais rendements céréaliers (en kg/ha/année) en tant que service écosystémique d'approvisionnement agricole d'un pays i sur une période t donnée;

$TNPK_{it}$ représente l'équilibre total des éléments nutritifs sur les terres cultivées (en kg/année de NPK) d'un pays i sur une période t donnée. Le TNPK est estimé en tant que produit du NPKit prévu dans l'équation 1 et la superficie cultivée avec des céréales par un pays i sur une période t donnée;

FI_{it} est un vecteur des apports factoriels agricoles au niveau national (superficie cultivée avec des

céréales en ha/année et l'ensemble de la population économiquement active. L'ensemble de la consommation des engrais en tonnes de NPK % année) par pays sur une période t donnée;

β représente les coefficients;

ε_{it} est le terme d'erreur ou stochastique qui reflète les effets des facteurs non observés dans un pays i sur une période t donnée.

Comme avec l'équation 1, l'équation 2 peut être estimée efficacement en utilisant la méthode des moindres carrés ordinaires si le terme d'erreur ne se rapporte à aucune des variables du côté droit. Pour modéliser les pertes des nutriments du sol et les modèles de rendement des cultures respectivement dans les équations 1 et 2 et estimer les paramètres correspondants, les données au niveau national relatives à la réponse ainsi que les variables du côté droit pour les 42 pays ont été utilisées. Par conséquent, les données sur l'équilibre du NPK étaient basées sur les travaux Henao et Baanante (1999) et ceux de Henao et Baanante (2006), alors que les données des variables du côté droit dans les deux équations pour les années 2002–2004 étaient celles des bases de données de la Banque Mondiale³ et du FAOSTAT⁴ et nous avons également utilisé, pour nos estimations, les données des années 2010–2012 disponibles dans les mêmes bases de données. L'Annexe 2a donne une description détaillée des données et des sources. Toutes les données utilisées dans l'analyse sont des données macroéconomiques et biophysiques agrégées au niveau national dans lesquelles nous avons un point de données pour chaque pays. Il est donc important de noter que notre analyse ainsi que les données utilisées ne reflètent ni expliquent explicitement la variabilité spatiale au sein d'un pays. Plus précisément, notre méthode de modélisation suppose que la variation entre ces pays par exemple dans le taux d'appauvrissement des nutriments à travers les 42 pays africains pourrait être expliquée par les variations des facteurs biophysiques et économiques contenus dans l'équation 1. De même, nous avons supposé que la variation dans les récoltes cérésières à travers ces pays pourrait s'expliquer par les variations dans l'équilibre total des nutriments dans les terres agricoles et l'utilisation des facteurs de production entre les pays.

Les résultats produits par les deux modèles nous ont permis de calculer les pertes de rendements par perte de l'unité du NPK pour chaque pays que nous avons appelé indice de compromis du service

³ World Bank: <http://databank.worldbank.org/data/views/variableselection/selectvariables.aspx>

⁴ FAOSTAT: http://faostat3.fao.org/download/Q/*E

écosystémique agricole (agricultural ecosystem service tradeoff index (AESSTI)). En d'autres termes, l'AESSTI mesure le compromis entre l'approvisionnement (les cultures) et les services d'appui écosystémiques agricoles (nutriments du sol). Ainsi, l'AESSTI est calculé comme étant un rapport de la perte totale de rendement dû à l'appauvrissement des nutriments et l'appauvrissement total des nutriments des terres agricoles cultivées dans un pays i à un instant t donné (L_{it}).

$$AESSTI_{it} = \frac{L_{it}(\bar{\beta}_1 TNP_{K_{it}})}{L_{it}(\overline{NPK}_{it})} \quad (3)$$

2.3.3. Estimation des pertes des nutriments et de la production des cultures (saison des cultures 2010–2012)2)

En utilisant les estimations du paramètre (coefficients) de l'équation 1 et les données des équations du côté droit pour la période 2010–2012 (*Annexe 2a*), nous avons évalué la perte annuelle moyenne de NPK (kg/ha/an) par pays pour la période 2010–2012. Dans cette estimation, nous avons considéré la perte de NPK pour les saisons des récoltes 2002–2004 (Henao et Baanante, 2006) comme étant un décalage pour 2010–2012. La valeur au niveau de l'hectare est multipliée par le total de la superficie agricole cultivée afin d'obtenir le total des pertes de nutriments au niveau national pour chaque pays. En outre, les estimations des paramètres de l'équation 1 nous ont également permis de décomposer la perte nette de nutriments en pertes ou gains de nutriments induit par chacun des facteurs du côté droit de l'équation. Nous avons ainsi pu estimer les pertes de nutriments au niveau national par chacun des facteurs biophysiques et économiques, disons le facteur $X_{j, de}$ chaque pays i sur une période t donnée suivant l'équation où L_{it} représente l'ensemble des terres sur lesquelles sont cultivées les céréales.

$$NPK_{jit} = L_{it}(\bar{\alpha}_j X_{jit}) \quad (4)$$

En conséquence, nous avons estimé les pertes de nutriments induites par la pauvreté et l'érosion des sols ainsi que la contribution positive des écosystèmes forestiers et du secteur de l'élevage à l'équilibre des nutriments sur les terres cultivables. La production céréalière de 2010–2012 a été estimée en utilisant les estimations des paramètres de l'équation 2, l'estimation des pertes de nutriments

pour 2010–2012 et les données relatives aux facteurs de production de 2010–2012 (*Annexe 2a*). De même qu'à l'équation 1, l'équation 2 permet également de décomposer les effets de l'appauvrissement des nutriments et les facteurs de production sur le rendement. Par conséquent, nous avons calculé les pertes de récoltes causées par l'appauvrissement des nutriments ainsi :

$$Yield_{it} = L_{it}(\bar{\beta}_1 TNP_{K_{it}}) \quad (5)$$

En fin de compte, nous avons estimé la perte et/ou l'augmentation de rendement par chacun des plus importants facteurs pertinents de politique (la pauvreté et l'érosion ont induit l'appauvrissement et l'augmentation des nutriments dans l'équilibre des nutriments du fait de la couverture forestière et du cheptel) en utilisant la formule suivante :

$$Yield_{jit} = L_{it}(\bar{\alpha}_j X_{jit})(AESSTI_{it}) \quad (6)$$

2.3.4. Estimation des coûts de l'inaction et des bénéfices de l'action

Le coût de l'inaction sur la dégradation des sols renvoie aux gains maximaux possibles de l'action. Dans la présente étude, le coût de l'inaction sur l'appauvrissement des sols en nutriments est mesuré en termes aussi bien des valeurs des nutriments des sols perdus que de la valeur des pertes de récoltes afférentes. Pendant que la valeur des mesures de la perte de nutriments, la valeur de la perte de services écosystémiques d'appui mesure la valeur de la perte dans un système écosystémique d'approvisionnement.

Evaluation de la perte de nutriments: L'estimation de la perte de nutriments basée sur les méthodes décrites à la section 2.3.3 a été exprimée en valeur agrégée de NPK. Nous fondant sur l'étude de Henao et Baanante, 1999 qui a relevé des taux d'appauvrissement pour N, P_2O_5 , K_2O et la somme des trois nutriments dans les terres cultivables de 49 pays africains pour la saison des récoltes 1993–1995, nous avons déduit les rapports de chaque nutriment au taux global de l'appauvrissement des nutriments NPK pour chacun des 42 pays couverts par la présente étude. Nous avons appliqué les rapports pour convertir nos estimations des valeurs de l'appauvrissement de NPK pour 2010–2012 en nutriments N, P_2O_5 and K_2O . Chaque type de nutriment est évalué en utilisant la méthode des coûts de

remplacement. Cette méthode permet de faire une estimation de la valeur d'un service écosystémique à travers l'estimation du coût de remplacement par un bien ou service alternatif ou de substitution (Bishop, 1999). Ainsi, en prenant l'engrais DAP 18-46-0 avec 18% de N et 46% de P_2O_5 dans un 100 kg et l'engrais NPK 15-15-15 qui contient 15% de N, 15% P_2O_5 et 15% de K_2O_5 dans 100 unités de l'engrais comme substitut, nous avons récupéré le formulaire www.AfricaFertilizer.org des données de prix mensuels au niveau national pour les années 2010-2012. Ces données sur les prix n'étaient disponibles que pour 13 des 42 pays africains étudiés. Ainsi, nous avons utilisé le prix annuel moyen sur des trois ans pratiqué pour l'engrais DAP pour calculer les prix unitaires des nutriments N et P_2O_5 et le prix moyen de NPK 15-15-15 pour calculer le prix

de K_2O selon des applications semblables à celles de Nahuelhual et al, (2006).

$$CIAI_{jit} = N_{jit}(P_{Nit}) + P_2O_{5jit}(P_{Pit}) + K_2O_{jit}(P_{Kit}) \quad (7)$$

L'évaluation des pertes de rendement : les pertes estimées de récoltes évoquées dans la section 2.3.3. ont été évaluées par l'approche de la fonction de production (effet sur la production ou dose-réponse). Cette méthode implique avant tout une estimation économétrique de l'effet de la perte d'un service écosystémique (appauvrissement des nutriments du sol dans la présente étude) avec la prise en compte de la variable environnementale dans la fonction de production d'un bien marchand qui est la fonction de rendement de culture dans l'équation 2 ci-dessus. Après avoir estimé la

TABLEAU 9

Modèle de perte de nutriments des terres agricoles d'Afrique et récapitulatif des variables des statistiques.

Variable	Coefficients des Modèles	Résumé des statistiques des the variables (N=42)		
		Moyen(SE)	Min	Max
Pertes de nutriments NPK (kg/ha/année)		53,93(2,36)	9,00	77,00
Facteurs économiques				
Ecart de pauvreté (%)	47,633(14,688)***	0,21(0,02)	0,004	0,53
PIB par habitant (100's dollars US de PPA)	0,109(0,062)*	30,73(5,24)	5,43	168,91
PIB du secteur manufacturier (billions de dollars PPA)	-0,364(0,084)***	8,01(3,244)	0,043	1,06,86
Bétail en 1000 unités de bétail tropical (log transformé)	-4,617(1,585)***	8,91(0,22)	5,53	11,73
Facteurs biophysiques				
Couverture Forestière (% du total zone terrestre)	-0,250(0,087)***	25,49(3,23)	0,06	82,19
Erosion des sols (ton/ha/année) (log-transformé)	4,965(1,450)***	8,25(0,23)	3,98	10,25
Equilibre historique de nutriments en kg/ha (saisons de récolte 1993-95)	0,224(0,061)***	58,82(4,38)	-14,10	136,40
Constant	37,024(12,591)***			
Statistiques :				
F (7. 34) statistiques	14,17***			
R ²	0,745			
R ² Ajusté	0,692			
Racine MSE	8,471			
VIF Moyen	2,27			

Les valeurs en () sont des erreurs standard. Niveaux de signification: ***p < 1 %; **p < 5 %; et *p < 10 %.

fonction, la valeur économique est obtenue en multipliant le produit physique marginal de la variable environnementale par le prix du bien marchand (Mäller, 1991).

Les estimations des pertes de production céréalière faites en utilisant la fonction rendement ou production dans l'équation 2 incluaient toutes les céréales (orge, sarrasin, graines à canaris, fonio, maïs, millet, avoine, riz, seigle, sorgho, triticales et blé). Ainsi, sur la base des données de 2010–2012 obtenues dans la base de données de la FAO et relatives à la production totale de céréales et à la production de chaque type de céréale (*Annexe 2a*) pour chaque pays, nous avons construit un poids pour chaque culture en tant que rapport de l'ensemble de la production d'un type de culture avec total des céréales. Nous avons alors multiplié chaque

rapport par le prix moyen des producteurs (en dollars/tonne) d'une céréale donnée pour les années de production 2010–2012. Ensuite pour chaque pays, nous avons considéré la somme des produits comme étant le prix moyen pondéré (en dollars/tonne), WP_{ij} . Il ne restait plus qu'à multiplier le prix pondéré par les estimations de la perte de la récolte céréalière ($Yield_{jit}$) pour chaque pays pour obtenir la valeur annualisée de la perte de production pour les années 2010–2012.

$$CIA2_{ij} = WP_{ij} (Yield_{jit}) \quad (8)$$

Evaluation des bénéfices de l'action: En théorie, les coûts de l'inaction représentent le niveau maximal du bénéfice généré par l'action entreprise contre la dégradation des sols. Dans la pré-

TABLEAU 10

Modèle de production de céréales en Afrique et résumé des variables de statistiques

Variable	Coefficients des modèles	Résumé des variables de statistiques (N=42)		
		Moyen(SE)	Min	Max
Rendement des céréales (kg/ha/année)		1279,71(170,22)	235,03	7506,06
Dégradation des terres				
Total des nutriments épuisés des terres où sont cultivées les céréales en NPK kg/année (log transformé)	-125,40(43,17)***	17,38(0,37)	5,51	20,77
Facteurs de production				
Terre (total de superficie où les céréales ont été récoltées en millions of ha)	-50,042(26,930)*	2,18(0,49)	6,00e-06	17,72
Labor in agriculture (log transformé)	246,34(79,72)***	7,739(0,20)	4,96	10,23
Engrais (consommation engrais NPK en 1000s de tonnes)	3,616(0,264)***	100,29(42,33)	0,00	1582,48
Constant	1299,34(600,89)**			
Statistiques:				
F (4. 37) statistiques	51,93***			
R ²	0,849			
R ² Ajusté	0,833			
MSE Racine	451,55			
VIF Moyenne	1,70			
R ² Ajusté	0,692			
MSE Racine	8,471			
VIF Moyenne	2,27			

Valeurs en () sont des erreurs standard. Niveaux de signification: ***p < 1 %; **p < 5 %; and *p < 10 %.

sente étude, les bénéfices maximaux théoriques qu'induit l'action renvoient au coût de l'inaction sur l'appauvrissement des nutriments des sols dans les zones de cultures de céréales. Le bénéfice réel de l'action dépend toutefois du niveau d'efficacité du type d'intervention ou d'action destinée à éviter l'appauvrissement des nutriments du sol, et donc du niveau de réduction des pertes des cultures céréalières associées en tant que service écosystémique d'approvisionnement. Par exemple, différentes technologies de conservation des sols et de l'eau ont différents niveaux d'efficacité dans le contrôle de l'érosion des sols. Il n'est non plus possible de réaliser tous les coûts de l'inaction en bénéfices à un moment du fait que l'action ou l'intervention exige du temps et des ressources. Il est donc essentiel de formuler des hypothèses réalistes dans l'estimation des bénéfices de l'action d'analyse du bénéfice des coûts pour la prise de décisions. Le chapitre 4 abordera cette question. Ainsi, les bénéfices de l'action ont été estimés sous forme de fraction des coûts de l'inaction en utilisant les équations suivantes dans lesquelles la fraction (λ) représente les taux par lesquels le coût de l'inaction est converti en bénéfices.

$$B1_{jit} = n\lambda CIA1_{jit} \quad (9a)$$

$$B2_{jit} = n\lambda CIA2_{jit} \quad (9b)$$

Où

$BA1_{jit}$ représente la valeur de la perte évitée de NPK à l'action menée contre l'appauvrissement des nutriments induit par le facteur j dans un pays i au moment t

$BA2_{jit}$ est la valeur de la perte de production vivrière évitée du fait de l'action menée contre l'appauvrissement des nutriments induit par le facteur j dans un pays i au moment t

λ est le taux par lequel le facteur à la source de l'appauvrissement des nutriments est réduit dans un pays i au moment t .

$n = t-1$ indiquant qu'au cours de la première année d'intervention, $n = 0$ et donc bénéfice généré par l'action.

FIGURE 30

Valeurs des coûts de remplacement des équilibres de nutriments NPK annuels dans les terres ou se déroule la culture des céréales en Afrique

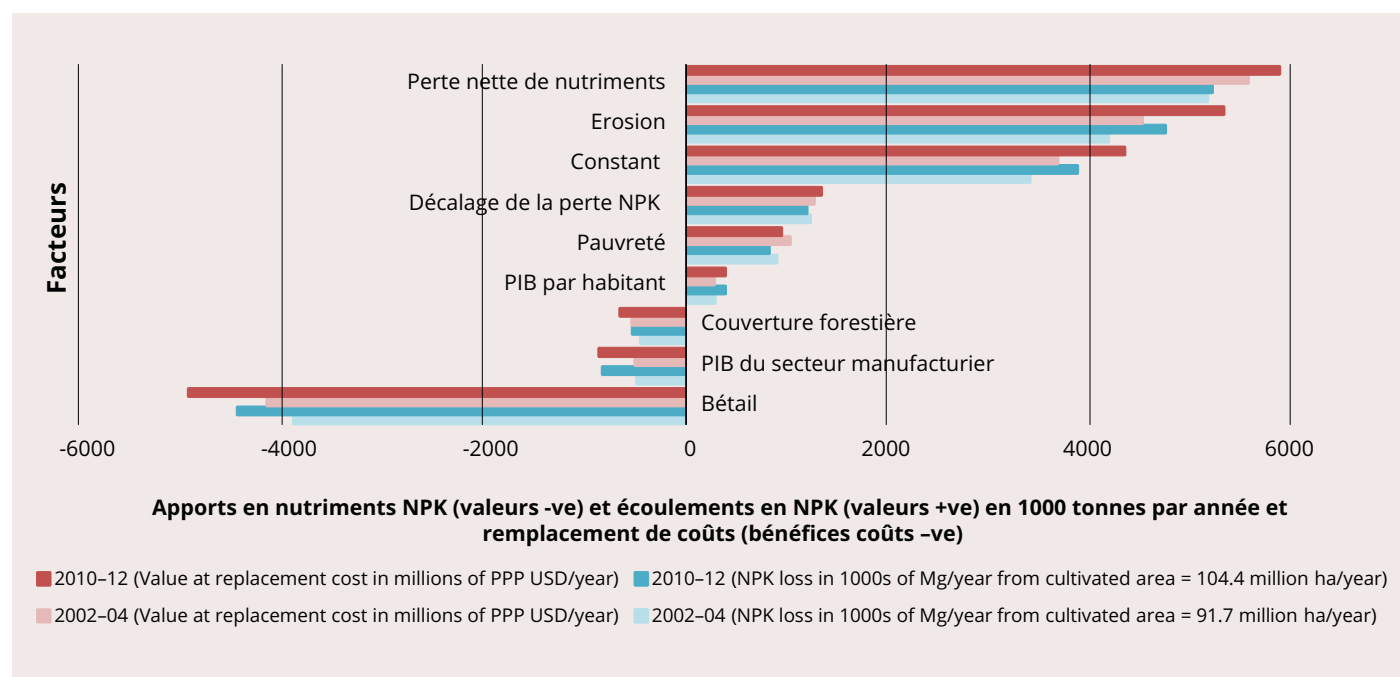
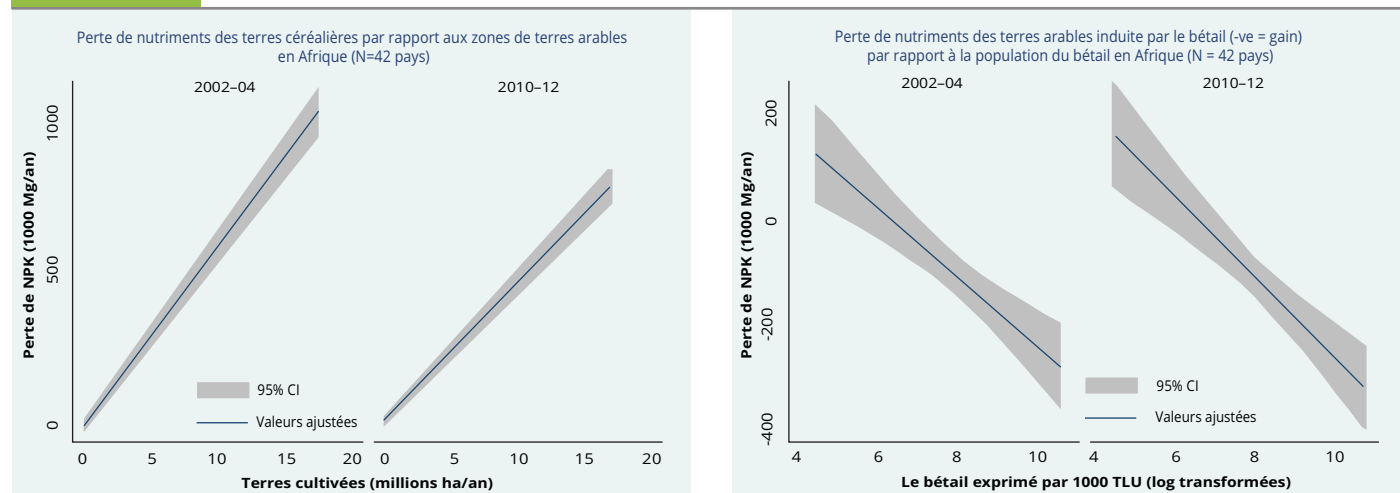


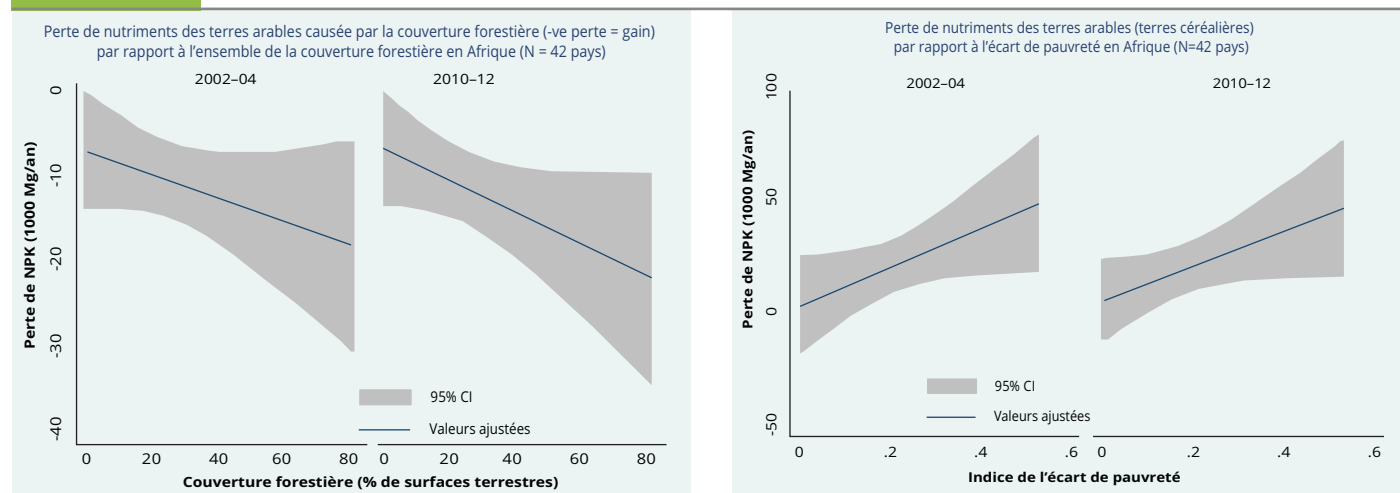
FIGURE 31

Relation entre l'appauvrissement du NPK et la superficie cultivée (panel a), appauvrissement du NPK et le bétail et le couvert forestier (panel b) et appauvrissement du NPK et l'érosion des sols et l'écart de pauvreté (panel c) au cours des saisons de récoltes de 2002-04 et de 2010-12.

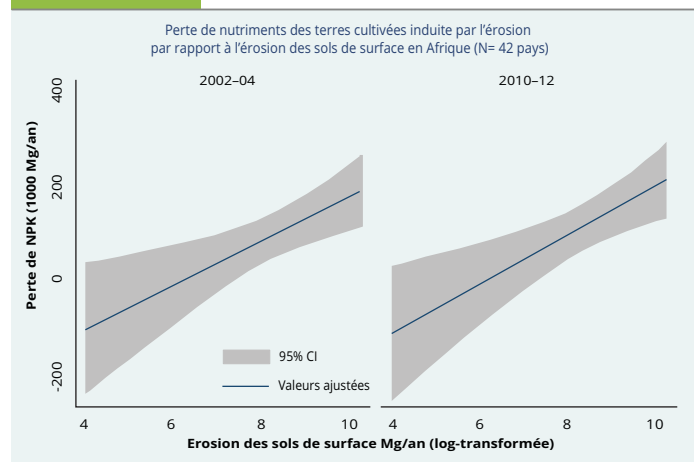
Panel A



Panel B



Panel C



Note: les valeurs du NPK de l'axe représentent les valeurs estimées en fonction du modèle économétrique du Tableau 9 et les valeurs estimées étaient des reculs sur les facteurs socioéconomiques et biophysiques.

2.4. Résultats et examen du modèle empirique

2.4.1. Le modèle économétrique de l'équilibre des nutriments

Le résultat de la présente étude indique que la perte moyenne de nutriments au niveau national (NPK kg/ha/an) pour les saisons de culture 2002–2004 a une corrélation statistiquement significative avec les facteurs socioéconomiques et biophysique au niveau national.

Facteurs économiques: Le modèle de régression par la méthode classique des moindres carrés dans le *Tableau 9* montre que parmi les facteurs économiques au niveau national, l'écart de pauvreté, le PIB du secteur manufacturier, et le cheptel ont des coefficients statistiquement significatifs (à $P < 1\%$) avec des signes cohérents avec nos attentes.

1. **L'écart de pauvreté:** Le coefficient de l'écart de pauvreté est positif et révèle que les pays ayant un plus grand taux d'écart de pauvreté en 2002–2004 étaient également les pays avec des pertes moyennes de NPK élevées dans leurs terres agricoles et vice-versa. En d'autres termes, une augmentation d'un pour cent de l'écart de pauvreté cause en moyenne un appauvrissement d'environ 48 kg/ha de nutriments NPK par an et vice-versa. Cela est cohérent avec nos attentes et la littérature de référence en la matière qui considère généralement la pauvreté comme étant l'une des causes directes des pertes de nutriments, notamment en Afrique sub-saharienne (Lambin & Geist, 2006; Lal & Stewart, 2013; Nkonya, E; von Braun, J; al, et, 2013; Pingali, et al, 2014).
2. **Le PIB du secteur manufacturier:** Nous avons trouvé une relation négative entre le secteur

FIGURE 32

Coûts de l'inaction, production et valeur réelle de la production céréalière, et bénéfices éventuels de l'action de lutte contre l'appauvrissement des nutriments sur les cultivables d'Afrique

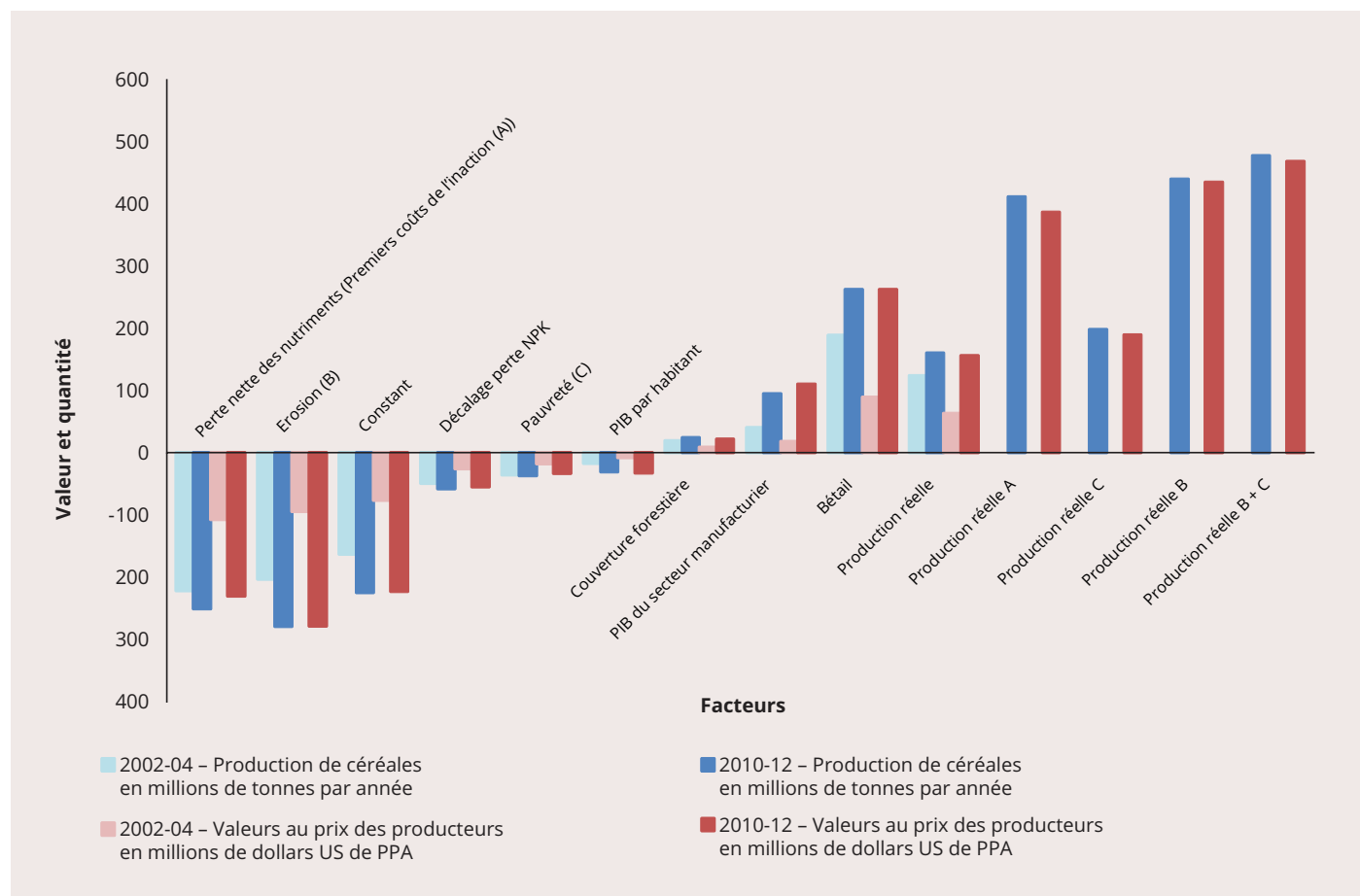
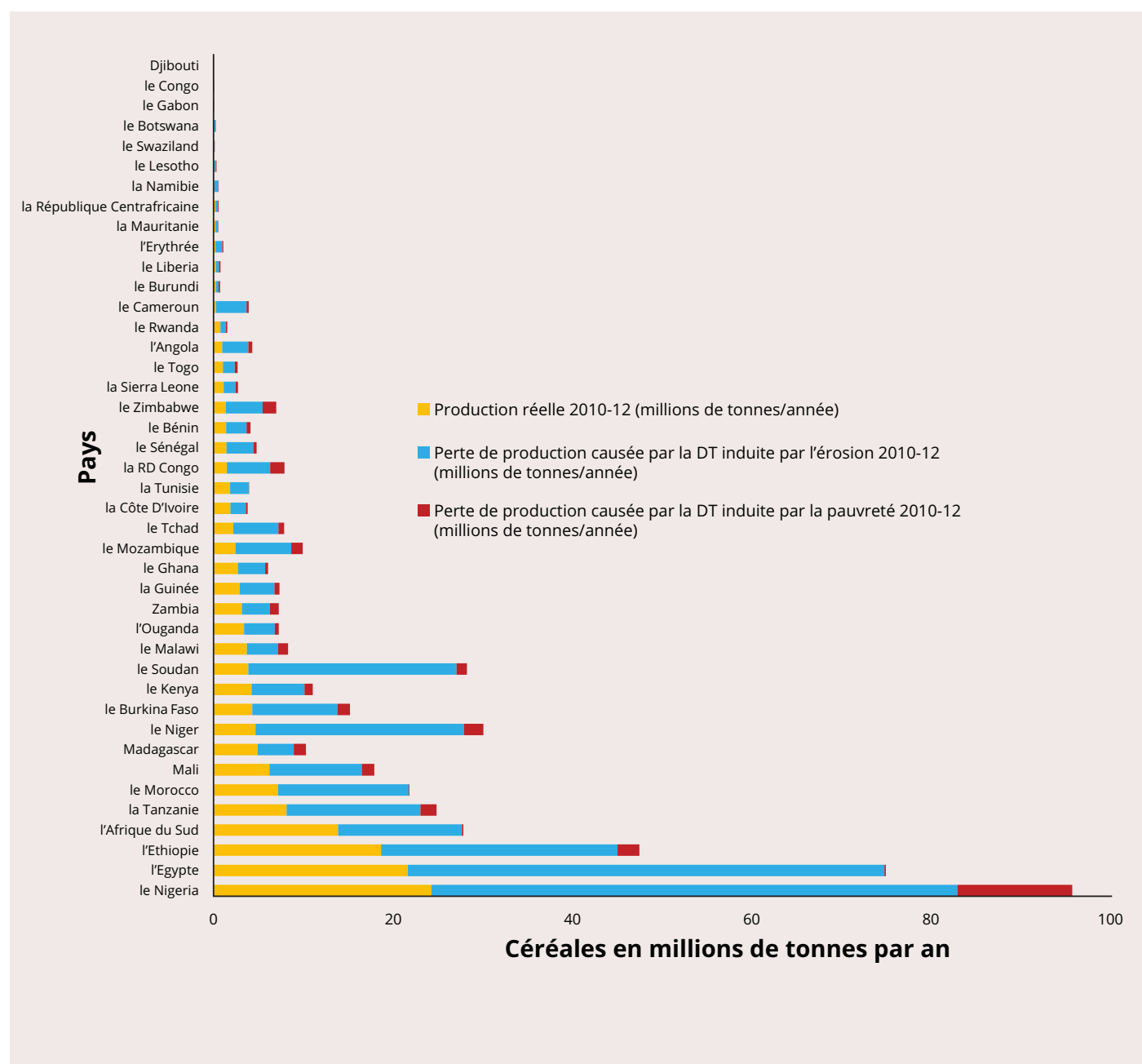


FIGURE 33

Production céréalière réelle et perte de production due à l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion et la pauvreté en Afrique



manufacturier et l'appauvrissement des nutriments. Le résultat montre que l'augmentation du PIB du secteur manufacturier d'un pays s'accompagne d'une baisse de pertes de nutriments dans ses terres agricoles utilisées pour la culture des céréales. Ce qui suit pourrait expliquer cette relation inverse. Réduction de la pression exercée sur les terres et de la dépendance à ces terres: Cela implique que dans les

pays où le secteur manufacturier est relativement bien développé et où ce secteur a une contribution substantielle dans l'économie, les populations ont plus d'opportunités d'emploi dans ledit secteur, ce qui permet de réduire la pression exercée sur les terres agricoles. Capacité d'investir dans la gestion des terres et l'utilisation des intrants agricoles: Les pays ayant un PIB du secteur manufacturier plus

important peuvent également être considérés comme étant relativement bien développés au moins en termes économiques. Ils ont donc de meilleures capacités d'investissement dans la gestion agricole et des sols et dans l'application des intrants contrairement aux autres pays.

3. **Le cheptel:** Le coefficient négatif de la valeur transformée en log du cheptel fait apparaître une relation inverse entre le cheptel et le taux d'appauvrissement des nutriments sur les terres cultivables en Afrique. Pour chaque point de croissance du cheptel (mesuré en 1000s de d'UBT), la perte de nutriment baisse de 0,0462 kg/ha/an. Le résultat est cohérent avec le cadre budgétaire des nutriments du sol que les agronomes pédologues utilisent pour évaluer l'équilibre des nutriments (Lesschen et al, 2007). Dans la méthode d'équilibre des nutriments, le fumier d'origine animale constitue l'un des éléments comme source d'apport de nutriments au sol.

Facteurs biophysiques: Les coefficients des variables de la couverture forestière, l'érosion du sol log-transformée et l'équilibre historique des nutriments sont importants (à $P < 1\%$). Les coefficients de chacune des variables ont également les signes attendus. Pendant que la couverture forestière entretient une relation négative avec la perte de nutriments, l'on se rend compte que l'érosion et la valeur de l'écart de la perte de nutriments ont une relation positive avec la perte de nutriments. En d'autres termes, les pays ayant une grande couverture forestière ont un appauvrissement relativement plus faible des nutriments sur leurs terres agricoles alors que les pays ayant des taux d'érosion élevés et de précédents taux d'appauvrissement de nutriments élevés (dès 1993–1995) étaient également ceux ayant des taux élevés d'appauvrissement des nutriments au cours des saisons 2002–2004. Le modèle du *Tableau 9* est fiable en ce sens que la valeur R^2 ajustée indique que près de 70% de la variation dans la perte de nutriments entre les pays, objet de la présente étude, peut s'expliquer par les variations entre

2.4.2. La fonction de production des cultures céréalières

La production céréalière est modélisée comme une fonction d'appauvrissement des nutriments du sol et des facteurs de production. Le *Tableau 10* montre que l'appauvrissement des nutriments du sol et les facteurs de production, notamment le travail et les engrais ont, sur le plan statistique, une incidence significative (à $P < 1\%$) sur la production céréalière des écosystèmes agricoles en Afrique. Une augmentation d'un pour cent de l'ensemble des nutriments appauvris des terres cultivables d'un pays entraîne une baisse de production des céréales de 1,254 kg/ha. En d'autres termes, les pays avec des taux élevés d'appauvrissement des nutriments des terres cultivables ont une production céréalière relativement plus faible à l'hectare par rapport aux pays dont l'appauvrissement des nutriments est plus faible. Le modèle montre également que le travail et la quantité d'engrais commerciaux utilisée ont une relation positive avec la production céréalière à l'hectare.

2.4.3. Les coûts de l'inaction pendant la période de référence 2002–2004 et 2010–2012

Notre étude montre que sur les près de 92 millions d'hectares de terres sur lesquelles ont été cultivées les céréales au cours de saisons de récolte de 2002–2004 dans les 42 pays africains, il y a eu un appauvrissement total net de 5,16 millions de tonnes de nutriments NPK par an (Figures 30 et 31a). Cela équivaut à près de 56,2 kg/ha/an. La superficie sur laquelle ont été cultivées les céréales dans les 42 pays au cours de la période 2010–2012 était d'environ 105 millions d'hectares et selon les estimations, il y a un appauvrissement annuel de nutriments NPK de 5,2 millions de tonnes au cours de cette période sur l'ensemble de la superficie, ce qui équivaut à près de 49,6 kg/ha/an de NPK. L'équilibre net de nutriments est la somme des apports et des écoulements de nutriments dans le sol de l'écosystème agricole. Le total des écoulements de nutriments de NPK de la superficie cultivée de la période 2010–2012 était estimé à près de 10,97 millions de tonnes/an. Les écoulements de nutriments (Figures 30 et 31c) à travers l'érosion des sols étaient responsables de 43,19% des écoulements; la perte



de nutriments induite par la pauvreté constituait 7,37% de l'ensemble de l'écoulement. Les écoulements des nutriments induits par le BIP/habitant représentaient environ 3,4%, l'appauvrissement des nutriments de décalage 10,8% et le reste était une estimation relative au terme constant du modèle utilisé pour l'estimation. Alors que pour la même période, les apports en nutriments (*Figures 30 et 31b*) de toute la superficie cultivée étaient estimés à près de 5,77 millions de tonnes/an, ce qui représentait la somme des apports de nutriments attribuée au bétail (77,14%), à la couverture forestière (9,02%) et au secteur manufacturier (14,14%).

La valeur nette des nutriments qui ont été appauvris sur l'ensemble des superficies des cultures céréalières au cours des deux périodes aux coûts de remplacement des engrais commerciaux a été estimée à environ 5,56 milliards dollars US/jour de an (au dollar américain constant de 2011) au cours des saisons 2002–2004 et 5,87 milliards de dollars américains PPA par an sur la période 2002–2004. Selon la base de données de la FAO sur l'utilisation

des intrants agricoles, la consommation globale des nutriments complétés d'engrais commerciaux NPK par les 42 pays concernés par notre étude et pour toutes les terres agricoles dont la production céréalière fait seulement partie était d'à peine 44,65% de tous les extrants par an et de 94,19% de la perte nette de nutriments sur les seuls 104 millions d'hectares de terres céréalières.

Perte de services écosystémiques d'approvisionnement :

L'étude a également montré que du fait de l'appauvrissement des nutriments NPK dans les terres agricoles sur lesquelles sont cultivées les céréales, la perte de production était estimée à environ 222 et 252 millions de tonnes/an respectivement au cours des saisons 2002–2004 et 2010–2012 (*Figure 32*). Comparé à l'appauvrissement net de NPK, cela montre que le compromis moyen des services écosystémiques était de 43,04 pour la période 2002–2004 et a augmenté à 48,29 au cours de la période 2010–2012, autrement dit pour chaque kg de NPK appauvri. Les pays africains perdaient une production céréalière de 43,04 kg chaque année en

termes de service d'approvisionnement au cours de la période 2002–2004 et 48,29 kg de céréales par an au cours des années 2010–2012.

Selon la base de données de la FAO, la production céréalière réelle était respectivement d'environ 124 et 160 millions de tonnes/année au cours des périodes indiquées, ce qui implique que la productivité moyenne était de 1,35 tonnes/ha/an en 2001–2004 et de 1,53 tonnes/ha/an au cours de la période 2010–2012, ce qui montre encore un peu plus un niveau de productivité très faible et stagnant. La présente étude montre également qu'il existe un potentiel réel pour augmenter la productivité des terres agricoles en Afrique à travers l'application des pratiques durables de gestion des sols capables de réduire les niveaux actuels d'appauvrissement des nutriments. Par exemple, maintenir tous les autres facteurs constants, réduire la perte de NPK grâce à des actions contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion pourrait générer un gain de production supplémentaire maximal de 280 millions de tonnes/an (Figure 32 pour tous les pays et Figure 33 pour un pays spécifique) au lieu des 104,4 millions de terres cultivées dans les 42 pays. Cela implique qu'il y a un potentiel pour accroître la productivité des terres pour la faire passer de 1,53 tonnes/ha/année à 4,21 tonnes/ha/an grâce au contrôle de l'érosion des sols.

En termes de valeur au prix des producteurs pour les céréales, la valeur de la perte nette qui représente le coût de l'inaction face à tous les facteurs liés à l'appauvrissement induit des nutriments, a été estimée à environ 108 et 231 milliards de dollars US de PPA par an au cours des périodes 2002–2004 et 2010–2014 respectivement. Les coûts de l'inaction dus à l'appauvrissement des nutriments du fait de l'érosion s'élevaient annuellement à 95 et 279 milliards de dollars US de PPA alors que les coûts de l'inaction dus à l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté étaient respectivement de 18 et de 33 milliards de dollars US au cours de ces mêmes périodes. Les coûts particulièrement élevés de l'inaction pour la période 2010–2012 par rapport à 2002–2004 étaient notamment dus à l'augmentation des prix mondiaux des denrées alimentaires suite aux crises financières et économiques internationales de 2008 qui ont conduit à ce que l'on a appelé la confiscation des terres en Afrique.

Les coûts de la gestion durable des terres en Afrique

3.1. Introduction

Le Sommet de la Terre (1992) de l'Organisation des Nations Unies a défini la gestion de la terre (GDT) comme: «l'utilisation des ressources terrestres, notamment les sols, l'eau, les animaux et les plantes, pour la production des biens pour satisfaire les besoins changeants des hommes, tout en assurant le potentiel à long terme de ces ressources et le maintien de leurs fonctions environnementales»⁵. TerrAfrica (2005) définit la GDT comme «l'adoption de systèmes d'utilisation des terres qui, par des pratiques de gestion appropriées, permettent aux utilisateurs des terres de maximiser les bénéfices sociaux des terres tout en maintenant ou en renforçant les fonctions écologiques d'appui aux ressources terrestres»⁶. Selon la FAO, la production agricole en Afrique subsaharienne connaît une baisse de trois pour cent par an en raison de la dégradation des terres⁷, avec des implications potentiellement préjudiciables pour le développement durable. Ceci donne aux gouvernements une forte justification pour procéder pro-activement à l'atténuation des impacts de la dégradation des terres.

En réponse à cette nécessité politique, l'objectif de la présente section est d'utiliser les données actuellement disponibles de diverses sources publiées pour évaluer l'établissement de l'unité et les coûts récurrents de la GTS que doivent couvrir les pays africains en appliquant l'approche du transfert des valeurs (voir Brander, non daté). Le transfert de valeurs est la procédure consistant à évaluer la valeur d'un service écosystémique d'intérêt politique actuel (c.à.d. le site politique) en désignant une estimation d'évaluation existante pour un écosystème ailleurs (c.à.d. «site d'étude»). Dans le cas présent nous allons spécifiquement utiliser une approche de transfert des fonctions méta-analytiques⁸, qui comprend l'utilisation de la fonction de valeur estimée à partir des résultats de nombreuses études de base représentant des sites multiples d'études en conjugaison avec les caractéristiques permettant de calculer l'unité de valeur d'un service écosystémique au site politique.

Le reste de la présente section se présente comme suit: la section 2 décrit le cadre général utilisé pour évaluer les coûts de l'action liée à l'appauvrissement de nutriments causée par l'érosion du sol. La section 3 décrit les différentes bases de données qui ont été exploitées pour évaluer la GDT et déterminer les coûts récurrents y afférents par pays en Afrique. La Section 4 décrit la procédure utilisée pour sélectionner des échantillons d'études de cas à partir de la section 3, qui ont ensuite servi dans l'estimation la fonction de transfert méta-analytique. La section 5 décrit les variables dépendantes et indépendantes utilisées dans l'estimation de la fonction de transfert méta-analytique. Les résultats empiriques et les discussions sont présentés dans la section 6, tandis que la section 7 analyse les contraintes qu'il y a à utiliser l'approche de la fonction de transfert méta-analytique pour évaluer l'établissement des coûts de GDT et les coûts récurrents y afférents en Afrique, par pays.

3.2. Evaluation de coûts de l'action

L'action contre la dégradation des sols renvoie aux interventions nécessaires pour atténuer et/ou si possible réduire totalement les effets des différents vecteurs de la dégradation des sols et optimiser ainsi les bénéfices de l'action entreprise. Entre autres, le type d'intervention et son coût dépendraient du type de vecteur de la dégradation des sols. Dans le contexte de la présente étude, les coûts des actions de politique pris en compte sont les coûts des initiatives contre l'appauvrissement des nutriments dû à l'érosion et à la pauvreté.

Coûts des actions entreprises contre l'appauvrissement des nutriments dû à l'érosion: Nous avons conçu une fonction de transfert du coût afin d'estimer pour chaque pays le capital par hectare et les dépenses de fonctionnement des structures de gestion durable des terres en tant qu'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion. Le coût total de l'action contre l'appauvrisse-

⁵ <http://www.fao.org/nr/land/sustainable-land-management/en/>

⁶ <http://www.fao.org/nr/land/sustainable-land-management/en/>

⁷ <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai559e/ai559e00.pdf>

⁸ Il existe deux autres approches au transfert de valeurs: le transfert de l'unité de valeur et le transfert de la fonction de valeur (voir Brander, non daté)

ment des nutriments induit par l'érosion est alors calculé en utilisant l'équation suivante :

$$C_{slmit} = \sigma L_{it}(FC_{it}) + n\sigma L_{it}(VC_{it+1}) \quad (10)$$

Où

C_{slmit} est le coût total de la mise en place et du maintien des structures de gestion durable des sols sur une proportion (σ) donnée de l'ensemble des terres cultivables (L) en vue du contrôle de l'érosion des sols dans un pays i à un moment t donné.

FC_{it} représente le capital de fonctionnement ou initial (dollar US/ha) de mise en place des structures de GDS dans un pays i à un moment t donné.

VC_{it+1} est le coût de maintenance la structure mise en place à partir de t+1 an dans un pays i à un moment t donné et n est une constante et équivaut à t-1.

Coûts de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté : La réduction de l'impact de la pauvreté sur l'appauvrissement des nutriments requiert une réduction de la pauvreté elle-même, celle-ci ayant été et continuant d'être un défi majeur pour de nombreux pays d'Afrique sub-saharienne. L'indice d'écart de pauvreté fait partie des trois variantes des indices de pauvreté, à savoir le nombre de personnes vivant dans la pauvreté, l'écart de pauvreté et l'extrême pauvreté, indices qui ont été élaborés par Foster, Green, & Thorbecke (1984). Nous avons appliqué l'indice d'écart de pauvreté pour calculer le revenu ou les ressources nécessaires pour faire passer les pauvres de chaque pays de notre échantillon à un niveau de revenu égal au seuil de pauvreté (1,25 dollars USS de PPA par jour et par habitant) en utilisant l'équation suivante :

$$C_{povit} = \varphi FGT_{it}(HP_{it})(I_{it}) \quad (11)$$

Où

C_{povit} représente le revenu total nécessaire pour réduire la pauvreté par un taux donné, disons φ , dans un pays i à un moment t.

FGT_{it} représente l'indice d'écart de pauvreté dans un pays i à un moment t.

HP_{it} représente l'indice de pauvreté d'un pays i à un moment t.

I_{it} représente le revenu du seuil de pauvreté par habitant dans un pays i à un moment t.

3.3. Bases de données de l'estimation des coûts des GDT en Afrique par pays

La première source d'informations de la présente étude a été la base des données de l'Étude mondiale des approches et des technologies de conservation (WOCAT) qui est décrite à la section 3.1. Outre WOCAT, nous avons également exploité les données des sources décrites à la section 3.2.

3.3.1. La base de données de WOCAT

La base de données de WOCAT contient environ 350 études de cas de prometteuses et bonnes pratiques en matière de GDT qui ont été rassemblées, documentées et évaluées par le réseau WOCAT (Giger, Liniger and Schwilch, 2013)⁹. Le réseau WOCAT encourage les pays à travers le monde à remplir un questionnaire standard qui permet de collecter des données spécifiques sur le contexte biophysique et socioéconomique sur les technologies de GDT et leurs bénéfices et coûts comme énumérés ci-après :

■ Contexte des problèmes d'utilisation des sols ayant motivé la nécessité de la GDS sur site :

l'utilisation des sols avant la dégradation le climat et le type de dégradation du sol existant avant l'intervention de la GDS, la mesure de conservation de la GDS mise en œuvre, l'étape d'intervention (l'intervention de la GDS était-elle destinée à prévenir, à réduire ou à réhabiliter la dégradation des terres?), qui a motivé l'intervention (était-ce les exploitants de ces terres, des expérimentateurs ou des chercheurs, ou des personnes imposées de l'extérieur?), le niveau des connaissances technologiques nécessaires pour la mise en œuvre de l'intervention de la GDS, les principales causes de dégradation des sols sur le site, et les principales fonctions techniques de l'intervention de la GDS.

■ Informations de référence relatives à l'environnement naturel :

volume annuel de précipitations, altitude du site de la GDS (mètres au-dessus du niveau de la mer), relief du site de la GDS (plateau, plaines, crêtes montagneuses, pentes de montagne, versants de colline, talus, fonds de vallée), pente sur le site de la GDS (plat, douce, modérée, vallonnée, montagneuse, raide, très raide), profondeur du sol, texture et biodiversité du sol sur le site de la GDS.

⁹ [https://www.cde.unibe.ch/Pages/Publication/2481/Economic-benefits-and-costs-of-technologies-for-sustainable-land-management-\(SLM\)-A-preliminary-analysis-of-global-WOCAT-data.aspx](https://www.cde.unibe.ch/Pages/Publication/2481/Economic-benefits-and-costs-of-technologies-for-sustainable-land-management-(SLM)-A-preliminary-analysis-of-global-WOCAT-data.aspx)

- **Informations de référence relatives à l'environnement humain:** nombre d'hectares de forêt ou de terre boisée par ménage sur le site de la GDS, densité de population, régime de la propriété foncière, droits d'exploitation des terres, niveau relatif de richesse des ménages, importance des revenus non agricoles, accès aux services et aux infrastructures fournis par les forêts ou les terres boisées sur le site.
- **Intrants et charges de mise en place (en dollars US/ha):** quantité et charges du capital de la main d'œuvre, équipement et matériaux de construction utilisés au départ dans l'intervention de la GDS.
- **Maintenance ou intrants et dépenses de fonctionnement (en dollars US/ha):** quantité et dépenses de fonctionnement de main d'œuvre,

TABLEAU 11

Variables utilisées pour estimer la fonction de transfert méta-analytique⁸

Variable	Source des données
Population du pays (2012)	Statistiques de la Banque mondiale
Population rurale (2012)	Estimations du personnel de la Banque mondiale sur la base des prévisions de l'urbanisation mondiale, Nations Unies.
Produit intérieur brut (PIB 2012)	Statistiques de la Banque mondiale
PIB de l'agriculture (2012)	Les données de comptabilité nationale de la banque mondiale et les fichiers nationaux de données de l'OCDE.
Croissance de la population rurale (2012)	Statistiques de la Banque mondiale
Population rurale comme un pourcentage de la population totale (2012)	Estimations du personnel de la Banque mondiale sur la base des Nations Unies, prévisions mondiale d'urbanisation.
Zone de terres agricoles (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Terres agricoles comme pourcentage de la zone terrestre totale (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Partie de terre arable (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Terres arables comme pourcentage de la superficie totale (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Terres consacrées à la production de céréales (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Terres consacrées en permanence aux cultures	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Terres consacrées à la foresterie (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Terres forestières comme pourcentage de la superficie totale (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Précipitations moyennes (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Zone terrestre (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Indice de la production de cultures (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Indice de la production alimentaire (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Indice de production du bétail (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Superficie (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Rendement de céréales (2012)	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture, fichiers électroniques et site internet.
Agriculture à valeur ajoutée (VA) par ouvrier (2012)	Tiré des fichiers de comptabilité nationale de la Banque mondiale et de l'annuaire et les fichiers de données de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture.
Agriculture VA comme pourcentage du PIB (2012)	Les données de comptabilité nationale de la banque mondiale et les fichiers nationaux de données de l'OCDE.
Total des unités de bétail 2012 en 1000s (2012)	FAOSTAT

équipement et matériaux de construction nécessaire pour maintenir la fonctionnalité de l'intervention de la GDS.

Enfin, le questionnaire permet de collecter des informations supplémentaires qui peuvent être utilisées pour faire une évaluation qualitative des coûts et des bénéfices sur et hors site de l'intervention de la GDS: production et contribution socio-économique, socioculturelle, écologique et hors site au bien-être et à la subsistance des personnes, et aux bénéfices et coûts perceptibles pour les exploitants des terres.

Giger, Liniger et Schwilch (2013) ont divisé les technologies de la GDS dans la base de données de WOCAT en quatre grandes classes:

- **Mesures agronomiques:** mesures qui améliorent la qualité du sol (ex. le couvert végétal) mesures qui renforcent la matière organique/fertilité du sol (ex. le compostage), traitement de la surface du sol (ex. labour de conservation), traitement sub-superficielle (défonçage en profondeur).
- **Mesures topologiques:** terrasses (berme, talutage avant/arrière), digues de protection, bancs (plats, paliers), barrages, assiettes, tranchées de drainage (plats, paliers), murs, barrières et palissades.
- **Mesures végétale:** plantation/réensemencement des espèces d'arbres et d'arbustes (ex. haies vives, couronnes des arbres), herbes et plantes herbacées pérennes (ex. bandes gazonnées).
- **Mesures de gestion:** changement de modes d'utilisation du sol (ex. bocage), changement du niveau de l'intensité de la gestion (ex. du pacage à la stabulation), changement majeur dans la programmation des activités, et contrôle/changement de la composition des espèces.

Aux fins d'estimation des fonctions de transfert méta-analytique, 157 études de cas d'interventions de la GDS ont été téléchargées. Ces cas concernaient les pays africains suivants: l'Éthiopie (48), l'Afrique du Sud (24), Kenya (22), la Tanzanie (15), la Tunisie (7), le Niger (6), le Botswana (4), le Burkina Faso (4), le Rwanda (4), le Maroc (3), le Sénégal (3), la Zambie (3), le Cameroun (2), le Cap Vert (2), le

Togo (2), l'Érythrée (2), le Ghana (1), Madagascar (1), le Mali (1), le Tchad (1) et le Zimbabwe (1).

3.3.2. D'autres bases de données exploitées

Outre les données de WOCAT décrites ci-dessus, les variables listées au *Tableau 11* ont également été collectées et utilisées pour vérifier si elles amélioreraient la conformité de la fonction de transfert méta-analytique obtenue.

3.4. Etudes de cas sélectionnées pour l'estimation de la fonction de transfert méta-analytique

Pour qu'une étude s'intègre dans la fonction de transfert méta-analytique, elle doit répondre à 2 critères. D'abord, ses intrants et ses coûts de capital de mise en place devaient être cotés en dollars US/ha à la date de mise en place. En outre, ses intrants et charges de fonctionnement devaient être cotés en dollars US/ha/an à la date de mise en place. Puisque toutes les études ne répondaient pas à ces critères, le présent processus s'en est tenu aux 90 études contenues dans le *Tableau 12*.

Les informations suivantes ont été collectées pour chacune des 90 interventions de la GDS répertoriées au *Tableau 12*:

- Les coûts des capitaux en dollars US par ha à la date de la mise en place de la GDS (variable continue),
- Les dépenses de fonctionnement en dollars US par ha par an à la date de la mise en place (variable continue),
- Région d'Afrique où l'étude du cas a été menée (variable catégorique),
- utilisation du sol sur le site de l'étude avant la dégradation (variable catégorique),
- Climat sur le site de l'étude de cas (variable catégorique),
- Domaines d'intervention au moment de l'intervention de la GDS (variable catégorique),
- Le volume annuel des précipitations sur le site de l'étude de cas (variable catégorique) et
- Densité de population sur le site de l'étude de cas (variable catégorique).

La section 5 justifie la sélection des informations ci-dessus pour chacune des études.

T A B L E A U 1 2

Etudes de cas choisis dans l'estimation de la fonction de transfert méta-analytique

	Pays	# d'études de cas	Nature des interventions GDS
1	Erythrée	1	Boisement et terrassement des versants.
2	Ethiopie	33	Fermeture de la zone pour réhabilitation des versants dégradés, Fermeture de la zone pour réhabilitation, Fermeture de la zone, Digue de rétention de sol de Boreda, Barrage de retenue traditionnel de Dawa-Cheffa, Digue de rétention des pierres de Dejen, Barrage de retenue traditionnel de Dire Dawa, Digue de rétention de sol nivelé, Amélioration des pâturages, Digue de rétention des pierres de Haraghie. Digue de rétention de sol de Haraghie, Digue de rétention de sol à façade de pierres de Haraghie Développement de propriétés, Gestion améliorée des pâturages, Haie de carcus de Jatropa, Micro-versant et bassins, Réhabilitation des sols dégradés (Fermeture de la zone), Réhabilitation des sols dégradés Digue billon, Ruissellement ou inondation d'eau dans les champs, Digue de rétention de sol et Fanya Juu combinés, Digue de rétention de sol avec des cultures alentour Terrasse de sorgho de Dire Dawa, Digue de rétention de sol stabilisée avec façade de pierres, Digue de rétention de pierres de Tigray, Digue de rétention de sol avec façade de pierres, Digue de rétention de sol stabilisée avec façade de pierres de Gonder Sud, Digue de rétention de sol stabilisée avec façade de pierres de Tigray, Tranchée avec façade de pierres, Barrage de retenue avec façade de pierres, Digue de rétention de sol avec façade de pierres stabilisée avec des herbes et Fanya Juu couvert de végétation. Analyse du bénéfice des rapports coût-bénéfices
3	Kenya	8	Utilisation de terres en agroforesterie dans les terrasses, avec des bandes de coupage d'herbes et des fossés d'infiltration, Système d'agroforesterie (cultures intercalaires maïs/haricot) avec des fossés de contour, bandes de napier, fumier et engrais organiques, Terrasses Fanya Juu, Système d'agroforesterie Grevillea, Planter des bambous et du Grevillea pour la conservation de terres riveraine, Lutte antiparasitaire intégrée et gestion de la fertilité des sols, alignement de pierres, et collecte des eaux.
4	Rwanda	4	Fosses à fumier et paillage des bananes, Imperméabilité par géo-membrane en plastique pour collecte d'eau et stockage, Terrassement radical, et Tranchées combinées avec des haies vives ou des lignes d'herbes.

	Pays	# d'études de cas	Nature des interventions GDS
5	Tanzanie	10	Système d'agroforesterie Buyana, Guérison Gully pour la culture des bananes, Système de culture amélioré Kibanja, Paillasse in-situ de café à l'aide de Cordia Abbysinica, Nombre plus grand de gousses d'arachides dans une tête de terre, Cultivation de compost in-situ ou modèle d'agriculture, Fabrication de compost locale, Conservation forestière naturelle utilisant les ruchers Petite culture de fosse pour maïs, sorgho et millet (fosses chololo), et Forêt traditionnelle établie en zone semi-aride.
6	Zambie	3	Traction animale culture sans travail, Travail de conservation tillage avec défonceur Magoye, et culture en bandes agriculture de conservation.
7	Burkina Faso	3	Régénération naturelle assistée de terre dégradée, Compostage associée à la plantation de noyaux, et coton organique.
8	Cap Vert	2	Boisement, et Haies vives d'aloë vera.
9	Niger	6	Couloirs de passage Régénération naturelle gérée par les agriculteurs, Puits de distribution amélioré pour pastoralisme durable, Regroupement nocturne, Rotation des pâturages, Stabilisation des dunes de sable.
10	Togo	2	Rideaux d'arbres, and production de fumier en petits stocks.
11	Cameroun	1	L'apiculture en forêt.
12	Afrique du Sud	11	Contrôle chimique des brousses, Gestion de pâturages communs, Contrôler l'érosion des sols au cours de la production des cultures, Barrage terrestre pour stocker de l'eau, Bandes d'herbes. Réhabilitation des terres de parcours, Reverdissement et réensemencement, Rotation des pâturages, Réhabilitation des bandes de mines, Terrassement de barrières traditionnelles en pierres, et Conservation des sols herbes vetiver.
13	Maroc	2	Régénération assistée de chêne-liège, et plantation des oliviers et culture intercalée.
14	Tunisie	4	Fermeture de la zone et déboisement avec l'acacia, Jessour, terres de parcours pour repos et Tabia.

3.5. Description des variables utilisées pour estimer la fonction de transfert méta-analytique

Deux **variables dépendantes** ont été utilisées dans la présente étude pour estimer 2 fonctions de transfert méta-analytique séparées :

- Les coûts du capital en dollars US par ha à la date de mise en place (**y1**) et
- Les dépenses fixes en dollars US par ha par an à la date de mise en place (**y2**).

Notre idée de départ était d'estimer la fonction de la valeur à partir des résultats de nombreuses études initiales d'évaluation combinées aux informations sur les caractéristiques du site d'accueil, de calculer la valeur unitaire d'un service écosystémique sur le site d'accueil. Les multiples études majeures d'évaluation dignes d'intérêt sont les interventions individuelles de la GDS du *Tableau 12* qui comportaient des données de localisation précises. D'autre part, les sites d'accueil intéressants sont au niveau des pays. Le défi immédiat consistait donc à estimer une méta-fonction à partir des données collectées au niveau de sites précis d'intervention de la GDS (c.-à-d. 90 sites d'étude répartis à travers 14 pays africains) et à l'utiliser pour estimer les charges de mise en place et de fonctionnement des interventions de la GDS sur les sites d'accueil définis au niveau national. Pour cela, nous devons sélectionner des variables indépendantes à partir de l'ensemble des données de WOCAT qui pouvaient être exploitées en même temps que les informations nationales. Par conséquent, les données relatives aux variables indépendantes suivantes ont été collectées pour les études de cas sélectionnées :

- Région d'Afrique où l'étude de cas a été menée (**x1**),
- Utilisation du sol avant la dégradation (**x2**),
- Climat (**x3**),
- Domaine d'intervention (**x4**),
- Volume annuel des précipitations (**x5**) et
- Densité de population (**x6**).

Considérant que nous pouvions réussir à utiliser OLS pour estimer la fonction méta-analytique libellée comme suit $\gamma_i = \alpha + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_6 x_{6i}$. En utilisant cette donnée, la fonction estimée nous aurait permis d'utiliser les betas et les données au niveau national sur les variables du côté droit pour y prédire (les charges moyennes de mise en place et de fonctionnement par ha de la GDS par pays).

Nous avons émis l'hypothèse que les variables suivantes auront une relation positive avec les coûts de capital et de fonctionnement des interventions de la GDS : quantité de terre agricole dans le pays, les terres agricoles en tant que proportion de la superficie globale, la production céréalière et la valeur agricole ajoutée par ouvrier. Nous avons basé ces hypothèses sur nos observations de la dégradation des sols en Afrique. L'on a également remarqué que les zones d'Afrique qui ont été cultivées intensivement (ex. les régions montagneuses d'Afrique de l'est) ont des niveaux très élevés de dégradation des terres cultivées. De telles zones produisent de grandes quantités de céréales, ce qui se traduit par une valeur agricole ajoutée élevée par ouvrier. Il s'ensuit qu'au moment où une intervention particulière de la GDS est en train d'être mise en œuvre dans ces zones, la terre sera dans un relatif mauvais état, ce qui se traduit par des dépenses de capital et de fonctionnement élevées pour la rendre à nouveau durablement productive.

Nous avons émis l'hypothèse que les variables suivantes auront une relation négative avec les coûts de capital et de fonctionnement des interventions de la GDS : le taux de croissance de la population rurale, la population rurale en termes de pourcentage de la population totale, l'indice de production vivrière. Notre hypothèse se fonde sur des expériences en Afrique de l'Est où nous avons des terres arides et semi-arides abritant des populations rurales, une faible population avec une faible croissance démographique et des performances relativement mauvaises en termes d'indice de production alimentaire et vivrière. En termes relatifs, ces zones subissent une grave dégradation des sols. Cela ne signifie pas que nous nions l'existence d'éventuelles possibilités que dans ces zones, le climat pourrait également s'associer aux impacts de la dégradation des sols.

3.6. Résultats empiriques et discussions

La présente section contient les résultats et les discussions issues de cette étude. La section 3.6.1 fournit les statistiques descriptives, et dans la section 3.6.2., on explique pourquoi il n'était pas possible d'obtenir des fonctions de transfert méta-analytique avec des propriétés statistiques souhaitables dans la base seule de données de WOCAT. La section 3.6.3 explique comment les données de WOCAT combinées aux variables du *Tableau 11* ont

été utilisées pour estimer les fonctions de transfert méta-analytique qui ont été par la suite utilisées pour prédire les coûts de capital (2012 dollars US/ha) et de fonctionnement (2012 dollars US/ha/an) des interventions de la GDS en Afrique dans la Section 6.3.1.

3.6.1. Statistiques descriptives

Date de mise en place: Les résultats montrent que les dates de mise en place des différentes interventions de la GDS vont de 1970 à 2015: 1970 (17 études, 18,89%), 1995 (1 étude, 1,11%), 1997 (1 étude, 1,11%), 1999 (7 études, 7,78%), 2000 (1 étude, 1,11%), 2001 (4 études, 4,44%), 2002 (2 études, 2,22%), 2003 (8 études, 8,89%), 2004 (1 étude, 1,11%), 2005 (7 études, 7,78%), 2007 (2 études, 2,22%), 2008 (3 études, 3,33%), 2009 (2 études, 2,22%), 2011 (20 études, 22,22%), 2012 (6 études, 6,67%), 2013 (4 études, 4,44%), 2014 (3 études, 3,33%), and 2015 (1 étude, 1,11%).

Coûts de capital en dollars US par ha (2012): les coûts de capital actualisés de l'année concernée (c'est-à-dire à la date de mise en place) à l'année 2012. Les résultats montrent que le coût minimal de mise en place était de 0,4788 dollars US par ha (l'intervention de la GDS dans la lutte antiparasitaire et la gestion intégrée des sols au Kenya-1970), le maximum était de 86.992,35 dollars US (l'intervention de la GDS dans la gestion des forêts avec des produits chimiques en Afrique du Sud, 2003), avec une médiane de 344,2103. Le test de Shapiro-Wilk ($W = 0.29661$) a rejeté l'hypothèse nulle de normalité des coûts actualisés de capital à 1% du niveau de signification.

Coûts de fonctionnement en dollars US par ha par an (2012): les charges de fonctionnement de l'année concernée (c'est-à-dire la date de mise en place) ont été actualisées en 2012. Les résultats montrent que les charges minimales de fonctionnement s'élevaient à 0,0324 dollars US par ha par an (l'intervention radicale de la GDS sur les terrasses au Rwanda, 1970), et le maximum était de 21.748,09 dollars US (l'intervention de la GDS dans la gestion des forêts avec des produits chimiques en Afrique du Sud, 2003), avec une médiane de 63,32133. Le test de Shapiro-Wilk ($W = 0.24554$) a rejeté l'hypothèse nulle de normalité des coûts actualisés de capital à 1% du niveau de signification.

Région d'Afrique où l'étude de cas a été menée: Les résultats montrent que l'Afrique de l'Est avait

le plus grand nombre d'études de cas (56 études, 62,22%), suivi de l'Afrique australe (14 études, 15,56%), l'Afrique occidentale (13 études, 14,44%), l'Afrique du nord (6 études de cas, 6,67%) et enfin l'Afrique centrale (1 étude, 1,11%).

Utilisation des terres avant la dégradation: les résultats montrent que dans la majorité des cas, les terres étaient utilisées pour la culture des plantes annuelles (37 cas, 41,11%), suivi par une culture des plantes annuelles et le pâturage extensif (14 cas, 15,6%), l'agro-pastoralisme (5 cas, 5,56%), les forêts, les forêts boisées laissées au repos (4 cas, 4,44%), la culture des plantes non ligneuses (3 cas, 3,33%), agroforesterie (3 cas, 3,3%), le silvo-pastoralisme (2 cas, 2,22%), le pâturage extensif, la production de fourrage (1 cas, 1,11%), gestion durable de la forêt équatoriale (1 cas, 1,1%) et la plantation d'arbres et d'arbustes (1 cas, 1,1%). Cela nous permet de conclure que la culture annuelle de plantes est de loin le principal mode d'exploitation de la terre qui entraîne la dégradation des sols.

Domaine d'intervention: Les résultats montrent que dans 41 cas (45,56%), l'objectif de l'intervention de la GDS était d'atténuer ou de réduire les impacts de la dégradation des sols. Dans 25 cas (27,78%), l'objectif de l'intervention de la GDS était de réhabiliter les sols dégradés, alors que dans 24 études de cas (26,67%), l'objectif de cette intervention était de prévenir une telle dégradation. Puisqu'il est bien clairement reconnu qu'il est moins coûteux de prévenir la dégradation des sols que d'en atténuer les effets ou de réhabiliter les sols, il est bon que la politique se consacre beaucoup plus à la prévention qu'à l'atténuation ou à la réhabilitation.

Le Climat: Les résultats montrent que les zones semi-arides (41 cas, 45,56%) et subhumides (40 cas, 44,44%) représentent la plus grosse part des cas de dégradation. Les zones arides représentent 6 études de cas (6,67%), alors que les zones humides représentent 3 cas (3,33%). Cela implique que la politique devrait prêter plus d'attention à la gestion des sols dans les zones semi-arides et subhumides.

Le volume annuel de précipitations: Les résultats montrent que 20 des études de cas (22,22%) ont été menées dans des régions où le volume des précipitations oscillait entre 750 et 1000 mm, 19 (21,11%) dans des régions où le volume des précipitations oscillait entre 500 et 750 mm, 19 (21,11%) dans des régions où le volume des précipitations

T A B L E A U 1 3

Analyse de régression bivariée

Variables indépendantes	En (coûts de capital /ha)	En (coûts récurrents réels /ha/année)
En (population rurale comme pourcentage de la population totale)	*** (négatif)	** (négatif)
En (terre agricole comme pourcentage de toute la terre)	*** (positif)	* (positif)
En (Indice de production de cultures)	** (négatif)	** (négatif)
En (Indice de production alimentaire)	* (négatif)	** (négatif)
En (population pays)	Non statistiquement significatif	Non statistiquement significatif
En (population rurale)	Non statistiquement significatif	Non statistiquement significatif
En (PIB)	* (positif)	Non statistiquement significatif
En (croissance population rurale)	** (négatif)	Non statistiquement significatif
En (étendue de la terre cultivable)	Non statistiquement significatif	Non statistiquement significatif
En (terre arable)	Non statistiquement significatif	Non statistiquement significatif
En (terre arable comme pourcentage de toute la terre)	Non statistiquement significatif	Non statistiquement significatif
En (terre consacrée à la culture de céréales)	Non statistiquement significatif	Non statistiquement significatif
En (terre consacrée aux cultures permanentes)	Non statistiquement significatif	Non statistiquement significatif
En (terre sous couverture forestière)	Non statistiquement significatif	* (positif)
En (terre sous couverture forestière comme pourcentage de toute la terre)	* (positif)	** (positif)
En (précipitations moyennes)	Non statistiquement significatif	Non statistiquement significatif
En (étendue de superficie)	Non statistiquement significatif	Non statistiquement significatif
En (indice de production de bétail)	** (positif)	Non statistiquement significatif
En (superficie)	Non statistiquement significatif	Non statistiquement significatif
En (rendement de céréales)	* (positif)	Non statistiquement significatif
En (VA agriculture par ouvrier)	** (positif)	Non statistiquement significatif
En (VA agriculture comme pourcentage du PIB)	*** (négatif)	** (négatif)
En (unités totaux de bétail 2012 en 1000)	Non statistiquement significatif	Non statistiquement significatif

oscillait entre 100 et 1500 mm, 19 (21,11%) dans des régions où le volume des précipitations oscillait entre 250 et 500 mm, 5 (5,56%) dans des régions où le volume des précipitations était inférieur à 250 mm, 4 (4,44%) dans des régions où le volume des précipitations oscillait entre 2000 et 3000 mm. Cela nous permet de conclure que la plupart des cas d'intervention de la GDS sont nécessaires dans les régions subhumides.

Densité de population: Les résultats montrent que la majorité des études venait des zones où les densités de population sont inférieures à la moyenne: 2 études venaient de zones où la densité de population était de 50 habitants au km², 17 de zones où la

densité de population était respectivement de 200 habitants et de 500 habitants au km², 13 de zones où la densité de population était de 100 habitants au km² et 1 de zones où la densité de population était de 500 habitants au km². La densité de population n'apparaît pas dans 14 études.

Pour résumer, l'échantillon des études de cas analysées suggère les messages suivants concernant les expériences portant sur la dégradation des sols en Afrique:

- La culture annuelle des plantes est le principal mode d'exploitation des terres à l'origine de la dégradation des sols.

TABLEAU 14

Coûts réels de capital de la GDS en Afrique 2012 USD/ha

	Terre agric. En tant que a % de la superficie totale	Pop Rurale comme a % de la population totale	Indice de production des cultures	Indice de production de la nourriture
Moyen (USD)	376,82	703,28	636,82	563,91
Médiane (USD)	275,92	334,55	530,07	494,55
Maximum (USD)	1,060,11	9,229,18	2,460,44	2,148,61
Minimum (USD)	0,75	135,38	118,63	80,75

TABLEAU 15

Coûts récurrents réels de la GDS en Afrique 2012 USD/ha/année

	Terre agric. En tant que a % de la superficie totale	Pop Rurale comme a % de la population totale	Indice de production des cultures	Indice de production de la nourriture
Moyen (USD)	61,19	145,98	142,55	146,75
Médiane (USD)	55,21	66,28	114,22	116,05
Maximum (USD)	131,98	1,956,08	600,50	701,57
Minimum (USD)	1,20	27,35	22,64	12,60

- La dégradation des sols est importante dans les zones semi-arides et humides où prévaut un climat humide et subhumide.
- La plupart des interventions de la GDS sont conçues pour atténuer (réduire) les impacts de la dégradation des sols ou réhabiliter les sols dégradés et non pour prévenir la dégradation des sols.

3.6.2. Estimation des fonctions de transfert méta-analytique à partir des données de WOCAT

Dans la section 6.1., nous avons montré que les deux variables dignes d'intérêt dans la présente étude étaient non normales. Elles ont ainsi été enregistrées au départ avant l'utilisation d'OLS pour les régresser par rapport aux variables indépendantes suivantes: région d'Afrique où l'étude de cas a été menée (x1), utilisation du sol avant la dégradation (x2), climat et lieu d'intervention de la GDS (x3), domaine d'intervention (x4), volume annuel moyen des précipitations (x5) et densité de population (x6).

Différentes spécifications de la fonction de transfert ont été essayées en vue d'obtenir un modèle avec les propriétés statistiques souhaitables qui pouvaient expliquer les variations dans les variables dépendantes. Malheureusement, ce processus s'est avéré très laborieux: après avoir mené l'expérience avec de nombreuses spécifications, la fonction qui pouvait le mieux expliquer les variations dans les variables dépendantes s'est avérée compliquée, avec des termes orthogonaux qui n'avaient pas d'interprétations économiques directes. En outre, la fonction s'est révélée médiocre lorsqu'il s'est agi de prédire ce que nous observions. Par conséquent, la tentative pour estimer la fonction de transfert méta-analytique en se fondant sur les seules données de WOCAT a été abandonnée.

3.6.3. Estimation des fonctions de transfert méta-analytique à partir d'une base de données plus large

Il y a eu une première tentative d'utilisation d'OLS pour régresser les variables dépendantes à partir

de la base de données de WOCAT (coûts de capital réels/ha et coûts de fonctionnement réels/ha/année) par rapport aux variables indépendantes du *Tableau 9* en utilisant l'analyse de la régression multi-variables. Cette tentative s'est également avérée fastidieuse : nous ne pouvions pas obtenir une fonction multi-variable avec des propriétés statistiquement souhaitables et les signes attendus pour les coefficients¹⁰. Par conséquent, nous avons régressé les variables dépendantes par rapport à la variable indépendante en utilisant les régressions à deux variables (*Tableau 13*). La section 6.3.1. explique la procédure qui a été utilisée pour sélectionner le sous-ensemble des régressions à deux variables du *Tableau 11* pour utilisation dans le reste de l'analyse.

3.6.4. Sélection des fonctions de transfert méta-analytique

Les critères suivants ont été utilisés pour sélectionner les fonctions de transfert méta-analytique du

Tableau 11 à utiliser plus tard lors de l'estimation des coûts de capital et de fonctionnement de la GDS en Afrique (par pays) :

- Premièrement, les coefficients beta étaient nécessaires pour être statistiquement significatifs dans les deux équations (c'est-à-dire l'équation pour les coûts de capital et les coûts de fonctionnement). Ce critère excluait de l'étude les régressions à deux variables ayant les variables indépendantes suivantes : la population du pays, la population rurale, le PIB, la croissance de la population rurale, l'étendue des terres agricoles, les terres arables, les terres arables en pourcentage du total des terres, les terres de production céréalière, terres de production agricole permanente, terres sylvicoles, volume moyen des précipitations, taille globale des terres, indice de production de bétail, la superficie, rendement céréalier, la valeur agricole ajoutée par ouvrier, total des tête de bétail.

¹⁰ Ce résultat ne devrait pas surprendre, étant donné que ceci est une tentative d'associer les ensembles de données de différentes sources rassemblées à diverses fins dans une régression multivariable régression.



TABLEAU 16

Coûts réels du capital du GDS en Afrique 2012 USD/ha (mécanique)

	Terre agric. En tant que a % de la superficie totale	Pop Rurale comme a % de la population totale	Indice de production des cultures	Indice de production de la nourriture
Moyen (USD)	2,828,65	932,55	197,64	620,68
Médiane (USD)	416,07	667,74	110,58	371,45
Maximum (USD)	84,843,55	4,841,15	2,607,71	3,199,60
Minimum (USD)	102,79	96,74	2,83	93,44

TABLEAU 17

Coûts récurrents réels de la GDS en Afrique 2012 USD/ha/année (mécanique)

	Terre agric. En tant que a % de la superficie totale	Pop Rurale comme a % de la population totale	Indice de production des cultures	Indice de production de la nourriture
Moyen (USD)	998,23	191,90	33,74	109,56
Médiane (USD)	77,72	126,78	18,69	63,23
Maximum (USD)	35,895,09	1124,88	451,20	582,87
Minimum (USD)	15,49	15,08	0,47	15,12

TABLEAU 18

Capital réels et coûts récurrents de la GDS en Afrique 2012 USD/ha/année (biologique)

	Terres consacrées aux cultures en permanence	
	Capital de coûts réels de la GDS en Afrique 12USD/ha	Coûts réels récurrents pour la GDS en Afrique USD/ha
Moyen (USD)	404,21	97,91
Médiane (USD)	241,84	57,62
Maximum (USD)	2002,65	794,29
Minimum (USD)	12,42	2,82

■ Au-delà de la signification statistique, les coefficients beta étaient également nécessaires pour obtenir les signes attendus dans les deux équations. Ce critère excluait de l'étude les régressions à deux variables ayant les variables indépendantes suivantes: les terres sylvoles en pourcentage du total des terres et la valeur agricole ajoutée en pourcentage du PIB.

Les critères qui nous restaient avec les régressions à deux variables avaient les variables suivantes:

- Population rurale en pourcentage de l'ensemble de la population,
- Terres agricoles en pourcentage de la superficie totale,
- Indice de production des cultures,
- Indice de production vivrière et
- Indice de production alimentaire.

Les fonctions méta-analytiques ont ainsi été estimées à partir du fichier des données:

Coûts réels du capital en dollars US/ha (2012)

$$\ln. (\text{Coûts réels du capital en dollars US/ha}) = 14,9268 - 2,219921 \ln. (\text{po rurale en \% de toute la pop}) \quad (12)$$

$$(t = -2.78) (R^2 = 0.0824)$$

$$\ln. (\text{Coûts réels du capital en dollars US/ha}) = -3,1921 + 2,297315 \ln. (\text{Terres agricoles en \% de toutes les terres}) \quad (12)$$

$$(t = 3.00) (R^2 = 0.0947)$$

$$\ln. (\text{Coûts réels du capital en dollars US/ha}) = 25,92648 - 4,07868 \ln. (\text{Indice de production vivrière}) \quad (14)$$

$$(t = -2.52) (R^2 = 0.0688)$$

$$\ln. (\text{Coûts réels du capital en dollars US/ha}) = 31,00077 - 5,148744 \ln. (\text{Indice de production alimentaire}) \quad (15)$$

$$(t = -1.88) (R^2 = 0.0393)$$

Coûts réels de fonctionnement en dollars US/ha/an (2012)

$$\ln. (\text{Coûts réels de fonctionnement en dollars US/ha/an}) = 13,47728 - 2,258501 \ln. (\text{Pop rurale en \% de la pop totale}) \quad (16)$$

$$(t = -2.52) (R^2 = 0.0690)$$

$$\ln. (\text{Coûts réels de fonctionnement en dollars US/ha/an}) = -1,69767 + 1,487594 \ln. (\text{Terres agricoles en \% de l'ensemble des terres}) \quad (17)$$

$$(t = 1.69) (R^2 = 0.0321)$$

$$\ln. (\text{Coûts réels de fonctionnement en dollars US/ha/an}) = 26,01122 - 4,419321 \ln. (\text{indice de production vivrière}) \quad (18)$$

$$(t = -2.45) (R^2 = 0.0653)$$

$$\ln. (\text{Coûts réels de fonctionnement en dollars US/ha/an}) = 35,16794 - 6,320925 \ln. (\text{Indice de production vivrière}) \quad (19)$$

$$(t = -2.08) (R^2 = 0.0479)$$

A l'étape suivante, nous avons utilisé les données de 2012 pour chaque pays intégrées sur la droite des équations 12 – 19 pour prédire les coûts réels du capital (en dollars US/ha) et les coûts réels de fonctionnement (en dollars US/ha/an) des interventions de GDS. Ce processus nous a permis d'obtenir 4 estimations des coûts réels du capital en dollars US/ha de 2012) et 4 estimations des coûts réels de fonctionnement (en dollars US/ha/an de 2012) pour le pays. Les équations 20–27 donnent un exemple de la manière dont les équations 12 – 19 ont été utilisées pour prédire les coûts réels moyens de capital moyen (en dollars US) et les coûts moyens réels de fonctionnement des interventions de la GDS au Kenya :

Coûts réels du capital en dollars US/ha (2012) du Kenya

$$194 \text{ dollars US/ha} = \text{expo. } [14,9268 - 2,219921 \ln, (75,63)] \quad (20)$$

$$288 \text{ dollars US/ha} = \text{expo. } [-3,1921 + 2,297315 \ln, (48,195523)] \quad (21)$$

$$129 \text{ dollars US/ha} = \text{expo. } [25,92648 - 4,07868 \ln, (172,94)] \quad (22)$$

$$184 \text{ dollars US/ha} = \text{expo. } [31,00077 - 5,148744 \ln, (148,17)] \quad (23)$$

Coûts réels du capital en dollars US/ha/an (2012) pour le Kenya

$$39 \text{ dollars US/ha/an} = \text{expo. } [13,47728 - 2,258501 \ln, (75,63)] \quad (24)$$

$$57 \text{ dollars US/ha/an} = \text{expo. } [-1,69767 + 1,487594 \ln, (48,195523)] \quad (25)$$

$$25 \text{ dollars US/ha/an} = \text{expo. } [26,01122 - 4,419321 \ln, (172,94)] \quad (26)$$

$$35 \text{ dollars US/ha/an} = \text{expo. } [35,16794 - 6,320925 \ln, (148,17)] \quad (27)$$

Les coûts du capital prédits du modèle des interventions de la GDS (en dollars US/ha en 2012) par pays en Afrique sont présentés à l'*Annexe 3a* et les coûts de fonctionnement prédits du modèle des interventions de la GDS (en dollars US/ha en 2012) par pays en Afrique sont présentés à l'*Annexe 3b*. Les *Tableaux 14* et *15* donnent un résumé des coûts de capital et des coûts de fonctionnement des interventions de la GDS (en dollars US/ha en 2012) par pays en Afrique.

Aux fins de la mise en œuvre de l'analyse du bénéfice des coûts des interventions de la GDS par pays plus tard dans le chapitre, nous avons besoin d'une « figure unique » aussi bien pour les coûts de capital (en dollars US/ha) que pour les coûts de fonctionnement (en dollars US/ha en 2012) (au lieu des 4 estimations présentées aux *Tableaux 12–13*). Nous avons utilisé 3 approches différentes pour obtenir

une telle estimation. Dans la première approche, nous avons calculé la moyenne arithmétique des prédictions obtenues à partir des 4 régressions relevées aux *Annexes 3a* et *3b* par pays. C'est ce que nous avons appelé estimation 1 à l'*Annexe 3c*. Dans la deuxième approche, nous avons utilisé le t-test pour regrouper les prédictions relevées aux *Annexes 3a* et *3b* dans les sous-ensembles qui étaient statistiquement similaires. Par exemple, l'on peut utiliser le t-test pour vérifier si les prédictions moyennes fournies par les régressions «terre agricole en pourcentage de la superficie totale» et «population rurale et pourcentage de toute la population» sont statistiquement similaires (c'est-à-dire hypothèse nulle d'égalité des moyennes). Cette approche a montré que les prédictions fournies par les régressions «terre agricole en pourcentage de la superficie totale» et «population rurale en pourcentage de toute la population» étaient statistiquement similaires. L'estimation 2 (*Annexe 3c*) équivaut en moyenne aux prédictions fournies par les régressions «terre agricole en pourcentage de la superficie totale» et «population rurale en pourcentage de toute la population». L'estimation 3 (*Annexe 3c*) équivaut en moyenne aux prédictions fournies par les régressions «terre agricole en pourcentage de la superficie totale» et «indice de production vivrière». L'estimation 2 (*Annexe 3c*) se rapproche encore plus des coûts de capital et de fonctionnement des interventions de la GDS observées dans les données utilisées pour estimer les fonctions de méta-transfert.

Finalement, nous avons désagrégé les coûts totaux de la GDS en Afrique relevées dans les *Tableaux 14-15* en coûts des techniques mécaniques et biologiques. Les résultats produits par la présente analyse sont présentés aux *Tableaux 16-18*, avec des détails présentés à l'*Annexe 3d-3f*.

3.7. Limites de l'utilisation de l'approche fonction de transfert méta-analytique pour estimer le coût de la GDS en Afrique par pays

La capacité d'OLS à prédire les paramètres démographiques inconnus dépend abondamment de la vérification de l'hypothèse de l'indépendance et la distribution identique (Idi). Cette hypothèse va vraisemblablement être garantie si les observations sont sélectionnées de façon aléatoire au sein de la population. Malheureusement dans notre

cas, nous n'avons pas eu le privilège de sélectionner un échantillon aléatoire simple. Nous avons utilisé les données qui étaient sur des déclarations volontaires sans garantie que l'hypothèse (Idi) sera vérifiée. Toutefois et fondamentalement pour notre objectif, tant que le reste des hypothèses de Gauss Marlov est vérifiée, l'on n'aura théoriquement pas tort d'utiliser OLS sur ces données même si l'Idi n'est pas vérifiée. Les estimations que l'on obtient à partir d'OLS étant donné qu'Idi n'est pas vérifié ne seront pas erronées; elles seront biaisées. C'est pour cette raison que nous avons préféré fournir 3 estimations pour chaque pays à l'*Annexe 3c* pour donner un intervalle d'estimation au lieu d'un seul point pour cette estimation.

L'autre limite importante que nous avons trouvée avec cet échantillon est qu'il y avait une variabilité énorme dans les valeurs fournies pour les variables dépendantes, donnant ainsi lieu à des valeurs aberrantes qui peuvent avoir un impact sur la capacité prédictive d'OLS. Ainsi par exemple, le coût de la mise en place oscillait entre 0,4788 dollars US par ha en 2012 et 86.992,35 dollars US par ha en 2012. Le coût de fonctionnement oscillait entre 0,0324 dollars US par ha en 2012 et 21.748,09 dollars US par ha en 2012. Puisque nous avons enregistré ces variables avant l'estimation, nous espérons que nous avons été en mesure de limiter l'influence de ces données aberrantes.

Il existe d'autres questions qui pouvaient éventuellement limiter les prédictions de la présente analyse: les études de cas analysées n'étaient pas tirées de tous les pays d'Afrique; la présente étude donne une estimation du coût moyen de la GDS en Afrique. Or en réalité, il existe de nombreuses variations dans le coût des mesures agronomiques et les mesures de gestion; à l'exception de l'Éthiopie, du Kenya, de la Tanzanie et de l'Afrique du Sud, les études échantillonnées dans les autres pays sont trop petites pour donner une bonne indication des coûts moyens de la GDS dans les pays, etc. Tout cela constitue des préoccupations pertinentes. Si cela avait été possible, nous aurions conçu nos propres échantillons, collecté nos propres données de base et fonder nos statistiques déductives sur l'analyse des échantillons que nous aurions conçus. Toutefois, dans cet exercice, nous utilisons les meilleures pratiques pour analyser les données actuellement disponibles. C'est le mieux qu'on puisse espérer. Nos estimations doivent être interprétées dans ce contexte.

04

Rapport coûts-bénéfice et rapport avantages-coûts

4.1. Introduction

L'analyse dans les précédents chapitres donne un aperçu des pertes auxquelles font face les pays africains du fait du manque d'action contre l'appauvrissement des nutriments. L'objectif du présent chapitre est de faire une analyse du bénéfice des coûts en cas d'action entreprise contre l'appauvrissement des nutriments en Afrique en se basant sur les résultats des précédents chapitres. Le chapitre cherche précisément à évaluer ce qui arrivera dans l'avenir :

- Si les pays n'entreprennent aucune action, autrement dit quel est le coût de l'inaction?
- Si les pays entreprennent une action, combien cela leur coûtera de s'attaquer à l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion des sols?
- Quelle est la valeur actuelle des bénéfices d'une telle action? et
- Enfin, comparer les bénéfices de l'action entreprise avec les coûts de l'action pour les décideurs.

Ainsi, la section suivante du chapitre aborde la manière dont la valeur nette et les rapports coût-bénéfices actuels de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion et la pauvreté sont calculés. La section fournit également des hypothèses concernant les flux des bénéfices et des coûts futurs. La section 3 du chapitre présente les résultats de l'analyse du bénéfice du coût et est suivi des résultats de l'analyse de sensibilité. Les conclusions et les recommandations de politique sont données au *Chapitre 5*.

4.2. Méthodes: Valeur nette et rapports coût-bénéfices actuels

Nous avons appliqué la valeur actuelle nette (NPV) comme principal critère de prise de décision pour évaluer la rentabilité économique des actions entreprises contre l'appauvrissement des nutriments. La valeur actuelle nette résume les flux annuels

escomptés des bénéfices nets qui, à leur tour, sont la différence entre les bénéfices escomptés de l'action et les coûts escomptés de l'action entreprise contre l'appauvrissement des nutriments tout au long du cycle de vie du projet. La valeur actuelle nette d'un projet est la somme par laquelle il augmente la richesse en termes de valeur actuelle. La règle en matière de décision est d'accepter un projet, dans le cas d'espèce, entreprendre une action contre l'appauvrissement des nutriments, avec valeur actuelle nette et négative et sinon rejeter :

$$NPV_{ij} = \sum_{t=0}^T [(B_{ijt} - C_{ijt}) / (1 + r_i)^{-t}] \quad (28)$$

Où,

NPV_{ij} est la valeur actuelle nette (en dollars US de PPA) par pays i pour avoir entrepris une action contre l'appauvrissement des nutriments causé par le facteur j .

B_{ijt} est le bénéfice de l'action entreprise par un pays i au moment t (en dollars US de PPA) pour avoir entrepris une action contre l'appauvrissement des nutriments causé par le facteur j .

C_{ijt} est le coût pour le pays i pour avoir entrepris une action contre l'appauvrissement des nutriments causé par le facteur j au moment t (en dollars US de PPA).

r est le taux escompté réel dans un pays i

t est le temps en année ($t = 0, 1, 2, \dots, T$)

j est le facteur responsable de l'appauvrissement des nutriments

i est un indice inférieur du pays.

Le calcul de NPV pour avoir entrepris une action contre l'appauvrissement des nutriments causé par un facteur précis requiert une décision portant sur trois paramètres importants, lesquels peuvent nécessiter la formulation de quelques hypothèses plausibles et pertinentes sur le plan politique. Il s'agit de la période d'actualisation, les flux des coûts et des bénéfices au cours de la période d'actualisation, et les taux d'actualisation.

La période d'actualisation: Le premier est de déterminer une période raisonnable au cours de

ⁱ www.unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49regin.htm

laquelle les pays entreprennent des actions contre l'appauvrissement des nutriments. En déterminant la période d'actualisation, la définition des objectifs de développement à l'échelle nationale et mondiale et les délais fixés pour l'atteinte de ces objectifs constituent des facteurs importants à prendre en compte pour que les résultats de l'étude puissent être intégrés aux objectifs à l'échelle nationale, régionale et mondiale. A cet effet, nous avons choisi une période de 15 ans (2016–2030) qui est également la période au cours de laquelle le monde est en train de lancer les Objectifs du Développement durable post-2015 après avoir tiré les leçons des 15 dernières années d'efforts en vue de l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement.

Flux des coûts et des bénéfices de l'action: Une fois la période du projet déterminée, la prochaine étape consiste à estimer les flux des coûts et des bénéfices de l'action pour chaque année de la période d'actualisation. Des hypothèses plausibles ont été formulées dans la détermination des flux des coûts et des bénéfices induits par l'action entreprise contre l'appauvrissement des nutriments induits par l'érosion et la pauvreté. Ces hypothèses sont présentées dans la case 5.

Taux d'actualisation: le choix du taux d'actualisation pour l'analyse du bénéfice des coûts qui joue un rôle fondamental dans l'évaluation des projets publics, a été au centre de débats permanents dans

ENCADRÉ 5

Hypothèses relatives aux flux des coûts et des bénéfices

Les hypothèses relatives aux flux des coûts et des bénéfices de l'action contre la dégradation des sols:

- Nous avons supposé que chaque pays mettra en place des structures de gestion durable des sols sur 20 % de la zone céréalière (moyenne de la superficie cultivée avec des céréales en 2010–2012) et que toutes les terres cultivables bénéficieront de ces structures de contrôle de l'érosion avant la fin des 5 premières années. Ainsi, la valeur de σ dans l'équation 10 est 0,2. Parce que la mise en place des structures de conservation sur les terres cultivables nécessite la main-d'œuvre, nous avons pris en compte cette main-d'œuvre dans l'agriculture et toute la superficie cultivées avec des céréales pour déterminer le rapport. Toute la main-d'œuvre pour l'année 2 à 12 dans tous les 42 pays était d'environ 218 millions et toutes les terres cultivables avaient une superficie de 104 millions d'hectares. Ainsi, le rapport superficie main-d'œuvre était d'environ 0,478. En supposant qu'un plan de mise en valeur sur 20 % de la superficie bénéficiant de structures de conservation implique le besoin d'un ouvrier agricole pour développer une structure de conservation sur 0,095 ha de terre par an, étant donné la ressource technique et financière.
- Nous avons supposé que les coûts de maintenance commencent et se poursuivent à partir de la 2ème année.

- En cas de flux des bénéfices de l'action, nous avons prévu zéro bénéfice de l'action si $t = 1$. Les bénéfices de l'action au cours des années suivantes sont supposés être un produit de $n\lambda$ et le coût de l'inaction tel que décrit dans les équations 9a et 9b où $\lambda = 0,75\sigma$ avec 0,75 représentant le taux effectif de la structure de gestion durable du sol dans le contrôle de l'érosion. Les mesures de conservation des sols et de l'eau varient en efficacité s'agissant de la réduction de l'érosion des sols à cause de différents facteurs. Par exemple, l'on indique que les terrains aménagés en gradins et terrasses ont 75 % d'efficacité en matière de réduction de l'érosion des sols (Tenge, et al, 2011).

Les hypothèses portant sur les flux des coûts et des bénéfices de l'action contre la dégradation des sols due à l'érosion:

- Nous avons supposé que chaque pays définira la réduction de la pauvreté comme objectif prioritaire de politique et s'efforcera de parvenir à un écart de pauvreté de zéro d'ici 2030. Sur une période de 15 ans, cela revient à dire qu'en moyenne, un pays doit réduire annuellement l'écart de pauvreté de 6,67 % de son niveau actuel. Ainsi, $w = 0.067$ dans l'équation 11, qui est sous-entendu pour déterminer le flux du coût de la réduction de la pauvreté.
- De la même manière, $\lambda = 0,067$ a été appliqué dans les équations 9a et 9b pour calculer les flux des bénéfices de l'action.

la littérature économique. Il existe deux écoles de pensées en matière de taux d'actualisation, notamment l'approche descriptive et l'approche prescriptive (Arrow, et al, 1996). L'approche descriptive lie les taux d'actualisation aux taux d'intérêt des marchés financiers (Baum, 2009). Certains économistes de l'école descriptive estiment qu'un taux positif d'actualisation est nécessaire conformément à la logique selon laquelle les consommateurs ont une préférence temporelle positive dans le sens où ils ont besoin d'un stimulant sous forme de versement des intérêts pour remettre à plus tard leur consommation en épargnant. En se basant sur la notion de souveraineté du consommateur et en considérant la société comme la somme de tous les consommateurs, cette école de pensées estime que le taux d'actualisation sociale qui reflète la préférence temporelle de la société devrait être appliqué en faisant des choix intemporels (Perman & al, 2011). Comme l'indiquent Baum (2009), les défenseurs de l'approche descriptive comptent dans leurs rangs Bauer (1957), Nordhaus, (2007) et Anthoff, et al. (2008). L'autre école qualifiée de descriptive pense que la société ne devrait pas adopter les préférences des individus et donc le taux d'intérêt du marché. Cette école suggère plutôt l'utilisation des taux d'actualisation prescrits dérivés des vues fondamentales éthiques qui doit par exemple aborder la question de l'équité intergénérationnelle dans l'analyse des questions liées aux projets et autres questions sociétales ayant des effets à long terme à l'exemple des changements climatiques (Ramsey, 1928; Stern, 2008; Dasgupta, 2008).

Dans un marché parfaitement compétitif où il y a de l'efficacité et une allocation optimale des ressources, le taux d'intérêt du marché est considéré comme étant le taux d'actualisation sociale approprié. Toutefois, dans le monde réel où les marchés sont imparfaits, il y existe quatre alternatives dans le choix du taux d'actualisation sociale. Il s'agit du taux social de préférence temporelle (TSPT), du coût d'opportunité social marginal du capital (COS), la moyenne pondérée des deux et le prix virtuel du capital. Le TSPT est le taux auquel une société rapporte une unité de consommation courante en échange d'une plus forte consommation à venir. Les partisans de l'utilisation du TSPT comme taux d'actualisation estiment que les projets publics déplacent la consommation actuelle et les flux des coûts et des bénéfices actualisés sont les flux des biens de consommation rapportés ou gagnés (Sen, 1961; Marglin, 1963; Diamon & al, 1968; Kay,

1972). Les TSPT est surtout calculé approximativement après le taux de rendement avant impôts sur les obligations de l'Etat. La deuxième alternative est le coût d'opportunité social marginal du capital qui est basé sur la notion de rareté des ressources. Selon les défenseurs de cette alternative (exemple: Mishan, 1967; Baumol, 1968; Diamond and Mirrlees, 1971), le secteur public et privé sont en concurrence pour les mêmes fonds et c'est ainsi que l'investissement public entraîne une éviction de l'investissement privé. Le secteur public devrait générer au minimum le même rendement que le secteur privé, autrement les prestations sociales augmenteraient bien plus par une réallocation des ressources au secteur privé qui fournit des rendements plus élevés. Le taux réel avant impôts du rendement avant impôts sur les obligations les mieux cotées de sociétés est considéré comme étant une bonne valeur approximative du coût de l'opportunité sociale marginale (Moore et al. 2004). La troisième alternative est de prendre la moyenne pondérée du TSPT et du coût d'opportunité social marginal; toutefois, cette approche manque une règle claire pour établir les coefficients. La quatrième alternative est le prix virtuel du capital basé sur les contributions et proposée entre autres par Feldstein (1972), Bradford (1975) et Lind (1982). Cette méthode essaie de concilier les trois autres alternatives. De plus amples détails sur cette approche et toutes les approches alternatives peuvent être vues dans la revue de Zhuang, et al, (2007).

La revue ci-dessus montre qu'il n'existe pas une méthode ou mode de choix du taux d'actualisation passe-partout. Ainsi, pour notre analyse, nous avons utilisé le taux d'intérêt réel de chaque pays pour ce qui est de l'actualisation. Nous étions en mesure d'obtenir les données relatives aux taux d'intérêt réels pour la période 2010-2012 de 21 des 42 pays de notre échantillon extrait de la base de données de la Banque mondiale. Nous avons pris la moyenne géométrique des données des trois années pour déterminer le taux d'intérêt réel d'un pays. Pour les pays n'ayant aucune donnée, nous avons pris la moyenne des taux d'intérêts réels des 21 pays.

Rapports coût-bénéfices et annuité: Comme deuxième critère de décision, nous avons également calculé le rapport coût-bénéfices. En outre, pour chaque pays, les valeurs des annuités de PVC et de PVB ainsi que NPV ont été calculé et comparé au PIB moyen et les PIB agricoles des différents pays.

TABLE 19

Valeur des coûts actuels de l'inaction de l'épuisement des nutriments dû à la pauvreté et à l'érosion en Afrique
 ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ ans (20016–30))

Facteur	Zone de cultures de céréales en millions d'ha	Perte de millions tonnes de NPK / année	Valeur en coûts de remplacement en milliards de dollars US de PPA (dollar constant 2011)		Perte de millions de tonnes de cultures / année	Coûts de l'inaction (valeur de perte de cultures) en milliards de dollars US de PPA (dollar constant 2011)			
			PV	Annuité		PV	Annuité	Annuité en % moyen en 2010–12	
								PIB	PIB Agri
Erosion	104,44	4,73	72,40	5,090	279,69	4585,76	285,84	12,29	42,72
Pauvreté	104,44	0,81	13,62	0,811	37,44	665,27	27,55	1,75	6,22

Toutes les valeurs sont exprimées en dollars US de PPA à la valeur du dollar constant en 2011.

Analyse de sensibilité: Nous avons mené une analyse de sensibilité pour observer la sensibilité des NPV et du RCB aux changements des paramètres importants utilisés dans l'analyse du bénéfice du coût. Il s'agit des changements dans les taux d'actualisation, les prix des céréales, les coûts du capital et des interventions de maintenance de la gestion durable des sols (GDS) contre l'érosion de sols, l'efficacité des interventions de la GDS dans le contrôle de l'érosion des sols, et le taux ou nombre d'années nécessaires pour la mise en œuvre des interventions de la GDS.

4.3. Résultats de l'analyse du bénéfice du coût

4.3.1. Les valeurs actuelles des futurs coûts de l'inaction (2016–2030)

Coût de l'inaction contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion: Le *Tableau 19* ci-dessous montre les valeurs actuelles des coûts de l'inaction face à l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion et la pauvreté en Afrique. Dans les 15 prochaines années, l'inaction face à l'érosion des sols sur les 105 millions d'hectares de terre cultivable causera une perte totale annuelle d'environ 4,74 millions de tonnes de nutriments NPK d'une valeur d'environ 72,4 milliards de dollars US de PPA à la valeur actuelle, ce qui équivaut à 5,09 milliards de dollars US de PPA par an. La perte de ce service d'appui à l'écosystème coûtera également aux 42 pays sur le continent en termes de

perte céréalière, un service écosystémique agricole d'approvisionnement équivalent à près de 4950 milliards de dollars US de PPA à la valeur actuelle au cours des 15 années. Cela veut dire que la perte de rendement est d'environ 285,84 milliards de dollars US de PPA (= 127 milliards de dollars US) par an à la valeur actuelle en termes de coût annuel de l'inaction face à l'érosion de sols. Cette valeur de l'annuité du coût de l'inaction équivaut à 12,29% du PIB moyen annuel et à 42,72% du PIB agricole des 42 pays au cours de la période 2010–2012.

Le coût annuel de l'inaction contre l'appauvrissement des nutriments dû à l'érosion des sols est plus important pour les pays ayant les taux annuels d'érosion des sols et vice-versa. Par exemple, le coût moyen de l'inaction pour les pays du groupe du quantile supérieur de l'érosion (ER5) est de 17,38 milliards de dollars US de PPA (*Annexe 4a*). Parmi ces pays, on compte la RD Congo, l'Égypte, le Mali, la Mauritanie, la Namibie, le Niger, l'Afrique du Sud et le Soudan. Alors que le coût annuel correspondant de l'inaction pour les pays du groupe du quantile inférieur de l'érosion (ER1) est de 1,08 milliards de dollars US de PPA et parmi ces pays, il y a le Burundi, Djibouti, la Guinée, le Lesotho, le Malawi, le Rwanda, la Sierra Leone, le Swaziland et le Togo (*Annexe 4a*).

Coût de l'inaction contre l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté: Si l'écart de pauvreté actuel dans les pays africains reste inchangé au cours des 15 prochaines années, il entraînera une perte totale annuelle d'environ 0,81 millions de tonnes de nutriments NPK par an. Cela équivaut à environ 13,62 milliards de dollars US de PPA en valeur actuelle, soit 0,881 milliards de dollars US de PPA par an (*Tableau 19*). La perte de ce

T A B L E A U 2 0

Valeur des coûts actuels contre la pauvreté causée par l'épuisement des nutriments et l'érosion en Afrique
 $(-0.13 \leq r \leq 0.43; t = 15 \text{ ans (2016-30)})$

Facteur	Coûts d'installation de la GDS (Dollars US de PPA/ha)	Coûts d'entretien de la GDS (Dollars US de PPA/ha/an)	Coûts de l'action (Ressources nécessaires pour aider les pauvres à franchir le seuil de pauvreté) milliards de dollars US de PPA (dollar constant 2011)			
			PV	Annuité	Annuité en tant que	
					% PIB	% PIB Agri
Erosion	1082,45	203,81	344,312	21,17	1,15	4,53
Pauvreté			763,80	61,474	5,02	23,19

service d'appui à l'écosystème coûtera également au continent, en termes de perte céréalière, un service écosystémique d'approvisionnement de l'ordre de 665,27 milliards de dollars US en valeur actuelle au cours des 15 années. Cela équivaut à une perte de production céréalière de 37,44 de millions de tonnes/an représentant 27,55 milliards de dollars US de PPA (= 11,34 milliards de dollars US) par an en valeur actuelle comme coût annuel de l'inaction contre l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté. Cette valeur de l'annuité du coût de l'inaction équivaut à 1,75 et 6,22% du total des PIB généraux et agricoles des 42 pays pour la période 2010-2012. Le coût annuel moyen de l'inaction face à la perte de nutriments induite par la pauvreté dans les pays du quatrième quantile d'écart de pauvreté est le plus élevé (PG14 qui renvoie aux pays ayant un indice d'écart de pauvreté oscillant entre 0,21 et 0,33) et le plus bas pour les pays du quantile inférieur d'écart de pauvreté avec un écart de pauvreté inférieur à 0,07 (*Annexe 4b*).

4.3.2. Valeur actuelle des futurs coûts de l'action

Coût de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion: La présente étude indique que la mise en place de structures de gestion durable des sols sur les 104,4 millions d'hectares de terres agricoles dans les 42 pays sur une période de 5 ans et l'entretien de ces structures au cours de cette période de 15 ans jusqu'en 2013 coûtent près de 344 milliards de dollars US de PPA à la valeur actuelle. La valeur de l'annuité de ce coût s'élève à 21,17 milliards de dollars US de PPA (9,40 milliards de dollars US), ce qui représente 1,15% et 4,53% du total annuel de tout le PIB et du PIB agricole des 42 pays au cours de la période 2010-12.

Pour les classes d'érosion 1 à 4, la valeur actuelle du coût de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion dans les pays de la classe supérieure d'érosion est la plus élevée et vice-versa (*Annexe 4c*).

Coût de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté: A l'horizon de la prochaine année 2016, la population humaine des 42 pays africains atteindra 1,11 milliards d'habitants dont 206 millions vivent avec des revenus au-dessous du seuil de pauvreté. La population augmentera pour atteindre 1,53 millions en 2030. Si ces pays africains s'efforcent de réduire l'écart de pauvreté à zéro à l'horizon 2030, un total de près de 764 millions de dollars US à la valeur actuelle (environ 61,5 milliards de dollars de PPA par an) est nécessaire pour sortir les pauvres de la pauvreté et parvenir à un niveau de revenu égal au seuil de pauvreté (1,25 dollars de PPA par habitant par jour). Le coût annuel nécessaire pour l'action contre la pauvreté et donc les coûts liés à l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté pour environ 5% et 23% de la totalité des PIB globaux et agricoles des 42 pays. Le coût de l'action contre la pauvreté, et donc l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté est proportionnel au niveau de pauvreté du pays (*Annexe 4d*).

4.3.3. Valeurs actuelles des bénéfices de l'action comparées aux valeurs actuelles des coûts de l'action et de l'inaction

Bénéfice de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion: La présente étude indique qu'au cours des 15 années, près de 2 830 milliards de dollars US de PPA en valeur

TABLEAU 21

Valeur actuelle des coûts de l'inaction, coûts de l'action, bénéfices de l'action et NPV de l'action sur la lutte contre l'épuisement des nutriments du sol dû à l'érosion et la pauvreté des terres cultivables en Afrique ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ ans (2016–30))

Facteurs	PV des coûts de l'inac- tion	PV des coûts de l'action	Bénéfices de l'action				Benefits of action – Cost of action				RBC	RBC 2
			PV	Annuité	Annuité en % moyen de 2010–12		NPV	Annuité	Annuité NPV en % de			
					PIB	PIB Agri			PIB	PIB Agri		
Erosion	4585,8	344,3	2828,0	161,9	6,46	22,5	2483,7	140,68	5,31	17,93	6,58	0,62
Pauvreté	665,3	763,8	439,9	15,6	0,88	3,1	-323,9	-45,84	4,14	20,09	0,31	0,66

RBC2 = Bénéfices de l'action/coûts de l'inaction

actuelle seraient générés sous forme de bénéfice de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion. Cela exige de tous les 42 pays africains qu'ils investissent dans la gestion durable des sols sur un total de 104,4 milliards d'hectares de terres céréalières comme action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion sur les terres cultivables. La valeur de l'annuité de la valeur actuelle des bénéfices futurs de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion est estimé à environ 162 milliards de dollars US de PPA par an (= 71,82 milliards de dollars US de PPA/an) pour les 42 pays du continent. Ces bénéfices annuels de l'action équivalent à 6,46% et à 22,46% du PIB global et du PIB agricole de tous les pays pour la période 2010–2012. Les bénéfices moyens de l'action sont plus élevés que les pays qui connaissent actuellement des taux plus élevés d'érosion des sols et vice-versa.

Valeur nette actuelle de l'action contre l'appauvrissement des nutriments dû à l'érosion: Notre étude montre que les 42 pays sur le continent pourraient générer près de 2 480 milliards de dollars US de PPA en valeur nette actuelle au cours des 15 années si tous entreprennent des actions de lutte contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion sur les 104 millions d'hectares. Pour tous les 42 pays sur le continent, la valeur de l'annuité de NPV représente 141 milliards de dollars US de PPA/an, soit 62,42 milliards de dollars US/an. Cela équivaut à 5,31% et à 17,93% du PIB et du PIB agricole moyens de 2010–2012 des 42 pays (Tableau 21). En d'autres termes, en entreprenant une action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion, toute l'économie de ces pays pourrait croître de à un taux annuel de 5,31% par an par rapport à leur situation économique de 2010–2012.

Les valeurs spécifiques à un pays en termes de valeurs actuelles des coûts de l'inaction, du coût de l'action et des bénéfices de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion, sont présentés de la Figure 35a à la Figure 35e par classes d'érosion.

Rapport coût-bénéfices de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion: Le rapport coût-bénéfices moyen de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion est de 6,58, ce qui est une indication que les bénéfices de l'action sont près de 7 fois les coûts de l'action. Les rapports coût-bénéfices sont plus élevés en moyenne pour les pays ayant actuellement des taux d'érosion des sols élevés. En outre, nous avons également comparé les bénéfices de l'action aux coûts de l'inaction et nous avons trouvé que les bénéfices de l'action sont en moyenne de 62% les coûts de l'inaction, ce qui est une indication qu'il est possible d'accroître la frontière des bénéfices de l'action sur le long terme. En théorie, le niveau maximal possible de l'action contre l'appauvrissement des nutriments est égal au coût évité de l'inaction et ainsi, le rapport coût-bénéfices total de l'inaction est égal à 1. Toutefois, il serait non seulement être possible d'éviter le coût total de l'inaction avec le temps et ainsi, les bénéfices de l'action serait plus souvent une proportion du coût total de l'inaction ne serait-ce que sur le court terme. Les Figures 36a à 36e donnent les détails sur les rapports coût-bénéfices de pays spécifiques regroupés par classe d'érosion.

Bénéfices de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté: Au cours de la période 2016–2030, près de 440 milliards de dollars US de PPA en valeur actuelle pourrait être

FIGURE 3 4

Valeurs nettes actuelles, valeurs et bénéfices actuels des coûts de l'action, et valeurs actuelles des coûts de l'inaction des classes d'érosion 1-5

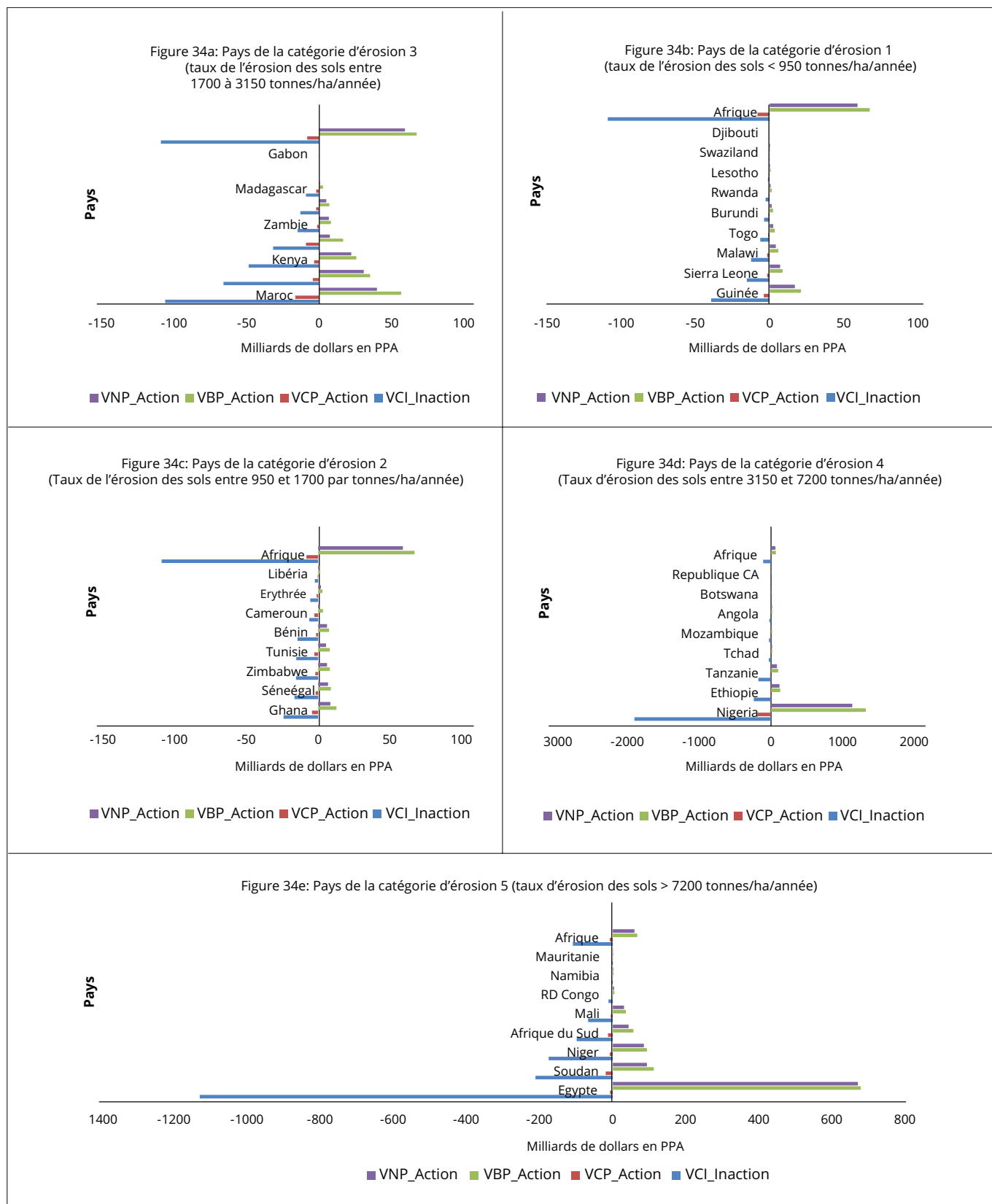
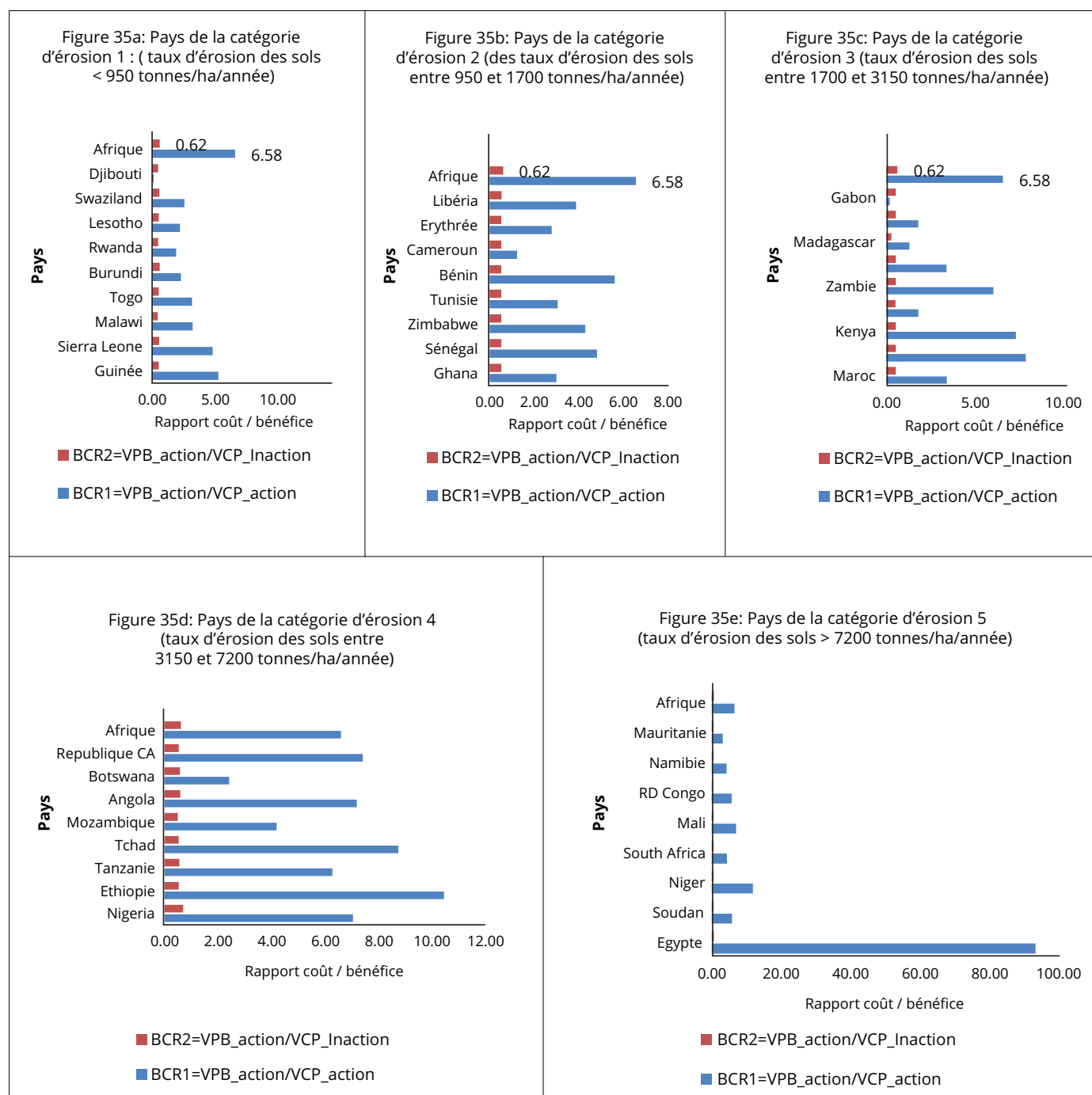


FIGURE 35

Rapports cout-bénéfice coût des classes d'érosion 1-5



générés en tant que bénéfice de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté. Pour cela, il faut que les 42 pays africains atteignent le niveau zéro de l'écart de pauvreté à l'horizon 2030. En d'autres termes, l'on devrait sortir en moyenne 6,67% des personnes de la pauvreté

chaque année pour qu'ils atteignent au moins un niveau de revenu égal au seuil de pauvreté.

La valeur des annuités de la valeur actuelle des bénéfices à venir générés par l'action contre l'appauvrissement des nutriments est estimée à envi-



ron 15,63 milliards de dollars US de PPA (= 4,58 milliards de dollars US/an) pour les 42 pays du continent. Les bénéfices annuels de l'action équivalent à 0,88% et à 3,1% du PIB et du PIB agricole moyens de tous les pays de la période 2010–2012.

Valeur nette actuelle de l'action de lutte contre l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté: Notre étude montre que la valeur totale nette actuelle de l'action de lutte contre l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté est négative, ce qui montre que le bénéfice de l'action manque de coûts de financement de l'action qui est le revenu total nécessaire pour faire relever les pauvres au niveau du seuil de pauvreté (*Annexe 4e*).

Rapport coût-bénéfices: Le rapport coût-bénéfices moyen de l'action de lutte contre l'appauvrissement des nutriments induit par la pauvreté est de 0,31, ce qui indique que les bénéfices de l'action sont déficitaires de 69% des coûts de l'action. Les rapports coût-bénéfices sont en moyenne plus élevés dans les pays ayant actuellement des niveaux de pauvreté plus bas. En outre, nous avons également comparé les bénéfices de l'action et les coûts de l'inaction et avons trouvé qu'en moyenne, les bénéfices de l'action sont en moyenne de 66% des coûts de l'inaction, ce qui est révélateur de la possibilité d'accroître la frontière des bénéfices de l'action sur le long terme (*Annexe 4e*).

4.4. Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité cherchait à évaluer l'impact des changements des paramètres essentiels sur le NPV et le RCB de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion pour tous les pays. Ils sont présentés aux *Annexes 4a* à *4e*. Les résultats de l'analyse de sensibilité sont résumés comme suit.

Impacts des changements sur les taux d'actualisation: En dehors de Madagascar qui a le scénario de base le taux d'actualisation réel du scénario de base plus élevé, un changement de pourcentage donné dans le taux d'actualisation réel a abouti à des un changement moindre mais proportionnel contraire du NPV de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion pour tous les pays. Par exemple, en moyenne, une augmentation de 50% des taux d'actualisation réels de tous les pays n'aboutira qu'à 29,84% de la somme de tous les NPV des 42 pays. Par ailleurs, à l'exception de Madagascar, du Gabon et de Djibouti, le RCB de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion reste supérieur à 1 pour tous les pays (*Annexe 4f*).

Impact des changements des prix des céréales sur les NPV et le RCB de l'action contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'éro-

sion: Un changement quelconque du pourcentage du prix pondéré moyen des producteurs des céréales aboutira à un changement direct et plus élevé proportionnel dans les NPV de tous les pays à l'exception de deux ayant des NPV de scénario de base négatifs. Par exemple, si tous les autres facteurs restent constants, une augmentation ou une baisse de 50% des prix des céréales entraînera une augmentation ou une baisse de 73,78% la somme des NPV de tous les pays. En outre, à l'exception de sept pays (Djibouti, Gabon, Cameroun, Madagascar, Congo, Ouganda, et Rwanda), le RCB reste supérieur à 1 pour tous les autres pays si les prix des céréales baissent de 50% des prix du scénario de base (*Annexe 4g*).

Impact des changements dans les coûts du capital et de maintenance des interventions de la gestion durable des sols (GDS) sur le NPV et le RCB: Les estimations montrent qu'un changement de pourcentage dans le coût total des interventions de la gestion durable des sols aboutira à un changement proportionnellement plus élevé et contraire dans le NPV de 7 pays qui sont Djibouti, Gabon, le Cameroun, Madagascar, le Congo, l'Ouganda et le Rwanda. Alors que pour les autres pays, un changement du pourcentage du coût de la GDS entraînera un changement proportionnellement moindre et contraire dans le NPV. Par exemple, une augmentation de 200% du coût total n'entraînera qu'une diminution de la somme de tous les NPV des 42 pays de 27,73%. En outre, pour une augmentation de 200% des coûts de la GDS, sauf pour 10 pays (Djibouti, le Gabon, le Cameroun, Madagascar, le Congo, l'Ouganda, le Rwanda, le Lesotho, le Burundi et Botswana), tous les autres pays auront un RCB supérieur à un. Cela montre que ces 32 pays peuvent encore gagner en entreprenant une action de lutte contre l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion avec un coût de l'action 200% plus élevé que le scénario de base (*Annexe 4i*).

Impact des changements dans l'efficacité des interventions de la GDS dans le contrôle de l'érosion du sol sur le NPV et le RCB: Dans l'analyse de la sensibilité, nous avons considéré les scénarios des interventions de la GDS avec 60%, 40%, 25% et 15% du taux effectif du contrôle de l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion. Les résultats indiquent qu'à l'exception du Gabon et de Djibouti qui ont un NPV négatif dans le scénario de base, une baisse dans les interventions de la GDS entraînera une baisse par des taux propor-

tionnellement plus élevés. Par exemple, une baisse dans l'efficacité de la GDS de 75% à 40% entraînera une baisse de la somme des NPV de tous les pays. Toutefois, l'étude montre également que pour un grand nombre de pays, entreprendre une action de lutte contre l'érosion des sols même avec les technologies les moins efficaces de GDS porte des fruits. Pour une intervention de GDS avec seulement 25% d'efficacité dans le contrôle de l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion, 30 des 42 pays auront toujours un rapport coût-bénéfices (RCB) d'un et plus. A ce taux, les 12 pays avec un RCB inférieur à 1 sont Djibouti, le Gabon, le Cameroun, Madagascar, le Congo, l'Ouganda, le Lesotho, le Burundi, le Botswana, le Rwanda, le Swaziland et l'Erythrée. En outre, nous avons trouvé que 5 pays (le Burkina Faso, le Tchad, l'Éthiopie, le Niger et l'Égypte) pouvaient même produire des profits s'ils investissent dans les technologies de la GDS d'une efficacité inférieure de 15% dans le contrôle de l'érosion des sols (*Annexe 4h*).

Impact des changements sur le nombre d'années nécessaires pour la mise en œuvre des interventions de la GDS: Dans le scénario de base, nous avons supposé que tous les pays établiraient des structures de GDS dans tous les bassins céréaliers sur une période de 5 ans et à partir de la 2ème année jusqu'à la période prévue (2030), entreprendre la maintenance des structures ainsi mises en place. Nous poursuivons nos observations sur 10 et 15 ans au-delà de la période butoir pour voir l'effet des NPV et du RCB. En d'autres termes, un horizon de planification décennal pour la mise en œuvre de l'intervention de la GDS signifie que chaque pays est supposé mettre en place des structures de GDS sur 10% des terres de cultures céréalières chaque année de sorte qu'en 2025, toute la zone sera mise en valeur avec des structures de conservation du sol et de l'eau.

Le changement de l'horizon de la planification de 5 à 10 ans pour la mise en place des structures de la GDS entraînera une baisse de 19,21% de la somme des NPV de tous les pays alors qu'un changement à un horizon de planification de 15 ans entraînera une baisse de 41,17% de la somme des NPV de tous les pays. Toutefois, le RCB sera toujours supérieur à 1 pour tous les pays à l'exception de Djibouti et du Gabon, ce qui montre que ces horizons de planification continueront de fournir des NPV positifs mais inférieurs à l'horizon de planification du scénario de base (*Annexe 4j*).

Conclusions et recommandations politiques

La dégradation des terres reste un grave défi environnemental aux graves répercussions économiques et sociales en Afrique. Notre évaluation de la valeur économique nette des pertes de production de cultures causées par l'épuisement des nutriments du fait de l'érosion dans les écosystèmes agricoles, et le lien avec l'épuisement des nutriments du sol influent fortement sur les interventions politiques. En outre, en plus de créer de nouvelles données, de telles études devraient utiliser toutes les riches données existant et créer des informations politiques pertinentes de façon optimale, qui par exemple associent les aspects biophysiques de la dégradation des terres aux vecteurs économiques du changement.

La présente étude donne une évaluation économique des bénéfices nets de l'action menée dans la lutte contre l'épuisement des nutriments dû à l'érosion des sols que 42 pays Africains pourraient tirer à travers des investissements dans des interventions de la gestion durable des sols sur 105 million d'hectares de terres céréalières. Les données de la FAO, la Banque mondiale et d'autres sources ont permis l'application d'une évaluation à deux volets. Dans le premier volet, des modèles économétriques ont été développés: un modèle basé sur l'appauvrissement des nutriments pour examiner les liens entre les pertes de nutriments des sols et des facteurs économiques et biophysiques au niveau national, et une fonction de production de cultures permettant d'évaluer le lien entre la perte de nutriments et la productivité des cultures. Les résultats des deux modèles économétriques, les appauvrissements de nutriments de terres céréalières au niveau national, ont été évalués en fonction de leurs rapports avec des facteurs économiques et biophysiques au niveau national, et les pertes y relatives de rendements de cultures céréalières dues à l'épuisement de nutriments. Dans la deuxième étape, deux méthodes d'évaluation standard ont été appliquées (à savoir les approches relatives aux coûts de remplacement et aux pertes de la production), pour évaluer les pertes de nutriments (nutriments NPK) et les pertes de cultures céréalières causées par les

pertes des nutriments du sol dues à l'érosion. Finalement, une analyse des coûts liée à la conservation (c.à.d. mécanique et biologique) a été appliquée. Les mesures suivantes ont été estimées: les coûts de l'inaction, les coûts de l'action, les bénéfices de l'action, les valeurs nettes actuelles de l'action et les rapports des bénéfices des coûts de l'action contre l'érosion. Les pertes dues à la perte de nutriments des sols ont été estimées dans 42 pays africains au cours de la période 2016–2030. Une analyse de sensibilité a été menée pour évaluer les conséquences des changements de taux d'actualisation, des prix, et d'autres paramètres importants sur les NPV et les RBC de chaque pays.

Les résultats de l'étude montrent que le taux d'appauvrissement en NPK des terres arables d'Afrique a une corrélation positive et statistiquement significative avec l'érosion des sols et la pauvreté. Sur une terre arable d'environ 105 millions d'hectares de terres dans 42 pays africains, il y a eu un écoulement d'environ 11 millions de tonnes de nutriments NPK. Tandis que l'intrant n'était que de 5.8 million tonnes/année au cours des saisons de culture de 2010–12. Cela a abouti à un appauvrissement net de 5.2 million tonnes de NPK par an. Les épuisements induits par l'érosion et la pauvreté ont contribué d'environ 43.2% et 7.4% d'écoulement respectivement, qui équivalaient à 91.1% et 15.54% de la perte nette par an.

Les coûts de l'inaction : la perte de ce service écosystémique d'appui va coûter environ 278 millions de tonnes de céréales par an aux 42 pays. En termes actuels de la valeur, **le coût de, l'inaction contre l'appauvrissement des sols induit par l'érosion des sols est responsable d'environ 460 milliards de Dollars US de PPA au cours des 15 prochaines années. Cela équivaut à environ 286 milliards de dollars US de PPA (= 127 milliards de dollars US) par an ou environ 12% du PIB moyen des années 2010–12 de tous les pays. Le coût de l'inaction contre la pauvreté induite par la dégradation des terres au cours des 15 prochaines années est responsable d'environ 665 milliards de dollars**

de PPA de valeur actuelle, ce qui équivaut à 27.6 milliards de dollars PPA (=11.3 milliards dollars US) par an.

Coûts de l'action: Le coût actuel de la mise en place et du maintien des structures de gestion durable des sols sur environ 105 millions d'hectares de terres céréalières, défini comme **le coût de l'action contre l'appauvrissement de nutriments induit par l'érosion des sols, a été évalué à environ 344 milliards de dollars de PPA** avec une valeur d'annuité d'environ de près de 9.4 milliards de dollars US. D'autre part, pour réduire la pauvreté et réaliser un écart zéro de pauvreté dans tous les pays à l'horizon 2030, et partant de réduire la pauvreté émanant de l'épuisement de nutriments, le continent doit augmenter le niveau de revenus des pauvres en les hissant au moins au niveau de ressources du seuil de pauvreté. Ceci nécessite **des ressources à hauteur de 764 milliards de dollars US de PPA de la valeur actuelle comme coût de l'action contre la pauvreté et la pauvreté induite par l'épuisement de nutriments** au cours des 15 prochaines années, ou environ 25.2 milliards de dollars US par an.

Les bénéfices de l'action et la valeur nette actuelle: pour les 42 pays au total, **les bénéfices de l'action contre l'épuisement des nutriments causé par l'érosion des sols sont responsables d'environ 283 milliards de dollars US de PPA** au cours des 15 prochaines années, ou de 71.8 milliards par an. Ainsi, l'action contre l'érosion des sols des 105 millions d'hectares de terres arables dans les 42 pays au cours des 15 prochaines années va générer environ **248 milliards de dollars US de PPA ou 62.4 milliards de dollars US par an en valeur nette actuelle**. Alors que la valeur nette actuelle **de la lutte contre la pauvreté induite par l'épuisement des nutriments compte pour environ 323.9 milliards de dollars US de PPA ou – 20.34 milliards de dollars par an**. En d'autres termes, les bénéfices de l'action contre la pauvreté induite par l'épuisement des nutriments ne peuvent couvrir qu'environ 57.6% de coût total ou des revenus nécessaires pour aider les pauvres à avoir un niveau de ressources égal au seuil de pauvreté.

L'objectif général de la présente analyse coûts-bénéfices est de montrer comment l'action contre l'épuisement de nutriments induit par l'érosion peut potentiellement être intégrée aux mesures de réduction de la pauvreté et exploiter ainsi les

avantages de la gestion durable des ressources en vue de l'augmentation de la productivité agricole, ce qui va aider à réduire la sécurité alimentaire et la pauvreté dans la région. Par conséquent, notre analyse montre que les pays africains pourraient avoir l'opportunité d'aborder au moins le problème de l'insécurité alimentaire au niveau national à l'horizon 2030, si des mesures optimales sont prises dans la lutte contre l'épuisement de nutriments sur les terres céréalières en investissant dans les technologies de gestion durable des terres. L'analyse de sensibilité montre également que pour la plupart des pays, la valeur actuelle nette de l'action dans la lutte contre l'épuisement des sols induit par l'érosion reste positive et considérablement forte par rapport aux changements des taux d'actualisation, des prix de céréales, des coûts et l'efficacité des actions pour contrôler l'épuisement de nutriments dû à l'érosion des sols et l'horizon de planification.

Bibliography

- Akhatova, A., 2011. The sun sets on one GEF's flagship Global Projects – the Land Degradation Assessment in Drylands (LADA). *The Global Environment Facility: The Greenline*, September, pp. Available at: <http://www.thegef.org/gef/greenline/september-2011/sun-sets-one-gef's-flagship-global-projects-land-degradation-assessment-d-0>.
- Alexandratos, N. & Bruinsma, J., 2012. *World agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision, ESA Working Paper No.12-03*, Rome: FAO.
- Angima, S. et al., 2003. Soil erosion prediction using RUSLE for central Kenyan highland conditions. *Agriculture Ecosystems & Environment*, July, 97(1-3), p. 295-308.
- Anthoff, D., Tol, R. & al, e., 2008. *Risk Aversion, Time Preference, and the Social Cost of Carbon*, Dublin: Economic and Social Research Institute.
- Araya, B., 1997. *The economics of soil conservation in the highlands of Eritrea: Master's Thesis*, Brisbane: School of Economics, The University of Queensland.
- Araya, B., 2005. Chapter 3: Agriculture, Energy and Land Degradation in Eritrea. In: *Poverty and Natural Resource Management in the Central Highlands of Eritrea*. s.l.: University of Gronigen.
- Arrow, K., Cline, W. & al, e., 1996. Intertemporal Equity, Discounting and Economic Efficiency. In: *Climate Change 1995: Economic and Social Dimensions of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 125-144.
- Bai, Z., Dent, D., Olsson, L. & Schaepman, M., 2008. *Global Assessment of Land Degradation and Improvement. 1. Identification by remote sensing*, Wageningen: SRIC – World Soil Information.
- Barbier, E. & al, e., 2009. The Valuation of Ecosystem Services. In: *Biodiversity, Ecosystem Functioning, and Human Well-Being: An Ecological and Economic Perspective*. Oxford: Oxford University Press, pp. 248-262.
- Bauer, P., 1957; 2009. Economic Analysis and Policy in Underdeveloped Countries. In: *Description, Prescription and the Choice of Discount Rates*. s.l.: Ecological Economics 69, pp. 197-205.
- Baum, S., 2009. Description, Prescription and the Choice of Discount Rates. *Ecological Economics* 69, pp. 197-205.
- Berry, L., Olson, J. & Campbell, D., 2003. *Assessing the Extent, Cost and Impact of Land Degradation at the National Level: Findings and Lesson Learned from Seven Pilot Case Studies*, s.l.: Commissioned by the Global Mechanism with the Support of the World Bank.
- Bindraban, P., Stoorvogel, J., Jansen, D. & al., e., 2000. Land quality indicators for sustainable land management: proposed method for yield gap and soil nutrient balance. *Agriculture, Ecosystems, & Environment* 81, pp. 103-112.
- Bishop, J., 1995. *The Economics of Soil Degradation: An Illustration of the Change in Productivity Approach to Valuation in Mali and Malawi*, London: International Institute for Environment and Development.
- Bishop, J., 1999. *Valuing forests. A review of methods and applications in developing countries*. London: International Institute for Environment and Development.
- Bishop, J. & Allen, J., 1989. *The On-site Costs of Soil Erosion in Mali*, Washington, DC: World Bank.
- Bojö, J. & Cassells, D., 1995. *Land Degradation and Rehabilitation in Ethiopia: A Reassessment*, World Bank, Washington, DC.: s.n.
- Bradford, D., 1975. Constraints on Government Investment Opportunities and the Choice of Discount Rate. *American Economic Review* 65(5), pp. 887-899.
- CDKN, 2014. *The IPCC's Fifth Assessment Report: What's in it for Africa?*, s.l.: Climate and Development Knowledge Network.
- Common, M. & Stagl, S., 2007. *Ecological Economics: An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dasgupta, P., 2008. Discounting Climate Change. *Journal of Risk and Uncertainty* (37), pp. 141-169.
- de Graffenried, J. J. B., n.d. *Eroding Food Security: Linking Soil Erosion, Soil Fertility and Crop Yield in Kenya*, Birmingham, AL: de Graffenried Environmental Consulting, Inc.
- den Biggelaar, C. et al., 2004. The Global Impact of Soil Erosion on Productivity: II: Effects On Crop Yields And Production Over Time. In: *Advances in Agronomy, Volume 81*. s.l.: Academic Press, pp. 49-95.

- Dewitte, O. et al., 2012. Satellite remote sensing for soil mapping in Africa. *Progress in Physical Geography*, August, 36(4), pp. 514–538.
- Diamon, P. & al, e., 1968. Optimal Taxation and Public Production I: Production Efficiency. *The Quarterly Journal of Economics* 84, pp. 682–688.
- Doraiswamy, P. et al., 2007. Modeling soil carbon sequestration in agricultural lands of Mali. *Agricultural Systems*, Volume 94, p. 63–74.
- Drechsel, P. & Gyiele, L.A., 1999. The economic assessment of soil nutrient depletion, Analytical issues for framework development. International Board for Soil Research and Management. Issues in Sustainable Land Management no. 7. Bangkok: IBSRAM.
- ECA, 2007. *Africa Review Report on Drought and Desertification in Africa*. s.l., Economic Commission for Africa, United Nations Economic and Social Council.
- ECA, 2014. MDG 2014 Report: *Assessing progress in Africa toward the Millennium Development Goals Analysis of the Common African Position on the post-2015 Development Agenda*, Addis Ababa, Ethiopia: United Nations Economic Commission for Africa, African Union, African Development Bank and United Nations Development Programme.
- Enters, T., 1998. Methods for the economic assessment of the on- and offsite impact of soil erosion. IBSRAM Issues in Sustainable Land Management No. 2. Bangkok: IBSRAM, 60 pp.
- Eswaran, H., Lal, R. & Reich, P. F., 2001. *Land Degradation: an Overview. Proceedings of the 2nd International Conference on Land Degradation and Desertification*, Khon Kaen, Thailand: Oxford Press.
- FAO, 2010. *Global Forest Resources Assessment*, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO, 2011. *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW) – Managing Systems at Risk*, Rome and London: The Food and Agriculture Organization of the United Nations and Earthscan.
- FAO, 2014. *International Year of Soils 2015: Healthy soils for a healthy life*. [Online] Available at: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/en/c/271187/> [Accessed 10 January 2015].
- FAO, n.d. *Soil degradation*. [Online] Available at: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/en/> [Accessed 28 December 2014].
- FAO/EC/ISRIC, 2003. *FAO Soils Portal*. [Online] Available at: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/soil-maps-and-databases/other-global-soil-maps-and-databases/en/> [Accessed 28 December 2014].
- Feldstein, M., 1972. The Inadequacy of Weighted Discount Rates. In: *Cost-Benefit Analysis*. UK: Penguin Books.
- Fischer, G., Hizznyik, E., Prieler, S. & Wiberg, D., 2011. *Scarcity and abundance of land resources: competing uses and the shrinking land resource base. SOLAW Background Thematic Report – TR02*, s.l.: FAO.
- Follett, R., Gupta, S. & Hunt, P., 1987. *Soil conservation practices: Relation to the management of plant nutrients for crop production. In Soil fertility and organic matter as critical components for production systems*, Madison, USA: Spec. Pub.
- Foster, J. & al., e., 1984. A class of decomposable poverty measures. *Econometrics*, pp. 761–766.
- Garrod, G. & Willis, K., 1999. *Economic Valuation of the Environment: Methods and Case Studies*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Giger, M., Liniger, H., & Schwilich, G., 2013. *Economic Benefits and Costs of Technologies for Sustainable Land Management (SLM): A Preliminary Analysis of Global WOCAT Data*. Available at: <http://www.eld-initiative.org/index.php?id=115>
- Gnacadjia, L., 2012. *From combating desertification in drylands to global land degradation neutrality – the Zero Net Land Degradation*. s.l., Ben-Gurion University of the Negev.
- Henao, J.; Baanante, C., 2006. *Agricultural Production and Soil Nutrient Mining in Africa: Implications for Resource Conservation and Policy Development*. Alabama, USA: IFDC.
- Henao, J. & Baanante, C., 1999. *Estimating rates of nutrient depletion in soils of agricultural lands of Africa*. Alabama, USA: International Fertilizer Development Center.
- Hurni, H., 1988. Degradation and Conservation of Resources in the Ethiopian Highlands. *Mountain Research and Development*, 8(2/3), pp. 123–30.
- ICRAF, 2004. Nairobi: World Agroforestry Center (ICRAF).
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001: IPCC Third Assessment Report*, s.l.: International Panel on Climate Change.
- ISRIC, 1990. *Global Assessment of Human-induced Soil Degradation (GLASOD)*. [Online] Available at: <http://www.isric.org/projects/global-assessment-human-induced-soil-degradation-glasod> [Accessed 1 December 2014].
- Jones, A. et al., 2013. *Soil Atlas of Africa*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Kay, J., 1972. Social Discount Rates. *Journal of Public Economics* 1, pp. 359–378.

- Kettler, T., 2014. *Soil Genesis and Development, Lesson 6 – Global Soil Resources and Distribution*. [Online] Available at: <http://passel.unl.edu/pages/informationmodule.php?idinformationmodule=1130447033&topicorder=7&maxto=7> [Accessed 27 November 2014].
- Kirui, O. K. & Mirzabaev, A., 2014. *Economics of Land Degradation in Eastern Africa*, s.l.: Department of Political and Cultural Change Center for Development Research, University of Bonn.
- Krutilla, J., 1967. Conservation reconsidered. *American Economic Review* 47, pp. 777–786.
- Kumar, P., 2004. *Economics of soil erosion, Concept Publication*; New Delhi.
- Lal, R; den Biggelaar, C.; Wiebe, K.D., 2004. *Measuring on-site and off-site effect of soil erosion on productivity and environment quality*. Rome, s.n.
- Lal, R; Stewart, B.A., 2013. *Principles of Sustainable Soil Management in Agroecosystems*. Florida: Taylor & Francis.
- Lal, R, 1995. Erosion-Crop Productivity Relationships for Soils of Africa. *Soil Science of America Journal*, 59(3), pp. 661–667.
- Lal, R., 1976. Soil erosion on Alfisols in Western Nigeria: V. The changes in physical properties and the response of crops. *Geoderma, December*, 16(5), p. 419–431.
- Lal, R., 1981. Soil erosion problems on alfisols in Western Nigeria, VI. Effects of erosion on experimental plots., *Geoderma*, 25(3–4), p. 215–230.
- Lal, R., 1994. Sustainable land use systems and soil resilience. In: *Soil Resilience and Sustainable Land Use*, 41–67. Wallingford: CABI.
- Lambin, E. & Geist, H., 2006. Land-Use and Land-Cover Change Local Processes and Global Impacts. *Springer*.
- Lancaster, K., 1966. A New Approach to Consumer Theory. *A Journal of Political Economy* 74, pp. 132–157.
- Le Roux, J. J. et al., 2008. Water erosion prediction at a national scale for South Africa. *Water SA*, July, 34(3).
- Lesschen, J., Stoorvogel, J. & al., e., 2007. A spatially explicit methodology to quantify soil nutrient balances and their uncertainties at the national level. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, pp. 111–113.
- Lind, R., 1982. A Primer on the Major Issues Relating to the Discount Rate for Evaluating National Energy Option. In: *Discounting for Time and Risk in Energy Policy*. Washington DC: Resources for the Future.
- Marglin, S., 1963. The Opportunity Costs of Public Investment. *The Quarterly Journal of Economics* 77 (2), pp. 274–89.
- Mbagwu, J., 1991. Soil-loss tolerance of some Nigerian soils in relation to profile characteristics. *Turrialba*, 41(2), p. 223–229.
- Mbagwu, J., Lal, R. & Scott, T., 1984. Effects of desurfacing of Alfisols and Ultisols in southern Nigeria: I. Crop performance. *Soil Science Society of America Journal*, 48(4), p. 828–833.
- McKenzie, F. & Williams, J., 2015. Sustainable food production: constraints, challenges and choices by 2050. *Food Science*.
- MEA, 2005. *Millennium Ecosystem Assessment: Ecosystems and Human Well-being: Desertification Synthesis*, Washington, DC.: World Resources Institute.
- Miller, F. & Larson, W., 1992. Lower Input Effects on Soil Productivity and Nutrient Cycling. In: *Sustainable Agriculture Systems*. Ankeny: Soil Conservation Society of America, pp. 549–568.
- Müller, K., 1991. The Production Function Approach in Developing Countries. In: *Valuing Environmental Benefits in Developing Economies – Seminar Proceedings*. East Lansing: Michigan State University.
- Nachtergaele, F., Biancalani, R. & Petri, M., 2011a. *Land Degradation: SOLAW Background Thematic Report 3*, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Nachtergaele, F. O. et al., 2011b. *LADA Technical report n. 17: Global Land Degradation Information System (GLADIS) Version 1.0: An Information database for Land Degradation Assessment at Global Level*, s.l.: LADA.
- Nahuelhual, L., Donoso, P., Lara, A. & al., e., 2006. Valuing Ecosystem Services of Chilean Temperate Rainforests. *Environment, Development and Sustainability* 9, pp. 481–499.
- Nellemann, C. et al., 2009. *The environmental food crisis – The environment’s role in averting future food crises. A UNEP rapid response assessment*. Arendal: United Nations Environment Programme, GRID.
- Ngwu, O., Mbagwu, J. & Obi, M., 2005. Effect of desurfacing on soil properties and maize yield – research note. *Nigerian Journal of Soil Science*, 15(2), pp. 148–150.
- Nil, D. et al., 1996. *Soil Erosion by water in Africa: Principles, Prediction and Protection*, s.l.: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH – Kossdorf: TZ-Verl.-Ges..
- Nkonya, E.; Joachim Von Braun, J.; Mirzabaev, A.; Bao Le, Q.; Young Kwon, H.; Kirui, O., 2013. *Economics of Land Degradation Initiative: Methods and Approach for Global and National Assessments*. ZEF Discussion Papers on Development Policy No. 183, University of Bonn, Germany.

- Nkonya, E. et al., 2011. *The Economics of Desertification, Land Degradation, and Drought: Toward an Integrated Global Assessment*, s.l.: IFPRI Environment Production and Technology Division.
- Nkonya, E., Gerber, N., von Braun, J. & de Pinto, A., 2011. *Economics of Land Degradation: The Costs of Action Versus Inaction*, Washington DC: IFPRI.
- Noel, S. & Soussan, J., 2010. *Economics of Land degradation: Supporting Evidence-Based Decision Making – Methodology for Assessing Costs of Degradation and Benefits of Sustainable Land Management*, s.l.: Stockholm Environment Institute.
- Nordhaus, W., 2007. The Stern Review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature* 45, pp. 686–702.
- NRCS, 2003. *Global Desertification Vulnerability Map*. [Online] Available at: http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/?cid=nrcs142p2_054003 [Accessed 27 December 2014].
- Obalum, S. & al., e., 2012. Soil Degradation-Induced Decline in Productivity of Sub-Saharan African Soils: The Prospects of Looking Downwards the Lowlands with the Sawah Ecotechnology. *Applied and Environmental Soil Science*.
- Oldeman, L., Hakkeling, R. & Sombroek, W., 1991. *World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation: An Explanatory Note (Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD))*, Wageningen and Nairobi: International Soil Reference and Information Centre and United Nations Environment Programme.
- Olson, J. & Berry, L., 2003. *Land Degradation in Uganda: Its Extent and Impact*, s.l.: Earthmind.net.
- Omuto, C., Balint, Z. & Alim, M., 2014. A Framework for National Assessment of Land Degradation in the Drylands: A Case Study of Somalia. *Land Degradation and Development*, March/April, 25(2), p. 105–119; Available at: <http://ebe.uonbi.ac.ke/sites/default/files/cae/engineering/ebe/A%20framework%20for%20national%20assessment%20of%20land%20degradation%20in%20the%20drylands.pdf.pdf>.
- Ovuka, M. & Ekbo, A., 2001. *Farmers' resource levels, soil properties and productivity in Kenya's Central Highlands, Sustaining the Global Farm*. s.l., s.n., pp. 682–687.
- Oyedele, D. & Aina, P., 2006. Response of soil properties and maize yield to simulated erosion by artificial topsoil removal. *Plant and Soil*, 284(1–2), pp. 375–384.
- Pearce, D., 1993. *Economic Values and the Natural World*. London: Earthscan.
- Pender, J., 2009. *Food Crisis and Land: The World Food Crisis, Land Degradation, and Sustainable Land Management: Linkages, Opportunities, and Constraints*, s.l.: Terrafrica and GTZ.
- Perman, R. & al., e., 2011. *Natural Resource and Environmental Economics*. England: Pearson Education Limited.
- Pieri, C., 1995. Long-term soil management experiments in semiarid francophone Africa. In: *Soil Management: Experimental Basis for Sustainability and Environmental Quality*, ed. R. Lal and B.A. Stewart, pp. 225–266. *Advances in Soil Science*.
- Pingali, P., Schneider, K. & al., e., 2014. Poverty, Agriculture and the Environment: The Case of Sub-Saharan Africa. In: *Marginality*. Berlin: Springer.
- Plottu, E. & Plottu, B., 2007. The concept of total economic value of environment: A reconsideration within a hierarchical rationality. *Ecological Economics* 61, pp. 52–61.
- Ramsey, F., 1928. A Mathematical Theory of Saving. *Economic Journal* 38 (152), pp. 543–559.
- Reich, P., Numbem, S., Almaraz, R. & Eswaran, H., 2001. *Land resource stresses and desertification in Africa*. Khon Kaen, Oxford Press.
- REMA and PEI, 2006. *Economic Analysis of Natural Resource Management in Rwanda*, Kigali: Rwanda Environment Management Authority (REMA) and UNEP-UNDP Poverty – Environment Initiative (PEI).
- Republic of South Africa, 2007. *State of the Environment Report*, s.l.: Republic of South Africa.
- Roy, R., Misra, R., Lesschen, J. & al., e., 2003. *Assessment of soil nutrient balance. Approaches and methodologies. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletins 14*, Rome: FAO.
- Salako, F. et al., 2007. Soil strength and maize yield after topsoil removal and application of nutrient amendments on a gravelly Alfisol toposequence. *Soil and Tillage Research*, 94(1), pp. 21–35.
- Sen, A., 1961. On Optimizing the Rate of Saving. *Economic Journal* 71, pp. 479–496.
- Sjors, A. B., 2001. *Erosion History of the Ragen and Nyalunya area Nyando District, Kenya; Application of Geographic Information Technology, remote sensing and radiometric quantification to monitor temporal and spatial change*, s.l.: ICRAF.
- Solh, M., 2009. *Keynote presentation 2: The role of science and technology in combating desertification, land degradation and drought in the dry areas*. Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities, pp. 12–16.
- Sonneveld, B., 2002. *Land under pressure: The impact of water erosion on food production in Ethiopia*, PhD thesis. Aachen: Shaker Publishing.
- Stern, N., 2008. The Economics of Climate Change. *American Economic Review* 98 (2), pp. 1–37.

- Stillhardt, B., Herweg, K. & Hurni, H., 2002. *Long-term Monitoring of Soil Erosion and Soil and Water Conservation in Afdeyu, Eritrea (1984–1998): Soil Erosion and Soil and Water Conservation Database*, Berne: Centre for Development and Environment (CDE).
- Stoorvogel, J.J.; Smaling, E.M.A.; Jansen, H., 1993. Calculating soil nutrient balances at different scales: I. Supra-national scale. *Fertilizer Research* 35, pp. 227–235.
- Stoorvogel, J. & Smaling, E., 1990. *Assessment of soil nutrient depletion in sub-Saharan Africa: 1983–2000*. Report 28, Wageningen, The Netherlands: The Winand Staring Center.
- Svensson, L., 2008. *The Land Degradation Assessment in Drylands (LADA) Project: Annex 1: Socio-economic Indicators for Causes and Consequences of Land Degradation*. s.l., Springer and UNESCO Publishing.
- Tenge, A., Sterk, G. & Okoba, B., 2011. Farmers' preferences and physical effectiveness of soil and water conservation measures in the East African highlands. *Journal of Social Science (University of Dodoma)*, pp. 84–100.
- UNCCD and CFC, 2009. *African Drylands Commodity Atlas*, s.l.: Secretariat of the United Nations Convention to Combat Desertification and the Common Fund for Commodities in cooperation with Intergovernmental Group on Grains of the United Nations Food and Agriculture Organization, and International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- UNCCD, 2009. *UNCCD Factsheets*, s.l.: United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD).
- UNCCD, 2011. *Land and soil in the context of a green economy for sustainable development, food security and poverty eradication*. s.l., s.n.
- UNCCD, 2012. *Desertification: A Visual Synthesis*, s.l.: United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD).
- UNCCD, 2012. *Text of the Convention including all Annexes*. [Online] Available at: <http://www.unccd.int/en/about-the-convention/Pages/Text-Annex-I.aspx> [Accessed 7 January 2015].
- UNCCD, 2013. *Background Document: The Economics of Desertification, Land Degradation and Drought: Methodologies and Analysis for Decision-Making*. Bonn, Germany, United Nations Convention to Combat Desertification.
- UNCCD, 2014. *Land Degradation Neutrality: Resilience at local, national and regional levels*, s.l.: United Nations Convention to Combat Desertification.
- UNEP, 2009. *The environmental food crisis: The environment's role in averting future food crises*, Nairobi: UNEP.
- UNEP 1992, *World Atlas of Desertification*, Edward Arnold press, London
- UNEP, 2013. *Africa Environment Outlook 3: Our Environment, Our Health*, Nairobi: United Nations Environment Programme.
- USDA, 2003. *Inherent Land Quality Map*. [Online] Available at: http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/?cid=nrcs142p2_054011 [Accessed 26 November 2014].
- Waswa, F., Gachene, C. & Eggers, H., 2002. Assessment of erosion damage in Ndome and Ghazi, Taita Taveta, Kenya: Towards an integrated erosion management approach. *Geojournal*, 56(3), pp. 171–176.
- Weisbrod, B., 1964. Collective-Consumption Services of Individualized-Consumption Goods. *The Quarterly Journal of Economics* 78, pp. 471–477.
- World Bank, n.d. *The Cost of Land Degradation in Ethiopia: A Review of Past Studies*, s.l.: World Bank.
- Yesuf, M., Di Falco, S., Deressa, T., Ringler, C., & Kohlin, G., 2008. The impact of climate change and adaptation on food production in low-income countries: evidence from the Nile Basin, Ethiopia. Free downloads from IFPRI.
- Zhuang, J., Liang, Z., Lin, T. & al, e., 2007. *Theory and Practice in the Choice of Social Discount Rate for Cost-Benefit Analysis: A Survey – Working Paper Series 94*, s.l.: Asian Development Bank.

Annexes

Annexe 1a

Changements survenus dans les rendements de cultures et de bétail en Afrique entre 2000 et 2010

Aux fins du présent rapport, nous avons recueilli des données sur la couverture terrestre et la réaffectation des sols en Afrique comme ligne de base et afin de montrer des corrélations qui peuvent signaler la dégradation des terres.

Les Tableaux suivants montrent les changements qui se sont déroulés dans les rendements de cultures et de bétail en Afrique entre 2000 et 2010. Le premier ensemble de Tableaux montre des changements relatifs aux terres agricoles, aux prairies permanentes et pâturages, et aux eaux intérieures, sur la base de données de FAOSTAT et des Évaluations des ressources forestières mondiales (FRA). Les données des Forêts et autres surfaces boisées (OWL) sont tirées des FRA pour les années 200 et 2010. «Les terres d'arbres (Treeland)» est la combinaison de forêts et d'OWL. Les estimations de terres arables ont été calculées en soustrayant les données des Prairies permanentes et des pâturages des données de l'agriculture. Les autres statistiques rajustées ont été calculées en soustrayant les données d'OWL des estimations de FAOSTAT concernant l'autre terre. Tous les chiffres sont exprimés en milliers d'hectares (000 ha).

Les nations soulignées en vert sur ces Tableaux avaient le plus de gains dans la colonne respective. Celles soulignées en orange ont subi le plus de pertes. On estime que la baisse des terres agricoles, de pâturages permanents, de terres arables et de terres forestières avec une augmentation d'autres surfaces boisées et d'autres terres rajustées, indiquerait la dégradation des sols.

Selon les statistiques disponibles, (voir la liste de sources de données à la fin du *Tableau 22*), 43,830 de terres agricoles, 59,402 de pâturages permanents, 284,904 d'OWL et 144,063 de Treeland étaient perdues. Le reste de classes de terres avaient gagné en superficie. L'Afrique dans son ensemble a perdu en tout 79,300 d'OWL et 62,869 de terres d'arbres, et a eu d'autres gains dans d'autres catégories. Le Nigeria a perdu une grande partie de terres agricoles (1,300) et le Niger a gagné le plus (6,972). Le Nige-

ria a surtout perdu de ses terres agricoles (1,300) et l'Éthiopie a gagné le plus (5,021). En ce qui concerne les terres forestières, le Kenya a le plus perdu (14,815) alors que l'Angola a le plus gagné (51,271). Pour ce qui est d'OWL, Madagascar a le plus gagné (14,216) tandis que l'Afrique du Sud a le plus perdu (39,121). En termes de terres des arbres (Treeland), c'est l'Angola qui a une fois de plus beaucoup gagné (46,053) et l'Afrique du Sud qui a le plus perdu (38,076). Dans la catégorie des Eaux intérieures, la RDC a gagné 16,595 et l'Éthiopie a perdu 16,708.

Le *Tableau 23* compare les cinq régions d'Afrique. Comme sur la *Tableau 22*, les nations soulignées de vert avaient eu le plus de gains dans cette colonne. Celles soulignées en orange ont eu le plus de pertes. L'Afrique du Sud avait perdu dans la catégorie de tous les types de couvertures végétales, mais avait gagné dans les catégories des eaux intérieures et d'autres terres rajustées. Ceci pourrait indiquer la dégradation des terres dans ces types de végétation.

La région de l'Afrique australe a perdu la plus grande partie de terres agricoles (1,344), alors que l'Afrique de l'ouest gagnait le plus 15,629. Dans la catégorie des pâturages permanents, des ensembles de régions n'ont pas été perdues. L'Afrique du Sud a le plus gagné (6,435). En ce qui concerne la catégorie de terres consacrées aux cultures, l'Afrique du Sud a perdu 1,344 et l'Afrique orientale a gagné 13,919. D'autre part, l'Afrique orientale a perdu le plus de terres forestières (17,278) et l'Afrique centrale a le plus gagné (58,374). Dans la catégorie d'OWL, l'Afrique du Sud a le plus perdu – 41,128 – et aucune de ses régions n'a rien gagné. L'Afrique centrale a gagné le plus de terres d'arbres (56,969) et l'Afrique de l'ouest a le plus perdu (51,739). Et dans la catégorie des eaux intérieures, la région d'Afrique centrale a perdu 733, tandis que l'Afrique de l'ouest a gagné 2,275. Dans la catégorie d'autres terres rajustées, l'Afrique orientale a le plus perdu (12,533) et l'Afrique centrale a gagné 14,091.

TABLEAU 22

Changement d'utilisation des terres/couverture entre 2000 et 2010, par pays

Pays/Région	Total de zones par pays 2010	Total de zones terrestres 2010	Changements de terres arables 2000-2010	Changements des prairies et pâturages permanents 2000-2010	Changements des terres de cultures (Ag - par passé) 2000-2010	Changements des terres forestières 2000-2010	Changements des autres terres boisées 2000-2010	Changements des terres sous Treeland (pour + OWL) 2000-2010	Changements des eaux intérieures 2000-2010	Changements sur des autres terres rajustées 2000-2010
	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha
Algérie	238174	238174	1353	1134	219	-652	1023	371	0	-2289
Angola	124670	124670	1090	0	1090	51271	-5218	46053	-1	5376
Bénin	11476	11276	245	0	245	1632	-842	790	0	386
Botswana	58173	56673	-90	0	-90	-2260	274	-1986	-1	0
Burkina Faso	27422	27360	2300	0	2300	-1577	-2659	-4236	0	958
Burundi	2783	2568	-34	-64	30	48	722	770	0	-503
Cap-Vert	403	403	4	0	4	5	0	5	0	-6,69
Cameroun	47544	47271	540	0	540	-4084	10715	6631	-731	-9055
Rép. Centra Africaine	62298	62298	-69	75	-144	-568	101	-467	0	266
Tchad	128400	125920	902	0	902	-2137	-851	-2988	0	741
Comores	186,10	186,10	9	0	9	-11	0	-11	0	-4
Congo	34200	34150	36	0	36	411	7513	7924	0	0
Côte d'Ivoire	32246	31800	1000	200	800	-1320	-4030	-5350	0	0
R D Congo (RDC)	234486	226705	165	100	65	13459	-13646	-187	0	16595
Djibouti	2320	2318	100,6	100	0,6	1	0	1	0	-100,6
Egypte	100145	99545	380	0	380	70	20	90	0	-411
Guinée Equatoriale	2805	2805	-40	0	-40	-148	-11	-159	0	168
Erythrée	11760	10100	62	-67	129	-57	2121	2064	1660	0
Ethiopie	110430	100000	5021	0	5021	6541	13096	19637	799	-16708
Gabon	26767	25767	0	0	0	170	0	170	0	0
Gambie	1130	1012	63	-107	170	32	-58	-26	0	0
Ghana	23854	22754	1190	-30	1220	-1695	0	-1695	0	-36
Guinée	24586	24572	811	0	811	-792	0	-792	0	0
Guinée-Bissau	3613	2812	2	0	2	-379	230	-149	800	0
Kenya	58037	56914	649	0	649	-14818	8066	-6752	0	-6077
Lesotho	3036	3036	-8	0	-8	42	-725	-683	0	569
Libéria	11137	9632	50	0	50	205	0	205	1505	250
Jamahiriya Arabe Libyenne	175954	175954	-99	0	-99	27	-116	-89	0	215
Madagascar	58704	58154	895	295	600	684	14216	14900	0	-3060
Malawi	11848	9428	955	0	955	-33	-3058	-3091	0	506
Mali	124019	122019	2451	640	1811	-1590	-8793	-10383	0	7133
Mauritanie	103070	103070	-39	0	-39	-168	-50	-218	-30	164
Île Maurice	204	203	-10	0	-10	19	2	21	0	11,7
Mayotte	37,50	37,50	-7,9	0	-7,9	14	0	14	0	9,83

Pays/Région	Total de zones par pays 2010	Total de zones terrestres 2010	Changements de terres arables 2000-2010	Changements des prairies et pâturages permanents 2000-2010	Changements des terres de cultures (Ag - par passé) 2000-2010	Changements des terres forestières 2000-2010	Changements des autres terres boisées 2000-2010	Changements des terres sous Treeland (pour + OWL) 2000-2010	Changements des eaux intérieures 2000-2010	Changements sur des autres terres rajustées 2000-2010
	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha
Maroc	44655	44630	-663,7	0	-663,7	2095	-634	1461	0	1183,7
Mozambique	79938	78638	1800	0	1800	8110	-27583	-19473	-450	0
Namibie	82429	82329	-11	0	-11	-1337	-1672	-3009	0	2425
Niger	126700	126670	6982	5782	1200	-566	3106	2540	0	-9964
Nigeria	92377	91077	-1300	0	-1300	-6589	-5557	-23963	0	7948
Réunion	251	250	-4,8	1,1	-5,9	17	28	45	0	-24,2
Rwanda	2634	2467	160,68	-90	250,68	373	-16	357	0	-235,68
Sainte Hélène	39	39	0	0	0	0	-8	-8	0	8
Sao Tomé et Príncipe	96	96	-0,5	0	-0,5	0	-8	-8	-1	0
Sénégal	19671	19253	750	-50	800	1692	-7132	-5440	0	0
Seychelles	46	46	-1	0	-1	11	-7	4	0	2,3
Sierra Leone	7230	7218	1120,38	0	1120,38	1170	-4189	-3019	0	372,62
Somalie	63766	62734	62	0	62	-2303	0	-2303	0	706
Afrique du Sud	121909	121309	-1234	0	-1234	145	-39121	-38976	118	0
Soudan	250581	237600	4670	2002	2668	27	-1864	-1837	0	-4128
Swaziland	1736	1720	-1	0	-1	84	116	200	0	0
Togo	5679	5439	35	0	35	-378	898	520	0	-734
Tonga	75	72	1	0	1	5	-3	2	0	2
Tunisie	16361	15536	487	291	196	604	-28	576	825	-628
Ouganda	24155	19981	1550	0	1550	-1935	1964	29	255	-2181
Rép. Unie de Tanzanie	94730	88580	3450	0	3450	-5854	-10577	-16431	0	6083
Sahara Occidentale	26600	26600	-1	0	-1	0	-859	-304	0	860
Zambie	75261	74339	938	350	588	-4012	1306	-2706	0	0
Zimbabwe	39076	38685	1140	740	400	-6008	-5502	-11510	0	6861
Total Afrique	3031912,6	2964894,6	39805,76	11302,1	28503,66	27693	-79300	-62869	4748	3654,98
TOTAL MONDIAL	13420507,7	13009375,1	-43830	-59402	15572	140841	-284904	-144063	74366	2948906

Sources des données:

- FAO Utilisation des terres – <http://faostat.fao.org/site/377/default.aspx#ancor>. Des estimations sur les changements intervenus en ce qui concerne les terres arables ont été obtenues des terres agricoles moins les prairies et pâturages permanents.
- FRA 2000 – <http://www.fao.org/docrep/004/y1997e/y1997e1s.htm#TopOfPage> and <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/y1997e/frA%202000%20Main%20report.pdf> Page 427/511 Tableau 5
- FRA 2010, Tableau 2, Annexe 3. P. 224-228. (258-262) <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>
- FRA 2000 and 2010 Forest land <http://faostat3.fao.org/download/G2/GF/E> des estimations relatives à Treeland ont été relevées en ajoutant celles sur les terres forestières aux estimations concernant 'les autres terres boisées.
- Les données relatives à l'eau ont été fournies par FRA, elles pourraient être différentes de FAOSTAT. Les données sur les autres terres rajustées = FAOSTAT autres terres moins OWL.
- Les données relatives aux zones totales par pays et aux zones terrestres ont été fournies par FAOSTAT
- Autres terres rajustées = Autres terres par FAOSTAT = 4093593.27 OWL = 1144687 = 2948906

Toutes les données ont été consultées 20-22 Novembre 2014.

TABLEAU 23

Changement d'utilisation des terres/couverture entre 2000 et 2010, par région

Région	Total Superficie du pays 2010	Total des zones terrestres 2010	Total de zones terrestres 2010	Changements de terres arables 2000-2010	Changements des prairies et pâturages permanents 2000-2010	Changements des terres de cultures (Ag - par passé) 2000-2010	Changements des terres forestières 2000-2010	Changements des terres sous Treeland (pour + OWL) 2000-2010	Changements sur les eaux intérieures 2000-2010	Changements sur des autres terres rajustées 2000-2010
	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha
Total Afrique orientale	2010	2010	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Total Afrique Centrale	2010	2010	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
Total Afrique du Nord	4020	4020	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20
Total Afrique australe	8040	8040	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40
Total Afrique de l'ouest	16080	16080	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80	-80
Total Afrique	32160	32160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160	-160
TOTAL MONDIAL	13420507.7	13009375.1	-43830	-59402	15572	140841	-284904	-144063	74366	2948906

Sources des données:

- FAO Utilisation des terres – <http://faostat.fao.org/site/377/default.aspx#ancor>. Estimations des changements sur les terres arables ont été tirées des terres agricoles moins les prairies et pâturages permanents.
- FRA 2000 – <http://www.fao.org/docrep/004/y1997e/y1997e1s.htm#TopOfPage> et <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/y1997E/frA%202000%20Main%20report.pdf> Page 427/511 Tableau 5
- RA 2010, Tableau 2, Annexe 3. P. 224-228. (258-262) <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>
- FRA 2000 et 2010 Terres Forestières <http://faostat3.fao.org/download/G2/GF/E> Estimations des terres de Treeland ont été calculées en ajoutant les terres forestières aux autres terres boisées.
- Les données relatives à l'eau ont été fournies par FRA et peuvent se distinguer de celles de FAOSTAT. Les données sur les autres terres rajustées = les autres terres de FAOSTAT moins OWL.
- Les données sur la surface totale du pays proviennent de FAOSTAT.

Toutes les données ont été consultées du 20 au 22 Novembre 2014.

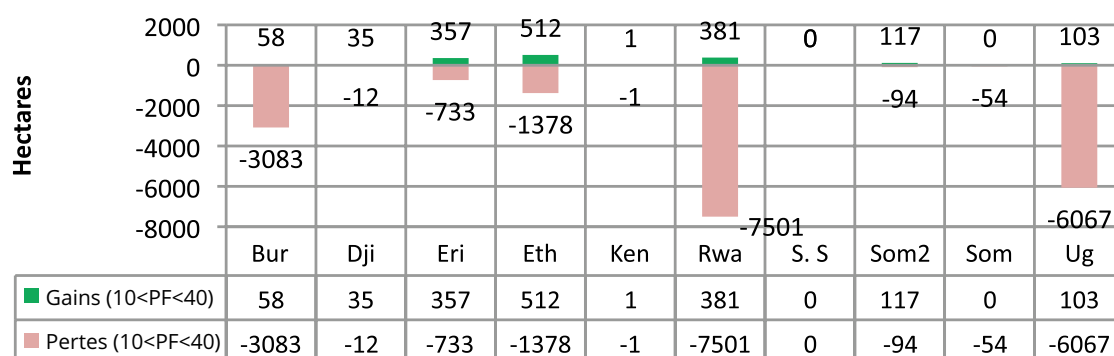
L'Annexe contient des données détaillées des variations dans l'utilisation des terres ou de couverture terrestre dans tous les pays africains, classés par région.

Changements intervenus dans les rendements de cultures

Des données ont également été collectées de la FAO pour établir les changements de rendements

de sorgho, blé, riz paddy, mil et maïs entre 2000 et 2010. Les baisses de rendements pourraient indiquer un aspect de la dégradation des sols. Le *Tableau 24* indique des données de tous les pays et le *Tableau 25* montre les résultats par région. Sur les deux Tableaux, tout ce qui est souligné en vert indique le maximum de gains dans cette colonne-là. Les parties soulignées en orange indiquent le maximum de pertes. Sur le *Tableau 25*, la Gambie montre une baisse dans toutes les cultures céréalières. Un grand nombre de pays ont eu des gains dans tous

Pertes de forêts dans les zones avec 10% à 40% de couverture forestière, 2000, 2012, Région d'Afrique de l'est



Pertes de forêts dans les zones avec plus de 40% de couverture forestière, 2000, 2012, Région d'Afrique de l'est

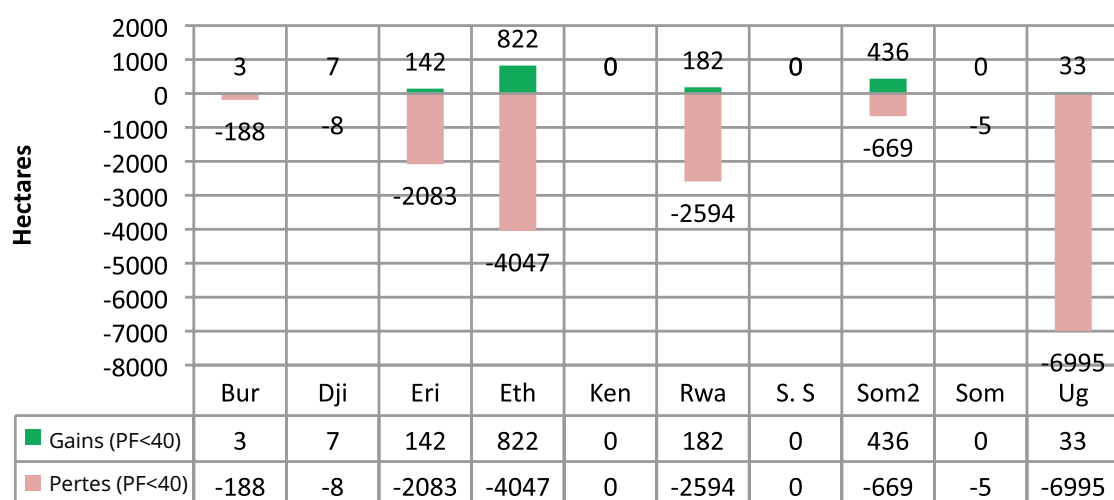


TABLEAU 24

Changements intervenus dans les rendements de céréales suivantes dans tous les pays d'Afrique: sorgho, blé, riz paddy, mil et maïs (Hg/ha) entre 2000 et 2010

Source: FAOSTAT3: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E> 29 Novembre 2014

Pays	Changement des rendements de sorgho Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de blé Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de riz paddy Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de mil Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de maïs Hg/ha 2010-2000
Algérie	-39214,3	5643,99	-1069,6	0	-10358,7
Angola	-519,14	-6487,7	-6051,45	-3241,47	1455,33
Bénin	6198,19	0	5443,2	255,42	-453,1
Botswana	4574,34	0	0	1234,34	494,16
Burkina Faso	1741,19	0	-5437,4	2056,06	-3201,5
Burundi	946,7	1748,2	2157,7	184,6	-456,8
Cap Vert	0	0	0	0	-5747,56

Pays	Changement des rendements de sorgho Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de blé Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de riz paddy Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de mil Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de maïs Hg/ha 2010-2000
Cameroun	2646,7	-3852,9	-19166,7	3053,2	-4874,8
Rép. Centra africaine	2301,86	0	8450,1	5040,75	5548
Tchad	1798,72	5455,7	2735,7	2822,32	1993,99
Comores	0	0	1802,9	0	2412,4
Congo	0	0	-398,39	0	0,25
Cote d'Ivoire	936,5	0	12335,8	1354,81	-487,2
Rép. Démocratique du Congo (RDC)	0,83	4,9	21,72	2,15	-204,55
Djibouti	0	0	0	0	-3888,9
Egypte	-7824,5	-7680,4	3192,4	0	-4100,2
Erythrée	-1572,31	5668,46	0	1843,01	6642,07
Ethiopie	9116,6	6753,9	11979,9	6688,54	9194,4
Gabon	0	0	11111,1	0	403,3
Gambie	-190,4	0	-10548	-434,6	-3558,4
Ghana	3153,88	0	5537,7	4253,97	4296,7
Guinée	2591,2	0	1390	-162,8	-2269,2
Guinée-Bissau	1204,97	0	6607,4	2468,41	-2974,05
Kenya	610,19	16499,4	4674,4	645,27	2850,7
Lesotho	-3188,4	8145,98	0	0	2298,04
Libéria	0	0	-994,9	0	0
Libye	0	-95,1	0	313,4	-9566,7
Madagascar	458,99	1424,4	8862	0	5205,96
Malawi	-592,93	7155,18	2179,8	-579,97	2730,3
Mali	1887,48	1485,3	27816	2352,04	14507,1
Mauritanie	-274,58	6406,1	9936,5	-61,84	-462,67
Île Maurice	0	0	0	0	-20666,7
Maroc	-572,79	12336,49	23270,3	7914,5	8131,7
Mozambique	291,07	3366,7	1549,24	-1394,43	2625,05
Namibie	-1590,91	33622,5	0	-922,69	13142,05
Niger	2207,86	-3447,3	-12538,2	2039,18	1191,52
Nigéria	3197	2628,2	3387,8	1347	5500,6
Réunion	0	0	16454,5	0	-6444,9
Rwanda	3184,24	9214,09	24514,5	4701,1	16398,1
Sao Tomé et Príncipe	0	0	0	0	-8966,7
Sénégal	639,24	0	17579,6	744,47	4270,3
Sierra Leone	-384,1	0	7831,1	2364,61	5215,48
Somalie	523,51	373,29	32000	0	501,1
Afrique du Sud	-10575,4	-374,2	-3859,5	-820,67	18243,5
Soudan (ancien)	-1245,22	-5330,9	21832,4	-40,31	5847,94
Swaziland	-785,57	0	-4000	0	-4092,6
Togo	2457,75	0	4005,8	2252,59	-82,5
Tunisie	-415,67	7195,7	0	0	0
Ouganda	-1885	-476,2	9931,3	2140	5574,5
Rép Unie de Tanzanie	4788,09	6868,73	4517,5	1451,07	-3799,4
Zambie	1893,54	1016,7	5445,2	2274,63	8150,8
Zimbabwe	-3194,87	-17999,9	555,6	-649,68	-6129,25
Total Afrique	-14675,45	97269,31	235045,02	53488,98	52038,96

les types de céréales. L'Algérie a montré des baisses de rendement de trois des cinq types de céréales. Le Maroc n'a présenté de gains qu'en ce qui concerne le sorgho. Le Swaziland a montré des déclin ou le manque de changement dans toutes les cinq céréales. Le Botswana n'a enregistré ni gain, ni perte sur aucune céréale.

Le *Tableau 25* montre que l'Afrique orientale et l'Afrique occidentale ont enregistré des gains dans les rendements de toutes les cultures céréalières.

L'Annexe contient des fiches de données détaillées classes par région.

Changements enregistrés en ce qui concerne le bétail

Les Tableaux suivants (*Tableaux 26 et 27*) montrent les changements de données relatives aux rendements d'animaux tels que les chèvres, les moutons, le bétail de l'an 2000 à l'an 2010, par pays et par région. Le déclin du rendement pourrait indiquer la dégradation des terres. L'Erythrée et le Niger, ont montré un déclin de rendement indiquant la dégradation des terres. L'Erythrée et le Niger, ont montré le déclin de tous les trois types de bétail alors que la RDC, l'Égypte et l'Afrique du Sud ont montré du gain dans chacune des catégories. L'Île Maurice a également eu des gains. La République

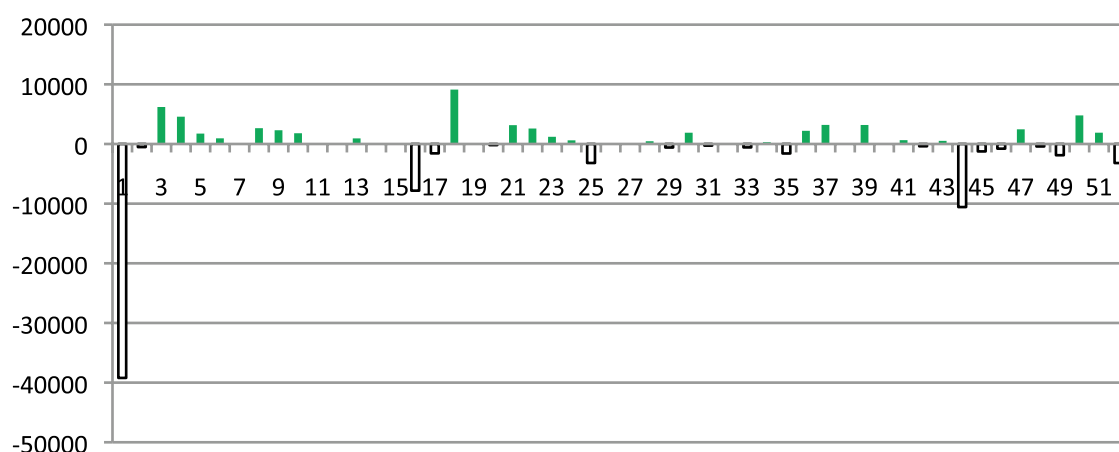
T A B L E A U 2 5

Changements survenus dans les rendements des céréales suivantes entre 2000 et 2010 sorgho, blé, riz paddy, millet et maïs (Hg/ha)

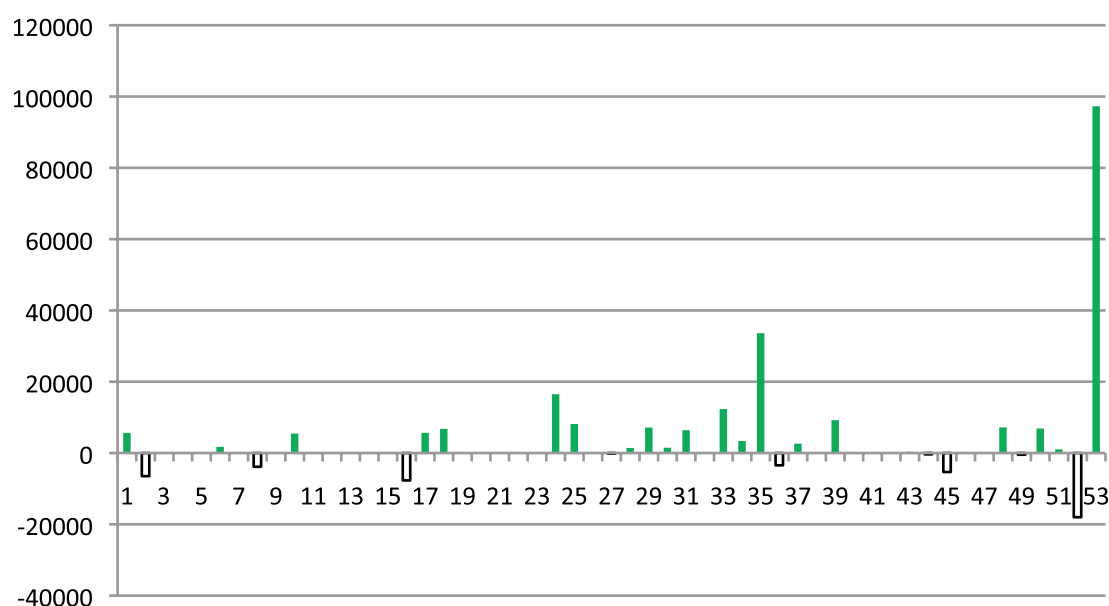
Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>, 29 Novembre 2014

Pays	Changement des rendements de sorgho Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de blé Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de riz paddy Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de mil Hg/ha 2010-2000	Changement des rendements de maïs Hg/ha 2010-2000
Afrique orientale	10	10	10	10	10
Afrique centrale	10	10	10	10	10
Afrique du Nord	20	20	20	20	20
Afrique australe	40	40	40	40	40
Afrique de l'ouest	80	80	80	80	80
	160	160	160	160	160
Total Afrique	320	320	320	320	320

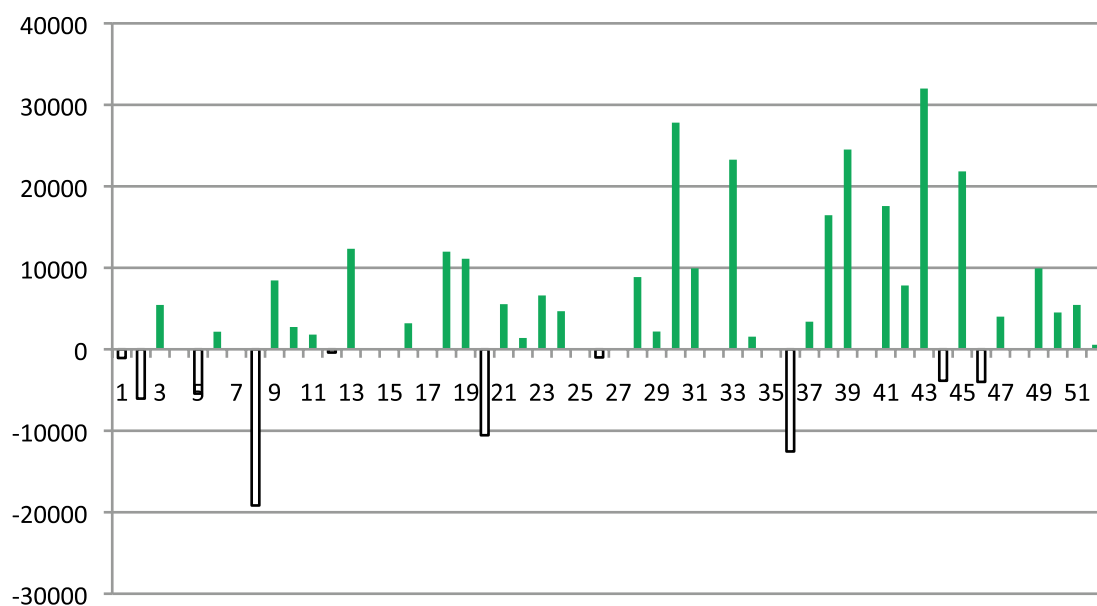
Changements en rendements de sorgho Hg/ha 2010-2000



Changements en rendements de blé Hg/ha 2010-2000



Changements en rendements de riz paddy Hg/ha 2010-2000



Centrafricaine a montré un déclin dans les rendements de chèvre et de bétail.

Comme dans le cas des Tableaux, tout ce qui est souligné en vert indique le plus de gains dans la colonne concernée. Les pays soulignés de couleur orange ont le plus perdu. L'Afrique de l'ouest en général a eu des pertes sur les rendements de tous les animaux.

Les nations avec des colonnes soulignées en vert ont eu le plus de gains dans ces colonnes. Les colonnes soulignées en orange indiquent le plus de pertes.

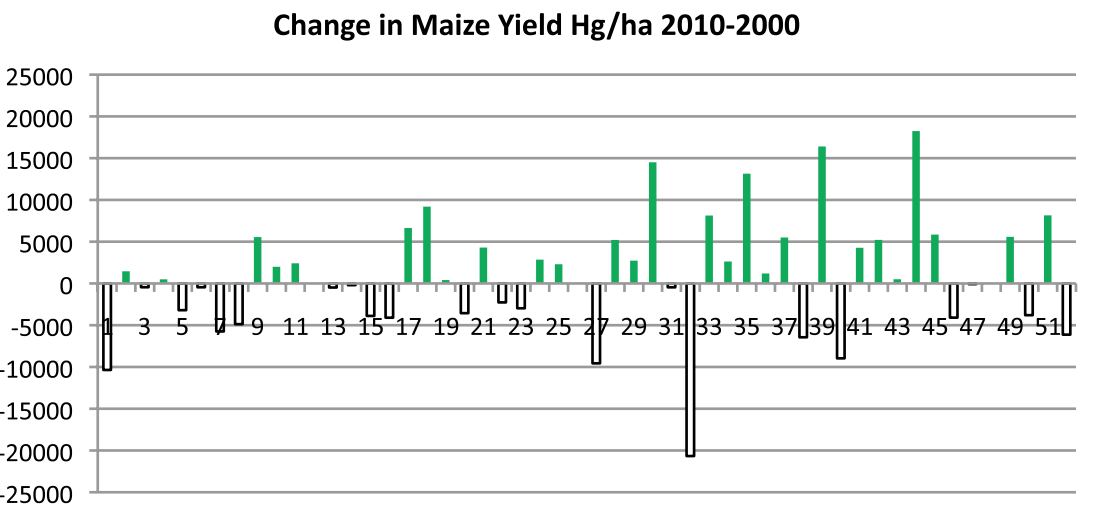
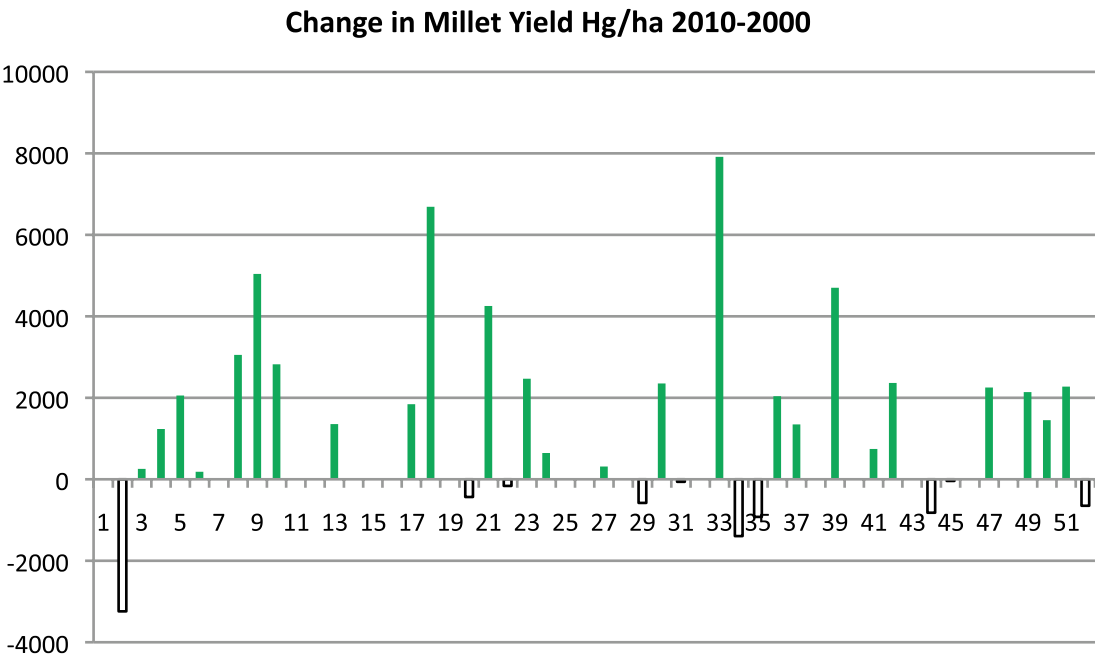


TABLEAU 26

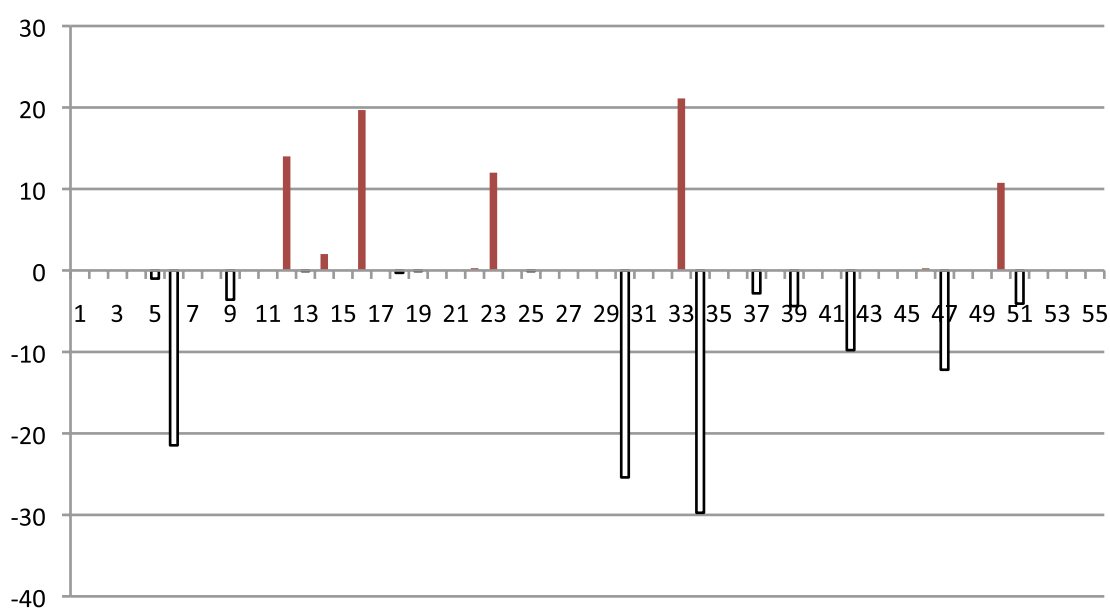
Les changements intervenus dans les rendements liés aux animaux tels que les chèvres, les moutons, et le bétail dans toute l'Afrique entre 2000 et 2010, exprimé en (Hg/An) par animal

Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>, 29 Novembre 2014

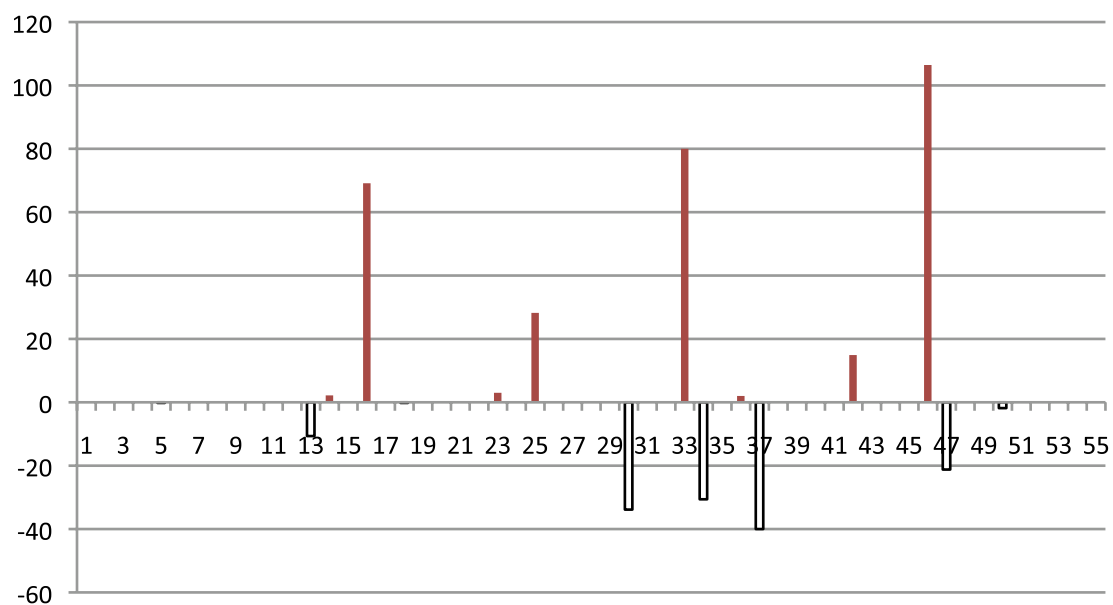
Pays	Changements sur rendements liés aux chèvres Hg/An 2010-2000	Changements sur rendements liés aux moutons Hg/An 2010-2000	Changements sur rendements liés au bétail Hg/An 2010-2000
Algérie	0	0,056	-124,31
Angola	0	0	-250,23
Bénin	0	0	0
Botswana	0	0	40
Burkina Faso	-1,0004	-0,0031	30
Burundi	-21,46	0	-937,56
Cap Vert	0	0	-20,32
Cameroun	0	0,007	62,6
République Centrafricaine	-3,589	0	-132,05
Tchad	0	0	0
Comores	0	0	0
Congo	14	0	-3,04
Cote d'Ivoire	-0,0003	-10,658	0,01
République Démocratique du Congo (RDC)	2,012	2,1792	248,94
Djibouti	0	0	0
Egypte	19,684	69,125	1415,8
Guinée Equatoriale	0	0	0
Erythrée	-0,2941	-0,156	-90
Ethiopie	-0,0017	0	8,04
Gabon	0	0	0
Gambie	0	0	0
Ghana	0,276	0	0
Guinée	12	3	-1,327
Guinée-Bissau	0	0	0
Kenya	-0,056	28,218	1507,727
Lesotho	0	0	0
Libéria	0	0	0
Libye	0	0	17,39
Madagascar	0	0	0
Malawi	-25,3975	-33,859	-954,71
Mali	0	0	0
Mauritanie	0	0	23,26
Maurice	21,111	80	282
Maroc	-29,74	-30,607	271,05
Mozambique	0	0	0
Namibie	0	2	123,79
Niger	-2,806	-39,999	-182,65

Pays	Changements sur rendements liés aux chèvres Hg/An 2010-2000	Changements sur rendements liés aux moutons Hg/An 2010-2000	Changements sur rendements liés au bétail Hg/An 2010-2000
Nigéria	0	0	-1,31
Réunion	-4,374	0	-517,81
Rwanda	0	0	0
Sao Tomé et Príncipe	0	0	30,57
Sénégal	-9,7774	14,909	93,22
Seychelles	0	0	-325,07
Sierra Leone	0	0	0
Somalie	0	0	0
Afrique du Sud	0,266	106,443	623,23
Soudan (ancien)	-12,1875	-21,222	77,85
Swaziland	0	0	-342,62
Togo	0	0	0
Tunisie	10,752	-1,837	0,72
Ouganda	-4,072	0	0
République Unie de Tanzanie	0	0	-191,747
Sahara Occidentale	0	0	0
Zambie	0	0	0
Zimbabwe	0	0	0,34
Total Afrique	-34,6549	167,5961	781,783

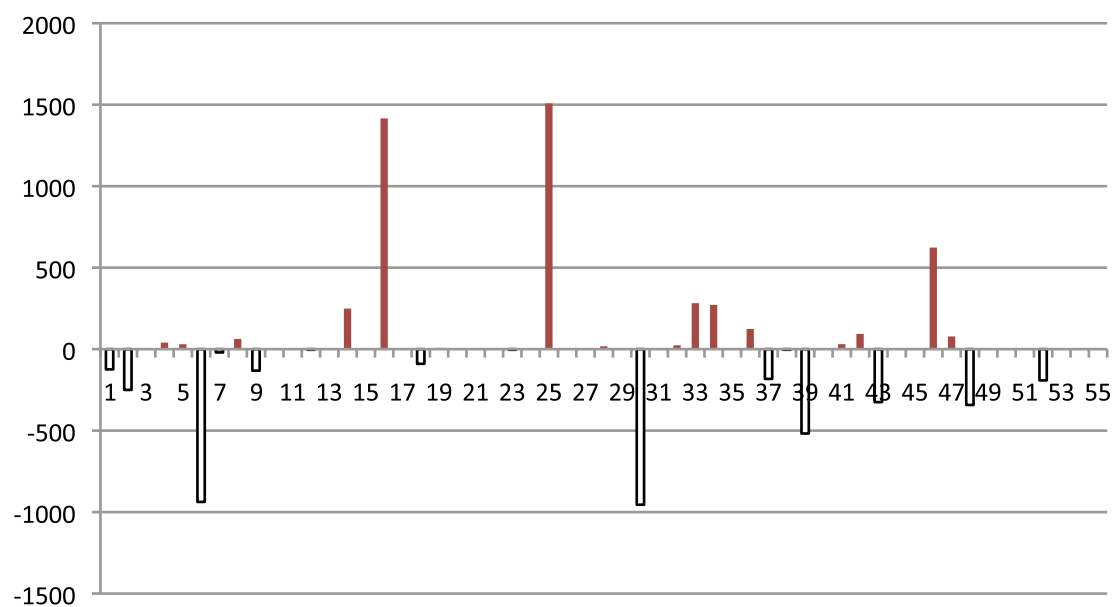
Change in Goat Yield Hg/An 2010 - 2000



Change in Sheep Yield Hg/An 2010 - 2000



Change in Cattle Yield Hg/An 2010 - 2000



Les nations avec des colonnes soulignées en vert ont eu le plus de gains dans ces colonnes. Les colonnes soulignées en orange indiquent le plus de pertes.

T A B L E A U 2 7

Changements intervenus sur les rendements liés aux animaux comme les chèvres, moutons, et de bétail dans la région, exprimés en (Hg/An) par animal entre 2000 et 2010

Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>

Pays	Changements sur les rendements de chèvres Hg/An 2010–2000	Changements sur les rendements de moutons Hg/An 2010–2000	Changements sur les rendements de bétail Hg/An 2010–2000
Afrique de l'Est	10	10	10
Afrique Centrale	10	10	43,21
Afrique du Nord	20	20	1658,5
Afrique Australe	0,266	108,443	444,4
Afrique de l'ouest	40,266	148,443	2156,11
	80,532	296,886	4312,22
Total Afrique	161,064	593,772	8624,44

Sources de données des Tableaux suivantes:

- FAO Utilisation de terres – <http://faostat.fao.org/site/377/default.aspx#ancor>. Estimations des changements intervenus sur les terres arables ont été obtenues des terres arables en moins de prairies et pâturages permanents.
- FRA 2000 – <http://www.fao.org/docrep/004/y1997e/y1997e1s.htm#TopOfPage> et <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/003/y1997E/frA%202000%20Main%20report.pdf> Page 427/511 Tableau 5
- FRA 2010, Tableau 2, Annexe 3. P. 224–228. (258–262) <http://www.fao.org/docrep/013/i1757e/i1757e.pdf>
- FRA 2000 et 2010 Terres forestières <http://faostat3.fao.org/download/G2/GF/E> Estimations sur les terres de Treeland ont été obtenues en ajoutant les terres forestières aux autres terres boisées.
- Les données relatives aux eaux ont été obtenues des FRA et peuvent se distinguer des données de FAOSTAT. Les Données concernant les autres terres rajustées = FAOSTAT autres terres moins OWL.
- Les données sur la surface totale des pays ont été obtenues de FAOSTAT
- Toutes les données ont été consultées du 20 au 22 Novembre 2014

TABLEAU 28

Les changements intervenus dans l'utilisation/couverture des terres en Afrique orientale entre 2000 et 2010 pour les terres arables (pâturage et cultures) forêts, owl, (treeland = forêt et owl) d'autres terres (d'autres terres de FAOSTAT – OWL) et les eaux intérieures

Pays/Région	Superficie totale du pays 2010	Surface totale du terroir 2010	Changements sur les terres arables 2000-2010	Changements sur les prairies et pâturages permanents 2000 -2010	Changements sur les terres arables (Ag - par passé) 2000-2010	Changements sur les terres forestières 2000-2010	Changements sur les autres terres boisées 2000-2010	Changements sur les terres de Treeland (pour + OWL) 2000-2010	Changement sur les terres intérieures 2000-2010	Changements sur les autres terres rajustées 2000-2010
	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha
Burundi	2783	2568	-34	-64	30	48	722	770	0	-503
Comores	186,10	186,10	9	0	9	-11	0	-11	0	-4
Djibouti	2320	2318	100,6	100	0,6	1	0	1	0	-100,6
Erythrée	11760	10100	62	-67	129	-57	2121	2064	1660	0
Ethiopie	110430	100000	5021	0	5021	6541	13096	19637	799	-16708
Kenya	58037	56914	649	0	649	-14818	8066	-6752	0	-6077
Madagascar	58704	58154	895	295	600	684	14216	14900	0	-3060
Malawi	11848	9428	955	0	955	-33	-3058	-3091	0	506
Île Maurice	204	203	-10	0	-10	19	2	21	0	11,7
Mayotte	37,50	37,50	-7,9	0	-7,9	14	0	14	0	9,83
Mozambique	79938	78638	1800	0	1800	8110	-27583	-19473	-450	0
Réunion	251	250	-4,8	1,1	-5,9	17	28	45	0	-24,2
Rwanda	2634	2467	160,68	-90	250,68	373	-16	357	0	-235,68
Seychelles	46	46	-1	0	-1	11	-7	4	0	2,3
Somalie	63766	62734	62	0	62	-2303	0	-2303	0	706
Rép. Unie de Tanzanie	94730	88580	3450	0	3450	-5854	-10577	-16431	0	6083
Zambie	75261	74339	938	350	588	-4012	1306	-2706	0	0
Zimbabwe	39076	38685	1140	740	400	-6008	-5502	-11510	0	6861
Total Afrique de l'est	612011,6	585647,6	15184,58	1265,1	13919,48	-17278	-7186	-24464	2009	-12532,65
Total Afrique	1224023,2	1171295,2	30369,16	2530,2	27838,96	-34556	-14372	-48928	4018	-25065,3
TOTAL MONDIAL	13420507,7	13009375,1	-43830	-59402	15572	140841	-284904	-144063	74366	2948906

T A B L E A U 2 9

Changements survenus quant à l'utilisation/couverture des terres en Afrique centrale entre 2000 et 2010 pour les terres arables (pâturage et culture) forestières, owl (treeland = forestières et owl) les autres terres (les autres terres de FAOSTAT - OWL) et les eaux intérieures

Pays/Région	Superficie totale du pays 2010	Surface totale du terroir 2010	Changements sur les terres arables 2000-2010	Changements sur les prairies et pâturages permanents 2000 -2010	Changements sur les terres arables (Ag - par passé) 2000-2010	Changements sur les terres forestières 2000-2010	Changements sur les autres terres boisées 2000-2010	Changements sur les terres de Treeland (pour + OWL) 2000-2010	Changement sur les terres intérieures 2000-2010	Changements sur les autres terres rajustées 2000-2010
	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha
Angola	124670	124670	1090	0	1090	51271	-5218	46053	-1	5376
Cameroun	47544	47271	540	0	540	-4084	10715	6631	-731	-9055
Rép. Centra- fricaine	62298	62298	-69	75	-144	-568	101	-467	0	266
Tchad	128400	125920	902	0	902	-2137	-851	-2988	0	741
Congo	34200	34150	36	0	36	411	7513	7924	0	0
Rép. Dém. du Congo	234486	226705	165	100	65	13459	-13646	-187	0	16595
Guinée Equatoriale	2805	2805	-40	0	-40	-148	-11	-159	0	168
Gabon	26767	25767	0	0	0	170	0	170	0	0
Sao Tomé et Principe	96	96	-0,5	0	-0,5	0	-8	-8	-1	0
Total Afrique centrale	661266	649682	2623,5	175	2448,5	58374	-1405	56969	-733	14091
Total Afrique	1322532	1299364	5247	350	4897	116748	-2810	113938	-1466	28182
TOTAL MONDIAL	13420507,7	13009375,1	-43830	-59402	15572	140841	-284904	-144063	74366	2948906

Les nations avec des colonnes soulignées en vert ont eu le plus de gains dans ces colonnes. Les colonnes soulignées en orange indiquent le plus de pertes.

TABLEAU 3 0

Changements survenus dans l'utilisation/couverture des terres en Afrique du Nord entre 2000 et 2010 pour les terres arables, (pâturage et cultures) les forêts, owl, (treeland = forêts et owl) les autres terres (les autres terres de FAOSTAT- OWL) et les eaux intérieures

Pays/Région	Superficie totale du pays 2010	Surface totale du terroir 2010	Changements sur les terres arables 2000-2010	Changements sur les prairies et pâturages permanents 2000-2010	Changements sur les terres arables (Ag - par passé) 2000-2010	Changements sur les terres forestières 2000-2010	Changements sur les autres terres boisées 2000-2010	Changements sur les terres de Treeland (pour + OWL) 2000-2010	Changement sur les terres intérieures 2000-2010	Changements sur les autres terres rajustées 2000-2010
	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha
Algérie	238174	238174	1353	1134	219	-652	1023	371	0	-2289
Egypte	100145	99545	380	0	380	70	20	90	0	-411
Jamahiriya Arabe Libyenne	175954	175954	-99	0	-99	27	-116	-89	0	215
Maroc	44655	44630	-663,7	0	-663,7	2095	-634	1461	0	1183,7
Mozambique	79938	78638	1800	0	1800	8110	-27583	-19473	-450	0
Soudan	250581	237600	4670	2002	2668	27	-1864	-1837	0	-4128
Tunisie	16361	15536	487	291	196	604	-28	576	825	-628
Sahara Occidentale	26600	26600	-1	0	-1	0	-859	-304	0	860
Total Afrique du Nord	932408	916677	7926,3	3427	4499,3	10281	-30041	-19205	375	-5197,3
Total Afrique	1864816	1833354	15852,6	6854	8998,6	20562	-60082	-38410	750	-10394,6
TOTAL MONDIAL	13420507,7	13009375,1	-43830	-59402	15572	140841	-284904	-144063	74366	2948906

TABLEAU 3 1

Changements survenus dans l'utilisation /couverture des terres en Afrique australe entre 2000 et 2010 pour les terres arables (pâturage et cultures) forêts, owl (treeland = forêts et owl) autres terres (autres terres de FAOSTAT - OWL) et eaux intérieures

Pays/Région	Superficie totale du pays 2010	Surface totale du terroir 2010	Changements sur les terres arables 2000-2010	Changements sur les prairies et pâturages permanents 2000-2010	Changements sur les terres arables (Ag - par passé) 2000-2010	Changements sur les terres forestières 2000-2010	Changements sur les autres terres boisées 2000-2010	Changements sur les terres de Treeland (pour + OWL) 2000-2010	Changement sur les terres intérieures 2000-2010	Changements sur les autres terres rajustées 2000-2010
	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha
Botswana	58173	56673	-90	0	-90	-2260	274	-1986	-1	0
Lesotho	3036	3036	-8	0	-8	42	-725	-683	0	569
Namibie	82429	82329	-11	0	-11	-1337	-1672	-3009	0	2425
Afrique du Sud	121909	121309	-1234	0	-1234	145	-39121	-38976	118	0
Swaziland	1736	1720	-1	0	-1	84	116	200	0	0
Total Afrique australe	267283	265067	-1344	0	-1344	-3326	-41128	-44454	117	2994
Total Afrique	534566	530134	-2688	0	-2688	-6652	-82256	-88908	234	5988
TOTAL MONDIAL	13420507,7	13009375,1	-43830	-59402	15572	140841	-284904	-144063	74366	2948906

T A B L E A U 3 2

Les changements intervenus dans l'utilisation/couverture des terres en Afrique occidentale entre 2000 et 2010 pour les terres arables (pâturage et cultures) forêts, owl, (treeland = forêt et owl) d'autres terres (d'autres terres de FAOSTAT - OWL) et les eaux intérieures

Pays/Région	Superficie totale du pays 2010	Surface totale du terroir 2010	Changements sur les terres arables 2000-2010	Changements sur les prairies et pâturages permanents 2000-2010	Changements sur les terres arables (Ag - par passé) 2000-2010	Changements sur les terres forestières 2000-2010	Changements sur les autres terres boisées 2000-2010	Changements sur les terres de Treeland (pour + OWL) 2000-2010	Changement sur les terres intérieures 2000-2010	Changements sur les autres terres rajustées 2000-2010
	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha	000 ha
Bénin	11476	11276	245	0	245	1632	-842	790	0	386
Burkina Faso	27422	27360	2300	0	2300	-1577	-2659	-4236	0	958
Cap Vert	403	403	4	0	4	5	0	5	0	-6,69
Côte d'Ivoire	32246	31800	1000	200	800	-1320	-4030	-5350	0	0
Gambie	1130	1012	63	-107	170	32	-58	-26	0	0
Ghana	23854	22754	1190	-30	1220	-1695	0	-1695	0	-36
Guinée	24586	24572	811	0	811	-792	0	-792	0	0
Guinée-Bissau	3613	2812	2	0	2	-379	230	-149	800	0
Libéria	11137	9632	50	0	50	205	0	205	1505	250
Mali	124019	122019	2451	640	1811	-1590	-8793	-10383	0	7133
Mauritanie	103070	103070	-39	0	-39	-168	-50	-218	-30	164
Niger	126700	126670	6982	5782	1200	-566	3106	2540	0	-9964
Nigeria	92377	91077	-1300	0	-1300	-6589	-5557	-23963	0	7948
Sainte Hélène	39	39	0	0	0	0	-8	-8	0	8
Sénégal	19671	19253	750	-50	800	1692	-7132	-5440	0	0
Sierra Leone	7230	7218	1120,38	0	1120,38	1170	-4189	-3019	0	372,62
Total Afrique de l'ouest	608973	600967	15629,38	6435	9194,38	-9940	-29982	-51739	2275	7212,93
Total Afrique	1217946	1201934	31258,76	12870	18388,76	-19880	-59964	-103478	4550	14425,86
TOTAL MONDIAL	13420507,7	13009375,1	-43830	-59402	15572	140841	-284904	-144063	74366	2948906

Les nations avec des colonnes soulignées en vert ont eu le plus de gains dans ces colonnes. Les colonnes soulignées en orange indiquent le plus de pertes.

TABLEAU 33

Changements survenus dans les rendements de céréales tels que le sorgho, le blé, le riz paddy, le mil et le maïs, en Afrique orientale exprimés en (Hg/ha) de 2000 à 2010

Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>

Pays	Changements sur les rendements du sorgho Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du blé Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du riz paddy Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du mil Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du maïs Hg/ha 2010-2000
Burundi	946,7	1748,2	2157,7	184,6	-456,8
Comores	0	0	1802,9	0	2412,4
Congo	0	0	-398,39	0	0,25
Djibouti	0	0	0	0	-3888,9
Erythrée	-1572,31	5668,46	0	1843,01	6642,07
Ethiopie	9116,6	6753,9	11979,9	6688,54	9194,4
Kenya	610,19	16499,4	4674,4	645,27	2850,7
Madagascar	458,99	1424,4	8862	0	5205,96
Réunion	0	0	16454,5	0	-6444,9
Rwanda	3184,24	9214,09	24514,5	4701,1	16398,1
Somalie	523,51	373,29	32000	0	501,1
Rep. Unie de Tanzanie	4788,09	6868,73	4517,5	1451,07	-3799,4
Zambie	1893,54	1016,7	5445,2	2274,63	8150,8
Zimbabwe	-3194,87	-17999,9	555,6	-649,68	-6129,25
Zz 1 Total Afr de l'est	16754,68	31567,27	112565,81	17138,54	30636,53
Zz 2 Total Afrique	33509,36	63134,54	225131,62	34277,08	61273,06

TABLEAU 34

Changements survenus dans les rendements de céréales tels que le sorgho, le blé, le riz paddy, le mil et le maïs, en Afrique centrale exprimés en (Hg/ha) de 2000 à 2010

Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E> 29 November 2014

Pays	Changements sur les rendements du sorgho Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du blé Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du riz paddy Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du mil Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du maïs Hg/ha 2010-2000
Angola	-519,14	-6487,7	-6051,45	-3241,47	1455,33
Cameroun	2646,7	-3852,9	-19166,7	3053,2	-4874,8
République centrafricaine	2301,86	0	8450,1	5040,75	5548
Tchad	1798,72	5455,7	2735,7	2822,32	1993,99
Congo	0	0	-398,39	0	0,25
Rép. Démocratique du Congo	0,83	4,9	21,72	2,15	-204,55
Gabon	0	0	11111,1	0	403,3
Sao Tomé et Príncipe	0	0	0	0	-8966,7
Z1 Total Afrique centrale	6228,97	-4880	-3297,92	7676,95	-4645,18
Z2 Total Afrique	12457,94	-9760	-6595,84	15353,9	-9290,36

TABLEAU 35

Changements survenus dans les rendements de céréales tels que le sorgho, le blé, le riz paddy, le mil et le maïs, en Afrique du Nord exprimés en (Hg/ha) de 2000 à 2010

Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>

Pays	Changements sur les rendements du sorgho Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du blé Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du riz paddy Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du mil Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du maïs Hg/ha 2010-2000
Algérie	-39214,3	5643,99	-1069,6	0	-10358,7
Egypte	-7824,5	-7680,4	3192,4	0	-4100,2
Libye	0	-95,1	0	313,4	-9566,7
Maroc	-572,79	12336,49	23270,3	7914,5	8131,7
Mozambique	291,07	3366,7	1549,24	-1394,43	2625,05
Soudan (former)	-1245,22	-5330,9	21832,4	-40,31	5847,94
Tunisie	-415,67	7195,7	0	0	0
Z1 Total Afrique du Nord	-48981,41	15436,48	48774,74	6793,16	-7420,91
Z2 Total Afrique	-97962,82	30872,96	97549,48	13586,32	-14841,82

TABLEAU 36

Changements survenus dans les rendements de céréales tels que le sorgho, le blé, le riz paddy, le mil et le maïs, en Afrique australe exprimés en (Hg/ha) de 2000 à 2010

Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>

Pays	Changements sur les rendements du sorgho Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du blé Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du riz paddy Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du mil Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du maïs Hg/ha 2010-2000
Botswana	4574,34	0	0	1234,34	494,16
Lesotho	-3188,4	8145,98	0	0	2298,04
Namibie	-1590,91	33622,5	0	-922,69	13142,05
Afrique du Sud	-10575,4	-374,2	-3859,5	-820,67	18243,5
Swaziland	-785,57	0	-4000	0	-4092,6
Z1 Total Afrique australe	-11565,94	41394,28	-7859,5	-509,02	30085,15
Z2 Total Afrique	-23131,88	82788,56	-15719	-1018,04	60170,3

Les nations avec des colonnes soulignées en vert ont eu le plus de gains dans ces colonnes. Les colonnes soulignées en orange indiquent le plus de pertes. La Gambie a montré des déclin relatifs à toutes les cultures céréalières.

TABLEAU 37

Changements survenus dans les rendements de céréales tels que le sorgho, le blé, le riz paddy, le mil et le maïs, en Afrique de l'ouest exprimés en (Hg/ha) de 2000 à 2010

Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>

Pays	Changements sur les rendements du sorgho Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du blé Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du riz paddy Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du mil Hg/ha 2010-2000	Changements sur les rendements du maïs Hg/ha 2010-2000
Cap Vert	0	0	0	0	-5747,56
Gambie	-190,4	0	-10548	-434,6	-3558,4
Burkina Faso	1741,19	0	-5437,4	2056,06	-3201,5
Guinée-Bissau	1204,97	0	6607,4	2468,41	-2974,05
Guinée	2591,2	0	1390	-162,8	-2269,2
Cote d'Ivoire	936,5	0	12335,8	1354,81	-487,2
Mauritanie	-274,58	6406,1	9936,5	-61,84	-462,67
Bénin	6198,19	0	5443,2	255,42	-453,1
Libéria	0	0	-994,9	0	0
Niger	2207,86	-3447,3	-12538,2	2039,18	1191,52
Sénégal	639,24	0	17579,6	744,47	4270,3
Ghana	3153,88	0	5537,7	4253,97	4296,7
Sierra Leone	-384,1	0	7831,1	2364,61	5215,48
Nigeria	3197	2628,2	3387,8	1347	5500,6
Mali	1887,48	1485,3	27816	2352,04	14507,1
Total Afrique de l'ouest	22908,43	7072,3	68346,6	18576,73	15828,02
Total Afrique	45816,86	14144,6	136693,2	37153,46	31656,04

TABLEAU 38

Changements intervenus dans les rendements liés aux animaux comme les chèvres, les moutons, et le bétail en Afrique orientale (Hg/An) par animal de 2000 à 2010

Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>

Pays	Changements des rendements liés aux chèvres Hg/An 2010-2000	Changements des rendements liés aux moutons Hg/An 2010-2000	Changements des rendements liés au bétail Hg/An 2010-2000
Burundi	Hg/An 2010-2000	0	Hg/An 2010-2000
Comores	0	0	0
Djibouti	0	0	0
Erythrée	-0,2941	-0,156	-90
Ethiopie	-0,0017	0	8,04
Kenya	-0,056	28,218	1507,727
Madagascar	0	0	0
Malawi	-25,3975	-33,859	-954,71
Mali	0	0	0
Île Maurice	21,111	80	282
Réunion	-4,374	0	-517,81
Rwanda	0	0	0
Seychelles	0	0	-325,07
Somalie	0	0	0
Ouganda	-4,072	0	0
République Unie de Tanzanie	0	0	-191,747
Zambie	0	0	0
Total Afrique de l'est	-34,5443	74,203	-1219,13
Total Afrique	-69,0886	148,406	-2438,26

TABLEAU 39

Changements survenus dans les rendements de diverses céréales en Afrique centrale, notamment le sorgho, le blé, le riz paddy, le millet et le maïs (Hg/ha) entre 2000 et 2010Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>

Pays	Changements des rendements liés aux chèvres	Changements des rendements liés aux moutons Hg/An 2010-2000	Changements des rendements liés au bétail
Angola	0	0	-250,23
Cameroun	0	0,007	62,6
République Centrafricaine	-3,589	0	-132,05
Tchad	0	0	0
Congo	14	0	-3,04
République Démocratique du Congo	2,012	2,1792	248,94
Guinée Equatoriale	0	0	0
Gabon	0	0	0
Sao Tomé et Principe	0	0	30,57
Z1 Total Afrique centrale	12,423	2,1862	-43,21
Z2 Total Afrique	24,846	4,3724	-86,42

TABLEAU 40

Changements survenus dans les rendements de diverses céréales en Afrique du Nord, notamment le sorgho, le blé, le riz paddy, le millet et le maïs (Hg/ha) entre 2000 et 2010Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>

Pays	Changements des rendements liés aux chèvres	Changements des rendements liés aux moutons Hg/An 2010-2000	Changements des rendements liés au bétail
Algérie	0	0,056	-124,31
Egypte	19,684	69,125	1415,8
Libye	0	0	17,39
Maroc	-29,74	-30,607	271,05
Mozambique	0	0	0
Soudan (ancien)	-12,1875	-21,222	77,85
Tunisie	10,752	-1,837	0,72
Total Afrique du Nord	-11,4915	15,515	1658,5
Total Afrique	-22,983	31,03	3317

Les nations avec des colonnes soulignées en vert ont eu le plus de gains dans ces colonnes. Les colonnes soulignées en orange indiquent le plus de pertes. Beaucoup de pays ont montré un déclin de rendement par animal pour les trois types de bétail.

TABLEAU 41

Changements survenus dans les rendements de diverses céréales en Afrique australe, notamment le sorgho, le blé, le riz paddy, le millet et le maïs (Hg/ha) entre 2000 et 2010

Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>

Pays	Changements des rendements liés aux chèvres	Changements des rendements liés aux moutons Hg/An 2010-2000	Changements des rendements liés au bétail
Botswana	0	0	40
Lesotho	0	0	0
Namibie	0	2	123,79
Afrique du Sud	0,266	106,443	623,23
Swaziland	0	0	-342,62
Total Afrique australe	0,266	108,443	444,4
Total Afrique	0,532	216,886	888,8

TABLEAU 42

Changements survenus dans les rendements de chèvres, moutons et bétail en Afrique de l'ouest (Hg/An) par animal entre 2000 et 2010

Source: FAOSTAT3 <http://faostat3.fao.org/download/Q/QA/E>

Pays	Changements des rendements liés aux chèvres	Changements des rendements liés aux moutons Hg/An 2010-2000	Changements des rendements liés au bétail
Bénin	0	0	0
Burkina Faso	-1,0004	-0,0031	30
Cap Vert	0	0	-20,32
Côte d'Ivoire	-0,0003	-10,658	0,01
Gambie	0	0	0
Ghana	0,276	0	0
Guinée	12	3	-1,327
Guinée -Bissau	0	0	0
Libéria	0	0	0
Mali	0	0	0
Mauritanie	0	0	23,26
Niger	-2,806	-39,999	-182,65
Nigeria	0	0	-1,31
Sénégal	-9,7774	14,909	93,22
Sierra Leone	0	0	0
Togo	0	0	0
Total Afrique de l'ouest	-1,3081	-32,7511	-59,117
Total Afrique	-2,6162	-65,5022	-118,234

Annexe 1b

Examen de la documentation sur l'érosion des sols en Afrique

La présente section est un aperçu des résultats d'examens majeurs des documents portant sur l'érosion des sols en Afrique.

Lal 1995

«L'accélération de l'érosion du sol par l'eau est un problème grave pour les terres agricoles de plusieurs régions d'Afrique (Brown and Wolf, 1984; Stocking and Peake, 1986; Pimentel et al, 1987; Dregne, 1990; Lai, 1993). L'on fait état d'une grave érosion des sols au Maroc et à Alger dans le Maghreb (Boukhobza, 1982; Jayua et Brooks, 1984; Mensching, 1985), sur les hautes terres éthiopiennes, notamment dans les Montagnes de Siemen de la région de Gonda (Lamb et Miles, 1983; Hurni, 1983; Griffiths and Richards, 1989; Stahl, 1990) et dans les hautes terres du Kenya (Finn, 1983; Christiansson, 1989; O'Keefe, 1983; Barber, 1983; Ulsaker et Onstad, 1984; Sutherland et Bryan, 1990), de la Tanzanie Ostberg, 1986; Christiansson, 1986), de l'Ouganda (Bagoora, 1989), du Rwanda et du Burundi (Lewis, 1988; Roose et al., 1988) en Afrique de l'est. Lewis et al. (1988) font remarquer que la perte du sol au Rwanda oscillait entre 1 et 143 Mg ha⁻¹yr⁻¹, avec un taux moyen 5 Mg ha⁻¹yr⁻¹.» (Lal, 1995).

«Une érosion sévère est également signalée à Madagascar (Randrianarijaona, 1983). Les pays exposés au risque d'érosion accélérée en Afrique australe sont le Lesotho (Faber and Imeson, 1982, p. 135–144; Seithheko, 1986; Chakela et al, 1989), le Zimbabwe (Wall-Bake, 1987, p. 69–80; Whitlow, 1988a, b), le Botswana (Biot et al. 1989) et plusieurs autres pays d'Afrique australe (Walling, 1987). Il y a également plusieurs pays en Afrique de l'ouest confrontés à une érosion accélérée. L'érosion des ravins est un problème grave dans le sud du Nigeria. Elle a commencé vers 1850 et touche actuellement de vastes zones dans plusieurs Etats. Le taux d'évolution de l'érosion des ravins est de 2 à 50 m yr⁻¹. Certains ravins atteignent 5 à 10 m de profondeur et ont une largeur de 10 à 100 m (Egboka et Okpoko, 1984, p. 335–347). L'érosion des ravins est également un pro-

blème dans le nord du Nigeria (Smith, 1982) et dans le plateau de Jos» (Lal, 1995).

Commission économique pour l'Afrique (2007)

«Les deux tiers de l'Afrique sont classés comme désert ou terres arides. Ces zones sont concentrées dans les régions sahéliennes, dans la Corne de l'Afrique, et dans le Kalahari dans le sud. L'Afrique est particulièrement exposée à la dégradation des sols et subit les plus grands impacts de la sécheresse et de la désertification. L'on estime que deux tiers des terres africaines sont déjà dégradés dans une certaine mesure et la dégradation des sols affecte au moins 485 millions de personnes, soit soixante-cinq pour cent de toute la population africaine. La désertification, notamment autour du Sahara a été signalée comme l'un des symboles marquants en Afrique de la crise environnementale mondiale. Le changement climatique va certainement augmenter la zone sujette à la sécheresse, à la dégradation des sols et à la désertification dans la région. En examinant un certain nombre de scénarios, l'on prévoit une augmentation de 5–8% des terres arides et semi-arides en Afrique. Les estimations concernant les pays pris individuellement font état de l'accroissement des zones affectées par la désertification ou exposées à celle-ci. L'on estime que 35 pour cent de la superficie (environ 83.489 km² ou 49 des 138 districts) du Ghana est exposé à la désertification, la région de Upper East et la partie orientale de la Northern Region courant les plus grands risques. En fait, une récente évaluation indique qu'au cours de ces derniers temps, la superficie exposée à la désertification dans le pays a presque doublé. L'on prétend que la désertification avance de 20 000 hectares par an et s'accompagne de la destruction des terres cultivables et des moyens de subsistance dans le pays. Selon certains rapports, soixante-dix pour cent du territoire éthiopien est exposé à la désertification, tandis qu'au Kenya, près de 80 pour cent de la superficie est menacé de désertification. Selon les estimations relatives

l'étendue de la dégradation des sols au Swaziland et en fonction de la méthodologie d'évaluation utilisée, entre 49 et 78% des sols sont exposés en danger (Gouvernement du Swaziland, 2000). Selon les rapports, le Nigeria perd chaque année 1 355 miles carrés (1 mile = 1,6 km) de pâturages et de terres cultivables du fait de la désertification. Et tous les Etats de la partie septentrionale du Nigeria sont affectés. L'on estime que plus de 30% des terres du Burundi, du Burkina Faso et d'Afrique du Sud sont gravement ou très gravement dégradées. Ces taux et l'étendue de la dégradation/désertification minent et compromettent la survie de millions de personnes qui s'efforcent de sortir de la pauvreté. Ces phénomènes grèvent également les ressources des services écosystémiques tirées du sol et qui sont vitales pour un certain nombre de services de développement (CEA, 2007).

La majorité des populations dans la plupart des pays africains vivent dans des terres marginales des zones rurales où elles pratiquent une agriculture arrosée par la pluie. La désertification menace la production agricole sur ces terres marginales (Conserve Africa, 2006; UNCCD, 2004), ce qui accentue la pauvreté et mine le développement économique. Les niveaux accrus de grande pauvreté, la dégradation de l'environnement, la désertification et le sous-développement des zones rurales sont les traits caractéristiques de la plupart des zones rurales des pays africains. L'impact de la sécheresse et de la variabilité climatique ne termes économiques et de mortalité est généralement plus fort pour des économies relativement simples et essentiellement agricoles. Ces types d'économies sont prédominants en Afrique. En 2004, l'UNCCD estimait que quelques six millions d'hectares de terre productive étaient perdus annuellement depuis 1990 à cause de la dégradation des sols. Ce qui à son tour a causé des pertes annuelles de revenu à l'échelle mondiale de 42 milliards de dollars US. 33. Avec deux tiers des terres arables supposées d'être perdues en Afrique d'ici 2015, la dégradation des sols entraîne actuellement une perte moyenne de plus de 3 pour cent du PIB agricole en Afrique subsaharienne. En Ethiopie, la perte subie par le PIB du fait du recul de la productivité agricole est estimée à 130 millions de dollars US par an. 34. En Ouganda, la dégradation des sols dans les zones arides menace de porter un coup sévère à l'économie du pays et d'entraîner une escalade de la pauvreté. Cela s'explique par le fait que ces zones arides constituent le corridor du bétail de l'Ouganda qui

représente plus de 90 pour cent du cheptel et la production animale contribue à 7,5 pour cent au PIB et à 27 pour cent au PIB agricole 35» (CEA, 2007

Obalum et al. 2012

«L'enquête met en relief l'énorme taux d'érosion des sols et le déclin associé de la productivité des sols agricoles en ASS. Il n'est donc surprenant que face aux évolutions actuelles de la biotechnologie, la productivité agricole de l'ASS stagne et reste continuellement faible comme l'attestent les niveaux de famine et de pauvreté dans l'ensemble de la région [15, 16]. Tous les impacts néfastes sur la productivité agronomique et la qualité de l'environnement sont respectivement dus au déclin de la qualité des sols et des dépôts de sédiments» [...] Obalum, et al, 2012). Selon le rapport de Dregne [7], les pertes irréversibles de productivité des sols induites par l'érosion par l'eau ont semblé être graves à l'échelle nationale en Algérie, au Maroc et en Tunisie en Afrique du nord; en Ethiopie, au Kenya et en Ouganda en Afrique de l'est; au Nigeria et au nord du Ghana en Afrique de l'ouest; et au Lesotho, au Swaziland et au Zimbabwe en Afrique australe. Il a noté une perte de productivité de l'ordre de 50% du fait de l'érosion par le vent dans une partie de la Tunisie et dans certaines zones bien délimitées de l'Afrique où près de 20% de la réduction permanente de la productivité vivrière a entraîné érosion par l'eau et par le vent induite par l'homme» (Obalum, et al, 2012).

La revue faite Obalum, et al. fait ressortir les relations qui existent entre l'érosion et la fertilité des sols: «parmi les propriétés chimiques des sols qui sont le plus négativement influencés par l'érosion ou l'élimination de la terre végétale en ASS, il y a le pH, le contenu des matières organiques, le N total, le P disponible, les bases échangeables et capacité d'échange cationique [3, 21, 24-26, 28, 29, 31]. Dans un alfisol au sud-ouest du Nigeria, Lal (32) indique que le rapport d'enrichissement (RE, la concentration des nutriments des plantes dans les matériaux érodés du sol à celle du sol résiduel) était de 2,4 pour les matières organiques, de 1,6 pour le N total, de 5,8 pour le P disponible, de 1,7 pour le K échangeable, de 1,5 pour le Ca échangeable et de 1,2 pour le Mg échangeable. Pour un autre alfisol au centre du Kenya enregistrant une perte annuelle de sol supérieure à 60 tonnes ha⁻¹, les valeurs correspondantes du RE étaient respectivement 2,1, 1,2, 3,2, 1,5, 1,2 et 1.0 [33]» (Obalum, et al, 2012).

Kirui et Mirzabaev 2014

Enfin, l'article le plus récent mentionné plus haut a également passé en revue les différences dans la littérature et les notes relatives aux résultats majeurs: «Les évaluations de la dégradation des sols dans la région diffèrent dans leurs méthodologies et conclusions (Stoosnijder, 2007; Lal & Stewart, 2013; Zucca et al, 2014). Selon les conclusions de l'enquête GLASOD ..., au début des années 1980, environ 16,7% de l'ASS a été frappée par une grave dégradation des sols induite par l'activité humaine (Middleton & Thomas, 1992; Yalew, 2014). S'appuyant sur des critères normalisés et l'avis des experts, Oldeman (1994) a révélé qu'environ 1990 [...], 20% de l'ASS étaient affectés par une dégradation allant de mineure à extrême. Selon les données des cartes produites par la FAO TERRASTAT, 67% (16,1 millions de km²) de toute la superficie de l'ASS est dégradé avec des variantes entre les différents pays». L'article de ZEF conclut que la principale faiblesse de ces évaluations est qu'elles sont basées sur l'opinion des 'experts' et des périodes variées. Il relève un récent abandon des approches qui reposent sur l'avis des experts et des périodes différentes en faveur des méthodes quantitatives utilisant la photographie aérienne et les images satellites ainsi que l'indice de la végétation par différence normalisée (IVDN). Selon une de ces évaluations par Bai et al. (2008), la dégradation des sols a affecté près de 26% de l'ASS; elle identifie les domaines qui n'interfèrent pas avec ceux contenus dans les enquêtes GLASOD et TERRSAT. Ces auteurs suggèrent que GLASO était une carte de perceptions et qu'il est actuellement obsolète (Bai, et al, 2008). Pour conclure, les auteurs de ZEF émettent certaines réserves relatives à la fiabilité aux méthodologies IVDN, y compris les effets de la fertilisation, les variations saisonnières de la végétation, l'effet de l'humidité des sols là où la végétation est clairsemée et la nécessité d'une vérification au sol entre autres (Kirui & Mirzabaev, 2014).

Le Tableau suivant (*Tableau 44*) montre l'érosion et les données sur la productivité au niveau national glanées au cours de l'exercice de délimitation du champ de l'étude. L'érosion la plus grave par pays est mise en relief en rose dans les données comparatives de Bai et al, 2008.

Pertes économiques de la dégradation des sols en Afrique

Comme indiqué plus tôt, le présent exercice de délimitation du champ de l'étude n'intègre pas une revue de la littérature qui évalue les pertes économiques de la dégradation des sols en Afrique. Toutefois, les Tableaux ci-dessous sont inclus puisqu'ils ont apparu dans la recherche menée aux fins de la présente étude; ils y sont à titre illustratif.

T A B L E A U 4 3

Données par pays

Sources: Modifiées à partir de (Obalum, et al. 2012) avec des données supplémentaires tirées d'autres sources (voir dernière colonne)

Pays	Type de sols	Climat/lieu	Type d'étude	Utilisation de culture/ terres	Perte des sols	Réduction de rendements	Surface dégradée (% du territoire)	Référence
Algérie			Télé-détection				2,67	(Bai, et al., 2008)
Angola			Télé-détection				66,42	(Bai, et al., 2008)
Bénin			Télé-détection				12,57	(Bai, et al., 2008)
Botswana			Télé-détection				16,30	(Bai, et al., 2008)
Burkina Faso			Télé-détection				3,38	(Bai, et al., 2008)
	Alfisol latéritique	Semi-aride/ Ouagadougou	Expérimentation de désurfacialisation	Maize	5, 10 et 20 cm	47, 48 et 63 %		(Lal, 1995)
	Aridisol	Semi-aride/ Niangoloko	Erosion Naturelle	Pearl Millet	0,0928 cm	51,6 %		(Lal, 1995)
Burundi			Télé-détection				48,56	(Bai, et al., 2008)
Cameroun			Télé-détection				31,89	(Bai, et al., 2008)
	Ultisol	Humide/Douala	Expérimentation de désurfacialisation	Maize	2,5 et 7,5 cm	50 >100 %		(Lal, 1995)
Cape Vert			Télé-détection				9,30	(Bai, et al., 2008)
République Centrafricaine			Télé-détection				20,37	(Bai, et al., 2008)
Tchad			Télé-détection				4,11	(Bai, et al., 2008)
RD Congo			Télé-détection				57,43	(Bai, et al., 2008)
R. Congo			Télé-détection				58,95	(Bai, et al., 2008)
Cote d'Ivoire			Télé-détection					
Djibouti			Télé-détection				27,76	(Bai, et al., 2008)
Egypt			Télé-détection				3,65	(Bai, et al., 2008)
Guinée Equatoriale			Télé-détection				54,81 (Kirui & Mirzabaev, 2014)	(Bai, et al., 2008)

Pays	Type de sols	Climat/lieu	Type d'étude	Utilisation de culture/terres	Perte des sols	Réduction de rendements	Surface dégradée (% du territoire)	Référence
Erythrée			Télédétection				12,84	(Bai, et al., 2008)
		Afdeyu	Parcelles de terre		Annuelle: 3 %			(Stillhardt, et al., 2002)
					Annuelle: 18,8 tonnes/ha	Rendements de cultures: 0,38 %/an; Rendmt en fourrage: 0,43 %/an		(Araya, 1997)
			Erosion naturelle	Pâturages	2,5 tonnes/ha/année			(Araya, 2005)
			Erosion naturelle	stérile	35 tons/ha/année			(Araya, 2005)
			Erosion naturelle	Terre boisée	2,5 tons/ha/année			(Araya, 2005)
			Erosion naturelle	Terre de cultures	21 tons/ha/année			(Araya, 2005)
			Erosion naturelle	Forêt	1,0 tons/ha/année			(Araya, 2005)
			Télédétection		1 milliard de tonnes/année		26,33	(Bai, et al., 2008)
					30,000 ha/annéeErosion hydrique			National Review Report 2002 cited in (World Bank, n.d.)
Ethiopie			Projet de recherche sur la Conservation des sols	Cultures Annuelles	42t/ha/année			SCRIP study by (Hurni, 1988), and (Bojo & Cassells, 1995) cited in (World Bank, n.d.)
				Cultures pérennes	8t/ha/année			(World Bank, n.d.)
				Pâturages	5t/ha/année			(World Bank, n.d.)
			Etude sur la recou-verte des hautes terres Ethiopiennes	Cultures des hautes terres		2,2 % à partir du niveau de 1985		Etude NCSS par Etude (Sonneveld, 2002) cité dans (World Bank, n.d.)
			Etude sur la recou-verte des hautes terres Ethiopiennes	Herbes des terres monta-gneuses		0,6 % à partir du niveau de 1985		Etude NCSS par Etude (Sonneveld, 2002) cité dans (World Bank, n.d.)
		Amhara	Secrétariat des Scénarios de Stratégie de conservation nationale			Estimation des pertes de grains du fait de l'érosion, 2000-2025: 9,726-113,273		Etude NCSS par Etude (Sonneveld, 2002) cité dans (World Bank, n.d.)

Pays	Type de sols	Climat/lieu	Type d'étude	Utilisation de culture/terres	Perte des sols	Réduction de rendements	Surface dégradée (% du territoire)	Référence
		Beneshan-gul-Gumuz	Secrétariat des scénarios de stratégie de Conservation Nationale			Estimation des pertes de grains du fait de l'érosion, 2000-2025: 509-5,087		Etude NCSS par (Sonneveld, 2002) citée par (World Bank, n.d.)
		Tigray	Scénarios			Estimation des pertes de grains du fait de l'érosion, 2000-2025: 1,324-15,803		Etude NCSS par (Sonneveld, 2002) citée par (World Bank, n.d.)
			Télédétection				64,58	(Bai, et al., 2008)
			Télédétection				12,35	(Bai, et al., 2008)
Gabon			Télédétection					(Bai, et al., 2008)
Gambie			Télédétection					(Bai, et al., 2008)
Ghana			Télédétection				21,11	(Bai, et al., 2008)
Guinée								
Guinée Bissau								
Kenya			Télédétection				18,02	(Bai, et al., 2008)
		Ndome, Taita Taveta	Photographie aérienne (1961-1998)				17 % de terres agricoles	(Waswa, et al., 2002)
		Ghazi, Taita Taveta	Photographie aérienne (1961-1998)				50 % de terres agricoles	
		Bassin versant Nyando			43 tonnes/ha/an sur 61 % de terres			(ICRAF, 2004) citée dans (de Graffenried, n.d.)
		Captage Kianjuki	Equation Universelle Révisée de la perte des sols (RUSLE)		14,7 tons/ha/année sur les faibles pentes 60,5 tons/ha/an sur les pentes escarpées			(Angima, et al, 2003) citée dans (de Graffenried, n.d.)
		Nyando District	Télédétection		90 tonnes/ha/années dans de pires zones			(Sjors, 2001) citée dans (de Graffenried, n.d.)
		Province du centre	Scénarios de modélisation	Maïs	Erosion modérée/grave par élaboussement sur 80 % de champs échantillonnés	30 % of yield		(Ovuka & Ekbo, 2001) citée dans (de Graffenried, n.d.)

Pays	Type de sols	Climat/lieu	Type d'étude	Utilisation de culture/terres	Perte des sols	Réduction de rendements	Surface dégradée (% du territoire)	Référence
		Province du centre	Scénarios de modélisation	Maïs	Erosion légère-sévère en nappe sur 68 % de champs échantillonnés			(Ovuka & Ekobom, 2001) cité dans (de Graffenried, n.d.)
		Province du centre	M Scénarios de modélisation	Maïs	Erosion de ruisseau léger/ grave sur 70 % de champs échantillonnés	17,5 % of yield		(Ovuka & Ekobom, 2001) cité dans (de Graffenried, n.d.)
			Télédétection				34,08	(Bai, et al., 2008)
			Télédétection				45,34	(Bai, et al., 2008)
Libéria			Télédétection				0,72	(Bai, et al., 2008)
Madagascar			Télédétection				27,91	(Bai, et al., 2008)
			Télédétection				26,05	(Bai, et al., 2008)
		Bvumbwe	Mesures de terrains	Cultures	0,1 t/ha/année			(Bishop, 1995)
		Mindawo	Mesures de terrains	Cultures	10,6 t/ha/ année			"
		Mindawo II	Mesures de terrains	Cultures	2,9 t/ha/ année			"
		Mphezo	Mesures de terrains	Plantation d'eucalyptus	0,1 t/ha/année			"
		Nkhande	Mesures de terrains	Maïs strié	54,2 t/ha/ année			"
		Nkhande	Mesures de terrains	Maïs cultivé avec le Leucaena	7,2 t/ha/ année			"
Malawi		M'mbelwa	Mesures de terrains	Buttes de maïs en travers de la pente	7,9 t/ha/ année			"
		M'mbelwa	Mesures de terrains	Buttes de maïs en travers de la pente	1,2 t/ha/ année			"
		Zunde	Mesures de terrains	Maïs non strié	24,5 t/ha/ année			"
		Zunde	Mesures de terrains	Maïs strié	15,3 t/ha/année			"
		Bunda	Mesures de terrains	Maïs- non désherbé	12,1 t/ha/année			"
		Bunda	Mesures de terrains	non désherbé	4,5 t/ha/année			"

Pays	Type de sols	Climat/lieu	Type d'étude	Utilisation de culture/terres	Perte des sols	Réduction de rendements	Surface dégradée (% du territoire)	Référence
Mali			Téledétection	Maïs-non désherbée		2-10%/année	2,87	(Bai, et al., 2008)
								(Bishop & Allen, 1989)
		Omarobougou	Modèle EPIC-Century (Calculateur de l'impact de productivité de l'érosion)	Coton Conventionnel	24,5 mm (1985-2000)			(Doraiswamy, et al., 2007)
			"	Maïs Conventionnel	25,3 mm (1985-2000)			
			"	Mil conventionnel	36,5 mm (1985-2000)			
			"	Sorgho conventionnel	20,7 mm (1985-2000)			
Mauritanie			Téledétection				0,61	(Bai, et al., 2008)
Maurice								
Maroc			Téledétection				15,09	(Bai, et al., 2008)
Mozambique			Téledétection				28,26	(Bai, et al., 2008)
Namibie			Téledétection				35,01	(Bai, et al., 2008)
Niger			Téledétection				1,78	(Bai, et al., 2008)
Nigeria			Téledétection				9,90	(Bai, et al., 2008)
	Alfisol	Subhumide/Ibadan	Expérimentation de désurfacialisation	Maïs	2,5-12,5 cm	23-56 %		(Lal, 1976)
	Alfisol	Subhumide/Ilorra	Expérimentation de désurfacialisation	Maïs	5, 10, et 20 cm	72,5, 82,6, et 99,5 %		(Mbagwu, et al., 1984)
	Alfisol	Subhumide/Ikenne	Expérimentation de désurfacialisation	Maïs	5, 10, et 20 cm	30,5, 73,6, et 93,5 %		(Mbagwu, et al., 1984)
	Ultisol	Humide/Onne	Expérimentation de désurfacialisation	Maïs	5, 10, and 20 cm	95,4, 95,4, and 100 %		(Mbagwu, et al., 1984)
	Alfisol	Subhumide/Ilorra	Expérimentation de désurfacialisation	Maïs	5 cm	54,9 %		(Mbagwu, 1991)
	Alfisol	Subhumide/Ikenne	Expérimentation de désurfacialisation	Maïs	5 cm	30 %		(Mbagwu, 1991)
	Inceptisol	Subhumide/	Desurfacing experiment	Maize	5 cm	15 %		(Mbagwu, 1991)

Pays	Type de sols	Climat/lieu	Type d'étude	Utilisation de culture/ terres	Perte des sols	Réduction de rendements	Surface dégradée (% du territoire)	Référence
	Ultisol	Humide/ Onne	Expérimentation de désurficialisation	Mais	5 cm	69,7 %		(Mbagwu, 1991)
	Ultisol	Subhumid/ Nsukka	Desurfacing experiment	Maize	5 cm	64,2 %		(Mbagwu, 1991)
	Alfisol	Subhumid/ Ibadan	Desurfacing experiment	Maize	10 and 20 cm	39,2 and 81,7 %		(Lal, 1995)
	Ultisol	Subhumid/ Nsukka (1)	Desurfacing experiment	Maize	3 and 6 cm	23 and 55 %		(Ngwu, et al., 2005)
	Ultisol	Subhumid/ Nsukka (2)	Desurfacing experiment	Maize	3 and 6 cm	50 and 95 %		(Ngwu, et al., 2005)
	Oxisol	Subhumid/ Ile-Ife	Desurfacing experiment	Maize	5, 10, 15 and 20 cm	56,0, 82,5, 90,0, and 95,5 %		(Oyedele & Aina, 2006)
	Gravelly Alfisol	Subhumid/ Ibadan	Desurfacing experiment	Maize	15 and 25 cm	17 and 67 % (upper slope); 65 and 76 % (lower slope)		(Salako, et al., 2007)
	Alfisol	Subhumid/ Ilora	Desurfacing experiment	Cowpea	5, 10 and 20 cm	42,6, 33,1, and 80,5 %		(Mbagwu, et al., 1984)
	Alfisol	Subhumid/ Ikenne	Desurfacing experiment	Cowpea	5, 10 and 20 cm	1,5, 59,1, and 65,1 %		(Mbagwu, et al., 1984)
	Ultisol	Humid/ Onne	Desurfacing experiment	Cowpea	5, 10 and 20 cm	62,0, 70,6, and 68,3 %		(Mbagwu, et al., 1984)
	Alisol	Subhumid/ Ibadan	Desurfacing experiment	Cassava	10 and 20 cm	35,7 and 53,7 %		(Mbagwu, et al., 1984)
	Alisol	Subhumid/ Ibadan 1	Natural erosion	Maize	0,0080 cm	0,1513 %		(Lal, 1981)
	Alisol	Subhumid/ Ibadan 2	Natural erosion	Maize	0,0080 cm	0,1720 %		(Lal, 1981)
			Télé-détection				6,98	(Bai, et al., 2008)
Reunion			Télé-détection					(Bai, et al., 2008)
Rwanda							572,000 ha sur 1,144,300 ha	(REMA and PEI, 2006)
Sao Tome and Principe			Télé-détection				12,50	(Bai, et al., 2008)
Sénégal			Télé-détection				17,66	(Bai, et al., 2008)
Seychelles								
Sierra Leone			Télé-détection				50,04	(Bai, et al., 2008)
Somalie			Télé-détection				8,24	(Bai, et al., 2008)

Pays	Type de sols	Climat/lieu	Type d'étude	Utilisation de culture/ terres	Perte des sols	Réduction de rendements	Surface dégradée (% du territoire)	Référence
Afrique du Sud			Télédétection				28,82	(Bai, et al., 2008)
			RUSLE				20 (Risque réel d'érosion des sols modéré ou sévère)	(Le Roux, et al., 2008)
							70 (érosion hydrique); 20 (fortement vulnérable à l'érosion éolienne)	(République d'Afrique du Sud, 2007)
Soudan du Sud			RUSLE		12,6 t/ha/année taux moyen de pertes de sols prévus			(Le Roux, et al., 2008)
Soudan			Télédétection				6,63	(Bai, et al., 2008)
Swaziland			Télédétection				95,22	(Bai, et al., 2008)
			Télédétection				40,87	(Bai, et al., 2008)
Tanzanie		Kilimanjaro		Maïs		Déclins de rendements à partir de 3,5 tao 2,9 Mg/ha suivant la gravité de l'érosion		(Lal, et al., 2004)
		Tanga		Maïs		Déclins de rendements à partir de 2,5 à 1,3 Mg/ha suivant la gravité de l'érosion		(Lal, et al., 2004)
		Morogoro		Maïs		Déclins de rendements à partir de 3,5 à 2,4 Mg/ha suivant la gravité de l'érosion		(Lal, et al., 2004)
Togo			Télédétection				19,48	(Bai, et al., 2008)
Tunisie			Télédétection				7,63	(Bai, et al., 2008)

Pays	Type de sols	Climat/lieu	Type d'étude	Utilisation de culture/ terres	Perte des sols	Réduction de rendements	Surface dégradée (% du territoire)	Référence
Ouganda		Kabale	Télédétection				17,58	(Bai, et al., 2008)
		Kisoro					90	(Olson & Berry, 2003)
							85	"
		Mbale					80	"
		Rakai					80	"
		Kotido					75	"
		Kasese					60	"
		Nebbi					60	"
		Moroto					60	"
		Masaka					50	"
		Mbarara					50	"
		Bundibugyo					40	"
		Luwero					40	"
		Rukungiri					30	"
		Kapchorwa					30	"
		Mpigi					25	"
		Arua					20	"
		Bushenyi					20	"
		Kabarole					20	"
		Masindi (Vallée du Rift)					20	"
Zambie			Télédétection				60,41	(Bai, et al., 2008)
Zimbabwe							46,12	(Bai, et al., 2008)
	Alfisol	Semi-aride/ Harare	Erosion Naturelle	Maïs	0,0024	26,9 %		(LaI, 1995)

TABLEAU 44

Ampleur des pertes économiques suite à l'érosion des sols, comme PIB Agricole, compilé par Scherr*Source: After Scherr 1999 cité dans (Berry, et al, 2003)*

Région d'études	Auteurs	Types de dégradation	Pertes annuelles (ou GAIL) coe % PIB A	Pertes futures actualisées coe % PIB A
Hautes terres d'Ethiopie	FAO (1986)	Erosion des sols	<1 (GAIL)	44 (GDCL)
	Sutcliffe (1993)	Erosion des sols	5 (GAIL)	<1 (GDCL)
	Bojö and Cassells (1995)	Erosion des sols	4 (GAIL)	<1 (GDCL)
	Drechsel and Gylele (1999)	Erosion des sols épuisement des nutriments	10-11	-
Ghana	Alfsen et al. (1997)	Erosion des sols		
	Convery et Tutu (1990)	Erosion des sols	5 (GAIL)	-
	Drechsel et Gylele (1999)	Erosion des sols, épuisement des nutriments	4-5	-
Lesotho	Bojö (1991)	Erosion des sols	<1 (GAIL)	5 (GDFL), 5 (GDCL)
	Drechsel et Gylele (1999)	Erosion des sols, épuisement des nutriments	5-7	
Madagascar	World Bank (1988)	Erosion des sols	<1 (GAIL)	-
	Drechsel et Gylele (1999)	Erosion des sols, épuisement des nutriments	6-9	-
Malawi	World Bank (1992)	Erosion des sols	3 (GAIL)	18 (GDFL)
	Drechsel et Gylele (1999)	Erosion des sols, épuisement des nutriments	9,5-11	-
South Africa	McKenzie (1994)	Erosion des sols	<1 (GAIL)	4 (GDFL), <1 (GDCL)
Zimbabwe	Grohs (1994)	Erosion des sols	<1 (GAIL)	<1 (GDFL)
	Norse et Saigal (1992)	Erosion des sols	8 (GAIL)	<1 (GDCL)
	Stocking (1986)	Erosion des sols	9 (GAIL)	
	Drechsel et Gylele (1999)	Erosion des sols, épuisement des nutriments	2,5-4	

*Les estimations de GAIL, GDCL, GDFL présentées ici ont été calculées et rapportées par Bojö (1996). CLFP présentée ici a été calculée et rapportée par Repetto et al. (1989). Les chiffres de Drechsel et Gylele (1999) Convery et Tutu, Stocking et Norse et Saigal sont basés sur le coût estimé de remplacement des éléments nutritifs perdus; d'autres reflètent la perte de productivité. La gamme des estimations Drechsel et Gylele considère les variations de prix d'engrais et de transport disponibles.

Perte annuelle = la valeur perdue pour cette année en raison de la dégradation des sols.

CLFP: Perte de productivité future capitalisée (la valeur du flux de pertes futures en raison de la dégradation des sols d'une année donnée, similaire à GDFL).

GAIL: Perte brute immédiate annuelle (la valeur perdue des sorties brutes de terres cultivées en une seule année en raison de la dégradation des terres au cours de l'année précédente)

GDFL: Pertes futures brutes escomptées (la valeur du flux de pertes constantes futures annuelles en raison de la dégradation des sols au cours d'une année donnée).

GDCL: brut escompté perte cumulative (valeur cumulée du flux des pertes futures en raison de la poursuite de la dégradation des sols au fil du temps).

TABLEAU 45

Résultats des revues par (Berry, et al, 2003)*Source: (Berry, et al., 2003)*

Pays	Etendue de la dégradation des terres	Coût de la dégradation des terres	Niveau de réponse	Type de réponse
Ethiopie	Régions montagneuses et zones plus sèches, 50 % Régions montagneuses	4 % PIB Direct, Pauvreté extrême	0,2-0,5 % PIB AGRC, Engrais, Structures Physiques	
Ouganda	Varié 60 % superficie	4 % PNB?	Difficile à quantifier	Politique, terrassement dans SW
Rwanda	Extrême particulièrement SW	3,5 % AG GDP Pauvreté directe, extrême	Difficile à quantifier	Politique de terrassement centralisée

Annexe 2

Notes sur les sources et les descriptions de données

Note	Données	Description	Année (données utilisées pour : modélisation = M, estimation = E, valorisation=V)	Source
1	Appauvrissement des nutriments (kg/ha/année)	Pertes moyennes d'azote, de phosphore et de potassium (NPK) des terres cultivées des 42 pays Africains au cours des saisons de récoltes 2003-04	2002-04 (M)	Henao & Baanante (2006)
2	Erosion des sols (Mg/ha/année)	Erosion des sols	1992 (M and E)	La présente étude
3	Couverture forestière (% de la superficie totale)	Zone terrestre couverte de forêts divisée par la superficie totale d'un pays donné	2002-04 (M) 2010-12 (E)	FAOSTAT
4	Equilibre historique des nutriments	Pertes moyennes d'azote, du phosphore et du Potassium (NPK) des terres de cultures de 42 pays Africains au cours des saisons de récolte de 1993-95	1993-95 (M)	Henao & Baanante (1999)
5	Pauvreté	L'écart de pauvreté est le déficit moyen du seuil de pauvreté (en prenant en compte les non-pauvres comme ayant un déficit zéro), exprimé comme un pourcentage du seuil de pauvreté (1.25 dollars US de PPA USD par habitant par jour). Cette mesure reflète l'ampleur et l'incidence de la pauvreté.	2000-06 (M) 2007-2013 (E)	Banque mondiale
6	PIB par habitant	Le PIB par habitant est converti en dollars internationaux en utilisant les taux de parité du pouvoir d'achat (dollars constant international US 2011) divisé par la population.	2002-04 (M) 2010-12 (E)	Banque mondiale
7	PIB Manufacturier du secteur	Valeur ajoutée du secteur manufacturier (% PIB) multiplié par le PIB de PPA (dollar constant international 2011)	2002-04 (M) 2010-12 (E)	Banque mondiale
8	Cheptel	Population du cheptel (bétail et buffle, chameau, cheval, âne, chèvres, moutons et volaille). Les données ont été agrégées à Tropical Livestock Units (TLU).	2002-04 (M) 2010-12 (E)	FAOSTAT
9	Rendement des cultures	Rendement des céréales (orge, blé noir, grains de l'alpiste des Canaries, fonio, maïs, millet, avoine, riz, rye, sorgho, blé, autres céréales) (kg/ha)	2002-04 (M) 2010-12 (E)	FAOSTAT
10	Estimation de l'appauvrissement de nutriments	Estimation de pertes de nutriments NPK des terres céréalières en Kg/an = pertes de NPK prévues (kg/ha/an) de la modélisation pour une superficie totale récoltée (cultivée) égale à 1.2 fois de céréales pendant les saisons de récolte de 2002-04.		La présente étude
11	Superficie	Superficie céréalière de Lad récoltée (cultivée)	2002-04 (M) 2010-12 (E)	FAOSTAT
12	Main d'œuvre	Population totale économiquement active en agriculture	2002-04 (M) 2010-12(E)	FAOSTAT
13	Engrais	Consommation de nutriments (Azote (N), Phosphore (P2O5) et Potassium (K2O5)) (Mg/année)	2002-04(M) 2010-12(E)	FAOSTAT
14	Coût de Remplacement	Prix des engrais commerciaux	2010-12 (V)	AfricaFertilizer.org
15	Perte de valeur à la production	Prix à la production des céréales (dollars US/Mg)	2010-12	FAOSTAT
16	Coût de la GDS	Coûts d'installation des structures physiques et biologiques de la conservation des sols et de l'eau (fonctions de transfert des coûts)		WACOT
17	Ressources pour réduction de la pauvreté	Le montant d'argent nécessaire pour aider à hisser les gens vivant en dessous du seuil de pauvreté à un niveau de revenus égal au seuil de pauvreté.		La présente étude
		Population	2010-12 (V)	FAOSTAT
18	Analyse Coûts bénéfice	Taux d'actualisation: taux d'intérêts réels	2010-12	Banque mondiale

Annexe 3a

Modèle de coûts en capital prévus des interventions de la GDS

(2012 Dollars US/ha) par pays en Afrique

Pays	Coûts en capital des GDS en Afrique dollars US 2012/ha			
	Terre agr. Coe % de la superficie totale	Pop. Rurale coe % de la pop. totale	Indice prod. Agricole	Indice prod. alimentaire
Algérie	28	1 436	245	226
Angola	278	349	177	172
Bénin	119	363	332	254
Botswana	255	683	1 250	224
Burkina Faso	235	213	467	395
Burundi	804	135	1 440	1 496
Cap Vert	32	997	363	265
Cameroun	41	559	207	160
Rép. Centrafricaine	5	319	596	557
Tchad	184	182	377	329
Comores	1 060	217	771	801
Rép. Dém. Congo	11	340	900	914
Rép Congo	105	1 042	529	330
Côte d'Ivoire	569	543	683	586
Djibouti	759	2 874	327	304
Rép. Arabe d'Egypte	1	368	696	590
Guinée Equatoriale	8	321	653	622
Erythrée	801	178	1 438	808
Ethiopie	152	163	218	221
Gabon	38	9 229	531	547
Gambie	473	720	875	984
Ghana	658	543	341	269
Guinée	452	281	547	497
Guinée - Bissau	440	432	316	270
Kenya	288	194	129	184
Lesotho	804	203	2 289	1 514
Libéria	83	463	1 250	437
Libye	6	3 136	778	774
Madagascar	706	257	513	545
Malawi	492	153	135	81
Mali	130	300	233	124
Mauritanie	172	732	120	539
Île Maurice	220	330	2 460	1 744
Maroc	639	760	664	495
Mozambique	544	242	142	122
Namibie	274	378	639	2 149
Niger	141	162	129	244
Nigeria	900	402	949	837
Rwanda	803	204	134	95
Sao Tomé et Príncipe	340	989	509	494
Sénégal	269	365	412	302
Seychelles	3	565	1 460	815
Sierra Leone	420	314	174	110
Somalie	688	306	672	677
Afrique du Sud	909	990	762	537
Swaziland	704	178	828	793
Tanzanie	257	228	253	258
Togo	698	310	439	289
Tunisie	571	1 199	692	705
Ouganda	711	150	932	836
Zambie	113	323	119	143
Zimbabwe	208	254	1 019	1 659

Annexe 3b

Modèle des coûts récurrents prévus des interventions de la GDS

(2012 USD/ha/année) par pays en Afrique

Pays	Coûts en capital des GDS en Afrique dollars US 2012/ha			
	Terre agr. Coe % de la superficie totale	Pop. Rurale coe % de la pop. totale	Indice prod. Agricole	Indice prod. alimentaire
Algérie	12	298	50	44
Angola	56	71	35	32
Bénin	32	74	69	51
Botswana	52	141	289	44
Burkina Faso	50	43	100	88
Burundi	110	27	336	450
Cap Vert	14	206	76	54
Cameroun	16	115	41	29
Rép. Centrafricaine	4	65	130	134
Tchad	42	37	79	71
Comores	132	44	171	209
Rép. Dém. Congo,	7	69	202	246
Rép. Congo,	29	215	114	71
Côte d'Ivoire	88	111	150	143
Djibouti	106	601	68	64
Rép. Arabe d'Egypte	1	75	153	144
Guinée Equatoriale	6	65	143	154
Erythrée	110	36	336	212
Ethiopie	37	33	44	43
Gabon	15	1 956	115	131
Gambie	78	148	196	270
Ghana	97	111	71	55
Guinée	76	57	118	117
Guinée - Bissau	75	88	65	55
Kenya	57	39	25	35
Lesotho	110	41	555	457
Libéria	25	95	289	100
Libye	4	657	173	201
Madagascar	101	52	110	131
Malawi	80	31	26	13
Mali	34	61	47	21
Mauritanie	41	151	23	129
Île Maurice	48	67	601	543
Maroc	95	157	146	116
Mozambique	86	49	27	21
Namibie	55	77	140	702
Niger	36	33	25	49
Nigeria	119	82	214	221
Rwanda	110	41	26	15
Sao Tomé et Príncipe	63	204	109	116
Senegal	54	74	87	63
Seychelles	3	116	342	214
Sierra Leone	72	64	34	18
Somalie	100	62	148	171
Afrique du Sud	119	205	169	128
Swaziland	101	36	185	207
Tanzanie	53	46	51	52
Togo	101	63	93	60
Tunisie	88	248	152	179
Ouganda	102	30	210	221
Zambie	31	66	23	25
Zimbabwe	46	52	232	511

Annexe 3c

Modèle des coûts en capital et des coûts récurrents de la GDS en Afrique

Pays	Coûts en capital 2012 dollars US/ha			Coûts récurrents 2012 dollars US/ha/année		
	Estimation 1	Estimation 2	Estimation 3	Estimation 1	Estimation 2	Estimation 3
Algérie	483,76	732,01	635,82	101,14	155,26	173,84
Angola	244,11	313,82	232,75	48,38	63,43	53,13
Bénin	266,99	240,87	316,36	56,59	53,07	71,54
Botswana	602,80	468,74	718,89	131,40	96,47	214,62
Burkina Faso	327,44	223,88	358,28	70,17	46,48	71,41
Burundi	968,71	469,48	1 023,75	231,10	68,83	181,89
Cap Vert	414,38	514,51	541,77	87,44	109,87	140,96
Cameroun	241,63	299,97	308,57	50,29	65,41	78,01
Rép. Centrafricaine	369,12	161,71	490,55	83,22	34,51	97,36
Tchad	267,98	182,92	296,04	57,21	39,67	57,94
Comores	712,25	638,76	596,29	139,18	88,07	107,69
Rép. Dém. Congo,	540,97	175,06	717,76	131,15	38,00	135,89
Rép. Congo,	501,24	573,21	633,46	107,36	122,44	164,65
Côte d'Ivoire	595,31	555,68	604,14	123,22	99,77	130,84
Djibouti	1 065,84	1 816,27	1 168,15	209,74	353,66	334,39
Rép. Arabe d'Egypte	413,68	184,22	551,33	93,45	38,17	114,22
Guinée Equatoriale	401,10	164,48	532,15	91,99	35,52	104,31
Erythrée	806,42	489,52	808,22	173,51	73,08	186,10
Ethiopie	188,24	157,26	200,40	39,32	35,22	38,28
Gabon	2 586,49	4 633,66	3 435,94	554,33	985,71	1 035,31
Gambie	762,98	596,50	859,69	173,10	113,26	172,31
Ghana	452,92	600,49	384,66	83,62	104,19	91,23
Guinée	444,04	366,18	441,50	92,00	66,57	87,64
Guinée - Bissau	364,69	436,09	339,44	70,96	81,56	76,88
Kenya	198,83	241,20	169,12	38,89	48,10	32,08
Lesotho	1 202,31	503,16	1 335,22	290,95	75,73	298,22
Libéria	558,39	273,18	716,71	127,21	60,14	191,84
Libye	1 173,62	1 570,90	1 562,94	258,76	330,52	414,79
Madagascar	505,21	481,71	438,19	98,65	76,89	81,27
Malawi	215,19	322,38	122,88	37,47	55,59	28,48
Mali	196,64	214,90	218,79	40,81	47,51	54,04
Mauritanie	390,48	451,54	463,47	85,76	95,62	86,82
Île Maurice	1 188,53	274,68	1 511,45	314,72	57,45	333,88
Maroc	639,34	699,15	639,57	128,36	125,78	151,14
Mozambique	262,36	393,00	168,59	45,80	67,47	38,35
Namibie	859,82	325,59	1 055,21	243,39	66,04	108,54
Niger	169,26	151,55	178,64	35,60	34,28	28,84
Nigeria	771,96	650,94	729,42	159,11	100,48	148,30
Rwanda	308,93	503,46	144,11	48,19	75,80	33,57
Sao Tomé et Príncipe	582,93	664,39	664,07	123,19	133,78	156,82
Senegal	336,90	316,98	359,39	69,79	64,42	80,67
Seychelles	710,97	284,19	947,00	168,67	59,50	228,86
Sierra Leone	254,39	366,94	199,31	47,28	68,26	49,16
Somalie	585,76	496,75	551,82	120,08	81,05	105,03
Afrique du Sud	799,31	949,39	762,71	155,33	161,99	186,75
Swaziland	625,53	440,82	599,53	132,27	68,65	110,49
Tanzanie	248,78	242,48	245,96	50,62	49,52	48,76
Togo	433,80	503,65	345,87	79,26	81,91	78,13
Tunisie	791,88	885,01	865,59	167,10	168,37	200,39
Ouganda	657,18	430,49	639,21	140,78	66,11	120,28
Zambie	174,27	217,62	194,79	36,20	48,36	44,22
Zimbabwe	785,12	231,21	977,36	210,08	48,86	141,67

Annexe 3d

Modèle des coûts en capital prévus pour les interventions de la GDS

(2012 USD/ha) par pays en Afrique (mécanique)

Pays	Pop. Rurale coe % de pop. totale	Indice produc- tion agricole	Rendement céréales/ha	VA Agricole par ouvrier
Algérie	4 401	247	169	
Angola	465	162	21	363
Bénin	493	366	111	599
Botswana	1 349	2 020	8	423
Burkina Faso	211	567	91	224
Burundi	103	2 424	77	93
Cap Vert	2 461	410	3	
Cameroun	981	198	154	609
Rép. Centrafricaine	401	777	170	471
Tchad	165	430	78	
Comores	218	1 083	119	438
Rép. Dém. Congo,	444	1 322	38	150
Rép. Congo,	2 640	665	47	404
Côte d'Ivoire	935	927	392	
Djibouti	13 261	358	235	
Rép. Arabe d'Egypte	504	949	2 608	1 114
Guinée Equatoriale	406	874		
Erythrée	159	2 422	25	
Ethiopie	138	212	245	168
Gabon	84 844	670	170	1 190
Gambie	1 467	1 275	54	180
Ghana	937	378	186	
Guinée	328	695	141	142
Guinée - Bissau	650	343	134	371
Kenya	183	107	166	234
Lesotho	195	4 409	4	216
Libéria	727	2 021	85	394
Libye	15 239	1 096	43	
Madagascar	285	640	405	132
Malawi	124	115	254	145
Mali	364	231	167	461
Mauritanie	1 505	99	201	370
Île Maurice	423	4 841	628	3 167
Maroc	1 598	893	66	1 656
Mozambique	260	122	33	177
Namibie	525	851	21	1 148
Niger	137	108	19	
Nigeria	581	1 415	139	1 894
Rwanda	197	113	273	194
Sao Tomé et Principe	2 432	633	34	
Senegal	497	482	107	226
Seychelles	999	2 469		430
Sierra Leone	392	158	178	488
Somalie	376	907	89	
Afrique du Sud	2 433	1 066	736	2 423
Swaziland	138			
Tanzanie	287		16	829
Togo	159	1 186	75	
Tunisie	235	257	107	193
Ouganda	383	523	95	
Zambie	3 303	942	168	1 953
Zimbabwe	121	1 383	241	143
Zambia	409	97	409	234
Zimbabwe	280	1 553	43	158

Annexe 3e

Modèle de coûts récurrents prédits pour les interventions de la GDS

(2012 Dollars US/ha) pays en Afrique (mécanique)

Pays	Pop. Rurale coe % de pop. totale	Indice produc- tion agricole	Rendement céréales/ha	VA Agricole par ouvrier
Algérie	1 181	42	29	
Angola	88	27	4	62
Bénin	95	65	19	104
Botswana	302	429	1	72
Burkina Faso	36	106	15	37
Burundi	15	525	13	15
Cap Vert	604	74	0	
Cameroun	209	33	26	106
Rép. Centrafricaine	74	150	29	81
Tchad	27	78	13	
Comores	37	216	20	75
Rép. Dém. Congo,	84	269	6	25
Rép. Congo,	655	126	8	69
Côte d'Ivoire	198	182	67	
Djibouti	4 218	64	40	
Rép. Arabe d'Egypte	97	187	451	197
Guinée Equatoriale	76	171		
Erythrée	26	524	4	
Ethiopie	22	36	42	28
Gabon	35 895	127	29	211
Gambie	333	259	9	30
Ghana	198	68	32	
Guinée	59	132	24	23
Guinée - Bissau	130	61	23	63
Kenya	30	17	28	39
Lesotho	32	1 015	1	36
Libéria	148	430	14	67
Libye	4 952	219	7	
Madagascar	50	121	69	22
Malawi	19	18	43	24
Mali	67	39	28	79
Mauritanie	342	15	34	63
Île Maurice	79	1 125	108	583
Maroc	367	175	11	298
Mozambique	45	19	5	29
Namibie	102	166	4	204
Niger	22	17	3	
Nigeria	114	290	24	342
Rwanda	33	18	46	32
Sao Tomé et Príncipe	596	120	6	
Senegal	95	88	18	38
Seychelles	213	536		74
Sierra Leone	73	26	30	84
Somalie	69	178	15	
Afrique du Sud	596	212	126	442
Swaziland	22			
Tanzanie	51		3	145
Togo	26	239	13	
Tunisie	40	44	18	32
Ouganda	71	97	16	
Zambie	848	185	29	353
Zimbabwe	19	283	41	24
Zambia	76	15	70	39
Zimbabwe	49	321	7	26

Annexe 3f

Modèle de coûts en capital et des coûts récurrents prévus pour les interventions de la GDS

(2012 USD/ha) par pays en Afrique (mécanique)

Pays	Zones de cultures permanentes	
	Coûts en capital réels 2012 Dollars US/ha	Coûts récurrents réels 2012 Dollars US/ha/année
Algérie	158	37
Angola	120	28
Bénin	562	136
Botswana	12	3
Burkina Faso	127	30
Burundi	1 093	267
Cap Vert	226	54
Cameroun	505	122
République Centrafricaine	87	20
Tchad	36	8
Comores	1 662	409
Rép. Dém. Congo	152	36
Rép. du Congo	112	26
Cote d'Ivoire	1 115	273
Djibouti		
Rép. Arabe d'Egypte	237	57
Guinée équatoriale	400	96
Erythrée	32	7
Ethiopie	285	68
Gabon	212	50
Gambie	181	43
Ghana	1 014	247
Guinée	468	113
Guinée-Bissau	867	211
Kenya	255	61
Lesotho	88	21
Libéria	405	97
Libye	108	25
Madagascar	272	65
Malawi	322	77
Mali	85	20
Mauritanie	23	5
Île Maurice	383	92
Maroc	484	117
Mozambique	157	37
Namibie	23	5
Niger	67	16
Nigeria	782	190
Rwanda	931	227
Sao Tomé et Príncipe	2 003	494
Sénégal	147	35
Seychelles	588	142
Sierra Leone	415	100
Somalie	50	12
Afrique du Sud	148	35
Soudan du Sud		
Soudan	71	16
Swaziland	246	59
Tanzanie	429	103
Togo	537	130
Tunisie	1 172	287
Ouganda	985	240
Zambie	51	12
Zimbabwe	127	30

Annexe 4:

Valeurs actuelles des coûts de l'inaction face à l'érosion des sols par catégories d'érosion et de pauvreté et résultats des analyses de sensibilité par pays en Afrique

Annexe 4a: Valeur actuelle des coûts de l'inaction contre l'appauvrissement en nutriments des terres arables dû à l'érosion dans 42 pays Africains regroupés en fonction du taux d'érosion annuel ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ années (20016–30))

Catégorie d'érosion	Moyenne de superficie cultivée en Millions d' ha/an	Moyenne de pertes NPK en 1000 de Mg/an	V Valeur au coût de remplacement en milliards de dollars US de PPA (dollar constant 2011)		Perte moyenne de cultures en millions de Mg/an	Coût de l'inaction en millions de dollars US de PPA (dollar constant 2011)			
			PV	Annuité		PV	Annuité	Annuité coe % de la moyenne en 2010–12	
								PIB	PIB Agri
ER1	0,704 (0,753)	24,221 (27,629)	0,205 (0,226)	0,025 (0,029)	0,952 (1,170)	9,130 (12,590)	1,083 (1,487)	9,88 (11,41)	34,51 (50,46)
ER2	1,190 (0,595)	46,107 (24,264)	0,375 (0,185)	0,043 (0,021)	1,702 (0,981)	12,465 (7,176)	1,428 (0,826)	6,11 (3,57)	31,85 (23,70)
ER3	1,952 (1,755)	82,755 (73,539)	0,670 (0,643)	0,089 (0,075)	4,118 (4,630)	32,229 (35,591)	4,067 (3,977)	7,99 (10,02)	35,34 (35,61)
ER4	4,900 (5,723)	229,984 (269,672)	5,444 (10,489)	0,247 (0,258)	11,948 (15,863)	301,634 (654,065)	11,129 (13,448)	11,63 (10,39)	25,17 (20,95)
ER5	3,976 (3,529)	195,854 (173,318)	2,246 (2,082)	0,217 (0,172)	15,330 (17,466)	212,593 (378,904)	17,380 (24,938)	26,67 (48,10)	88,69 (112,38)
ER1-ER5	2,487 (3,339)	112,818 (160,197)	1,724 (4,846)	0,121 (0,162)	6,607 (11,539)	109,185 (335,371)	6,806 (13,440)	12,29 (22,67)	42,72 (59,95)
Afrique	104,435	4738,344	72,398	5,090	277,483	4585,760	285,836	12,29	42,72

Taux d'érosion: 1 < 950 Mg/ha/année. 2 = 950 to 1700. 3 = 1700 to 3150. 4 = 3150 to 7200. 5 = > 7200 Mg/ha/année

ER1: Burundi, Djibouti, Guinée, Lesotho, Malawi, Rwanda, Sierra Leone, Swaziland, Togo;

ER2: Bénin, Cameroun, Erythrée, Ghana, Libéria, Sénégal, Tunisie, Zimbabwe;

ER3: Burkina Faso, Congo, Côte D'Ivoire, Gabon, Kenya, Madagascar, Maroc, Ouganda, Zambie;

ER4: Angola, Botswana, Tchad, Ethiopie, Mozambique, Nigeria, R U de Tanzanie; et

ER5: RD Congo, Egypte, Mali, Mauritanie, Namibie, Niger, Afrique du Sud, Soudan.

Annexe 4b: Valeur actuelle des coûts de l'inaction contre la pauvreté induite par l'épuisement de nutriments dans les terres arables de 42 pays africains regroupés en fonction de l'indice de l'écart de pauvreté (-0.13 ≤ r ≤ 0.43; t = 15 année (20016–30))

Catégorie de la pauvreté	Superficie moyenne cultivée en Millions d'ha/an	Perte moyenne encourue en NPK en 1000 de Mg/année	Valeur au coût de remplacement en milliards de dollars US de PPA (Dollar constant 2011)		Perte moyenne des cultures en Millions de Mg/an	Coût de l'inaction en milliards de dollars US de PPA (dollar US constant 2011)			
			PV	Annuité		PV	Annuité	Annuité coe % de la moyenne de 2010-12	
								PIB	PIB Agri
PGI1	2,151 (2,702)	2,616 (6,256)	0,024 (0,050)	0,003 (0,006)	0,165 (0,352)	1,410 (2,768)	0,141 (0,308)	0,10 (0,21)	0,61 (0,81)
PGI2	3,403 (3,535)	18,050 (17,951)	0,180 (0,202)	0,020 (0,022)	0,834 (0,865)	6,596 (7,454)	0,730 (0,800)	2,28 (3,31)	6,73 (9,54)
PGI3	1,891 (1,668)	14,688 (12,367)	0,126 (0,101)	0,014 (0,012)	0,630 (0,543)	4,401 (3,292)	0,479 (0,394)	2,13 (1,78)	6,71 (4,31)
PGI4	3,511 (6,548)	45,256 (85,845)	1,555 (3,477)	0,042 (0,063)	2,460 (5,094)	86,484 (207,573)	1,718 (3,634)	1,59 (0,96)	5,08 (4,35)
PGI5	1,330 (0,783)	27,829 (18,114)	0,153 (0,075)	0,029 (0,024)	0,973 (0,613)	3,501 (2,128)	0,567 (0,319)	3,00 (1,72)	13,88 (7,88)
PGI1-PGI5	2,487 (3,339)	19,251 (35,263)	0,324 (1,323)	0,019 (0,030)	0,891 (1,996)	15,840 (78,280)	0,656 (1,438)	1,75 (2,19)	6,22 (7,41)
Afrique	104,435	808,540	13,619	0,811	37,441	665,272	27,550	1,75	6,22

Quantile de l'indice de l'écart de pauvreté: 1 = moins de 0,07. 2 = 0,07 to 0,14. 3 = 0,14 to 0,21 million ha. 4 = 0,21 to 0,33 million ha. 5 = 0,33 à 0,53.

PGI1: Botswana, Djibouti, Egypte, Gabon, Mauritanie, Maroc, Namibie, Afrique du Sud, Soudan, Tunisie;

PGI2: Cameroun, Tchad, Congo, Côte D'Ivoire, Ethiopie, Ghana, Guinée, Niger, Sénégal, Ouganda, R U Tanzanie;

PGI3: Angola, Bénin, Burkina Faso, Erythrée, Kenya, Mali, Sierra Leone, Swaziland;

PGI4: République C Africaine, Lesotho, Mozambique, Nigeria, Rwanda, Togo; et

PGI5: Burundi, R D Congo, Libéria, Madagascar, Malawi, Zambie, Zimbabwe

Annexe 4c: Valeur actuelle des coûts de l'action contre la dégradation des sols induite par l'érosion dans 42 pays africains, les pays sont regroupés en fonction du taux d'érosion ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ ans (20016–30))

Catégorie d'érosion	Coût de la structure d'installation (Dollars US de PPA/ha)	Coût de maintenance Dollars US de PPA/ha/année	Total de terres cultivées à être développées par des structures GDS en millions d'ha au cours de 15 ans (Installation en 5 ans de 20 % de superficie par an)	Coût de l'action en milliards de dollars US de PPA (dollar constant 2011)			
				PV	Annuité	Annuité comme	
						% PIB	% PIB Agri
ER1	1213,859 (870,474)	211,652 (174,726)	0,704 (0,753)	1,198 (1,237)	0,142 (0,154)	1,35 (1,18)	4,77 (5,26)
ER2	817,237 (367,510)	150,504 (46,158)	1,190 (0,595)	2,007 (1,205)	0,230 (0,139)	0,88 (0,47)	4,82 (4,03)
ER3	1798,285 (2024,470)	356,825 (432,907)	1,952 (1,755)	4,401 (5,331)	0,587 (0,622)	1,10 (1,11)	5,00 (4,69)
ER4	728,554 (411,336)	131,521 (56,638)	4,900 (5,723)	27,947 (64,808)	0,901 (1,159)	0,92 (0,81)	2,38 (2,11)
ER5	748,405 (427,215)	148,425 (73,600)	3,976 (3,529)	6,787 (6,706)	0,696 (0,721)	1,48 (2,17)	5,60 (4,85)
ER1-ER5	1082,449 (1098,575)	203,807 (227,346)	2,487 (3,339)	8,198 (28,788)	0,504 (696)	1,15 (1,23)	4,53 (4,30)
Afrique			104	344,312	21,174	1,15	4,53

Taux d'érosion: 1 < 950 Mg/ha/année. 2 = 950 to 1700. 3 = 1700 to 3150. 4 = 3150 to 7200. 5 = > 7200 Mg/ha/année.

ER1: Burundi, Djibouti, Guinée, Lesotho, Malawi, Rwanda, Sierra Leone, Swaziland, Togo;

ER2: Bénin, Cameroun, Erythrée, Ghana, Libéria, Sénégal, Tunisie, Zimbabwe;

ER3: Burkina Faso, Congo, Côte D'Ivoire, Gabon, Kenya, Madagascar, Maroc, Ouganda, Zambie;

ER4: Angola, Botswana, Tchad, Ethiopie, Mozambique, Nigeria, R U de Tanzanie; et

ER5: R D Congo, Egypte, Mali, Mauritanie, Namibie, Niger, Afrique du Sud, Soudan.

Annexe 4d: Valeur actuelle nette de l'action dans la lutte contre la pauvreté et la pauvreté induite par la dégradation des terres arables dans 42 pays africains regroupés par indice de l'écart de pauvreté ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ année (2016–30))

Catégorie de pauvreté	Moyenne de l'écart de pauvreté	Réduction annuelle (6,67 % par an) de l'écart de pauvreté (2016 à 2030)	Population (Millions) en 2016	Population (Millions) d'ha 2016 avec des revenus en dessous du seuil de pauvreté (revenu par habitant de 1,25 dollars US PPA/jour)	Population (Millions) de 2030 (écart de pauvreté = 0,00)	Coût de l'action (ressources nécessaires pour aider les pauvres à se hisser jusqu'au seuil de pauvreté) milliards de dollars US de PPA (dollar constant 2011)			
						PV	Annuité	Annuité comme	
								% PIB	% PIB Agri
PGI1	0,031	0,002	23,750	0,396	28,197	1,078 (1,733)	0,111 (0,198)	0,23 (0,32)	3,27 (5,87)
PGI2	0,114	0,008	30,627	3,422	43,573	9,102 (7,945)	1,025 (0,877)	2,37 (1,29)	9,82 (13,79)
PGI3	0,167	0,011	16,564	2,757	23,569	7,613 (6,479)	0,807 (0,744)	2,93 (1,58)	12,23 (10,23)
PGI4	0,271	0,018	40,593	11,029	58,087	74,100 (165,095)	1,998 (2,734)	6,54 (3,85)	20,75 (16,52)
PGI5	0,424	0,028	23,311	10,850	33,391	21,056 (19,424)	4,378 (5,669)	17,09 (9,40)	87,27 (88,33)
PGI1- PGI5	0,178	0,012	26,515	4,899	36,478	18,186 (63,061)	1,464 (2,825)	5,02 (7,01)	23,19 (46,01)
Afrique			1113,634	205,773	1532,073	763,803	61,474	5,02	23,19

Quantile de l'indice de l'écart de pauvreté: 1 = moins de 0,07. 2 = 0,07 to 0,14. 3 = 0,14 to 0,21 million ha. 4 = 0,21 to 0,33 million ha. 5 = 0,33 to 0,53.

PGI1: Botswana, Djibouti, Egypte, Gabon, Mauritanie, Maroc, Namibie, Afrique du Sud, Soudan, Tunisie;

PGI2: Cameroun, Tchad, Congo, Côte D'Ivoire, Ethiopie, Ghana, Guinée, Niger, Sénégal, Ouganda, R U Tanzanie;

PGI3: Angola, Benin, Burkina Faso, Eritrea, Kenya, Mali, Sierra Leone, Swaziland;

PGI4: République C. Africaine, Lesotho, Mozambique, Nigeria, Rwanda, Togo; et

PGI5: Burundi, DR Congo, Libéria, Madagascar, Malawi, Zambie, Zimbabwe.

Annexe 4e: Valeur actuelle nette de l'action dans la lutte contre la pauvreté induite par l'épuisement des nutriments des terres arables dans 42 Pays africains regroupés en fonction de l'écart de pauvreté ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ année (2016–30))

Quantiles	PV ou coût de l'inaction en milliards de dollars US PPA	PV ou coût de l'action en milliards de dollars US PPA USD	Bénéfices de l'action				Bénéfices de l'action – Coûts de l'action				BCR	Bénéfice de l'action / coût de l'inaction
			PV en milliards de d. US de PPA	Annuité en milliards de d. US PPA USD	Annuité coe % moyen 2010–12		NPV en milliards de dls US de PPA USD	Annuité en milliards de d. US	Annuité NPV coe % du PIB			
					PIB	PIB Agri			PIB	PIB Agri		
PGI1	1,410 (2,768)	1,078 (1,733)	0,743 (1,423)	0,073 (0,156)	0,05 (0,11)	0,32 (0,41)	-0,335 (0,676)	-0,038 (0,062)	0,18 (0,29)	2,95 (5,94)	0,42 (0,57)	0,53
PGI2	6,596 (7,454)	9,102 (7,945)	3,371 (3,846)	0,373 (0,411)	1,16 (1,68)	3,41 (4,83)	-5,731 (5,329)	-0,652 (0,612)	1,21 (1,00)	6,42 (12,57)	0,35 (0,35)	0,51
PGI3	4,401 (3,292)	7,613 (6,479)	2,263 (1,653)	0,245 (0,197)	1,10 (0,92)	3,45 (2,16)	-5,350 (5,795)	-0,562 (0,652)	1,83 (1,19)	8,78 (9,31)	0,33 (0,22)	0,51
PGI4	86,484 (207,573)	74,100 (165,095)	60,906 (147,119)	1,171 (2,591)	0,82 (0,44)	2,67 (2,18)	-13,193 (18,425)	-0,827 (0,669)	5,72 (3,76)	18,07 (15,11)	0,24 (0,32)	0,70
PGI5	3,501 (2,128)	21,056 (19,424)	1,692 (1,103)	0,259 (0,137)	1,42 (0,79)	6,57 (3,88)	-19,364 (19,438)	-4,120 (5,612)	15,66 (9,46)	80,70 (88,35)	0,11 (0,07)	0,48
PGI1- PGI5	15,840 (78,280)	18,186 (63,061)	10,474 (55,492)	0,372 (0,998)	0,88 (1,09)	3,10 (3,65)	-7,712 (12,347)	-1,091 (2,604)	4,14 (6,75)	20,09 (44,78)	0,31 (0,36)	0,66
Afrique	665,272	763,803	439,905	15,634	0,88	3,10	-323,898	-45,840	4,14	20,09	0,31	0,66

Quantile de l'indice de l'écart de pauvreté: 1 = moins de 0,07. 2 = 0,07 to 0,14. 3 = 0,14 to 0,21 million ha. 4 = 0,21 to 0,33 million ha. 5 = 0,33 to 0,53.

PGI1: Botswana, Djibouti, Egypte, Gabon, Mauritanie, Maroc, Namibie, Afrique du Sud, Soudan, Tunisie;

PGI2: Cameroun, Tchad, Congo, Côte D'Ivoire, Ethiopie, Ghana, Guinée, Niger, Sénégal, Ouganda, R U Tanzanie;

PGI3: Angola, Bénin, Burkina Faso, Erythrée, Kenya, Mali, Sierra Leone, Swaziland;

PGI4: République C. Africaine, Lesotho, Mozambique, Nigeria, Rwanda, Togo; et

PGI5: Burundi, R D Congo, Libéria, Madagascar, Malawi, Zambie, Zimbabwe

Annexe 4f: Sensibilité des NPV et des BCR aux changements des taux d'actualisation réels par pays

Pay	Cas de base des NPV en milliards de d. US de PPA	Cas de base du taux d'actualisation	% changement en NPV du cas de base en cas de montée (+) et de baisse (-) par :				Cas de base BCR	Rapport coût bénéfice en cas de montée (+) et de baisse (-) par :			
			50 %	25 %	-25 %	-50 %		50 %	25 %	-25 %	-50 %
Djibouti	-3,90E-05	0,140	-19,46	-10,85	13,96	32,32	0,14	0,12	0,13	0,15	0,16
Gabon	-0,33	0,077	-14,78	-7,96	9,36	20,44	0,19	0,18	0,19	0,20	0,21
Madagascar	0,60	0,430	-111,90	-70,63	130,67	398,12	1,29	0,95	1,10	1,56	1,94
Cameroun	0,66	0,077	-47,05	-25,83	31,60	70,47	1,25	1,16	1,20	1,29	1,34
Rwanda	0,62	0,137	-44,15	-25,26	34,33	81,82	1,91	1,63	1,76	2,07	2,25
Ouganda	7,42	0,090	-34,05	-18,82	23,43	52,84	1,81	1,65	1,73	1,90	1,99
Congo	0,06	0,077	-30,12	-16,45	19,93	44,22	1,80	1,67	1,73	1,87	1,94
Lesotho	0,36	0,063	-24,78	-13,36	15,67	34,15	2,22	2,06	2,14	2,31	2,39
Burundi	1,28	-0,006	-3,01	-1,52	1,54	3,11	2,30	2,28	2,29	2,31	2,32
Botswana	0,57	0,025	-11,03	-5,70	6,11	12,65	2,41	2,35	2,38	2,44	2,47
Swaziland	0,21	0,025	-10,78	-5,56	5,94	12,30	2,57	2,50	2,54	2,61	2,64
Erythrée	1,90	0,077	-26,66	-14,54	17,55	38,86	2,79	2,54	2,66	2,92	3,06
Malawi	3,99	0,158	-38,93	-22,45	31,25	75,82	3,23	2,73	2,96	3,52	3,85
Ghana	8,56	0,077	-25,90	-14,12	17,02	37,68	3,00	2,76	2,88	3,14	3,27
Tunisie	5,45	0,077	-25,93	-14,13	17,04	37,73	3,06	2,80	2,93	3,20	3,34
Togo	2,34	0,077	-25,34	-13,81	16,64	36,82	3,17	2,93	3,04	3,29	3,42
Mauritanie	1,07	0,079	-25,77	-14,07	17,03	37,79	3,18	2,94	3,06	3,31	3,44
Côte D'Ivoire	4,90	0,077	-25,27	-13,77	16,59	36,70	3,40	3,12	3,26	3,55	3,70
Maroc	39,90	0,077	-25,26	-13,76	16,58	36,69	3,40	3,13	3,26	3,55	3,70
Libéria	0,93	0,068	-22,50	-12,16	14,36	31,42	3,88	3,63	3,76	4,01	4,14
Mozambique	10,39	0,115	-31,69	-17,78	23,03	53,26	4,18	3,68	3,92	4,46	4,76
Zimbabwe	6,29	0,077	-24,30	-13,23	15,92	35,20	4,30	3,99	4,14	4,47	4,64
Namibie	1,50	0,022	-8,90	-4,58	4,86	10,01	4,24	4,15	4,20	4,29	4,33
Afrique du Sud	43,59	0,030	-11,83	-6,14	6,65	13,86	4,35	4,21	4,28	4,42	4,49
Sénégal	6,97	0,077	-24,08	-13,11	15,77	34,87	4,82	4,46	4,64	5,02	5,21
Sierra Leone	6,91	0,041	-15,16	-7,97	8,86	18,74	4,79	4,59	4,69	4,90	5,00
R D Congo	3,69	0,248	-42,19	-25,15	38,79	101,81	5,76	4,66	5,16	6,47	7,30
Guinée	17,00	0,077	-24,01	-13,07	15,72	34,76	5,26	4,84	5,05	5,49	5,72
Bénin	6,26	0,077	-23,73	-12,91	15,53	34,32	5,63	5,22	5,42	5,84	6,05
Soudan (Ancien)	93,33	0,077	-23,78	-12,95	15,56	34,40	5,84	5,39	5,61	6,08	6,33
Zambie	6,71	0,067	-21,50	-11,60	13,66	29,83	6,04	5,66	5,85	6,23	6,43
R U Tanzanie	82,35	0,053	-18,30	-9,75	11,14	23,91	6,27	5,89	6,08	6,47	6,68
Nigeria	1132,98	-0,132	-51,97	-31,61	50,42	133,18	7,04	6,28	6,67	7,36	7,63
Mali	30,83	0,077	-23,42	-12,74	15,31	33,84	7,05	6,54	6,79	7,32	7,59
Kenya	22,05	0,084	-24,86	-13,61	16,59	36,97	7,30	6,69	6,99	7,62	7,95
République C A	0,72	0,077	-23,38	-12,72	15,29	33,78	7,40	6,86	7,13	7,69	7,98
Angola	13,72	0,014	-5,78	-2,94	3,06	6,24	7,18	7,08	7,13	7,23	7,28
Burkina Faso	30,65	0,077	-23,34	-12,70	15,26	33,71	7,86	7,27	7,56	8,17	8,48
Tchad	15,21	0,077	-23,21	-12,63	15,17	33,52	8,73	8,10	8,41	9,06	9,40
Ethiopie	115,64	0,077	-23,06	-12,54	15,06	33,28	10,43	9,68	10,05	10,81	11,21
Niger	85,40	0,077	-22,97	-12,50	15,00	33,14	11,82	10,98	11,39	12,26	12,70
Egypte	670,99	-3,81E-04	-0,16	-0,08	0,08	0,16	93,09	93,05	93,07	93,10	93,12
Moyenne Afrique	59,14	0,078	-29,84	-17,75	27,01	69,64	6,58	6,25	6,41	6,76	6,95
Somme Afrique	2483,69										

Annexe 4g: Sensibilité des NPV et des BCR aux changements des prix de céréales des producteurs par pays

Pays	Cas de base des NPV en milliards de d. US	Cas de base de moyenne céréales pesées prix de pds en D. US de PPA /Mg	% changements en NPV des prix de céréales de cas de base montée (+) et baisse (-) par :				Cas de base BCR	Rapport coût / bénéfice en cas de montée (+) et de baisse (-) des prix de céréales par :			
			50 %	25 %	-25 %	-50 %		50 %	25 %	-25 %	-50 %
Djibouti	-3,90E-05	740,86	8,07	4,03	-4,03	-8,07	0,14	0,21	0,17	0,10	0,07
Gabon	-0,33	586,38	12,00	6,00	-6,00	-12,00	0,19	0,29	0,24	0,15	0,10
Madagascar	0,66	725,69	252,81	126,41	-126,41	-252,81	1,25	1,87	1,56	0,93	0,62
Cameroun	0,60	1025,26	220,37	110,19	-110,19	-220,37	1,29	1,94	1,62	0,97	0,65
Rwanda	0,06	670,97	112,55	56,28	-56,28	-112,55	1,80	2,70	2,25	1,35	0,90
Ouganda	7,42	1204,39	111,70	55,85	-55,85	-111,70	1,81	2,72	2,26	1,36	0,91
Congo	0,62	940,52	104,85	52,43	-52,43	-104,85	1,91	2,87	2,39	1,43	0,96
Lesotho	0,36	738,79	91,00	45,50	-45,50	-91,00	2,22	3,33	2,77	1,66	1,11
Burundi	1,28	1115,47	88,47	44,23	-44,23	-88,47	2,30	3,45	2,87	1,72	1,15
Botswana	0,57	616,83	85,53	42,77	-42,77	-85,53	2,41	3,61	3,01	1,81	1,20
Swaziland	0,21	730,18	81,82	40,91	-40,91	-81,82	2,57	3,86	3,21	1,93	1,29
Erythrée	1,90	950,59	78,01	39,00	-39,00	-78,01	2,79	4,18	3,48	2,09	1,39
Malawi	8,56	949,67	74,95	37,48	-37,48	-74,95	3,00	4,51	3,75	2,25	1,50
Ghana	5,45	789,38	74,28	37,14	-37,14	-74,28	3,06	4,59	3,82	2,29	1,53
Tunisie	2,34	692,31	73,09	36,54	-36,54	-73,09	3,17	4,75	3,96	2,37	1,58
Togo	1,07	1084,24	72,93	36,46	-36,46	-72,93	3,18	4,77	3,98	2,39	1,59
Mauritanie	3,99	808,85	72,46	36,23	-36,23	-72,46	3,23	4,84	4,03	2,42	1,61
Côte D'Ivoire	4,90	927,44	70,84	35,42	-35,42	-70,84	3,40	5,10	4,25	2,55	1,70
Maroc	39,90	781,55	70,80	35,40	-35,40	-70,80	3,40	5,11	4,26	2,55	1,70
Libéria	0,93	945,79	67,35	33,68	-33,68	-67,35	3,88	5,82	4,85	2,91	1,94
Mozambique	10,39	716,25	65,73	32,86	-32,86	-65,73	4,18	6,27	5,22	3,13	2,09
Zimbabwe	1,50	634,42	65,42	32,71	-32,71	-65,42	4,24	6,36	5,30	3,18	2,12
Namibie	6,29	627,18	65,13	32,56	-32,56	-65,13	4,30	6,46	5,38	3,23	2,15
Afrique du Sud	43,59	587,94	64,93	32,47	-32,47	-64,93	4,35	6,52	5,44	3,26	2,17
Sénégal	6,91	1338,88	63,19	31,59	-31,59	-63,19	4,79	7,19	5,99	3,59	2,40
Sierra Leone	6,97	666,66	63,07	31,54	-31,54	-63,07	4,82	7,24	6,03	3,62	2,41
R D Congo	17,00	1255,63	61,73	30,86	-30,86	-61,73	5,26	7,90	6,58	3,95	2,63
Guinée	6,26	839,79	60,81	30,40	-30,40	-60,81	5,63	8,44	7,03	4,22	2,81
Bénin	3,69	727,21	60,51	30,26	-30,26	-60,51	5,76	8,63	7,19	4,32	2,88
Soudan (Ancien)	93,33	1020,46	60,33	30,16	-30,16	-60,33	5,84	8,76	7,30	4,38	2,92
Zambie	6,71	695,83	59,92	29,96	-29,96	-59,92	6,04	9,06	7,55	4,53	3,02
R U Tanzanie	82,35	1264,32	59,49	29,74	-29,74	-59,49	6,27	9,41	7,84	4,70	3,14
Nigeria	1132,98	854,96	58,28	29,14	-29,14	-58,28	7,04	10,55	8,79	5,28	3,52
Mali	30,83	809,96	58,26	29,13	-29,13	-58,26	7,05	10,58	8,82	5,29	3,53
Kenya	13,72	686,30	58,09	29,05	-29,05	-58,09	7,18	10,77	8,98	5,39	3,59
République C A	22,05	1065,94	57,93	28,97	-28,97	-57,93	7,30	10,95	9,13	5,48	3,65
Angola	0,72	739,83	57,81	28,90	-28,90	-57,81	7,40	11,10	9,25	5,55	3,70
Burkina Faso	30,65	863,18	57,29	28,64	-28,64	-57,29	7,86	11,79	9,82	5,89	3,93
Tchad	15,21	786,52	56,47	28,23	-28,23	-56,47	8,73	13,10	10,91	6,55	4,37
Ethiopie	115,64	1068,28	55,30	27,65	-27,65	-55,30	10,43	15,64	13,03	7,82	5,21
Niger	85,40	884,82	54,62	27,31	-27,31	-54,62	11,82	17,73	14,77	8,86	5,91
Egypte	670,99	1418,09	50,54	25,27	-25,27	-50,54	93,09	139,63	116,36	69,82	46,54
Moyenne Afrique	59,14	870,90	73,78	36,89	-36,89	-73,78	6,58	9,87	8,23	4,94	3,29
Somme Afrique	2483,69										

Annexe 4h: – Sensibilité des NPV et de BCR aux changements survenus dans l'efficacité des interventions de gestion durable des terres en ce qui concerne le contrôle de l'épuisement des nutriments des sols induit par l'érosion par pays

Pays	Cas de base NPV en milliards dollars US de PPA	Cas de base efficace de GDS (contrôle de	% changement en NPV à partir de l'efficacité du cas de base de GDS:				Cas de Base BCR	Rapport bénéfice / coût en cas d'efficacité de la GDS dans le contrôle de l'érosion:			
			60 %	40 %	25 %	15 %		60 %	40 %	25 %	15 %
Djibouti	-3,90E-05	75,00	-3,23	-7,53	-10,76	-13,98	0,14	0,11	0,07	0,05	0,02
Gabon	-0,33	75,00	-4,80	-11,20	-16,00	-20,80	0,19	0,15	0,10	0,06	0,03
Cameroun	0,66	75,00	-101,12	-235,96	-337,08	-438,21	1,25	1,00	0,66	0,42	0,17
Madagascar	0,60	75,00	-88,15	-205,68	-293,83	-381,98	1,29	1,03	0,69	0,43	0,17
Congo	0,06	75,00	-45,02	-105,05	-150,07	-195,09	1,80	1,44	0,96	0,60	0,24
Ouganda	7,42	75,00	-44,68	-104,25	-148,93	-193,61	1,81	1,45	0,97	0,60	0,24
Rwanda	0,62	75,00	-41,94	-97,86	-139,80	-181,74	1,91	1,53	1,02	0,64	0,25
Lesotho	0,36	75,00	-36,40	-84,94	-121,34	-157,74	2,22	1,78	1,18	0,74	0,30
Burundi	1,28	75,00	-35,39	-82,57	-117,96	-153,35	2,30	1,84	1,23	0,77	0,31
Botswana	0,57	75,00	-34,21	-79,83	-114,04	-148,25	2,41	1,93	1,28	0,80	0,32
Swaziland	0,21	75,00	-32,73	-76,36	-109,09	-141,82	2,57	2,06	1,37	0,86	0,34
Erytrée	1,90	75,00	-31,20	-72,81	-104,01	-135,21	2,79	2,23	1,49	0,93	0,37
Ghana	8,56	75,00	-29,98	-69,96	-99,94	-129,92	3,00	2,40	1,60	1,00	0,40
Tunisie	5,45	75,00	-29,71	-69,33	-99,04	-128,75	3,06	2,45	1,63	1,02	0,41
Togo	2,34	75,00	-29,24	-68,22	-97,45	-126,69	3,17	2,53	1,69	1,06	0,42
Mauritanie	1,07	75,00	-29,17	-68,06	-97,23	-126,40	3,18	2,54	1,70	1,06	0,42
Malawi	3,99	75,00	-28,98	-67,63	-96,62	-125,60	3,23	2,58	1,72	1,08	0,43
Côte D'Ivoire	4,90	75,00	-28,33	-66,11	-94,45	-122,78	3,40	2,72	1,81	1,13	0,45
Maroc	39,90	75,00	-28,32	-66,08	-94,39	-122,71	3,40	2,72	1,82	1,13	0,45
Libéria	0,93	75,00	-26,94	-62,86	-89,80	-116,75	3,88	3,11	2,07	1,29	0,52
Mozambique	10,39	75,00	-26,29	-61,34	-87,64	-113,93	4,18	3,34	2,23	1,39	0,56
Namibie	1,50	75,00	-26,17	-61,06	-87,23	-113,40	4,24	3,39	2,26	1,41	0,57
Zimbabwe	6,29	75,00	-26,05	-60,79	-86,84	-112,89	4,30	3,44	2,30	1,43	0,57
Afrique du Sud	43,59	75,00	-25,97	-60,60	-86,58	-112,55	4,35	3,48	2,32	1,45	0,58
Sierra Leone	6,91	75,00	-25,28	-58,98	-84,25	-109,53	4,79	3,83	2,56	1,60	0,64
Sénégal	6,97	75,00	-25,23	-58,87	-84,10	-109,33	4,82	3,86	2,57	1,61	0,64
Guinée	17,00	75,00	-24,69	-57,61	-82,30	-106,99	5,26	4,21	2,81	1,75	0,70
Bénin	6,26	75,00	-24,32	-56,75	-81,08	-105,40	5,63	4,50	3,00	1,88	0,75
R D Congo	3,69	75,00	-24,21	-56,48	-80,69	-104,89	5,76	4,60	3,07	1,92	0,77
Soudan	93,33	75,00	-24,13	-56,30	-80,43	-104,56	5,84	4,67	3,12	1,95	0,78
Zambie	6,71	75,00	-23,97	-55,93	-79,90	-103,87	6,04	4,83	3,22	2,01	0,81
R U Tanzanie	82,35	75,00	-23,79	-55,52	-79,31	-103,11	6,27	5,02	3,34	2,09	0,84
Nigeria	1132,98	75,00	-23,31	-54,40	-77,71	-101,03	7,04	5,63	3,75	2,35	0,94
Mali	30,83	75,00	-23,30	-54,38	-77,68	-100,99	7,05	5,64	3,76	2,35	0,94
Angola	13,72	75,00	-23,24	-54,22	-77,45	-100,69	7,18	5,74	3,83	2,39	0,96
Kenya	22,05	75,00	-23,17	-54,07	-77,25	-100,42	7,30	5,84	3,89	2,43	0,97
République C A	0,72	75,00	-23,12	-53,96	-77,08	-100,20	7,40	5,92	3,95	2,47	0,99
Burkina Faso	30,65	75,00	-22,92	-53,47	-76,39	-99,30	7,86	6,29	4,19	2,62	1,05
Tchad	15,21	75,00	-22,59	-52,70	-75,29	-97,88	8,73	6,99	4,66	2,91	1,16
Ethiopie	115,64	75,00	-22,12	-51,62	-73,74	-95,86	10,43	8,34	5,56	3,48	1,39
Niger	85,40	75,00	-21,85	-50,98	-72,83	-94,68	11,82	9,46	6,30	3,94	1,58
Egypte	670,99	75,00	-20,22	-47,17	-67,39	-87,61	93,09	74,47	49,65	31,03	12,41
Moyenne Afrique	59,14	75,00	-29,51	-68,86	-98,37	-127,88	6,58	5,26	3,51	2,19	0,88
Total Afrique	2483,69										

Annexe 4i: Sensibilité des NPV et BCR aux changements du coût total des technologies de gestion durable des terres par pays

Pays	Cas de base en termes de NPV en milliards de dollars de PPA	Cas de base de GDS en dollars US de PPA /ha/année		% changements du NPV à partir des coûts du cas de base des augmentations des la GDS par :				Cas de BCR de base	Augmentation du rapport bénéfice / coût des GDS de :			
		Coût d'installation ou de capital	Coût de maintenance	50 %	100 %	150 %	200 %		50 %	100 %	150 %	200 %
Djibouti	-3,90E-05	3433,82	668,63	-58,07	-116,13	-174,20	-232,27	0,14	0,09	0,07	0,06	0,05
Gabon	-0,33	6872,32	1461,93	-62,00	-124,00	-186,00	-248,00	0,19	0,13	0,10	0,08	0,06
Cameroun	0,66	622,96	135,83	-202,81	-405,62	-608,44	-811,25	1,25	0,83	0,62	0,50	0,42
Madagascar	0,60	1447,93	231,13	-170,37	-340,74	-511,12	-681,49	1,29	0,86	0,65	0,52	0,43
Congo	0,06	934,95	199,70	-62,55	-125,10	-187,65	-250,20	1,80	1,20	0,90	0,72	0,60
Ouganda	7,42	2678,51	509,59	-61,70	-123,39	-185,09	-246,79	1,81	1,21	0,91	0,72	0,60
Rwanda	0,62	1159,09	174,51	-54,85	-109,70	-164,56	-219,41	1,91	1,27	0,96	0,76	0,64
Lesotho	0,36	931,32	140,16	-41,00	-82,01	-123,01	-164,01	2,22	1,48	1,11	0,89	0,74
Burundi	1,28	1390,55	203,86	-38,47	-76,94	-115,41	-153,88	2,30	1,53	1,15	0,92	0,77
Botswana	0,57	851,58	175,26	-35,53	-71,06	-106,59	-142,12	2,41	1,60	1,20	0,96	0,80
Swaziland	0,21	820,63	127,80	-31,82	-63,64	-95,46	-127,28	2,57	1,71	1,29	1,03	0,86
Erytrée	1,90	1268,76	189,40	-28,01	-56,01	-84,02	-112,02	2,79	1,86	1,39	1,11	0,93
Ghana	8,56	1298,05	225,23	-24,95	-49,90	-74,86	-99,81	3,00	2,00	1,50	1,20	1,00
Tunisie	5,45	1197,41	194,73	-24,28	-48,56	-72,84	-97,12	3,06	2,04	1,53	1,22	1,02
Togo	2,34	532,03	108,65	-23,09	-46,18	-69,27	-92,36	3,17	2,11	1,58	1,27	1,06
Mauritanie	1,07	1095,64	232,01	-22,93	-45,85	-68,78	-91,70	3,18	2,12	1,59	1,27	1,06
Malawi	3,99	661,67	114,10	-22,46	-44,92	-67,39	-89,85	3,23	2,15	1,61	1,29	1,08
Côte D'Ivoire	4,90	1148,87	206,28	-20,84	-41,67	-62,51	-83,34	3,40	2,27	1,70	1,36	1,13
Maroc	39,90	1538,27	276,75	-20,80	-41,59	-62,39	-83,18	3,40	2,27	1,70	1,36	1,13
Libéria	0,93	528,33	116,32	-17,35	-34,71	-52,06	-69,41	3,88	2,59	1,94	1,55	1,29
Mozambique	10,39	712,66	122,34	-15,73	-31,45	-47,18	-62,91	4,18	2,79	2,09	1,67	1,39
Namibie	1,50	506,98	102,83	-15,42	-30,85	-46,27	-61,69	4,24	2,83	2,12	1,70	1,41
Zimbabwe	6,29	458,35	96,87	-15,13	-30,26	-45,39	-60,52	4,30	2,87	2,15	1,72	1,43
Afrique du Sud	43,59	1444,01	246,39	-14,93	-29,86	-44,80	-59,73	4,35	2,90	2,17	1,74	1,45
Sierra Leone	6,91	1027,51	191,15	-13,19	-26,38	-39,56	-52,75	4,79	3,19	2,40	1,92	1,60
Sénégal	6,97	633,01	128,65	-13,07	-26,15	-39,22	-52,30	4,82	3,22	2,41	1,93	1,61
Guinée	17,00	968,11	176,00	-11,73	-23,45	-35,18	-46,90	5,26	3,51	2,63	2,11	1,75
Bénin	6,26	531,03	117,00	-10,81	-21,61	-32,42	-43,23	5,63	3,75	2,81	2,25	1,88
R D Congo	3,69	308,44	66,95	-10,51	-21,03	-31,54	-42,06	5,76	3,84	2,88	2,30	1,92
Soudan	93,33	1153,64	220,03	-10,33	-20,65	-30,98	-41,30	5,84	3,89	2,92	2,34	1,95
Zambie	6,71	444,74	98,84	-9,92	-19,85	-29,77	-39,70	6,04	4,03	3,02	2,42	2,01
R U Tanzanie	82,35	1295,32	198,93	-9,49	-18,97	-28,46	-37,94	6,27	4,18	3,14	2,51	2,09
Nigeria	1132,98	1354,25	209,04	-8,28	-16,57	-24,85	-33,14	7,04	4,69	3,52	2,81	2,35
Mali	30,83	482,42	106,66	-8,26	-16,52	-24,78	-33,04	7,05	4,70	3,53	2,82	2,35
Angola	13,72	431,50	87,22	-8,09	-16,18	-24,27	-32,36	7,18	4,79	3,59	2,87	2,39
Kenya	22,05	624,55	124,55	-7,93	-15,87	-23,80	-31,74	7,30	4,87	3,65	2,92	2,43
République C A	0,72	298,23	63,64	-7,81	-15,62	-23,43	-31,24	7,40	4,94	3,70	2,96	2,47
Burkina Faso	30,65	494,43	102,66	-7,29	-14,58	-21,87	-29,16	7,86	5,24	3,93	3,14	2,62
Tchad	15,21	344,65	74,75	-6,47	-12,93	-19,40	-25,87	8,73	5,82	4,37	3,49	2,91
Ethiopie	115,64	540,23	120,99	-5,30	-10,61	-15,91	-21,22	10,43	6,95	5,21	4,17	3,48
Niger	85,40	323,45	73,16	-4,62	-9,24	-13,86	-18,49	11,82	7,88	5,91	4,73	3,94
Egypte	670,99	672,66	139,36	-0,54	-1,09	-1,63	-2,17	93,09	62,06	46,54	37,23	31,03
Moyenne Afrique	59,14	1082,45	203,81	-6,93	-13,86	-20,79	-27,73	6,58	4,39	3,29	2,63	2,19
Total Afrique	2483,69											

Appendix 4j: Sensibilité du NPV et du RCD aux changements du nombre d'années nécessaires pour concevoir des technologies de la gestion durable des terres sur l'ensemble des terres céréalières par pays

Pays	Cas de base NPV en milliards de dollars de PPA	Terre agricole où sont cultivées des céréales	Superficie du cas de base (coefficient de l'ensemble de la superficie cultivée) qui doit être équipée de structures de GDS par an	% changements en NPV à partir du cas de base si la zone terrestre annuelle où doivent être construites les structures de la GDS est de X % de la superficie totale:		Cas de base BCR	Rapport bénéfice / coûts si la superficie totale où les structures de la GDS doivent être construites est de X % de la superficie totale:	
				10 %	6,67 %		10 %	6,67 %
Djibouti	-3,90E-05	8,00E-06	20,00	-5,33E+04	-5,32E+04	0,14	2,11E-04	1,49E-04
Gabon	-0,33	0,03	20,00	-14,50	-31,28	0,19	0,17	0,16
Cameroun	0,66	1,85	20,00	-43,98	-77,62	1,25	1,18	1,09
Madagascar	0,60	1,85	20,00	-54,02	-73,33	1,29	1,22	1,18
Congo	0,06	0,03	20,00	-54,26	-79,06	1,80	1,38	1,21
Ouganda	0,21	0,07	20,00	-57,73	-82,39	2,57	1,50	1,23
Rwanda	0,62	0,40	20,00	-44,84	-67,93	1,91	1,60	1,45
Lesotho	7,42	1,70	20,00	-33,57	-58,12	1,81	1,69	1,56
Burundi	0,36	0,16	20,00	-39,51	-63,96	2,22	1,80	1,58
Botswana	1,28	0,25	20,00	-27,30	-54,21	2,30	2,07	1,79
Swaziland	0,57	0,16	20,00	-27,10	-51,47	2,41	2,23	2,01
Erytrée	1,90	0,45	20,00	-30,75	-53,74	2,79	2,51	2,27
Ghana	1,07	0,20	20,00	-33,61	-55,84	3,18	2,62	2,34
Tunisie	2,34	0,91	20,00	-31,48	-53,78	3,17	2,74	2,48
Togo	5,45	1,13	20,00	-30,11	-52,72	3,06	2,76	2,50
Mauritanie	8,56	1,63	20,00	-28,88	-51,47	3,00	2,80	2,57
Malawi	3,99	1,87	20,00	-33,63	-54,86	3,23	3,00	2,81
Côte D'Ivoire	0,93	0,25	20,00	-31,18	-53,16	3,88	3,19	2,85
Maroc	4,90	0,86	20,00	-28,44	-50,70	3,40	3,17	2,91
Libéria	39,90	5,22	20,00	-28,19	-50,45	3,40	3,20	2,94
Mozambique	1,50	0,31	20,00	-26,90	-49,34	4,24	3,57	3,15
Namibie	6,29	1,82	20,00	-28,71	-50,47	4,30	3,87	3,53
Zimbabwe	43,59	3,54	20,00	-24,87	-47,33	4,35	4,02	3,60
Afrique du Sud	10,39	2,69	20,00	-30,27	-51,74	4,18	3,90	3,63
Sierra Leone	6,91	0,70	20,00	-26,45	-48,53	4,79	4,22	3,77
Sénégal	6,97	1,30	20,00	-28,17	-49,81	4,82	4,38	4,00
Guinée	17,00	1,98	20,00	-27,50	-49,10	5,26	4,89	4,49
Bénin	6,71	1,21	20,00	-27,57	-49,05	6,04	5,30	4,81
R D Congo	6,26	1,09	20,00	-27,08	-48,54	5,63	5,33	4,95
Soudan	1132,98	16,73	20,00	-13,51	-36,33	7,04	6,29	4,99
Zambie	93,33	7,82	20,00	-27,16	-48,65	5,84	5,49	5,06
R U Tanzanie	82,35	5,70	20,00	-25,79	-47,53	6,27	5,78	5,21
Nigeria	3,69	2,06	20,00	-36,63	-56,65	5,76	5,45	5,24
Mali	0,72	0,17	20,00	-28,35	-49,63	7,40	6,23	5,60
Angola	13,72	1,64	20,00	-22,77	-44,51	7,18	6,69	6,01
Kenya	30,83	4,51	20,00	-27,01	-48,31	7,05	6,61	6,12
République C A	22,05	2,64	20,00	-27,52	-48,77	7,30	6,80	6,28
Burkina Faso	30,65	4,02	20,00	-26,81	-48,06	7,86	7,43	6,88
Tchad	15,21	2,47	20,00	-26,79	-47,98	8,73	8,21	7,60
Ethiopie	115,64	9,63	20,00	-26,64	-47,75	10,43	9,85	9,14
Niger	85,40	10,28	20,00	-26,62	-47,68	11,82	11,12	10,31
Egypte	670,99	3,10	20,00	-20,88	-41,78	93,09	85,94	76,58
Moyenne Afrique	59,14	2,38	20,00	-19,21	-41,17	6,58	6,00	5,43
Total Afrique	2483,69							

Liste des figures

Figure 1	Gravité de la dégradation du sol, par type	16
Figure 2	Proportion des terres africaines dégradées (millions of hectares)	17
Figure 3	Dégradation des sols en Afrique sub-saharienne en fonction du déclin de la biomasse.	19
Figure 4	Carte GLADIS de la dégradation des sols	21
Figure 5	Carte GLADIS des prévisions de perte de sol en ton/ha/an	22
Figure 6	Causes de la dégradation des sols: vecteurs et pressions	23
Figure 7	Les terres arides d'Afrique	25
Figure 8	Qualité inhérente au sol	26
Figure 9	Carte de la classification des sols	27
Figure 10	Variabilité moyenne des précipitations	28
Figure 11	Zones climatiques: données du climat observé, 1975–2000.	29
Figure 12	Corrélation entre croissance démographique et conversion de l'exploitation de la terre aux fins agricoles.	30
Figure 13	Indice de l'impact de dégradation des sols de GLADIS.	31
Figure 14	Tendances en matière de collecte de bois, 1990–2005.	33
Figure 15	Changement annuel de la zone forestière, 1990–2010	33
Figure 16	Changement annuel des zones forestières par pays, 2005–2010	34
Figure 17	Vulnérabilité à la désertification	35
Figure 18	Proportion de la zone dégradée par type d'impact en millions d'hectares.	37
Figure 19	Dégradation des terres par type	38
Figure 20	Zones affectées par l'érosion hydrique	39
Figure 21	Zones affectées par l'érosion éolienne.	40
Figure 22	Zones affectées par la détérioration chimique	41
Figure 23	Zones affectées par la détérioration physique.	42
Figure 24	Portée de la vulnérabilité des sols face au tassement	43

Figure 25	Transport des sédiments, taux d'érosion du terrain et perte cumulée de sol dans diverses régions d'Afrique	44
Figure 26	Effets sur site de l'érosion du sol sur la baisse de productivité	45
Figure 27	Tendances de la productivité suite à la dégradation des terres, 1981–2003	46
Figure 28	Corrélation entre la perte de la productivité des sols et la faim et la malnutrition. . .	48
Figure 29	Cadre conceptuel de l'analyse.	57
Figure 30	Valeurs des coûts de remplacement des équilibres de nutriments NPK annuels dans les terres où se déroule la culture des céréales en Afrique	63
Figure 31	Relation entre l'appauvrissement du NPK et la superficie cultivée (panel a), appauvrissement du NPK et le bétail et le couvert forestier (panel b) et appauvrissement du NPK et l'érosion des sols et l'écart de pauvreté (panel c) au cours des saisons de récoltes de 2002–04 et de 2010–12.	64
Figure 32	Coûts de l'inaction, production et valeur réelle de la production céréalière, et bénéfices éventuels de l'action de lutte contre l'appauvrissement des nutriments sur les cultivables d'Afrique.	65
Figure 33	Production céréalière réelle et perte de production due à l'appauvrissement des nutriments induit par l'érosion et la pauvreté en Afrique	66
Figure 34	Valeurs nettes actuelles, valeurs et bénéfices actuels des coûts de l'action, et valeurs actuelles des coûts de l'inaction des classes d'érosion 1–5	90
Figure 35	Rapports cout-bénéfice coût des classes d'érosion 1–5.	91

Liste des tableaux

Tableau 1	Zone terrestre affectée par des pressions qui contribuent à la dégradation des terres	33
Tableau 2	Risques liés à la désertification exprimés en chiffres	36
Tableau 3	Gravité de la dégradation des terres d'origine anthropique en Afrique (millions d'hectares)	37
Tableau 4	Zone et proportion de terres affectées par l'érosion hydrique	39
Tableau 5	Zone et proportion de terres dégradées par l'érosion éolienne	40
Tableau 6	Zone et proportion des terres dégradées par la détérioration chimique	41
Tableau 7	Zones et proportion de terres affectées par la détérioration physique	42
Tableau 8	Pertes induites par l'érosion sur des rendements de différentes cultures aux niveaux continental et subsaharien.	47
Tableau 9	Modèle de perte de nutriments des terres agricoles d'Afrique et récapitulatif des variables des statistiques.	61
Tableau 10	Modèle de production de céréales en Afrique et résumé des variables de statistiques	62
Tableau 11	Variables utilisées pour estimer la fonction de transfert méta-analytique	72
Tableau 12	Etudes de cas choisis dans l'estimation de la fonction de transfert méta-analytique	74
Tableau 13	Analyse de régression bivariée	78
Tableau 14	Coûts réels de capital de la GDS en Afrique 2012 USD/ha	79
Tableau 15	Coûts récurrents réels de la GDS en Afrique 2012 USD/ha/année	79
Tableau 16	Coûts réels du capital du GDS en Afrique 2012 USD/ha (mécanique)	81
Tableau 17	Coûts récurrents réels de la GDS en Afrique 2012 USD/ha/année (mécanique)	81
Tableau 18	Capital réels et coûts récurrents de la GDS en Afrique 2012 USD/ha/année (biologique)	81
Tableau 19	Valeur des coûts actuels de l'inaction de l'épuisement des nutriments dû à la pauvreté et à l'érosion en Afrique ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ ans (20016–30))	87
Tableau 20	Valeur des coûts actuels contre la pauvreté causée par l'épuisement des nutriments et l'érosion en Afrique ($-0.13 \leq r \leq 0.43$; $t = 15$ ans (2016–30))	88

Tableau 21	Valeur actuelle des coûts de l'inaction, coûts de l'action, bénéfices de l'action et NPV de l'action sur la lutte contre l'épuisement des nutriments du sol dû à l'érosion et la pauvreté des terres cultivables en Afrique (-0.13 ≤ r ≤ 0.43; t = 15 ans (2016–30))	89
Tableau 22	Changement d'utilisation des terres/couverture entre 2000 et 2010, par pays	103
Tableau 23	Changement d'utilisation des terres/couverture entre 2000 et 2010, par région	105
Tableau 24	Changements intervenus dans les rendements de céréales suivantes dans tous les pays d'Afrique: sorgho, blé, riz paddy, mil et maïs (Hg/ha) entre 2000 et 2010 . . .	106
Tableau 25	Changements survenus dans les rendements des céréales suivantes entre 2000 et 2010 sorgho, blé, riz paddy, millet et maïs (Hg/ha)	108
Tableau 26	Les changements intervenus dans les rendements liés aux animaux tels que les chèvres, les moutons, et le bétail dans toute l'Afrique entre 2000 et 2010, exprimé en (Hg/An) par animal	111
Tableau 27	Changements intervenus sur les rendements liés aux animaux comme les chèvres, moutons, et de bétail dans la région, exprimés en (Hg/An) par animal entre 2000 et 2010.	114
Tableau 28	Les changements intervenus dans l'utilisation/couverture des terres en Afrique orientale entre 2000 et 2010 pour les terres arables (pâturage et cultures) forêts, owl, (treeland = forêt et owl) d'autres terres (d'autres terres de FAOSTAT – OWL) et les eaux intérieures	115
Tableau 29	Changements survenus quant à l'utilisation/couverture des terres en Afrique centrale entre 2000 et 2010 pour les terres arables (pâturage et culture) forestières, owl (treeland = forestières et owl) les autres terres (les autres terres de FAOSTAT – OWL) et les eaux intérieures	116
Tableau 30	Changements survenus dans l'utilisation/couverture des terres en Afrique du Nord entre 2000 et 2010 pour les terres arables, (pâturage et cultures) les forêts, owl, (treeland = forêts et owl) les autres terres (les autres terres de FAOSTAT– OWL) et les eaux intérieures	117
Tableau 31	Changements survenus dans l'utilisation /couverture des terres en Afrique australe entre 2000 et 2010 pour les terres arables (pâturage et cultures) forêts, owl (treeland = forêts et owl) autres terres (autres terres de FAOSTAT – OWL) et eaux intérieures	117
Tableau 32	Les changements intervenus dans l'utilisation/couverture des terres en Afrique occidentale entre 2000 et 2010 pour les terres arables (pâturage et cultures) forêts, owl, (treeland = forêt et owl) d'autres terres (d'autres terres de FAOSTAT – OWL) et les eaux intérieures	118
Tableau 33	Changements survenus dans les rendements de céréales tels que le sorgho, le blé, le riz paddy, le mil et le maïs, en Afrique orientale exprimés en (Hg/ha) de 2000 à 2010	119
Tableau 34	Changements survenus dans les rendements de céréales tels que le sorgho, le blé, le riz paddy, le mil et le maïs, en Afrique centrale exprimés en (Hg/ha) de 2000 à 2010	119

Tableau 35	Changements survenus dans les rendements de céréales tels que le sorgho, le blé, le riz paddy, le mil et le maïs, en Afrique du Nord exprimés en (Hg/ha) de 2000 à 2010	120
Tableau 36	Changements survenus dans les rendements de céréales tels que le sorgho, le blé, le riz paddy, le mil et le maïs, en Afrique australe exprimés en (Hg/ha) de 2000 à 2010	120
Tableau 37	Changements survenus dans les rendements de céréales tels que le sorgho, le blé, le riz paddy, le mil et le maïs, en Afrique de l'ouest exprimés en (Hg/ha) de 2000 à 2010	121
Tableau 38	Changements intervenus dans les rendements liés aux animaux comme les chèvres, les moutons, et le bétail en Afrique orientale (Hg/An) par animal de 2000 à 2010	121
Tableau 39	Changements survenus dans les rendements de diverses céréales en Afrique centrale, notamment le sorgho, le blé, le riz paddy, le millet et le maïs (Hg/ha) entre 2000 et 2010	122
Tableau 40	Changements survenus dans les rendements de diverses céréales en Afrique du Nord, notamment le sorgho, le blé, le riz paddy, le millet et le maïs (Hg/ha) entre 2000 et 2010	122
Tableau 41	Changements survenus dans les rendements de diverses céréales en Afrique australe, notamment le sorgho, le blé, le riz paddy, le millet et le maïs (Hg/ha) entre 2000 et 2010	123
Tableau 42	Changements survenus dans les rendements de chèvres, moutons et bétail en Afrique de l'ouest (Hg/An) par animal entre 2000 et 2010	123
Tableau 43	Données par pays	127
Tableau 44	Ampleur des pertes économiques suite à l'érosion des sols, comme PIB Agricole, compilé par Scherr	135
Tableau 45	Résultats des revues par (Berry, et al, 2003)	135



Pour plus d'informations, veuillez contacter :

Secrétariat de l'Initiative ELD
Mark Schauer
c/o Deutsche Gesellschaft
für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Friedrich-Ebert-Allee 36
53113 Bonn
Allemagne
T + 49 228 4460-3740
E info@eld-initiative.org
I www.eld-initiative.org

Le présent ouvrage a été publié grâce à l'appui
d'organisations partenaires de l'initiative ELD et de
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)
GmbH au nom du Ministère fédéral allemand pour la
Coopération et le Développement (BMZ).

Conception: kippconcept GmbH, Bonn
Imprimé dans l'UE sur du papier certifié FSC
Bonn, Octobre 2015
©2015

www.eld-initiative.org

ISBN 978-92-808-6077-1

