

Le Sahel :
une dégradation des terres exagérée,
un potentiel paysan sous-estimé

Valentina Mazzucato
et
David Niemeijer

Valentina Mazzucato est économiste et anthropologue. Elle travaille actuellement à l'Université Libre d'Amsterdam sur les réseaux transnationaux d'émigrés africains en Europe. Développement et Economie agricole, Faculté d'Economie et de l'Administration commerciale, Université Libre, De Boelelaan 1105, 1081 HV Amsterdam, Pays-Bas. Courriel : vmazzucato@econ.vu.nl

David Niemeijer est géographe de l'environnement. Il développe actuellement des indicateurs écologiques et environnementaux pour une production alimentaire durable à l'Université de Wageningen. Groupe d'Analyse des Systèmes environnementaux, Département des Sciences environnementales, Université de Wageningen, P.O. Box 9010, 6700 HB Wageningen, Pays-Bas, Courriel : dniemeijer@rcl.wau.nl

TABLE DES MATIERES

Remerciements	i
INTRODUCTION	1
DEFINITION DE LA DEGRADATION DES TERRES	2
PRODUCTIVITE DES TERRES AGRICOLES	3
FERTILITE DES TERRES AGRICOLES	8
Analyse temporelle de la fertilité chimique des sols	9
Analyse spatiale de la fertilité chimique des sols	10
Analyse de la fertilité chimique des sols des terres cultivées par rapport aux terres non cultivées	11
L'ENIGME	13
PRATIQUES DE GESTION DES TERRES	13
RESEAUX SOCIAUX EN FAVEUR DE LA DURABILITE DE L'ENVIRONNEMENT	15
Accès aux ressources productives	16
Eviter le cercle vicieux de la pauvreté	18
Evolution de l'emploi des réseaux	19
CONCLUSION	20
REFERENCES	22

REMERCIEMENTS

Nous aimerions tout d'abord remercier la population des villages étudiés pour son hospitalité et sa collaboration. Nous sommes également très reconnaissants de l'excellent travail réalisé par nos assistants de recherche Mariama Koudougou, Anatole Thiombiano, Alain Lompo, Salifou Traoré, Dan Lankoandé, François Kiema et Ali Badara Diallo. De même, nous adressons nos remerciements à Sa Majesté Yuabli, Dialoaga Lankoandé, Kanfieni Naini, Mathieu Sawadogo et Jules Tandamba, ainsi qu'aux diverses organisations gouvernementales et non gouvernementales qui nous ont fait part de leurs connaissances et leur expérience de la zone étudiée, en particulier : DRARA de l'Est, DREEF de l'Est, SPA Gourma et Gnagna, SPRA Gourma et Gnagna, APRG, CRRA de l'Est, Tin Tua, Préfectures de Bilanga et Fada N'Gourma et Haut-commissariat de Fada N'Gourma.

Nous aimerions remercier Leo Stroosnijder et Niels Röling de l'Université de Wageningen, aux Pays-Bas, d'avoir apporté leurs commentaires et suggestions concernant la documentation antérieure sur laquelle s'appuie le présent document. Nous exprimons notre gratitude à l'Antenne Sahélienne, ainsi qu'au Groupe sur l'érosion et la conservation de l'eau et des sols de l'Université de Wageningen, qui ont rendu possible le travail de terrain nécessaire à cette étude. Enfin, nos remerciements vont aussi à Esaïe Gandonou pour son aide précieuse concernant la traduction de certains termes en français.

INTRODUCTION

Depuis les années 30, on dit que les agriculteurs africains dégradent leurs terres : d'abord à cause de l'agriculture itinérante, ensuite à cause de la croissance démographique provoquée par la « surcultivation ». Au cours des années 90, l'idée que l'Afrique allait connaître une catastrophe environnementale était claironnée dans les rapports d'un certain nombre d'organisations internationales. Par exemple, un rapport récent de la FAO note que le taux annuel de déforestation pendant la période 1990-1995 était de 0,7 % en Afrique, ce qui représente plus du double de la moyenne mondiale (FAO2000). A partir des données du projet GLASOD¹, un document de travail de l'IFPRI indiquait récemment que jusqu'à 65 % des terres agricoles africaines étaient dégradées (Scherr 1999), tandis que l'Atlas du PNUE sur la Désertification (PNUE 1997), qui s'appuie sur les mêmes données, estimait que près de 30 % du Sahel était touché par une dégradation des sols liée aux activités humaines. Environ la moitié de cette dégradation des sols était jugée de modérée à extrême. Smaling *et al.* (1997) affirment que les teneurs fortement négatives en N, P et K démontrent que « la fertilité des sols est en danger en Afrique ».

Le présent document s'appuie sur une étude de 4 ans menée au Burkina Faso oriental. Dans ce pays, on estime qu'entre le milieu des années 50 et le milieu des années 90, 40 % du couvert boisé naturel a été détruit (Parkan 1986). Une carte de 1992 exécutée par Somé et al. suggérait que jusqu'à 75 % du Burkina Faso souffrait d'une dégradation des terres estimée d'importante à très sévère, alors qu'une étude très souvent citée et parrainée par la FAO sur les bilans minéraux des sols (Stoorvogel et Smaling, 1990), estimait que les déficits annuels en éléments nutritifs, pour l'année 1983, s'élevaient à 12 kg/ha¹ pour le potassium (K₂O), 14 kg/ha¹ pour l'azote (N) et 4 kg/ha¹ pour le phosphore (P₂O₅). Si l'on en croit ces rapports, la dégradation est largement répandue en Afrique et en particulier dans les pays du Sahel comme le Burkina Faso.

Les taux élevés de croissance démographique, conjugués à une pauvreté très répandue ainsi qu'à un manque d'intensification agricole, sont généralement rendus responsables de la dégradation des terres (Bationo *et*

¹ *Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation* (Evaluation globale de la dégradation des sols d'origine humaine) ; évaluation réalisée par des experts sur la dégradation des sols au niveau mondial (voir Oldeman *et al.* 1991 pour de plus amples informations).

al. 1998 ; Breman 1998 ; Cleaver et Schreiber 1994 ; Gruhn *et al.* 2000 ; Kessler *et al.* 1995 ; MFP 1993 ; Vierich et Stoop 1990). Au Burkina Faso, la population a plus que doublé au cours de ces 40 dernières années, tandis que les densités moyennes des populations rurales peuvent atteindre plus de 80 habitants au kilomètre carré dans certaines provinces, ce qui fait de ce pays l'un des plus densément peuplé du Sahel occidental. Le Burkina Faso figure également parmi les 14 pays les plus pauvres en termes de PNB par habitant, estimé à 240 \$EU en 1998 et avec 65 % de sa population rurale en dessous du seuil de pauvreté (Banque mondiale, 1999, 2000). Enfin, l'emploi de technologies agricoles modernes est très faible. La consommation annuelle d'engrais en 1994 était à peine de 7 kg par hectare cultivé (essentiellement pour les cultures commerciales telles que le coton), contre 89 kg en moyenne dans les pays développés (Institut des Ressources Mondiales, 2000). Près de 80 % des champs cultivés le sont à la main ou pas du tout (MARA, 1996).

Ces caractéristiques, qui semblent de mauvais augure pour la condition des terres burkinabées (comme un peu partout en Afrique), rendent persuasifs ces rapports très pessimistes. Pourtant, des études scientifiques récentes (ex : Fairhead et Leach 1996 ; Leach et Mearns 1996 ; Tiffen *et al.* 1994) remettent en question ces interprétations et ces suppositions. Bien que l'importance de ces études et leurs origines fortement empiriques soient largement reconnues, ces études catastrophistes semblent toujours dominer les politiques actuelles en matière d'agriculture et d'environnement, probablement parce qu'elles s'appuient souvent sur ce qui est perçu comme des « preuves » obtenues par télédétection, SIG et modèles informatiques.

Le présent document examine les signes de dégradation des terres au Burkina Faso pour déterminer si les pratiques agricoles locales sont effectivement aussi non durables et destructrices pour l'environnement que beaucoup de rapports le prétendent. Il débute par une brève réflexion sur la dégradation des terres. Ensuite, il présente une analyse quantitative de la productivité agricole et de la fertilité des sols pour chercher des preuves d'une dégradation des terres. On trouve ensuite un examen des pratiques locales d'aménagement foncier et des réseaux sociaux, ainsi que de la manière dont ils peuvent contribuer à la durabilité et à la productivité. Le document se termine par une brève conclusion.

DEFINITION DE LA DEGRADATION DES TERRES

Il existe de nombreuses définitions de la dégradation des terres, mais la plupart ne font essentiellement référence qu'à une perte de productivité de la terre (Blaikie et Brookfield, 1987). Cela implique que, pour mesurer la dégradation des terres, il ne suffit pas de cerner les changements constatés dans les conditions des terres, il convient également de vérifier qu'il y a un lien de cause à effet entre ces changements et un déclin de productivité des terres. Ce n'est pas facile car la productivité dépend de nombreux facteurs autres que la qualité des terres (ex : pluviosité, main-d'œuvre et technologies), tandis que les changements dans les terres n'apportent pas toujours une baisse de productivité. Du fait de la nature interdépendante de la terre et de sa productivité, il est nécessaire de fonder les affirmations de dégradation des terres sur des variables multiples et complémentaires qui mesurent les propriétés de la terre (ex : sol, eau et végétation) en même temps que les indicateurs de productivité (Mazzucato et Niemeijer, 2000b).

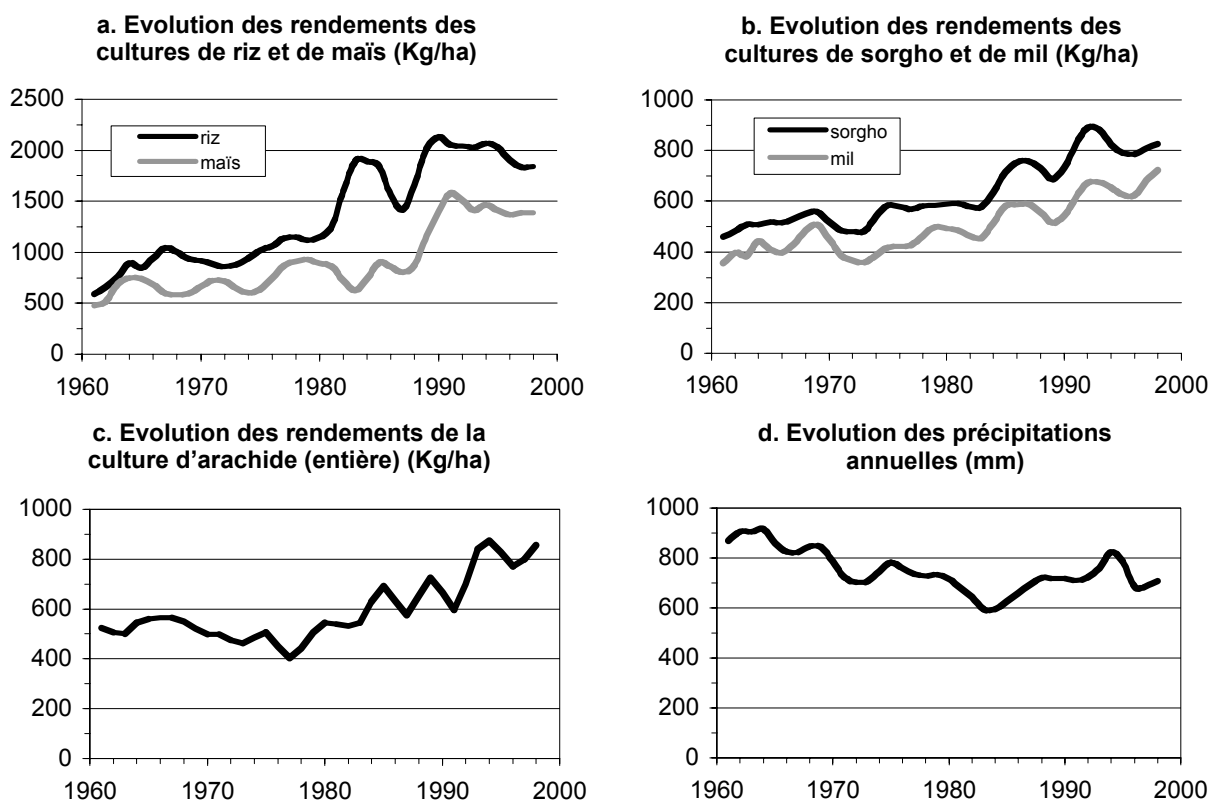
PRODUCTIVITE DES TERRES AGRICOLES

Il est difficile de trouver des estimations détaillées des pertes de productivité dues à la dégradation des terres. Scherr (1999) résume plusieurs études globales qui comprennent des estimations de perte de productivité en Afrique. Pour les cultures, les pertes seraient de l'ordre de 0,5 à 1 % par an et indiqueraient une perte de productivité d'au moins 20 % pour les 40 dernières années, comparée à une situation sans dégradation des sols.

Cependant, au Burkina Faso, comme le montre la figure 1, les rendements des principales cultures ne semblent pas avoir décliné depuis une quarantaine d'années, en dépit d'une tendance générale à la baisse des précipitations constatée depuis la fin des années 50. Au contraire, on assiste à une augmentation des rendements. Cela peut être en partie attribué à une légère augmentation des pluies depuis le milieu des années 80 et, concernant le maïs et le riz, à une augmentation de l'irrigation, de la mécanisation et de l'emploi d'engrais dans certaines régions du pays. Pour le sorgho, le mil et l'arachide, l'augmentation des rendements est plus modérée et régulière. On peut difficilement l'attribuer à une augmentation des apports extérieurs, car ces cultures reçoivent peu d'engrais et le sol est essentiellement travaillé à la houe. Même en tenant compte de la mauvaise qualité des données au niveau national, il semble peu probable que la productivité de la terre se soit détériorée de façon

significative ces dernières décennies. Ces chiffres posent un certain nombre de questions, au regard de l'opinion très répandue selon laquelle la croissance démographique a entraîné une surexploitation. Cela exige un examen plus attentif du lien entre la pression démographique et la productivité agricole.

Figure 1 : Evolution des rendements au Burkina Faso (1961-1998)



Source : Figure 5.5 dans Mazzucato et Niemeijer (2000b)

Pour cela, on a effectué une analyse spatiale de la productivité agricole et de la densité démographique, afin d'examiner le rapport entre productivité agricole et densité démographique dans les 30 provinces du Burkina Faso (pour un examen détaillé des méthodes utilisées, voir Mazzucato et Niemeijer (2000b)). La productivité agricole était calculée comme la valeur énergétique totale à l'hectare produite par toutes les principales cultures vivrières (mil, sorgho, maïs, riz, fonio, niébé, pois de terre Bambara, igname, patate douce, arachide, sésame et soja). Ces chiffres étaient alors comparés aux données provinciales concernant la pression exercée sur les ressources naturelles, l'emploi de technologies et

l'environnement (voir le tableau 1 pour une liste détaillée des facteurs inclus).

La figure 2 présente des cartes qui montrent les variables les plus explicatives de chaque catégorie. Il ressort immédiatement de cette figure que la productivité agricole par unité de zone cultivée est essentiellement liée à la moyenne annuelle des précipitations à long terme (environnement) et à peine dépendante de la densité de la population rurale (pression sur les ressources) ou la traction animale (technologie). Cela est confirmé par l'analyse de régression pas à pas (*stepwise regression*), dont les résultats figurent au tableau 2.

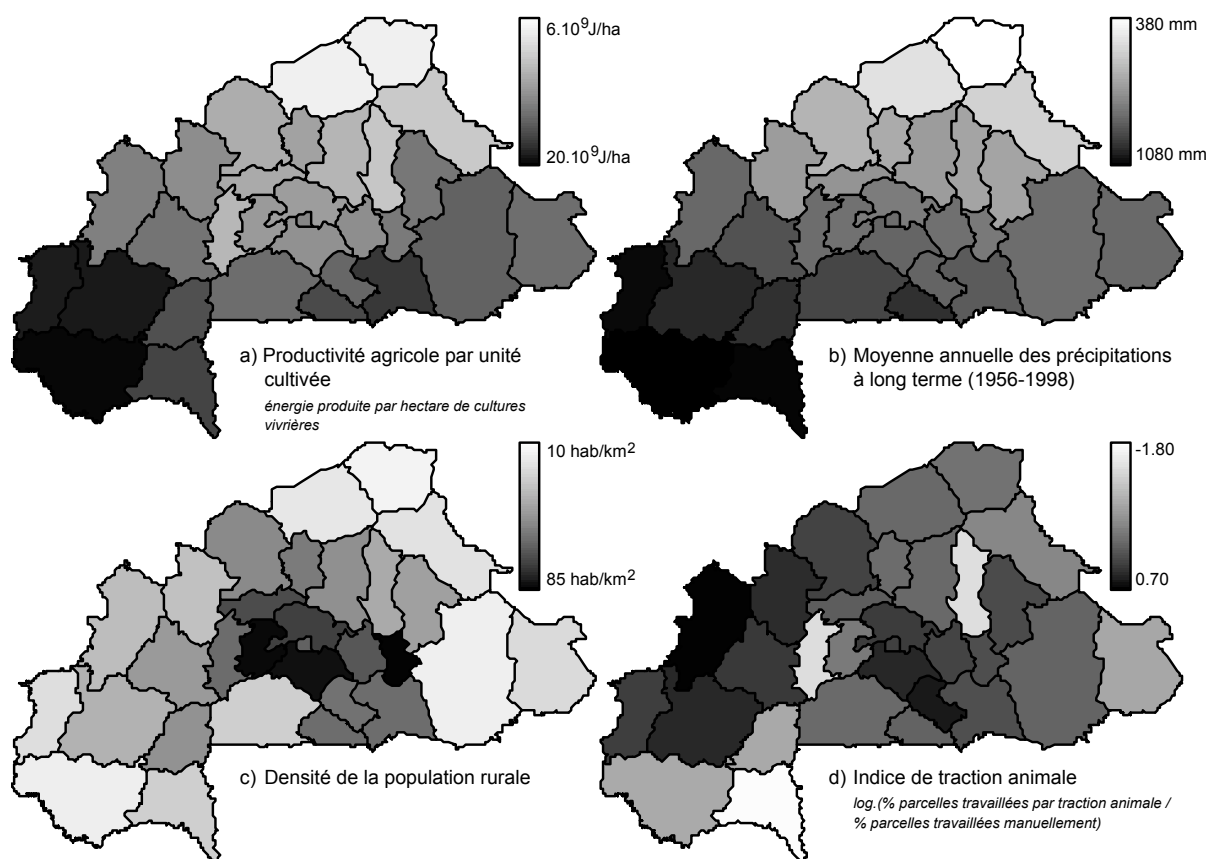
Tableau 1 : Facteurs inclus dans l'analyse du rapport entre pression sur les ressources et productivité agricole

Facteur	Alternative/Variable	Unité
Productivité agricole (variable dépendante)		
Productivité de la terre	Production d'énergie des cultures vivrières par ha	GJ/ha
Pression sur les ressources naturelles (variable indépendante)		
Densité démographique	Densité de la population rurale dans les zones non protégées	hab./km ²
Densité du bétail	Densité de bétail en TLU dans les zones non protégées ²	TLU/km ²
Proportion des zones cultivées	Pourcentage des zones de province non protégées cultivées	%
Technologie (variable indépendante)		
Index de traction animale	Proportion de champs labourés par traction animale / proportion de champs labourés à la main	
Emploi de la charrue	Total des charrues par hectare cultivé	charrue/ha
	Charrues + bovines par hectare cultivé	charrue/ha
	Charrues + asines par hectare cultivé	charrue/ha
Emploi d'engrais	NPK par hectare cultivé	kg/ha
	Urée par hectare cultivé	kg/ha
Emploi de fumier	Densité du bétail en TLU dans les zones non protégées	TLU/km ²
Conservation de l'eau et des sols	Pourcentage de champs ayant des mesures anti-érosion	%
Vulgarisation agricole	Pourcentage de chefs de famille recevant des conseils en agriculture	%
	Pourcentage de chefs de famille recevant des conseils de la part du service national de vulgarisation	%
Environnement (variable indépendante)		
Climat	Moyenne annuelle des précipitations à long terme (1956-1998)	mm

Source : Tableau 5.6 dans Mazzucato et Niemeijer (2000b)

² Unité animale tropicale

Figure 2 : Cartes du Burkina Faso décrivant : a) la productivité agricole par unité cultivée, b) la moyenne annuelle des précipitations à long terme (1956-1998), c) la densité de la population rurale, d) l'index de traction animale



Source : Figure 5.7 dans Mazzucato et Niemeijer (2000b)

Le tableau 2 montre que plus de 86 % de la productivité agricole par unité cultivée peut s'expliquer par la moyenne annuelle des précipitations à long terme, l'utilisation de la traction animale et la proportion de terres cultivées. Le fait que les précipitations contribuent à plus de 80 % des divergences expliquées implique que les conditions environnementales constituent, de loin, le facteur le plus déterminant en matière de production agricole. La productivité n'est que partiellement influencée par la technologie, dont l'index de traction animale semble une variable plus intéressante que, par exemple, l'emploi d'engrais. Une fois que l'on a pris en considération les effets de l'environnement et de la technologie, la proportion de terres cultivées devient alors également significative. A mesure que la proportion de terres cultivées augmente, la productivité décroît, ce qui découle probablement du fait que des sols moins fertiles

sont mis en culture lorsque la superficie cultivée s'étend, diminuant du même coup la moyenne de la productivité des sols cultivés. Cela ne signifie pas un déclin réel de la fertilité des autres sols. Cependant, des analyses similaires pour la production sèche totale par hectare (y compris le coton), ainsi que pour l'énergie et la production de matières sèches par unité de main-d'œuvre, aboutissent à des résultats comparables (Mazzucato et Niemeijer, 2000b).

Tableau 2 : Régression pas à pas de la production d'énergie par hectare

Ordre ^a	Variable	R ² (ajusté) %
1	Précipitations 1956-1998	80,6
2	Index de traction animale	82,8
3	Proportion des zones cultivées	86,7

Source : Tableau 5.7 dans Mazzucato et Niemeijer (2000b)

Remarque : des variables étaient ajoutées à l'équation de régression si d'importantes corrélations existaient entre les facteurs résiduels des variables antérieures et toute autre variable du groupe (voir tableau 1). Le tableau montre que R² s'accroît à chaque addition d'une nouvelle variable. Le processus d'ajout de variables s'interrompait si aucune des variables restantes ne présentait de rapport significatif avec les facteurs résiduels.

^aCette colonne indique l'ordre dans lequel les variables ont été ajoutées à la régression.

Ces résultats suggèrent que, dans l'état actuel de l'emploi de la technologie au Burkina Faso, les conditions environnementales, plus que tout autre facteur, déterminent la productivité. Cependant, rien ne permet de penser que la pression sur les ressources, sous forme de densité démographique ou de densité du bétail, ait influé sur la productivité de la terre. A ce titre, l'analyse spatiale de la productivité agricole des terres cultivées n'offre aucune preuve que la dégradation des sols découle de la pression sur les ressources liées aux sols.

FERTILITE DES TERRES AGRICOLES

Nous sommes donc confrontés à un paradoxe intéressant. On prétend que la dégradation des terres est très répandue, mais aucune preuve ne vient conforter la thèse selon laquelle le déclin de la productivité serait associé à une densité démographique croissante. Bien qu'un certain décalage soit possible entre la dégradation des propriétés foncières et l'impact sur la productivité, cela explique difficilement l'incohérence apparente entre les rapports qui dénoncent la dégradation générale des terres (qui remontent à la période coloniale, voir Anderson 1984 ; Swift 1996) et les rendements agricoles, qui semblent s'être accrus au cours des 40 dernières années. Si l'on considère que les sols sahéliens possèdent une « capacité d'amortissement » limitée face aux processus de dégradation, on doit envisager la possibilité d'une nette exagération en ce qui concerne les changements des propriétés foncières. Aucune donnée cohérente n'étant disponible au niveau national en matière de sols, nous allons maintenant examiner les données concernant la fertilité chimique des sols dans la région orientale.

Analyse temporelle de la fertilité chimique des sols

Afin de déterminer s'il était possible de trouver des preuves du déclin de la fertilité des sols sur une période de 30 ans, nous avons comparé les données sur la fertilité chimique des sols rapportées par une étude française (Boulet et Leprun 1969), réalisée dans la région orientale du Burkina Faso à la fin des années 60, avec les analyses des échantillons de sols extraits de la même région en 1996. Une telle comparaison n'est évidemment pas exempte de problèmes. Le mode d'échantillonnage du sol, ainsi que les procédures utilisées lors des diverses analyses, risquent en effet de présenter des différences. En axant toutefois la comparaison sur les éléments nutritifs totaux plutôt que sur les éléments nutritifs disponibles (sauf pour le potassium, pour lequel des totaux sont rarement déterminés), il est possible d'atténuer l'effet d'éventuelles différences dans les analyses chimiques. Un autre problème concerne le fait que les échantillons de l'étude datant des années 60 ont été rassemblés dans toute la région, alors que les nôtres proviennent de deux villages objets d'une recherche et situés respectivement dans le nord et dans le sud de la région.

Par souci de fiabilité, deux comparaisons ont été effectuées, à l'aide d'ensembles de données distincts pour chaque période (voir Mazzucato et Niemeijer 2000b). La première comparaison a examiné les différences de propriétés chimiques des sols entre les deux périodes pour les trois

principaux types de sols, tandis que la deuxième a abordé les différences d'éléments nutritifs pour les terres cultivées (champs de brousse) et non cultivées. Cela donne un total de vingt paires de données, comme l'illustre le tableau 3. Si l'on prend toutes les comparaisons dans leur ensemble, en 1996 on relève un taux inférieur de N dans deux cas, un taux supérieur de C dans deux autres cas, ainsi qu'un taux supérieur de K dans deux cas. Aucune différence sensible n'a été constatée pour P. Etant donné les complications qu'une telle comparaison impliquait, le degré de similitude entre les niveaux de fertilité est remarquable : sur 14 des 20 paires de comparaison, aucune différence sensible n'a été relevée. Les données n'apportent donc aucune preuve d'un déclin de la fertilité au cours des 30 années séparant les deux échantillons, malgré le fait que pendant cette période la population régionale ait pratiquement triplé et que les rendements des principales cultures de base aient accusé une croissance similaire à celle constatée au niveau national (Mazzucato et Niemeijer 2000b).

Tableau 3 : Evolution de la fertilité des sols entre 1969 et 1996 au Burkina Faso oriental

	% C	% N	% P ₂ O ₅	K (meq. 100 g ⁻¹)
Ensemble de données 1				
Sols peu évolués	-	↓	-	-
Sols ferrugineux lessivés	↑	-	-	↑
Sols bruns euthrophes	↑	-	-	-
Ensemble de données 2				
Terres non cultivées	-	↓	-	↑
Terres cultivées	-	-	-	-

Remarque : les tirets indiquent qu'aucun changement sensible n'a été constaté, les flèches vers le haut indiquent une fertilité supérieure en 1996, alors que les flèches vers le bas indiquent une fertilité inférieure en 1996.

Analyse spatiale de la fertilité chimique des sols

Nous avons également mené une analyse spatiale de la fertilité chimique des sols, afin d'apporter un autre type de preuve établissant le lien entre pression démographique et dégradation des terres. Nous avons comparé

les données concernant la fertilité des sols entre les deux villages étudiés, en raison de la pression très différente exercée sur les ressources dans ces deux villages (tableau 4).

Tableau 4 : Pression démographique sur les ressources dans les villages étudiés

Village	Proportion du territoire villageois		Densité démographique	Densité du bétail dans la province
	Cultivé	Sous jachères récentes		
Village du sud	5 %	10 %	13 hab./km ²	9 TLU km ²
Village du nord	20 %	45 %	50 hab./km ²	26 TLU km ²

Source : Mazzucato et Niemeijer (2000b)

Après avoir appliqué un Modèle Linéaire Général à 124 échantillons de sol arable, corrigé en fonction de facteurs tels que le type des sols locaux, la texture des sols ainsi que l'occupation des terres, il n'a été relevé aucune différence sensible entre les villages en termes de matière organique, azote total, phosphore total et potassium disponible (Mazzucato et Niemeijer 2000b). Cela suggère encore une fois qu'il n'existe aucun rapport entre la fertilité chimique des sols et la pression sur les ressources naturelles.

Analyse de la fertilité chimique des sols des terres cultivées par rapport aux terres non cultivées

Tous les faits constatés jusqu'à présent suggèrent que les pratiques locales d'aménagement foncier sont durables. Pour en établir la preuve définitive, il convient d'examiner si la fertilité des champs cultivés a été maintenue au même niveau que les terres qui n'ont pas été cultivées pendant longtemps. Afin de répondre à cette question, une analyse supplémentaire des échantillons de sol a été réalisée.

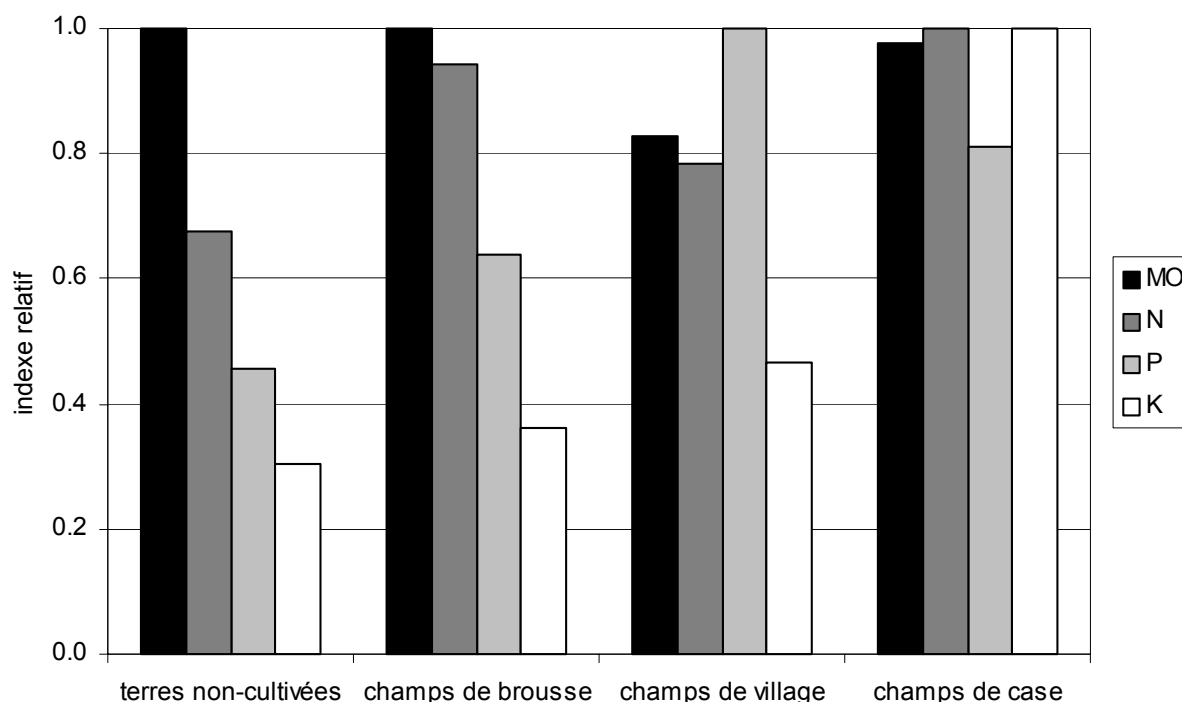
Au Burkina Faso oriental, comme dans d'autres régions d'Afrique occidentale, un système de gestion des terres en « cercles concentriques » est courant (Mazzucato et Niemeijer 2000b ; Prudencio 1993 ; Vierich et Stoop 1990). Ce système permet d'identifier les types de champs suivants à une distance croissante de l'enceinte : champs de l'enceinte, champs du village et champs de brousse. La durée de la culture ainsi que l'intensité

de l'aménagement diminuent généralement au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'enceinte. Des échantillons ont été rassemblés sur tous les types de champs, ainsi que sur les sites non cultivés depuis longtemps.³ La figure 3 montre que les trois éléments nutritifs (N, P et K) présentent tous des valeurs supérieures sur les terres cultivées que sur les terres non cultivées depuis longtemps.⁴ Seule la matière organique accuse des valeurs légèrement inférieures sur les terres cultivées de manière intensive (champs du village et de l'enceinte). Cela suggère que les agriculteurs sont parvenus à trouver le juste milieu entre durée des cultures et gestion de la fertilité, créant ainsi un système de culture durable pour l'environnement.

³ Les échantillons concernant les terres non cultivées depuis longtemps ont été extraits de sols restés incultes pendant au moins 20 ans et que les informateurs jugeaient aussi adaptés à l'agriculture que les terres actuellement cultivées. Dans certains cas, ces terres sont restées incultes car elles sont considérées sacrées.

⁴ Un Modèle Linéaire Général a été utilisé et corrigé en fonction du type des sols locaux et de la texture des sols. Les moyennes prévues par cellule ont été converties en un index relatif à la valeur la plus élevée de chaque mesure de fertilité (azote total, matière organique, phosphore total et potassium disponible), de manière à pouvoir afficher toutes ces mesures en un seul graphique.

Figure 3 : Fertilité des sols pour différents types d'occupation des terres (matière organique, azote, phosphore et potassium)



Source : Données extraites de Mazzucato et Niemeijer (2000b)

L'ENIGME

Cela nous met en présence d'une énigme intéressante. Comment est-il possible que, en dépit d'une forte croissance de la population et de densités démographiques très diverses, il n'existe aucun signe de dégradation générale, ni de déclin de la fertilité des sols au Burkina Faso ? Il est clair que les agriculteurs ne sont pas parvenus à une exploitation durable de l'environnement en s'engageant sur une voie à forte intensité de capital (ex : Reardon *et al.* 1996 ; Sanders *et al.* 1996). Comme expliqué en introduction, le recours aux technologies agricoles est très faible au Burkina Faso. Cela suggère que les agriculteurs ont su, d'une manière ou d'une autre, adapter leurs pratiques d'aménagement foncier à l'accroissement de la densité démographique, et cela de manière durable pour l'environnement. Afin d'examiner cette question, une étude détaillée a été réalisée sur les moyens d'existence ainsi que les systèmes agricoles des Gourmantchés, le groupe ethnique majoritaire dans les villages étudiés du Burkina Faso oriental.

PRATIQUES DE GESTION DES TERRES

En matière de durabilité de l'environnement, les pratiques de conservation de l'eau et des sols constituent un aspect important à considérer. Cela concerne non seulement les pratiques mécaniques telles que les remblais en pierres, les bandes enherbées et les haies vives, qui ne sont utilisées que sur 10 % des parcelles selon une étude agricole nationale de 1993 (MARA 1996), mais aussi les méthodes agronomiques et biologiques moins visibles telles que le paillage, le défrichage sélectif et l'espacement végétal adapté. Ce type de pratiques est utilisé dans l'ensemble du pays. Le tableau 5 en répertorie quelques-unes parmi les plus importantes.

Tableau 5 : Pratiques de conservation de l'eau et des sols appliquées par les agriculteurs du Burkina Faso

Pratiques agronomiques et biologiques	Pratiques mécaniques
séquencement des cultures, rotation des cultures, mise en jachère, désherbage, défrichage sélectif, culture associée, sélection de la culture et variété appropriées, espacement végétal adapté, éclaircissage, paillage, pacage sur chaumes, buttes en herbes, parcage des animaux, application des rebuts ménagers, application de fumier, compostage.	bandes enherbées, lignes en pierres, barrières en bois, barrières en terre, barrières en briques, barrières en tiges, remblais en pierres, remblais en terre, haies vives, <i>zai</i>

Source : Mazzucato et Niemeijer (2000b)

Les agriculteurs disposent donc d'un riche répertoire de technologies en matière de conservation de l'eau et des sols. Il se peut toutefois que la façon dont ces pratiques sont utilisées importe plus que les pratiques elles-mêmes. Les agriculteurs varient les pratiques ainsi que l'intensité appliquée selon les divers types de champs, ce qui leur permet d'adapter de manière optimale une main-d'œuvre et des apports limités aux besoins de cultures et de sols différents. Cette expérience de différents systèmes d'aménagement, qui vont de l'intensif à l'extensif, constitue un point de départ idéal pour gérer la pénurie croissante des ressources. Les agriculteurs n'ont pas besoin d'inventer de nouveaux systèmes d'aménagement face à la diminution des terres, il suffit qu'ils appliquent certaines de ces pratiques plus intensivement. En fait, dans le village le plus densément peuplé de l'étude, nous avons observé un usage plus intense des pratiques de conservation de l'eau et des sols sur les champs

de brousse, par rapport au village du sud riche en terres (Mazzucato et Niemeijer 2000b).

Une autre manière pour les agriculteurs d'utiliser au mieux les ressources dont ils disposent, tout en gérant les variations intersaisonniers et intrasaisonniers, consiste à appliquer les pratiques d'aménagement foncier uniquement en cas de besoin. Grâce à leurs connaissances des cultures et des sols (Niemeijer et Mazzucato 2001), les agriculteurs ne traitent que les parties de leurs champs qui requièrent une attention particulière à un moment donné. Par exemple, au lieu de construire un grand remblai en pierres traversant un champ entier, l'agriculteur ayant constaté une érosion excessive, construit des lignes en pierres plus réduites ; de manière progressive, face à un problème spécifique à un emplacement donné, l'agriculteur peut ainsi évaluer les avantages et les inconvénients qu'impliquent des investissements supplémentaires dans le champ concerné, au lieu de passer à un autre champ, d'en défricher un nouveau, etc.

Il importe particulièrement de déterminer comment les populations sont capables de mobiliser les ressources nécessaires à l'intensification, dans un contexte de pénurie croissante des ressources ? Comment peuvent-elles accéder aux ressources nécessaires à une production durable pour l'environnement et comment évitent-elles la spirale de la pauvreté, souvent considérée comme la première cause de dégradation des sols ?

RESEAUX SOCIAUX EN FAVEUR DE LA DURABILITE DE L'ENVIRONNEMENT

On a constaté que les populations investissaient fortement dans la création et le maintien de réseaux sociaux. Une analyse de la consommation, des dépenses et des investissements réalisés par 35 hommes et femmes mariés dans les deux villages étudiés pendant une période de 2 ans, a révélé que les présents offerts à l'occasion de célébrations cérémonielles et non cérémonielles comprenaient un article important pour pratiquement chaque budget individuel, tant en termes de fréquence qu'en termes de valeur (Mazzucato et Niemeijer 2000b). Contrairement à ce que soutient la littérature sur les systèmes de production agricole africains (Berry 1989 ; Reardon et Vosti 1995), on a constaté que ces réseaux contribuaient à la production agricole en renforçant l'aptitude des populations à cultiver de manière durable pour

l'environnement. Six types de réseaux ont été identifiés (voir tableau 6), qui permettent aux populations d'accéder aux ressources productives et d'éviter le piège de la pauvreté. Nous expliquons ci-dessous en quoi ces aptitudes contribuent à la durabilité du système de production en matière d'environnement et en quoi les réseaux permettent aux populations d'acquiescer ces aptitudes.

Accès aux ressources productives

En offrant un meilleur accès aux ressources productives, les réseaux facilitent la redistribution de ressources inutilisées. Ceci permet aux populations d'éviter de surcultiver leurs terres, tout en leur donnant la possibilité d'intensifier la production en investissant davantage dans les techniques de conservation de l'eau et des sols sur leurs champs (Mazzucato et Niemeijer 2000a, 2000b). Tant les réseaux fonciers que les réseaux natals des femmes permettent aux populations d'emprunter de la terre au cas où leurs propres parcelles doivent être laissées en jachère. Cela a pour effet de redistribuer la terre entre, d'une part, ceux qui ont accumulé des droits d'exploiter plus de terres que nécessaire à un moment donné et, d'autre part, les colons plus récents qui n'ont pas de droits sur un nombre suffisant de terres pour pouvoir en laisser en jachère. Cela permet de mettre en culture davantage de terres que si l'emprunt n'était pas possible, tout en assurant la régénération des terres cultivées grâce à des périodes de jachère. Les réseaux de bétail ont également pour effet de redistribuer les ressources inutilisées, car ils permettent de maintenir les troupeaux en transhumance. Cela permet d'affecter les champs de brousse au pacage et de réserver les terres situées autour des villages à la production agricole. Bien que ce système ne soit pas exempt de conflits, il permet aux agriculteurs de posséder un nombre croissant de têtes de bétail⁵ et de réduire l'endommagement des cultures sans pacage excessif sur le territoire villageois, inévitable si le bétail paissait en permanence à proximité du village.

⁵ Dans la région orientale, le bétail est passé de 50 000 têtes entre 1910 et 1930 à un peu moins de 700 000 têtes en 1994, ce qui équivaut à une densité de près de 14 têtes par km² (Mazzucato et Niemeijer 2000b).

Tableau 6 : Les réseaux sociaux et leurs fonctions

Réseaux fonciers	Permettent d'accéder à la terre par le biais d'accords d'emprunt. Les agriculteurs demandent à une personne d'utiliser la terre pendant le cycle de mise en culture d'un champ. Une fois que le champ n'est plus apte à être cultivé, il est laissé en jachère et les droits d'exploitation reviennent au propriétaire d'origine. Ces accords n'impliquent pas de paiements explicites, mais l'emprunteur est soumis à l'obligation tacite d'offrir au prêteur une partie de la récolte si celui-ci en a besoin, des présents symboliques et/ou une allégeance politique.
Réseaux de main-d'œuvre	Permettent d'accéder à la main-d'œuvre temporaire. La main-d'œuvre d'un ménage peut être empruntée par un autre ménage afin d'exécuter des travaux productifs ou ménagers. Les « invitations de culture » représentent une autre forme d'emprunt de main-d'œuvre et consistent à convoquer un groupe de personnes à réaliser un travail agricole - en échange de la nourriture et la boisson. Aucune rémunération officielle n'est nécessaire, mais la participation au groupe de travail est réciproque.
Réseaux natals des femmes	Liens des femmes avec leur famille d'origine. Permettent d'accéder à la terre de différents territoires villageois et d'obtenir diverses cultures primitives, des semences de démarrage pour le premier groupe de femmes en agriculture, des dons de production agricole, ainsi qu'un endroit où les femmes peuvent garder leur bétail. Cet accès dépend généralement de la possibilité pour la femme de maintenir le contact avec sa famille paternelle en lui rendant visite en saison sèche et en l'aidant en période de récoltes en saison agricole.
Réseaux de bétail	Permettent d'accéder au bétail. Grâce à leurs liens avec les éleveurs peuls, les agriculteurs gourmantchés peuvent leur confier leur bétail en vue du pacage de transhumance. Les relations entre les deux groupes dépendent soit de liens historiques, soit de rapports de confiance créés par une série de prêts monétaires accordés par les Gourmantchés aux Peuls.
Réseaux technologiques	Permettent d'accéder aux moyens technologiques telles que charrues, animaux de traction et charrettes, par le biais de l'emprunt. Les accords ne comprennent pas de paiements explicites, mais l'emprunteur offre généralement un cadeau en échange.
Réseaux financiers	Permettent d'accéder aux ressources financières. Les participants cotisent dans une caisse centrale et reçoivent de l'argent lorsqu'ils en ont besoin. Ce type de réseaux est fondé sur des liens de parenté ou de religion.

Les réseaux entraînent également un recours accru aux mesures de mise en valeur foncière, ce qui permet aux agriculteurs de réaliser à temps leurs travaux agricoles grâce à l'accès temporaire à la main-d'œuvre et

aux technologies. Par exemple, la formation d'un groupe de travail ou l'emprunt d'une charrue permet à un agriculteur de réaliser des travaux comme la préparation d'un champ, le désherbage ou la récolte rapidement et à temps. L'agriculteur dispose ainsi de davantage de temps pour appliquer les pratiques de conservation de l'eau et des sols à forte proportion de main-d'œuvre. De surcroît, du fait qu'ils s'étendent souvent à différents villages dotés de caractéristiques agroclimatiques diverses, on a constaté que les réseaux natals des femmes offraient aux agriculteurs un riche éventail de cultures primitives adaptées aux variations de pluviosité, ainsi qu'aux qualités changeantes de leurs sols. Les réseaux de bétail avec les éleveurs peuls comprennent des accords selon lesquels les éleveurs font paître leur bétail dans les champs des agriculteurs, de façon à accroître l'accès de ces derniers au fumier. Enfin, les réseaux technologiques mettent des charrues à la disposition des populations, ce qui devrait accroître le niveau d'humidité et d'éléments nutritifs contenu dans les sols en y incorporant mieux les résidus végétaux.

Eviter le cercle vicieux de la pauvreté

Les réseaux donnent également les moyens aux populations d'éviter le cercle vicieux de la pauvreté, considérée comme l'un des facteurs responsables de la dégradation des terres. Confrontées aux problèmes de survie quotidienne, les populations ne peuvent pas investir dans les mesures à long terme ; leurs moyens de subsistance dépendent entièrement de l'agriculture, elles sont obligées d'exploiter au maximum leurs terres, ce qui conduit à la « surcultivation » (Dasgupta 1993 ; Ehrlich *et al.* 1993 ; Hudson 1991). Comment les réseaux permettent-ils aux populations d'éviter le piège de la pauvreté ? En permettant aux populations de diversifier leurs moyens d'existence et de minimiser les risques liés aux mauvaises récoltes.

Les réseaux de main-d'œuvre, de bétail et de ressources financières, de même que les réseaux natals des femmes, permettent aux populations de diversifier leurs moyens d'existence. Les réseaux de main-d'œuvre permettent aux agriculteurs de réaliser leurs travaux agricoles et de consacrer ainsi du temps à des activités non agricoles, telles que le commerce. Les réseaux de bétail permettent aux agriculteurs de continuer à affecter leur main-d'œuvre à l'agriculture, tout en se lançant dans des activités liées au bétail, en confiant leurs animaux aux éleveurs peuls. Les réseaux financiers mettent de l'argent à disposition des agriculteurs lorsque ces derniers sont confrontés à un besoin urgent. Les réseaux natals des femmes offrent à ces dernières des céréales qu'elles peuvent

consommer ou vendre. Toutes ces possibilités apportent aux agriculteurs un revenu complémentaire qui ne dépend pas de leur propre production agricole et qui peut leur venir en aide si les récoltes ne suffisent pas à assurer la subsistance de leur famille.

En conséquence, ces opportunités supplémentaires de création de revenus atténuent la pression qui pèserait autrement sur les agriculteurs, obligés à extraire le maximum de production de leurs ressources en terres limitées. Les réseaux servent également à minimiser le risque d'échec, tant au niveau des récoltes que de la production animale, ce qui évite aux agriculteurs de devoir vendre leurs biens et consommer leurs stocks de semences, précarisant ainsi leurs moyens d'existence et les entraînant dans le cercle vicieux de la pauvreté. Depuis les années 50, à forte pluviosité, la tendance à la baisse des précipitations a entraîné une variabilité accrue de la pluviosité (Sivakumar 1991). Dans les zones écologiques soudano-sahéliennes, de légères variations de la pluviosité provoquent de grandes différences en matière de production agricole. On a ainsi constaté que des agriculteurs résidant dans la même enceinte étendaient leurs champs sur différentes zones agricoles, afin de minimiser le risque lié à une pénurie localisée de précipitations. L'accès aux terres situées dans différentes zones agricoles n'est néanmoins possible qu'en empruntant au sein de son propre réseau foncier. Deuxièmement, le nombre de bêtes ayant augmenté, les agriculteurs s'assurent contre le risque d'une maladie susceptible d'anéantir leur troupeau entier en répartissant leurs animaux sur différentes zones. Là encore, cela est possible grâce aux réseaux qui lient les agriculteurs aux éleveurs peuls, de même qu'aux réseaux natals des femmes. Nous avons rencontré des agriculteurs qui possédaient entre 5 et 40 têtes de bétail et qui les confiaient à différents éleveurs peuls, réduisant ainsi le risque qu'une maladie anéantisse l'ensemble de leur troupeau. Les réseaux natals des femmes permettent également à ces dernières de garder du bétail, généralement des chèvres ou des montons, auprès de leur famille d'origine, de sorte que leur bétail est réparti sur deux localités.

Evolution de l'emploi des réseaux

Il importe de signaler que, bien que ces réseaux aient toujours fait partie des moyens d'existence, leur composition ainsi que leur emploi ont évolué au fil du temps, afin de permettre au système agricole de s'adapter aux nouvelles conditions (Mazzucato et Niemeijer 2000a, 2000b). Par exemple, les accords d'emprunt de terres sont utilisés plus fréquemment qu'il y a un siècle, de façon à pouvoir continuer la mise en jachère en

dépit de densités démographiques plus élevées. Les réseaux de main-d'œuvre ont changé, tant dans leur composition que dans leur emploi. Alors qu'autrefois ces réseaux s'appuyaient principalement sur les liens de parenté, la répartition des champs sur différentes zones agricoles a exigé l'incorporation de voisins non parents, qui sont appelés à participer aux « invitations de culture » dans les réseaux. Il y a une cinquantaine d'années, les invitations de culture se constituaient principalement pour des raisons de prestige, alors qu'aujourd'hui elles ont un but fortement productif, permettant ainsi aux populations de réaliser leurs travaux agricoles à temps. Les réseaux natals des femmes sont aujourd'hui utilisés non seulement par le ménage afin d'accéder aux ressources productives et reproductives comme autrefois, mais aussi pour permettre aux femmes d'obtenir des semences, des dons de production destinés à être vendus sur le marché, ainsi qu'un emplacement pour leur bétail. Cela les aide à répondre à leurs nouveaux besoins, étant donné le rôle accru qu'elles jouent dans les activités agricoles et d'élevage, ainsi que la monétisation de leurs responsabilités ménagères occasionnée par une plus grande intégration au marché. Les réseaux de bétail se sont imposés à grande échelle au cours des cinquante dernières années, car pendant cette période le bétail est devenu le moyen préféré des agriculteurs pour épargner. Enfin, au fur et à mesure que les agriculteurs disposent d'un nombre accru de technologies grâce à la recherche et au développement et que leurs besoins financiers augmentent du fait d'une meilleure intégration au marché, des réseaux technologiques et financiers se créent ou s'étoffent pour permettre aux agriculteurs d'accéder aux technologies ainsi qu'à l'argent.

CONCLUSION

En définitive, il semble difficile d'affirmer, après ces constatations, que la dégradation des terres cultivées et en jachère s'est généralisée au Burkina Faso. Bien que ce résultat n'exclue pas la possibilité d'îlots localisés de sévère dégradation et ne suggère pas que les sols sahéliens soient particulièrement fertiles, il remet en cause l'opinion générale selon laquelle les pratiques à faible apport extérieur utilisées par les agriculteurs ouest-africains entraînent des processus de dégradation foncière dans toute la région. Il semblerait que l'évaluation couramment réalisée par les

« experts » en dégradation des terres, de même que les modèles de bilans minéraux surestiment réellement la dégradation des terres. Les divergences constatées entre notre évaluation empirique de la dégradation des terres (fondée à la fois sur les indicateurs de productivité et les propriétés foncières) et les évaluations et modèles des experts, dont s'inspirent la plupart des études en la matière, suggèrent qu'il convient d'améliorer la méthodologie employée dans ces études à plusieurs égards. Tout d'abord, ces études doivent mieux aborder les dimensions spatiales et temporelles des problèmes qu'elles observent (Fresco et Kroonenberg 1992 ; Rasmussen 1999). Pour cela, il convient que les experts distinguent plus clairement l'état des terres, qui peut être naturellement mauvais, temporairement mauvais et dégradé. On a confondu la pauvreté naturelle de nombreux sols ouest-africains, ainsi que les déclin de production et de couvert végétal liés à la sécheresse, avec des signes de dégradation irréversible, ce qui a entraîné une surestimation de la dégradation des terres. En ce qui concerne les évaluations expérimentales et fondées sur des modèles, davantage de mesures sont nécessaires au niveau des exploitations et des villages et il convient d'améliorer les méthodes de mise à échelle. En outre, il convient de valider les résultats contre des séries chronologiques de statistiques agricoles (ex : zones cultivées, rendements), des données relatives à l'environnement (ex : pluviosité, fertilité des sols) ainsi que des données relatives au travail du sol (ex : pratiques de conservation des eaux et des sols, labour), afin de s'assurer que les estimations reflètent la réalité.

L'une des principales raisons de l'exagération en matière de dégradation des terres réside dans la sous-estimation des aptitudes des agriculteurs locaux. La conservation des eaux et des sols, ainsi que l'intensification des technologies, sont bien plus complexes que ne le révèlent les statistiques agricoles. Les agriculteurs disposent d'un vaste répertoire de technologies à leur service. Ils ont mis au point des stratégies flexibles, efficaces et tangibles en matière d'aménagement foncier, afin d'affronter le manque de main-d'œuvre et d'apports extérieurs, ainsi que les dures conditions dans lesquelles ils travaillent. De surcroît, ils ont su adapter leurs institutions sociales au potentiel d'une plus grande activité sur le marché, ainsi qu'aux contraintes posées par la pénurie accrue de ressources naturelles. Le principal défi des futures évaluations consacrées à la dégradation des terres consistera à incorporer les effets des pratiques d'aménagement agricole, y compris leurs dimensions sociales et institutionnelles, sur les pertes de sols, les rendements et les bilans minéraux.

REFERENCES

- Anderson, D. (1984) "Depression, dust bowl, demography, and drought: The colonial state and soil conservation in East Africa during the 1930s." Journal of the Royal African Society 83(332): 321-343.
- Bationo, A., F. Lompo and S. Koala (1998) "Research on nutrient flows and balances in West Africa: State-of-the-art." Agriculture, Ecosystems and Environment 71(1-3): 19-35.
- Berry, S. (1989) "Social institutions and access to resources." Africa 59(1): 41-55.
- Blaikie, P. and H. Brookfield (1987) Land degradation and society. Methuen & Co. Ltd, London.
- Boulet, R. and J. C. Leprun (1969) "Etude pédologique de la Haute-Volta: Région est." ORSTOM, Dakar.
- Breman, H. (1998) "Amélioration de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest: Contraintes et perspectives." In: G. Renard, A. Neef, K. Becker and M. von Oppen (eds). Soil fertility management in West African land use systems, pp. 7-20. Margraf Verlag, Weikersheim.
- Cleaver, K. M. and G. A. Schreiber (1994) Reversing the spiral: The population, agriculture, and environment nexus in sub-Saharan Africa. World Bank, Washington, D.C.
- Dasgupta, P. (1993) An inquiry into well-being and destitution. Clarendon, Oxford.
- Ehrlich, P. R., A. H. Ehrlich and G. C. Daily (1993) "Food security, population, and environment." Population and Development Review 19(1): 1-32.
- Fairhead, J. and M. Leach (1996) Misreading the African landscape: Society and ecology in a forest-savanna mosaic. Cambridge University Press, Cambridge.
- FAO (2000) "The challenges of sustainable forestry development in Africa: Twenty-first FAO regional conference for Africa, Yaounde, Cameroon, 21-25 February 2000." Food and Agriculture Organization, Rome.

- Fresco, L. O. and S. B. Kroonenberg (1992) "Time and spatial scales in ecological sustainability." Land Use Policy 9(3): 155-168.
- Gruhn, P., F. Goletti and M. Yudelman (2000) "Integrated nutrient management, soil fertility, and sustainable agriculture: Current issues and future challenges." Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper No. 32, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- Hudson, N. (1991) "A study of the reasons for success or failure of soil conservation projects." FAO Soils Bulletin No. 64, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Kessler, C. A., W. P. Spaan, W. F. van Driel and L. Stroosnijder (1995) Choix et modalités d'exécution des mesures de conservation de l'eau et des sols au Sahel. Université Agronomique de Wageningen, Wageningen.
- Leach, M. and R. Mearns (eds) (1996) The lie of the land: Challenging received wisdom in African environmental change. James Currey/International African Institute, London.
- MARA (1996) "Enquête nationale de statistiques agricoles E.N.S.A. 1993: Rapport général." Direction des Statistiques Agro-Pastorales, Ministère de l'Agriculture et des Ressources Animales, Ouagadougou.
- Mazzucato, V. and D. Niemeijer (2000a) "The cultural economy of soil and water conservation: Market principles and social networks in eastern Burkina Faso." Development and Change 31(4): 831-855.
- Mazzucato, V. and D. Niemeijer (2000b) Rethinking soil and water conservation in a changing society: A case study in eastern Burkina Faso. Wageningen University, Wageningen.
- MFP (1993) "Consultation sectorielle sur l'environnement, document de support: 1. Politique forestière et plan d'action." Ministère des Finances et du Plan, Ouagadougou.
- Niemeijer, D. and V. Mazzucato (2001) "Moving beyond indigenous soil taxonomies: Local theories of soils as an alternative way to use local soil knowledge for sustainable development." Geoderma submitted for publication.
- Oldeman, L. R., R. T. A. Hakkeling and W. G. Sombroek (1991) "World map of the status of human-induced soil degradation: An explanatory

note." Second edition, International Soil Reference and Information Centre/United Nations Environment Programme, Wageningen/Nairobi.

Parkan, J. (1986) "Développement des ressources forestières, Burkina Faso: Bilan et évolution des disponibilités en bois, alternatives de productions forestières et actions sur la consommation, 1986-1995." Rapport de synthèse, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Prudencio, C. Y. (1993) "Ring management of soils and crops in the West African semi-arid tropics: The case of the Mossi farming system in Burkina Faso." Agriculture, Ecosystems and Environment 47(3): 237-264.

Rasmussen, K. (1999) "Land degradation in the Sahel-Sudan: The conceptual basis." Geografisk Tidsskrift, Danish Journal of Geography 2(Special Issue): 151-159.

Reardon, T., V. Kelly, B. Diagana, J. Dioné, E. Crawford, K. Savadogo and D. Boughton (1996) "Promoting sustainable capital-led intensification in Sahel agriculture following macroeconomic policy reform." In: F. Heidhues and A. Fadani (eds). Food security and innovations: Successes and lessons learned, Peter Lang, Stuttgart-Hohenheim.

Reardon, T. and S. Vosti (1995) "Links between rural poverty and the environment in developing countries: Asset categories and investment poverty." World Development 23(9): 1495-1506.

Sanders, J., B. Shapiro and S. Ramaswamy (1996) The economics of agricultural technology in semiarid Sub-Saharan Africa. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Scherr, S. J. (1999) "Soil degradation: A threat to developing-country food security by 2020?" Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper No. 27, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.

Sivakumar, M. V. K. (1991) "Drought spells and drought frequencies in West Africa." Research Bulletin No. 13, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Patancheru, India.

Smaling, E. M. A., S. M. Nandwa and B. H. Janssen (1997) "Soil fertility in Africa is at stake." In: R. J. Buresh, P. A. Sanchez and F. Calhoun

- (eds). Replenishing soil fertility in Africa, pp. 47-62. Soil Science Society of America, Madison.
- Somé, L., J. B. Taounda and S. Guillobez (1992) "Le milieu physique du Burkina Faso et ses contraintes." INERA, Ouagadougou.
- Stoorvogel, J. J. and E. M. A. Smaling (1990) "Assessment of soil nutrient depletion in Sub-Saharan Africa 1983-2000." Report No. 28, The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research (SC-DLO), Wageningen.
- Swift, J. (1996) "Desertification: Narratives, winners & losers." In: M. Leach and R. Mearns (eds). The lie of the land: Challenging received wisdom in African environmental change, pp. 73-90. James Currey/International African Institute, London.
- Tiffen, M., M. Mortimore and F. Gichuki (1994) More people, less erosion: Environmental recovery in Kenya. John Willey & Sons, Chichester.
- UNEP (1997) World Atlas of Desertification. Second edition. Arnold, London.
- Vierich, H. I. D. and W. A. Stoop (1990) "Changes in West African savanna agriculture in response to growing population and continuing low rainfall." Agriculture, Ecosystems and Environment 31(2): 115-132.
- World Bank (1999) "World Development Indicators database."
URL: <http://www.worldbank.org/data/databytopic/GNPPC.pdf>,
World Bank.
- World Bank (2000) "African Development Indicators 2000; Burkina Faso: Household welfare indicators."
URL: <http://www.worldbank.org/data/countrydata/adi/adi15-1.pdf>,
World Bank.
- World Resources Institute (2000) "World resources report 2000-2001; People and ecosystems: The fraying web of life." World Resources Institute, Washington, D.C.