

Perceptions locales sur l'appauvrissement des sols dans le bassin supérieur de Magou en République du Bénin

Christophe Codjo ATCHADA^{1*}, Alex Gbêliho ZOFFOUN², Roméo Brice CHABI¹,
Agossou Brice TENTE¹ et Julien Gaudence DJEGO³

¹ Université d'Abomey-Calavi, Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT),
Laboratoire de Biogéographie et Expertise Environnementale (LABEE), BP 698 Abomey-Calavi, BENIN

² Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) à Agonkanmey, 01 BP 884 Cotonou, BENIN

³ Université d'Abomey-Calavi, Faculté des Sciences Agronomiques, Laboratoire d'Ecologie Appliquée (LEA),
01 BP 526 Cotonou, BENIN

* Correspondance, courriel : christophe.atchada@gmail.com

Résumé

La présente étude s'inscrit dans la problématique de gestion durable des terres dans un système d'agriculture traditionnelle. Elle a pour objectif d'analyser les perceptions des producteurs sur l'appauvrissement des terres et leurs effets dans le bassin supérieur de Magou. Trois sites (Ouankou, N'dahonta et Pingou) ont été choisis de façon raisonnée pour la collecte des données. Une analyse de régression logistique polytonique ordinale des données recueillies sur 200 producteurs pris au hasard montre que l'âge, le sexe, le statut social et le niveau d'instruction des producteurs influencent de façon significative ($P < 0,05$) leur aptitude à identifier les principaux indicateurs et causes d'appauvrissement des sols de même que les impacts et stratégies d'adaptation. Les résultats révèlent que la présence de *Striga hermonthica*, de *Commelina bengalensis*, de *Mitracarpus hirtus*, de *Digitaria horizontalis* et de *Paspalum scrobicula* ainsi que l'absence de *Butyrosperum parkii* et d'*Andropogon gayanus* sont les meilleurs indicateurs d'appauvrissement du sol. De plus, l'appauvrissement du sol est la principale difficulté des producteurs (54 % des enquêtés) et les trois premières causes de cette situation sont la déforestation (30 %), les feux de végétation (27 %) et la pâture (16 %) ; pratiques qui impactent négativement le milieu aux plans socio-économique et environnemental. Les deux premières stratégies les plus adoptées pour faire face à l'appauvrissement des sols sont l'usage d'engrais chimiques (32,35 %) suivi de la jachère (28,61 %). Il urge de tenir compte de ces perceptions pour une agriculture de conservation.

Mots-clés : *appauvrissement des sols, indicateurs, impacts, stratégies d'adaptation, bassin de Magou.*

Abstract

Farmers perceptions of soil impoverishment in the Magou upper basin in Benin Republic

This study is part of the issue of sustainable land management in a traditional agriculture system. It aims to analyse farmers perceptions of land impoverishment and their effects in the Magou Upper Basin. Three sites (Ouankou, N'dahonta and Pingou) were chosen in a reasoned manner for the data collection. An ordinal polytonic logistic regression analysis of the data collected on 200 random producers shows that the age, sex, social status, and educational level of the producers influence significantly ($P < 0.05$) their ability to identify the main indicators

and causes of soil impoverishment as well as impacts and adaptation strategies. The results show that the presence of *Striga hermonthica*, *Commelina bengalensis*, *Mitracarpus hirtus*, *Digitaria horizontalis* and *Paspalum scrobicula* as well as the absence of *Butyrosperum parkii* and *Andropogon gayanus* are the best indicators of soil impoverishment. In addition, soil impoverishment is the main difficulty for producers (54 % of respondents) and the first three causes of this situation are deforestation (30 %), wildfires (27%) and grazing (16 %) ; practices that negatively impact the environment on the socio-economic and environmental levels. The first two most adopted strategies for dealing with soil impoverishment are the use of chemical fertilizers (32.35 %) followed by fallow (28.61 %). It is important to consider these perceptions for conservation agriculture.

Keywords : *soil impoverishment, Indicators, Impacts, Adaptation Strategies, Magou Basin.*

1. Introduction

En Afrique, l'état de fertilité d'un sol s'évalue traditionnellement par l'aspect physique (couleur, texture, espèces végétales présentes, ...) [1]. Ces principes sont acquis depuis des générations. Si la couleur noire témoigne de la présence d'un fort taux de matière organique et d'un sol fertile [2], l'appauvrissement semble perceptible à l'apparition de certaines espèces herbacées pour la plupart des cas. Il se dessine donc que les perceptions locales dans une problématique environnementale permettent de justifier l'opportunité des études scientifiques afin d'apporter des solutions qui accrochent les populations [3]. La capitalisation des savoirs paysans constitue un intérêt majeur et semble peu à peu gagner en crédit de par son adaptabilité aux contextes agro-écologique et social, puis son accessibilité pour des paysans à faibles ressources [4]. Les connaissances paysannes constituent par conséquent une base pour la compréhension et l'analyse du dynamisme environnemental. La prise en compte de ces connaissances quoi qu'empiriques dans les politiques de développement permet de gagner la confiance des paysans [4]. La fertilité des terres cultivées est une réalité physique traduite par les aspects physiques du sol ou qui s'observe à travers les rendements [1]. Au Bénin, le problème de la baisse de la fertilité des sols est une préoccupation aussi bien pour les agriculteurs qui se heurtent au coût élevé des intrants que pour les chercheurs dont les travaux de recherche visent à maintenir ou à restaurer la fertilité des sols dégradés pour une intensification de la production agricole [5]. La baisse des rendements des cultures vivrières et commerciales dans le bassin-versant du Niger au Bénin a entraîné une utilisation non contrôlée et intensive des intrants agricoles [6]. La conséquence directe est une dégradation des écosystèmes et une pollution des eaux suite au ruissellement et au lessivage des sols [6]. Cette baisse des rendements agricoles en raison des mauvaises conditions pédoclimatiques conduit à l'insécurité alimentaire croissante, à la vulnérabilité des communautés agricoles, à la réduction des revenus des ménages et à une augmentation de la pauvreté [7]. Des éclaircissements ont été apportés sur les perceptions locales de la manifestation des changements climatiques et mesures d'adaptation dans la gestion de la fertilité des sols dans la Commune de Banikoara au Nord-Bénin [8]. Dans la région de l'Atakora, la fertilité chimique de la majorité des sols de plateaux est basse ; soit 88 % environ [9]. Le bassin supérieur de Magou (BSM) fait partie intégrante de cette région. Avec la croissance démographique, la dégradation des sols de ce bassin-versant devient préoccupante. Les rendements agricoles des principales cultures baissent d'en moyenne 10 % ces deux dernières décennies dans le BSM [10]. Mais la littérature donnant des informations approfondies sur la diversité des mécanismes agro-pédologiques au niveau de ce bassin versant demeure insuffisante et tous les effets néfastes de l'appauvrissement des sols de cette zone ne sont pas encore maîtrisés. Afin d'apporter des mesures correctives à ces constats pour une gestion durable des terres au profit des agriculteurs, des aménagistes et des décideurs, le présent travail se propose d'analyser les perceptions des producteurs sur l'appauvrissement des terres et leurs effets dans le bassin supérieur de Magou. Il s'est agi d'identifier les principales difficultés rencontrées par les différentes catégories de producteurs, de détecter les indicateurs et facteurs d'appauvrissement des sols puis, de recenser les stratégies d'adaptation des producteurs face aux impacts de l'appauvrissement des sols.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude

Le bassin de Magou est le principal sous bassin de la rivière Pendjari dans le Nord-Ouest de la République du Bénin. Sa partie supérieure se situe entre 10°21'10" et 10°44'50" de latitude Nord et entre 0°59'38" et 1°16'57" de longitude Est. Il couvre, à l'exutoire de Tiélé, 82 869 ha et s'étend sur quatre Communes (Tanguiéta, Matéri, Kobli et Boukoumbé) (*Figure 1*). Le climat est soudanien avec en moyenne 1000 mm à 1100 mm de pluie par an [11] et le relief est influencé par la chaîne de l'Atakora. Les sols sont pour la plupart ferrugineux lessivés. La végétation évolue de la forêt claire ou galerie à la savane arbustive. Elle est annuellement soumise aux feux de végétation et continuellement assujettie au déboisement et au surpâturage. L'agriculture et l'élevage constituent les activités dominantes. Les principaux groupes socioculturels qui exploitent le milieu sont les Berba et les Natimba.

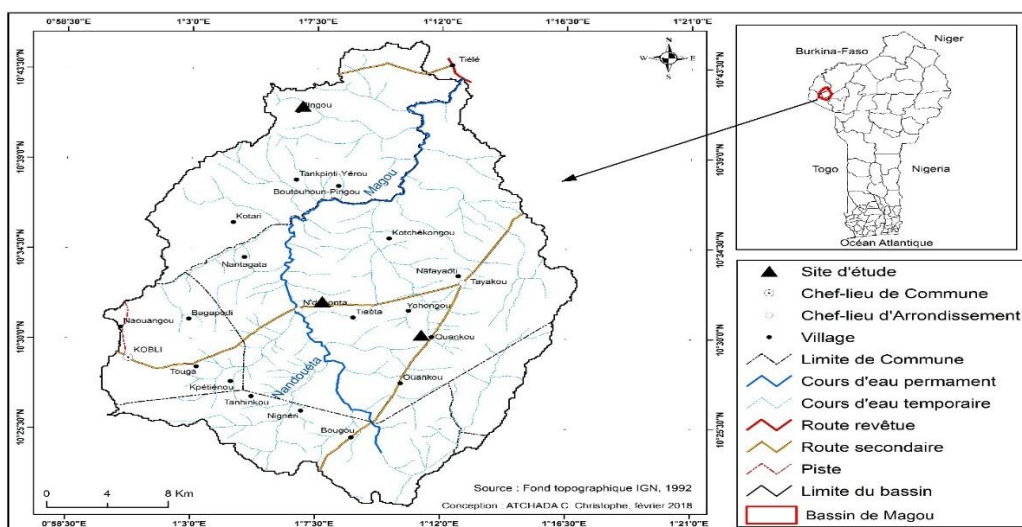


Figure 1 : Situation géographique du Bassin Supérieur de Magou

2-2. Méthodes

2-2-1. Méthode de collecte des données

Pour collecter les données, un échantillon de 200 producteurs est considéré en utilisant l'approximation normale de la loi binomiale [12]. Ces producteurs, pris au hasard sur leurs parcelles, sont enquêtés sur les trois sites suivant le poids démographique à raison de 43 exploitants à Ouankou, 50 à N'dahonta et 107 à Pingou. A l'aide d'un questionnaire, des données sur les pratiques culturales de la dernière décennie sont aussi recueillies auprès des exploitants agricoles. Quatre paramètres ont été considérés au niveau des enquêtés, à savoir l'âge (adulte et vieux), le sexe (masculin et féminin), le niveau d'instruction (lettré et illettré) et le statut social (démuni, moyen et nanti). Une estimation du revenu annuel par habitant en FCA a permis de catégoriser le statut social ; l'échelle est prise par rapport au meilleur producteur de chacun des différents hameaux. Les lettrés sont ceux qui maîtrisent au moins passablement la langue française (lecture, parler et écrit), les semi-lettrés sont ceux qui parlent le français mais qui ont de difficultés à l'écrit et en lecture et les illettrés sont ceux qui ne savent ni parler, ni lire et ni écrire le français. Les adultes sont âgés de 35 à 60 ans et les vieux de 61 à 65 ans. Les moins de 35 ans sont exclus pour immaturité pour les renseignements sur l'historique des pratiques agricoles. Les vieillards de plus de 65 ans ne sont pas pris en compte pour inaptitude physique et fragilité de la mémoire.

2-2-2. Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Les principales caractéristiques des producteurs considérés dans l'étude comprennent notamment les caractéristiques sociales et démographiques (**Tableau 1**). Le genre masculin domine dans chacune des trois localités ; respectivement 86 %, 66 % et 86 % dans les villages de Ouankou, N'dahonta et Pingou. Les adultes sont les plus représentés et l'âge moyen des enquêtés est respectivement 51 ans, 47 ans et 46 ans pour Ouankou, N'dahonta et Pingou. A Ouankou, les enquêtés sont majoritairement des démunis et des moyens alors qu'à N'dahonta, les personnes démunies dominent nettement. A Pingou, les personnes à revenus moyens sont les plus représentées. Dans l'ensemble, les producteurs enquêtés sont majoritairement illettrés à l'exception de Ouankou où il y a un peu plus de semi-lettrés.

Tableau 1 : Caractéristiques sociodémographiques des enquêtés

Variables	Modalités	Fréquences		
		Ouankou	N'dahonta	Pingou
Sexe	Masculin	37 (86,05)	33 (66)	92 (85,98)
	Féminin	6 (13,95)	17 (34)	15 (14,02)
Age	Adulte	28 (65,12)	47 (94)	104 (97,20)
	Vieux	15 (34,88)	3 (6)	3 (2,80)
Statut social	Démuni	19 (44,19)	28 (56)	35 (32,71)
	Moyen	19 (44,19)	5 (10)	64 (59,81)
	Nanti	5 (11,63)	17 (34)	8 (7,48)
Niveau d'instruction	Lettré	5 (11,62)	12 (24)	34 (31,78)
	Semi-lettré	20 (46,51)	18 (36)	22 (20,56)
	Illettré	18 (41,86)	29 (58)	42 (39,25)

$X(Y)$: $X =$ Fréquence absolue et $Y =$ Fréquence relative

2-2-3. Méthode d'analyse des données

Les données collectées ont été analysées à l'aide du logiciel R version 3.2.2. Le test d'indépendance Khi-2 a été effectué afin de déterminer la spécificité de la perception des agriculteurs et de leurs déterminants sur le bassin-versant. Pour identifier les déterminants sociodémographiques qui affectent la perception des producteurs, le modèle logistique polytonique ordinaire (Logit) est utilisé au regard de la nature binaire de chacune des variables à expliquer. Ce modèle se présente comme suit (Equation 1) :

$$Y = f(x, e) \quad (1)$$

Y étant la variable dépendante (perception des producteurs sur une difficulté, un indicateur d'appauvrissement, une cause d'appauvrissement, un impact de l'appauvrissement et sur l'adoption d'une stratégie d'adaptation) ; X étant la matrice des variables susceptibles d'expliquer la variation de Y ; $e =$ erreur logistique de la distribution.

L'analyse des résultats de ce modèle porte essentiellement sur la qualité du modèle et les signes des coefficients estimés. La qualité du modèle a été appréciée en utilisant la vraisemblance du modèle qui suit une loi de Khi-deux. Le modèle est dit globalement significatif lorsque la valeur de la vraisemblance est supérieure à celle du Khi-deux au même degré de liberté et à un seuil donné. Pour analyser les indicateurs d'appauvrissement du sol, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été effectuée. Le nombre d'axes retenu a été déterminé par

l'analyse de pourcentages cumulés issus de la décomposition des valeurs d'inerties et de Chi-carré. Il y a meilleure précision dans l'interprétation des résultats lorsque le pourcentage cumulé dépasse 50 %. Pour qu'un point-ligne (respectivement un point-colonne) soit retenu comme ayant une bonne contribution dans la formation d'un axe, il faut que la contribution k du point soit supérieure à $1/\text{nombre}$ ($1/10 = 0,10$ pour les points-lignes et $1/15 = 0,06$ pour les points-colonnes). Les coordonnées sont utilisées pour déterminer la nature de cette contribution (positive ou négative).

3. Résultats

3-1. Principales difficultés rencontrées par les producteurs

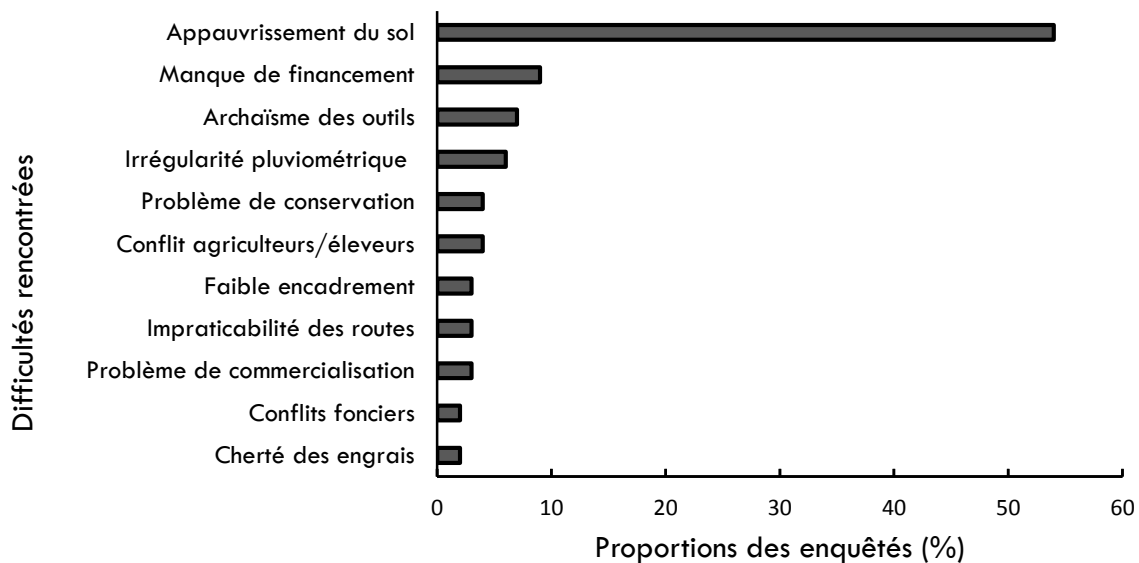


Figure 2 : Principales difficultés rencontrées par les agriculteurs dans le bassin supérieur de Magou

La **Figure 2** montre que, dans le bassin supérieur de Magou, le principal problème que rencontrent les agriculteurs enquêtés est l'appauvrissement des sols (54 % des enquêtés). Ces producteurs rencontrent dix autres difficultés non négligeables telles que le manque de financement (9 % des enquêtés), le caractère archaïque de l'outillage agricole (7 % des enquêtés), l'irrégularité des pluies (6 % des enquêtés), les problèmes de conservation des produits agricoles (4 % des enquêtés), les conflits entre agriculteurs et éleveurs (4 % des enquêtés), le faible encadrement des agriculteurs (3 % des enquêtés), l'impraticabilité des routes (3 % des enquêtés), les problèmes de commercialisation des produits agricoles (3 % des enquêtés), les conflits fonciers (2 % des enquêtés) et le coût élevé des engrais chimiques (2 % des enquêtés). L'analyse de régression logistique polytonique ordinaire (**Tableau 2**) a révélé que parmi les quatre variables explicatives considérées, l'âge ($\chi^2 = 27,47 ; p = 0,0012$) ; le statut social ($\chi^2 = 162,87 ; p < 0,0001$) et le niveau d'instruction ($\chi^2 = 89,92 ; p < 0,0001$), des producteurs influencent de façon statistiquement significative leur aptitude à identifier les principaux facteurs qui rendent difficiles les activités agricoles dans le BSM. Les résultats indiquent que pour les illettrés, les nantis et les moyens, l'appauvrissement du sol affecte négativement les activités agricoles contrairement aux lettrés, semi-lettrés et démunis pour qui cela n'est pas un problème majeur. Pour les vieux et les démunis, le caractère archaïque des outils agricoles constitue une sérieuse difficulté qui limite la production agricole alors que les adultes et nantis le banalisent. Par ailleurs, pour les semi-lettrés, les problèmes de commercialisation constituent les difficultés majeures qui inhibent la production agricole.

Tableau 2 : Effet de l'âge, du statut social et du niveau d'instruction sur la perception des producteurs des difficultés rencontrées

	Problèmes de commercialisation	Manque de financement	Conflits agriculteurs et éleveurs	Appauvrissement	Impraticabilité des pistes	Irrégularité pluviométrique	Outils archaïques	Faible encadrement	Conflits fonciers	Problèmes de conservation
	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate
(Intercept)	-1,3415**	-0,53576ns	-0,96269**	0,151ns	-1,0177**	-0,8527*	0,2783ns	-1,1403**	-2,8676***	-1,1545**
Adulte	0,2982ns	-0,5007ns	-0,6838ns	-0,34884ns	0,7509ns	-0,171724ns	-1,3278*	-0,63891ns	-0,2685ns	-0,2957ns
Vieux	-0,2982ns	0,5007ns	0,68376ns	0,3488ns	-0,7509ns	0,1717ns	1,3278*	0,6389ns	0,2685ns	0,2957ns
Féminin	0,0689ns	-0,5136ns	0,2611ns	0,29574ns	0,2018ns	-0,651102ns	0,4767ns	-0,14865ns	-1,3404ns	0,0372ns
Masculin	-0,0689ns	0,51358ns	-0,26108ns	-0,2957ns	-0,2018ns	0,6511ns	-0,4767ns	0,1486ns	1,3404ns	-0,0372ns
Démuni	1,1275ns	0,7316ns	0,3633ns	-1,36405*	0,4658ns	0,420411ns	1,0244*	-0,34375ns	0,1644ns	0,3112ns
Moyen	-0,2955ns	-0,08257ns	0,06995ns	0,5866*	-0,2254ns	-0,3913ns	-0,2894ns	0,2515ns	-0,2819ns	0,3736ns
Nanti	-1,1275ns	-0,73162ns	-0,36326ns	1,3641*	-0,4658ns	-0,4204ns	-1,0244*	0,3438ns	-0,1644ns	-0,3112ns
Illétré	-1,031ns	0,4595ns	-0,5675ns	0,90195*	0,7786ns	-0,197249ns	-0,2435ns	0,80714ns	-0,122ns	0,2741ns
Létré	0,227ns	-0,21048ns	-0,25641ns	-0,8517*	0,1889ns	0,1886ns	0,4102ns	-0,9768ns	-0,1079ns	-0,1154ns
Semi-létré	1,031*	-0,45945ns	0,56751ns	-0,902*	-0,7786ns	0,1972ns	0,2435ns	-0,8071ns	0,122ns	-0,2741ns

*ns : non significatif au seuil de 5% ($p > 0,05$); * significatif au seuil de 5% ($p < 0,05$); ** : hautement significatif au seuil de 1% ($p < 0,01$); *** : très hautement significatif au seuil de 1‰ ($p < 0,001$)*

3-2. Indicateurs et facteurs d'appauvrissement des sols

3-2-1. Indicateurs d'appauvrissement des sols

Le croisement entre les caractéristiques sociodémographiques et les indicateurs d'appauvrissement du sol présentés par la **Figure 3** montre que pour les individus démunis, les individus à revenu moyen et dans une moindre mesure les illettrés, un sol est appauvri lorsqu'il a une texture fine ou très fine et une couleur rouge. Les vieilles personnes, les lettrés et semi-lettrés ainsi que les hommes pensent qu'un sol appauvri a une couleur brune ou jaunâtre. Selon ces hommes, l'absence de *Butyrospermum parkii* et la présence de *Striga hermonthica* indiquent l'appauvrissement du sol. Les femmes, les adultes et les nantis jugent un sol comme appauvri lorsqu'il présente une texture grossière, et/ou il est constaté la présence des espèces végétales telles que *Commelina bengalensis*, *Digitaria horizontalis*, *Mitracarpus hirtus* et lorsqu'il y a absence d'*Andropogon gayanus*.

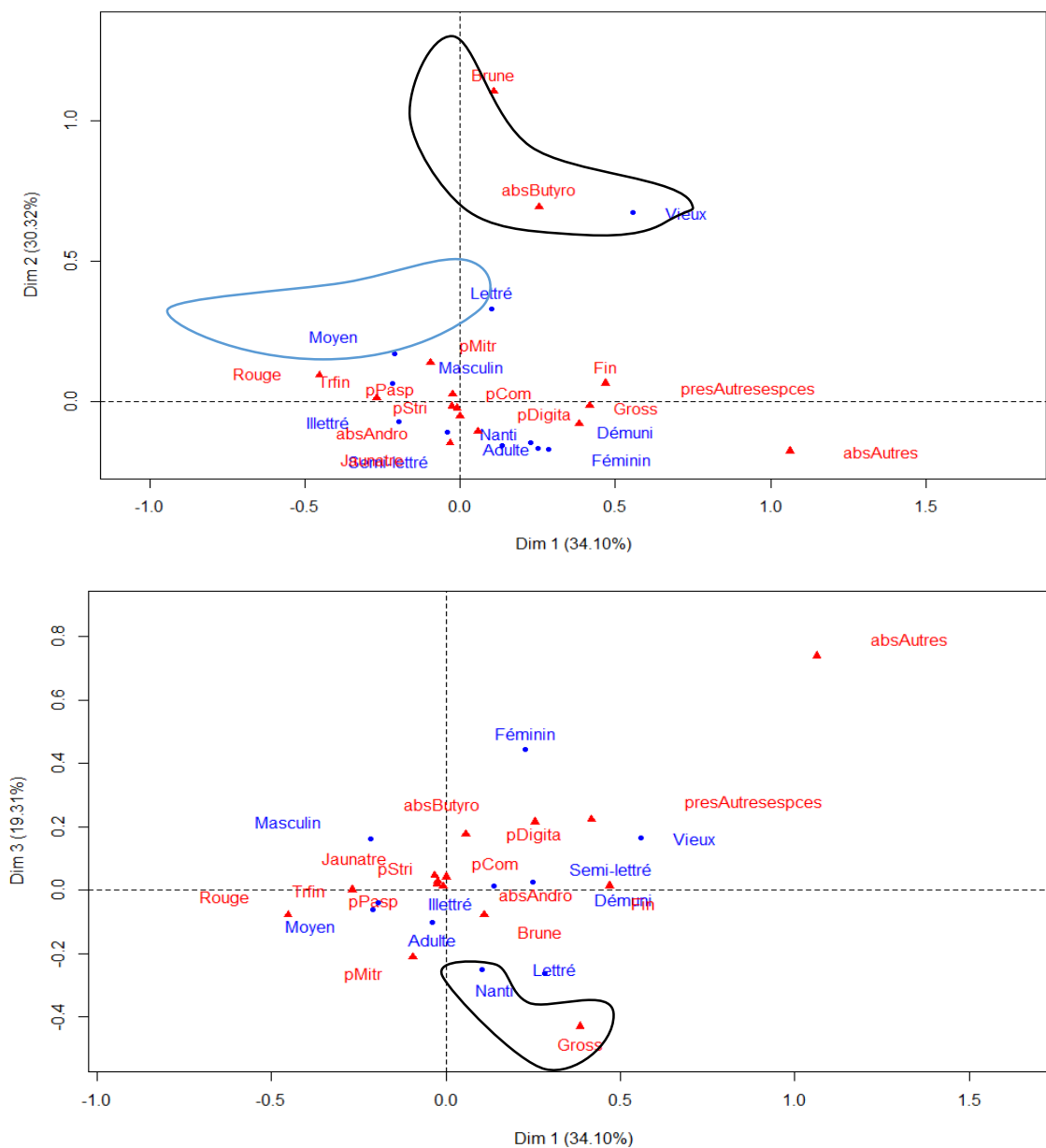


Figure 3 : Indicateurs d'appauvrissement du sol dans le bassin supérieur de Magou

Brune = couleur brune ; Jaunatre = couleur jaune ; Rouge = couleur rouge ; Trfin = texture très fine ; Fin = texture fine ; Gross = texture grossière; pStri = présence de Striga hermonthica; pCom = présence de Commelina bengalensis; pMitr = présence de Mitracarpus hirtus; pDigita = présence de Digitaria horizontalis; pPasp = présence de Paspalum scrobicula ; presAutresespces = présence d'autres espèces végétales ; absAndro = absence de Andropogon gayanus ; absButyro = absence Butyrosperum parkii ; absAutres = absence autres espèces végétales

3-2-2. Facteurs d'appauvrissement des sols

Les résultats montrent que les trois premiers facteurs d'appauvrissement des sols sont respectivement la déforestation (30 % des enquêtés), les feux de végétation (27 % des enquêtés) et la pâture (16 % des enquêtés). Les autres facteurs de dégradation des sols évoqués par les producteurs sont la surexploitation des sols (12 % des enquêtés), la baisse de la pluviométrie (10 % des enquêtés), la forte croissance démographique (9 % des enquêtés), la production des cultures de rente (6 % des enquêtés) et l'utilisation abusive des engrais chimiques (2 % des enquêtés) (**Figure 4**). La perception des enquêtés sur les facteurs de la dégradation du sol dépend significativement de l'âge de l'enquêté ($\chi^2 = 40,63$; $p < 0,0001$), du sexe ($\chi^2 = 15,31$; $p = 0,0179$), de son statut social ($\chi^2 = 113,52$; $p < 0,0001$) et de son niveau d'instruction ($\chi^2 = 105,96$; $p < 0,0001$). Le **Tableau 3** présente les résultats de la régression logistique réalisée sur les données. De l'analyse des résultats, il ressort que pour les nantis, les lettrés et semi-lettrés le feu de végétation détermine significativement ($p > 0,05$) l'appauvrissement du sol. Selon les vieux, la surexploitation et l'utilisation des engrais chimiques sont les facteurs d'appauvrissement du sol dans le BSM.

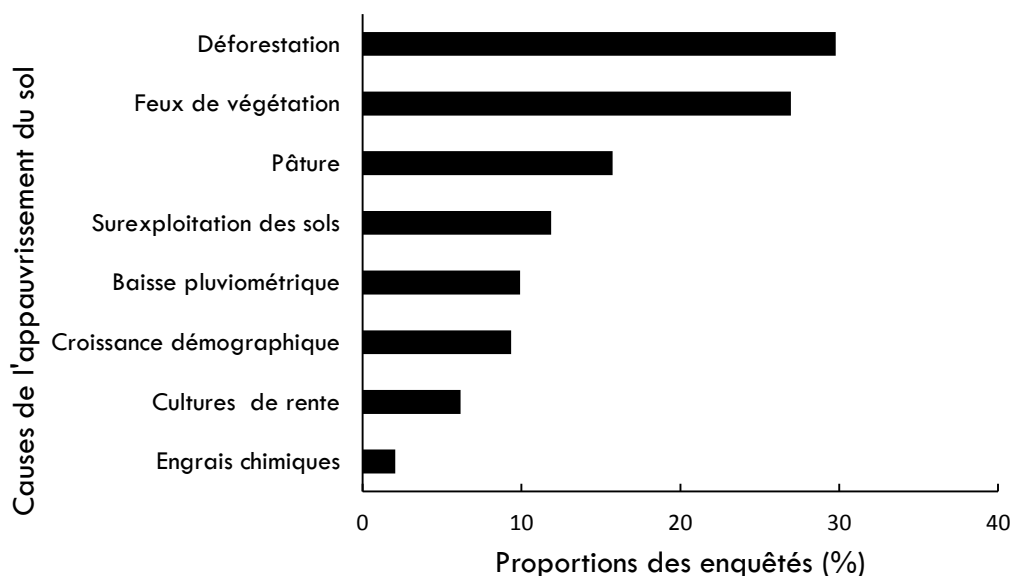


Figure 4 : Facteurs d'appauvrissement du sol dans le bassin supérieur de Magou

Tableau 3 : Effet de l'âge, du sexe, du statut social et du niveau d'instruction sur la perception des producteurs des causes de l'appauvrissement du sol

	Surexploitation des terres	Forte Croissance démographique	Déforestation	Feux de végétation	Pâturage	Cultures de rente	Engrais chimiques	Baisse de la pluviométrie
	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate
(Intercept)	-1,2502**	-1,7421***	0,8828*	0,8076*	-0,3148ns	-1,120255**	-2,8959***	-0,63667ns
Adulte	0,0801ns	0,75091ns	-15,719ns	-16,424ns	0,56816ns	-0,005012ns	-0,5238ns	-0,09726ns
Vieux	0,1343**	-1,0111ns	15,4354ns	16,4636ns	-1,0512ns	0,018334ns	0,605*	-0,0884ns
Féminin	-0,6369ns	-0,0242ns	-0,5405ns	-0,0757ns	0,53572ns	0,243418ns	0,1778ns	0,69096ns
Masculin	0,6417ns	0,8831ns	0,1795ns	0,3954ns	-0,2833ns	-0,62202ns	-0,1105ns	-0,96108*
Démuni	-0,0056ns	-0,8478ns	0,6468ns	0,96858ns	0,16394ns	0,872999ns	0,5698ns	-0,12426ns
Moyen	0,6226ns	-0,3971ns	0,5579ns	-1,1009*	0,533ns	0,2471ns	0,2918ns	0,05321ns
Nanti	0,5653ns	0,5619ns	-0,211ns	0,9794***	0,2133ns	-0,880288ns	0,2261ns	0,50065ns
Illétré	0,13981ns	0,10574ns	-1,0573ns	-0,5693ns	-0,02563ns	0,052998ns	0,8329ns	-0,21971ns
Létré	-0,5656ns	-0,2865ns	-0,3356ns	1,1307*	-0,4075ns	-0,204295ns	0,2783ns	0,79979ns
Semi-létré	-0,3545ns	0,3815ns	0,881ns	1,2522*	0,4423ns	-0,001736ns	-0,7316ns	0,12387ns

ns : non significatif au seuil de 5% ($p > 0,05$); * significatif au seuil de 5% ($p < 0,05$); ** : hautement significatif au seuil de 1% ($p < 0,01$); *** : très hautement significatif au seuil de 1‰ ($p < 0,001$)

3-3. Impacts de l'appauvrissement des sols et stratégies d'adaptation

3-3-1. Impacts de l'appauvrissement des sols

La **Figure 5** montre que les enquêtés distinguent huit (8) impacts de l'appauvrissement des sols dans le bassin supérieur de Magou. Ces enquêtés ont révélé que l'appauvrissement des sols a des impacts socio-économiques et des impacts environnementaux. Par rapport aux impacts socio-économiques, 31 % parmi eux ont évoqué la pauvreté et la famine, 18 % parlent de la malnutrition et des maladies nutritionnelles, 13 % signalent l'exode rural, 11 % indiquent la baisse de rendement, 8 % déclarent les conflits conjugaux, 8 % affirment les difficultés scolaires et 2 % expriment le vol. Quant aux impacts environnementaux, 10 % des enquêtés estiment que le recul du couvert végétal découle de l'appauvrissement des sols. L'analyse de régression logistique polytonique ordinale (**Tableau 4**) a révélé que parmi les quatre variables explicatives considérées, l'âge ($\chi^2 = 19,42$; $p = 0,007$), le statut social ($\chi^2 = 114,09$; $p < 0,0001$) et le niveau d'instruction ($\chi^2 = 60,23$; $p < 0,0001$) des producteurs influencent de façon statistiquement significative leur aptitude à détecter les effets néfastes de l'appauvrissement des sols. Les résultats indiquent que pour les individus adultes, la baisse des rendements agricoles est la principale conséquence de l'appauvrissement des sols alors que selon les individus lettrés, ce sont l'exode rural et le vol qui sont les principales conséquences sociales de l'appauvrissement des sols. De même, les producteurs de statut moyen pensent que la malnutrition et les maladies sont les conséquences de l'appauvrissement des sols.

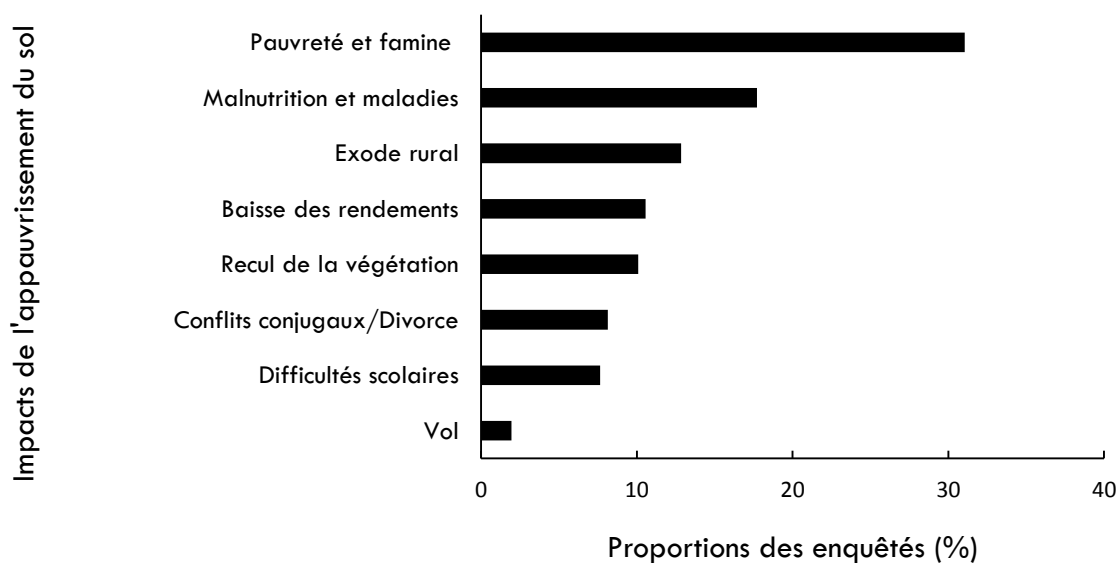


Figure 5 : Impacts de l'appauvrissement du sol dans le bassin supérieur de Magou

Tableau 4 : Effets de l'âge, du statut social et du niveau d'instruction sur la perception des producteurs des impacts de l'appauvrissement du sol

	Baisse des rendements	Pauvreté et famine	Conflits conjugaux/ Divorce	Exode rural	Malnutrition et maladies	Vol	Difficultés de scolarisation	Recul de la végétation
(Intercept)	-0,52981ns	-1,7421***	-0,59208ns	-0,02049ns	-0,02149ns	-3,0826***	-1,468663***	-0,808403*
Adulte	1,8872*	0,75091ns	-0,09464ns	0,60509ns	-1,2761ns	15,4764ns	-0,3129ns	0,65586ns
Vieux	-2,0906ns	-1,0111ns	0,415ns	-0,58636ns	1,07937ns	-15,3857ns	-0,002609ns	-0,358077ns
Féminin	0,6258ns	-0,02422ns	0,24963ns	0,48806ns	-0,4335ns	-0,3414ns	0,1276ns	-0,69969ns
Masculin	-0,06854ns	0,8831ns	-0,06148ns	-0,12596ns	-0,08238ns	-0,156ns	-0,242262ns	-0,211404ns
Démuni	-0,619ns	-0,8478ns	0,10242ns	-0,01643ns	1,4593ns	-0,7317ns	-0,2975ns	0,19618ns
Moyen	-0,27017ns	-0,3971ns	-0,86776ns	-1,259**	0,58291**	-1,5121ns	0,600417ns	0,303952ns
Nanti	0,24758ns	0,5619ns	-0,6306ns	-0,13235ns	-0,62052ns	-0,6318ns	0,046614ns	0,073958ns
Illettré	-0,073ns	0,10574ns	-0,18849ns	-0,33305ns	-0,1043ns	0,3002ns	-0,1841ns	-0,65075ns
Lettre	-0,37011ns	-0,2865**	0,2317ns	0,51341**	0,0339ns	1,9027*	-0,08225ns	0,104774ns
Semi-lettré	0,25988ns	0,3815ns	-0,68681ns	0,40213ns	-0,01824ns	1,6412ns	0,44751ns	-0,001632ns

3-3-2. Stratégies d'adaptation

Les producteurs utilisent diverses stratégies pour faire face à l'appauvrissement des sols dans le bassin supérieur de Magou. La **Figure 6** présente les différentes stratégies d'adaptation à l'appauvrissement des sols. L'analyse des informations de cette figure montre que la première stratégie est l'utilisation d'engrais chimiques (32,35 %) suivie de la pratique de la jachère (28,61 %). Certains producteurs augmentent les superficies emblavées (13,90 %), d'autres procèdent par la rotation des cultures (13,10 %) ou encore l'adoption de semences améliorées (12,03 %) pour s'adapter à l'appauvrissement des sols. Les engrais chimiques utilisés sont $N_{14}P_{18}K_{18}S_5B_1$ pour le coton et $N_{13}P_{17}K_{17}S_6B_{1/2} Zn_{3/2}$ pour le maïs. L'analyse de régression logistique polytonique ordinaire (**Tableau 5**) a révélé que parmi les quatre variables explicatives considérées, l'âge ($\chi^2= 27,79$; $P<0,0001$), le niveau d'instruction ($\chi^2= 128,10$; $P<0,0001$) et le sexe ($\chi^2=22,31$; $P=0,0002$), des producteurs influencent de façon statistiquement significative leur capacité à développer des stratégies d'adaptation à l'appauvrissement des sols. Les résultats indiquent que pour les vieux et les semi-lettrés, la jachère, la rotation des champs et les semences améliorées affectent positivement la gestion de la fertilité des sols. De même, les adultes pensent que les engrais chimiques et l'augmentation des superficies emblavées permettent de faire face à l'appauvrissement des sols. Cette dernière stratégie concerne beaucoup plus les hommes. Les lettrés estiment que les engrais chimiques et la rotation des cultures affectent positivement la qualité du sol. Quant aux illettrés, ils pensent que les engrais chimiques sont les seuls moyens d'amélioration de la fertilité des sols.

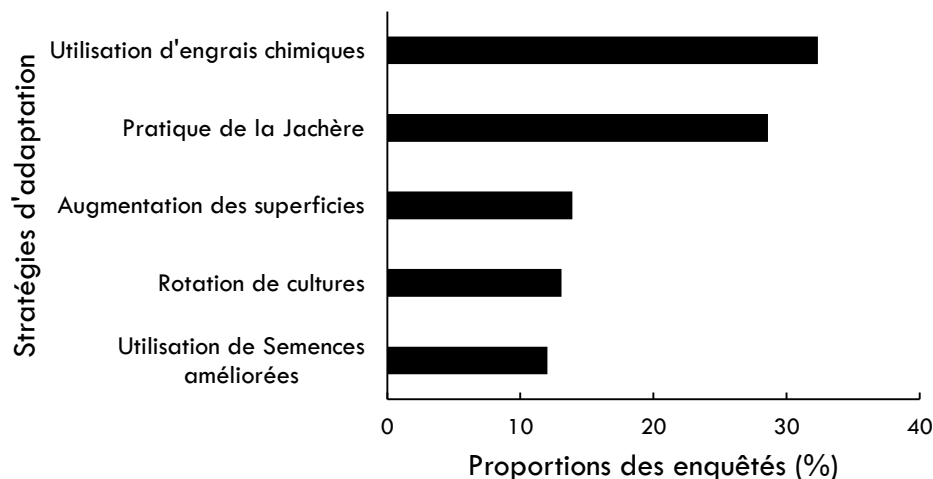


Figure 6 : Stratégies d'adaptation à l'appauvrissement des sols dans le bassin supérieur de Magou

Tableau 5 : Effets de l'âge, du sexe, du niveau d'instruction et du statut social sur la perception des agriculteurs des stratégies d'adaptation à l'appauvrissement des sols dans le bassin supérieur de Magou

	Jachère	Engrais chimiques	Augmentation des superficies	Rotation	Semences améliorées
	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate	Estimate
(Intercept)	0.47245ns	0.15759ns	-2.1828***	2.3456 ***	-2.1328***
Adulte	-2.25464**	1.8342*	1.9553**	-1.2367 **	-1.9825**
Vieux	2.25464**	-1.8342*	-1.9553**	1.2367 **	1.9825**
Féminin	-0.07278ns	-0.4051ns	-1.2847*	0.85734	-0.4478ns
Masculin	0.07278ns	0.40509ns	1.2847*	0.85734	0.4478ns
Démuni	0.30089ns	-0.7317ns	0.947ns	0.09341ns	0.1412ns
Moyen	-2.1954ns	0.04329ns	-0.1306ns	-0.19107ns	-0.5313ns
Nanti	-0.3008ns	0.73169ns	-0.947ns	0.09341	-0.1412ns
Illétré	-1.41154**	0.8887*	-0.3205ns	-0.02193 *	-1.2409*
Létré	0.23093ns	1.04556***	-0.4094ns	0.00220 **	0.4456ns
Semi-létré	1.4115**	-0.88872*	0.3205ns	0.02193 *	1.2409*

ns : non significatif au seuil de 5% ($p > 0,05$); * significatif au seuil de 5% ($p < 0,05$); ** : hautement significatif au seuil de 1% ($p < 0,01$); *** : très hautement significatif au seuil de 1% ($p < 0,001$)

4. Discussion

4-1. Pertinence des difficultés rencontrées par les producteurs et des indicateurs d'appauvrissement des sols

L'appauvrissement des sols comme principale difficulté rencontrée par les producteurs du bassin supérieur de Magou (54 % des enquêtés) s'explique par le caractère prépondérant de l'agriculture dans le milieu. Mais

les vieux et les démunis pensent que l'archaïsme des outils agricoles (houe, daba, coupe-coupe, ...) affectent négativement la production agricole. Cela se justifie par la dégradation de la force physique des premiers et le manque de moyens financiers des démunis. En effet la pénibilité de l'utilisation de l'outillage archaïque chez les vieux et le dénuement des démunis ne sont plus à démontrer. Le niveau d'instruction semble influencer la commercialisation des produits agricoles. A ce sujet, les lettrés ont la possibilité d'identifier assez facilement les marchés d'écoulement des produits agricoles. Les illettrés se confient tout simplement aux négociants qui sillonnent les marchés ruraux comme celui de N'dahonta pour se débarrasser de leurs marchandises à n'importe quel prix. Les semi-lettrés souhaitent contourner les négociants mais ils sont malheureusement limités dans leur élan et se trouvent bloqués ; d'où leur déclaration selon laquelle la commercialisation des produits agricoles est un problème. Dans le milieu d'étude comme dans le bassin de l'Okpara au Bénin [2], les producteurs ne tiennent pas singulièrement compte d'un indicateur pour évaluer l'état de fertilité d'un sol mais se basent plutôt sur la combinaison des indicateurs. Ils combinent la texture, la couleur et la présence ou l'absence de certaines espèces végétales. Une texture fine, très fine ou grossière ; une couleur rouge, brune ou jaunâtre ; la présence de certaines espèces (*Striga hermonthica*, *Commelina bengalensis*, *Mitracarpus hirtus*, *Digitaria horizontalis*, *Paspalum scrobicula*) et l'absence d'autres espèces (*Butyrosperum parkii*, *Andropogon gayanus*) sont les principaux indicateurs de l'appauvrissement du sol dans le BSM selon les producteurs. Ces résultats rejoignent ceux de [1] selon qui la présence d'un certain nombre d'espèces dont *Digitaria horizontalis* et *Striga hermonthica* est considérée par les paysans de Nguetté I et Gang au Tchad comme indicatrice d'une baisse de la fertilité et qu'il est temps de mettre en jachère une parcelle.

En milieu tropical, l'apparition de *Digitaria horizontalis* a été attribuée à la mécanisation des cultures et au caractère acide des sols [13]. Mais les conditions physiques, chimiques et biologiques ont fondamentalement changé aujourd'hui. Même si l'attelage et quelques tracteurs apparaissent dans l'outillage agricole dans le bassin supérieur de Magou, on ne saurait établir hâtivement la corrélation avec la mécanisation. Toutefois l'utilisation anarchique d'engrais minéraux sans amendement organique qui a cours dans le milieu d'étude pourrait acidifier les sols. Dans le BSM, *Striga hermonthica* est qualifié de "feu du sorcier" en dialecte local "Biali". On appelle cette espèce "Douani" dans ce dialecte en raison de sa capacité de nuisance inégalable. Ces observations corroborent celles de [1] quand il dit que l'espèce entre en compétition avec les plantes cultivées pour les éléments minéraux, l'eau et la lumière et que l'effet de la compétition se traduit par une baisse de rendements en grains, pailles, tiges, etc. Le caractère socioculturel des enquêtés influence aussi les indicateurs d'appauvrissement des sols. Comme chez les Natimba et les Berba dans le BSM, la présence de *Commelina bengalensis* est constatée comme un indicateur de dégradation des sols chez les Tchabè, Ditamari et Fon [2]. Mais le même auteur classe cette espèce comme un indicateur de fertilité des sols chez les Bariba et Lokpa dans le bassin de l'Okpara en République du Bénin. Ces informations confirment la difficulté de la généralisation des résultats de travaux de recherche en ethnopédologie comme l'ont également mentionné certains auteurs [2, 14]. L'état de fertilité d'un sol peut s'évaluer traditionnellement par sa couleur et sa texture [1]. Cependant les constats paraissent un peu aléatoires du fait de la spécificité de chaque type de sol et des caractéristiques sociodémographiques des producteurs. Pour les personnes démunies, celles de classe moyenne et les illettrés par exemple, une texture fine ou très fine témoigne d'un sol appauvri. Cela se justifierait par le fait que ces catégories de producteurs n'ont souvent pas les moyens de toujours labourer convenablement leurs parcelles avant les semis. Sur les sols à fort taux d'éléments fins (argile et limon fin) très peu poreux et moins aérés, le drainage est moins bon surtout avec les irrégularités pluviométriques. La minéralisation de la matière organique et la pénétration des racines étant difficiles, les rendements agricoles sont faibles. C'est le cas du coton et du sorgho dont les rendements ont chuté respectivement de 10 % et de 11 % entre 2002 et 2017 [10].

4-2. Effets des pratiques agro-pastorales et des perturbations climatiques sur l'appauvrissement des sols

Les producteurs du bassin supérieur de Magou quels que soient leur sexe, leur statut social et leur niveau d'instruction estiment que les trois premières causes de l'appauvrissement des sols sont dans l'ordre la déforestation, les feux de végétation et la pâture. Les deux premières causes ont été déjà constatées comme principaux facteurs de dégradation des sols au Bénin [15]. La particularité au niveau du BSM réside dans l'importance accordée par les producteurs aux feux de végétation et à la pâture. La présente étude a montré que les feux de végétation contribuent à la dégradation des sols. Cette contribution trouve sa raison d'être du moment où les feux de végétation tardifs accélèrent la minéralisation de la matière organique présente sur le sol [16]. Les feux de végétation accélèrent le ruissellement et l'érosion [17]. Ce qui confirme la déclaration des producteurs selon laquelle les feux de végétation ravagent toutes les matières organiques sur le sol et facilitent ainsi la perte des eaux par le ruissellement des eaux de pluie. Au total, les pratiques agricoles (déforestation, feux de végétation, surexploitation des terres, production des cultures de rente et utilisation d'engrais chimiques) sont responsables à hauteur de 77 % de l'appauvrissement des sols. Mieux, l'agriculture itinérante sur brûlis constitue la cause essentielle des défrichements sur de vastes étendues dans l'Atakora ; car le non-respect des doses d'engrais chimiques ou la non utilisation de fertilisants conduit à un appauvrissement prolongé des terres et l'exploitation prolongée des mêmes terres entraîne une détérioration poussée des sols [18]. Cette forte anthropisation dans le bassin est facteur de dégradation des écosystèmes : fragilisation des terres, érodibilité des sols, pertes de la fertilité des sols suite au ruissellement, dégradation des eaux, ensablement du cours d'eau, eutrophisation [6]. La présence du bétail est incontestablement un facteur de perturbation, à cause des phénomènes de piétinement, de surpâturage et de mutilation des ligneux fourragers qui occasionnent localement des plaques de désertification.

Certaines espèces comme *Khaya senegalensis*, *Pterocarpus erinaceus* et *Azelia africana* qui subissent régulièrement cette coupe répétée de leur frondaison finissent par ne plus fructifier ; ce qui compromet toute possibilité de leur régénération naturelle [19]. Ces constats sont encore d'actualité dans le BSM où les producteurs classent les effets de la pâture en troisième position dans les facteurs de la dégradation des sols. En effet, les campements de troupeaux transhumants sont souvent le siège d'une érosion hydrique qui emporte des tonnes de sols [20]. La pâture, marquée par la transhumance et le nomadisme, mentionnée dans cette étude comme cause de dégradation des sols est confirmée en Tunisie où la transhumance et le nomadisme sont des sources de dégradation des sols [21]. L'effet du surpâturage est dû au fait que le sol s'est tassé sous le piétinement des animaux qui font une pression aux pattes sur le sol [22]. Le surpâturage contribue à la réduction progressive du couvert végétal qui doit protéger le sol contre la battance des pluies. Ce qui témoigne des effets néfastes du surpâturage relatifs à l'état d'encrouement et le colmatage des sols observé dans le BSM. Ces observations confortent des travaux antérieurs qui montrent que l'élévation de l'intensité de pâture s'accompagne de la diminution de la productivité de biomasse, de la surface couverte au sol par les plateaux de tallage et de l'augmentation du nombre de touffes [23, 24]. A l'instar de la croissance démographique et des nombreux facteurs anthropiques (surexploitation des terres, cultures de rente et engrais chimiques), certains facteurs abiotiques non négligeables affectent la fertilité des terres et les rendements agricoles dans le bassin supérieur de Magou selon les producteurs. Il s'agit notamment de la baisse pluviométrique. Les producteurs du Nord-Ouest du Bénin ont signalé l'augmentation de la température et la diminution de la quantité des pluies comme variabilités climatiques majeures [25]. Ces changements climatiques affectent négativement les rendements des cultures [26, 27]. Les mêmes perceptions paysannes ont été signalées par des études similaires effectuées en Zambie [28], au Nigéria [29], et même dans les régions du Sud Bénin [30].

4-3. Adaptabilité des mesures endogènes de gestion de la fertilité du sol

Si les producteurs affirment que la famine, la malnutrition et les maladies nutritionnelles sont des conséquences de l'appauvrissement des sols dans le bassin supérieur de Magou, cela témoigne de l'insécurité alimentaire qui caractérise le milieu. Or la principale cause de l'insécurité alimentaire est la baisse de la fertilité des sols et leur dégradation [31]. La baisse de rendement est liée à la diminution du taux de carbone [9, 32]. La perception que chaque producteur a sur les conséquences de l'appauvrissement des sols varie en fonction du statut social et du niveau d'instruction sans qu'on y trouve des raisons valables. Pour limiter ces effets, les exploitants agricoles du BSM ont recours à plusieurs pratiques à la fois pour gérer la fertilité de leurs terres. Contrairement au centre du Bénin où une faible utilisation d'engrais minéraux (3 %) caractérise les systèmes de culture de type traditionnel [33], dans le bassin supérieur de Magou, l'utilisation d'engrais chimiques (32,35 %) constitue le premier recours des producteurs pour faire face à l'appauvrissement des sols. Cela s'explique par la simplicité de cette stratégie comparativement à d'autres plus contraignantes. La pratique de la jachère (28,61 %), l'augmentation des superficies emblavées (13,90 %) et la rotation des cultures (13,10 %) demandent la disponibilité de grandes superficies agricoles utiles. Les moyens nécessaires à l'augmentation des superficies emblavées ne sont pas à la portée de beaucoup de producteurs. Quant à l'adoption des semences améliorées (12,03 %), elle est plus facile dans un contexte d'agriculture scientifique ; ce qui n'est pas encore le cas dans le milieu d'étude. La pratique de la jachère et les rotations culturales ont pendant longtemps constitué les pratiques de gestion de la fertilité du sol [34]. C'est pour cette raison que ces méthodes ont également cours dans d'autres localités du Nord-Bénin notamment le Borgou où la jachère, la fertilisation organique et minérale et la rotation des cultures constituent les types de pratiques pour faire face à la restauration de la fertilité des terres [35]. La jachère a bien souvent le mérite d'abandonner la terre pendant une période plus ou moins longue durant laquelle la végétation naturelle reconstituera le potentiel organique et minéral du sol. Mais avec les pressions foncières de nos jours, l'application de cette pratique culturale devient extrêmement difficile. C'est pourquoi elle est associée à d'autres palliatifs tels que les rotations culturales et l'adoption de semences améliorées adaptées à chaque terre. Par ailleurs, une utilisation intensive des intrants agricoles amplifie la pollution des eaux et un amenuisement progressif des terres [6]. Au regard de ces constats, on peut comprendre que pour faire face à l'appauvrissement des sols, l'utilisation prioritaire d'engrais chimique n'est pas une panacée.

5. Conclusion

L'étude des perceptions des producteurs sur l'appauvrissement des sols dans le bassin supérieur de Magou a permis d'une part, d'identifier les indicateurs et causes d'appauvrissement des sols et d'autre part, d'apprécier les impacts négatifs de cet appauvrissement de même que les stratégies d'adaptation. Elle a révélé qu'il est difficile d'apprécier l'état de fertilité d'un sol sur la base de la texture et de la couleur dans le BSM. Toutefois, la présence et/ou l'absence de certaines espèces végétales indique(nt) qu'un sol est appauvri. A cet effet, les trois premières causes de l'appauvrissement des sols sont respectivement la déforestation, les feux de végétation et la pâture. Les effets néfastes de ces pratiques s'observent aux plans socio-économique et environnemental. Les stratégies utilisées pour y faire face sont entre autres l'usage d'engrais chimiques puis la jachère. Il urge de prendre en compte ces préoccupations pour une agriculture durable dans ce bassin-versant.

Références

- [1] - M. NAITORMBAIDE, Effets des pratiques paysannes actuelles de gestion de la fertilité sur les caractéristiques physico-chimiques et la productivité des sols de savanes du Tchad : cas de Nguétté I et Gang, Mémoire de DEA, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, (2007) 70p.
- [2] - M. A. AKPO, A. SAÏDOU, I. YABI, I. BALOGOUN et L. B. BIO BIGOU, Indicateurs paysans d'appréciation de la qualité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin, *Étude et gestion des sols*, 23 (2016) 53 - 64
- [3] - A. P. OUOBA, Changements climatiques, dynamique de la végétation et perception paysanne dans le Sahel burkinabè, Thèse de doctorat unique de géographie, Université de Ouagadougou, Ecole doctorale lettres, sciences humaines et communication, Ouagadougou (2013) 305p.
- [4] - D. BAMBARA, A. BILGO, E. HIEN, D. MASSE, A. THIOMBIANO et V. HIEN, Perceptions paysannes des changements climatiques et leurs conséquences socio environnementales à Tougou et Donsin, climats sahélien et sahélo-soudanien du Burkina Faso, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 74 (2013) 8 -16
- [5] - A. SAÏDOU, A. KOSSOU, A. AZONTONDE et D. G. J. HOUGNI, Effet de la nature de la jachère sur la colonisation de la culture subséquente par les champignons endomycorhiziens : cas du système jachère manioc sur sols ferrugineux tropicaux du Bénin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 3 (3) (2009) 587-597
- [6] - E. AMOUSSOU, S. T. VODOUNON, A. HOUGNI, E. W. VISSIN, C. HOUNDENOU, G. MAHE, et M. Boko, Changements environnementaux et vulnérabilité des écosystèmes dans le bassin-versant béninois du fleuve Niger, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(5) (2016) 2183-2201
- [7] - A. K. SRIVASTAVA, T. GAISERA, H. PAETHB and F. EWERTC, The impact of climate change on Yam (*Dioscorea alata*) yield in the savanna zone of West Africa, *Agriculture Ecosystems & Environment*, 153 (2012) 57- 64
- [8] - S. KATE, G. DAGBENONBAKIN, C. E. AGBANGBA, J. F. DE SOUZA, G. KPAGBIN, A. AZONTONDE, E. OGOUWALE, B. TENDE et B. SINSIN, Perceptions locales de la manifestation des changements climatiques et mesures d'adaptation dans la gestion de la fertilité des sols dans la Commune de Banikoara au Nord-Bénin, *Journal of Applied Biosciences*, 82 (2014) 7418-7435
- [9] - H. A. AZONTONDE, A.M. IGUE et G. DAGBENONBAKIN, *La carte de fertilité des sols du Bénin par zone agroécologique du Bénin*, LSSEE/CRA-AGONKANMEY/INRAB, (2016) 138p.
- [10] - Direction des Statistiques Agricoles (DSA), *Rapport sur l'évolution de la production agricole au Bénin*, Cotonou, (2017) 37 feuilles
- [11] - A. NUKPO, *Fondamentaux de Géographie du Bénin*, ÉPA/CÉRADE, Porto-Novo (2016) 69p.
- [12] - P. DAGNELIE, *Théories et Modèles Statistiques, Applications Agricoles*, Tome 2, 21^{ème} Édition, (1998) 464p.
- [13] - H. MERLIER et J. MONTEGUT, Adventices tropicales, *Flore aux stades plantule et adulte de*, 123 (1982)164-167
- [14] - A. M. G. A. WINKLER PRINS, Local soil knowledge insights, applications, and challenges. *Geoderma*, 111(2003)165-170
- [15] - A. ADEGBIDI et E. ADJOVI, *Profil d'inégalité au Bénin*, Cahier de recherche de l'équipe MIMAPBENIN, Université Nationale du Bénin, (1999) 97p.
- [16] - A. SAÏDOU, S. ADJEI-NSIAH, D. KOSSOU, O. SAKYI-DAWSON et T. W. KUYPER, Sécurité foncière et gestion de la fertilité des sols : études de cas au Ghana et au Bénin, *Cahiers Agricultures*, 16(5) (2007) 405 - 412
- [17] - E. ROOSE et M. O. H. A. M. E. D. SABIR, Stratégies traditionnelles de conservation de l'eau et des sols dans le bassin méditerranéen : classification en vue d'un usage renouvelé, *Bulletin Réseau Erosion*, 21 (2002) 33 - 44
- [18] - P. D. KOMBIENOU, O. AROUNA, H. A. AZONTONDE, G. A. MENSAH et A. B. SINSIN, Influences des activités agricoles sur la fertilité des sols de la chaîne de l'Atakora au Nord-Ouest du Bénin, *Rev. Sc. Env. Univ.*, 1 (2014) 381- 404
- [19] - M. HOUINATO et B. SINSIN, La pression agropastorale sur la zone riveraine de la Réserve de Biosphère de la Pendjari. *Tropicultura*, 18 (3) (2000) 112 - 117

- [20] - B. SINSIN, La transhumance dans les aires protégées d'Afrique de l'Ouest, *Revue d'information, PACIPE*, 5 (1997) 4 -14
- [21] - E. ROOSE, Banquettes mécaniques et techniques traditionnelles de GCES pour la zone méditerranéenne semi-aride de Tunisie. Techniques traditionnelles de GCES en milieu méditerranéen, *Bulletin Réseau Erosion (FRA)*, (2002)130-154
- [22] - J. EGAH, M. N. BACO, R. S. LOKOSSOU, F. T. MOUTOUAMA, P. B. I AKPONIKPE, D. FATONDI, A. J. DJENONTIN, C. R. TOSSOU et N. SOKPON, Incidence économique des techniques exogènes de conservation de l'eau et des sols au Bénin, *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 75 (1) (2014)1840 -7099
- [23] - A. G. ZOFFOUN, S. SALIFOU, M. HOUINATO, and A. B. SINSIN, Interactions Ticks, Hosts and Pastures: Case of the Girolando Dairy Cattle and the Artificial Pastures of *Panicum maximum* and *Panicum maximum* var. C1, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 5 (4) (2011) 433- 442
- [24] - A. G. ZOFFOUN, A. B. ABOH, S. ADJOLOHOUN, M. HOUINATO et B. SINSIN, Effet de l'âge et de l'intensité de pâture sur le développement des touffes et la production de biomasse de *Panicum maximum* var. C1 dans les pâturages artificiels en zone soudanienne et subéquatoriale, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 7 (3) (2013) 1168-1179
- [25] - Y. L. LOKO, A. DANSI, A. P. AGRE, N. AKPA, I. DOSSOU-AMINON, P. ASSOGBA et A. SANNI, Perceptions paysannes et impacts des changements climatiques sur la production et la diversité variétale de l'igname dans la zone aride du Nord-Ouest du Bénin, *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(2) (2013) 672- 695
- [26] - E. G. LUKA and H. YAHAYA, Sources of awareness and perception of the effects of climate change among sesame producers in the southern agricultural zone of Nasarawa State, Nigeria, *Journal of Agricultural Extension*, 16 (2) (2012)134-143
- [27] - G. B. ADESIJI, B.M. MATANMI, M.P. ONIKOYI and M.A. SAKA, Farmers' perception of climate change in Kwara State, Nigeria, *World Rural Observations*, 4 (2) (2012) 46 - 54
- [28] - H. NYANGA, F. H. JOHNSEN, J. B. AUNE, Small holder farmers' perceptions of climate change and conservation agriculture: evidence from Zambia, *Journal of Sustainable Development*, 4 (4) (2011) 73 - 85
- [29] - F. O. UGWOKÉ, F.N. NNADI, C.F. ANAETO, O.O. AJA, R.N. NWAKWASI, Crop Farmers' Perception of and Adaptation to Climate Change in Orlu Agricultural Zone of Imo State, Nigeria, *Journal of Agricultural Extension*, 16(2) (2012) 212-224
- [30] - I. YABI and F. AFOUDA, Extreme rainfall years in Benin (West Africa), *Quaternary International*, 262(7) (2012) 39 - 43
- [31] - R. OROU SEKO, Contribution à la restauration des sols agricoles dans la Commune de Banikoara. Diplôme d'Etude Approfondie, Faculté des Lettres, Arts et Sciences Humaines, Université d'Abomey - Calavi, Bénin, (2013) 92p.
- [32] - P.D. KOMBIENOU, O. AROUNA, A. H. AZONTONDÉ, G. A. MENSAH et B. A. SINSIN, Caractérisation du niveau de fertilité des sols de la chaîne de l'Atakora au Nord-Ouest du Bénin, *Journal of Animal & Plant Sciences*, 25 (2) (2015) 3836 - 3856
- [33] - J. F. De SOUZA, Production du karité (*Vitellaria paradoxa* Gaertn, C. F.) : analyse de la perception des paysans face aux effets des changements climatiques dans le parc de Savè, Mémoire de Licence Professionnelle, UCAO, (2009) 45p.
- [34] - H. R YEMADJE, T. CRANE, R. MONGBO, A. SAÏDOU, A. AZONTONDE, D. KOSSOU et W. T. KUYPER, Revisiting land reform landrights, access and soil fertility management on the Adja plateau in Benin, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 12 (3) (2014) 355-369
- [35] - J. A. DJËNONTIN, B. WENNINK, G. DAGBËNONGBAKIN et G. OUIKOUN, Pratiques de gestion de fertilité dans les exploitations agricoles du Nord-Bénin. Actes du colloque, 27-31 mai, Garoua, Cameroun (2002)