

Connaissances écologiques locales sur les indicateurs de dégradation des sols utilisées par les paysans dans la zone guinéenne du Togo (Afrique de l'ouest)

AGBODAN Kodjovi Mawuégnigan Léonard^{1*}, AKPAVI Sêmihinv¹, AMEGNAGLO Kossi Béssan¹, AKODEWOU Amah^{1,2}, DIWEDIGA Badabaté^{1,3}, KODA Donko Koudzo^{1,4}, AGBODAN Kokou Agbékonyi⁵, BATAWILA Komlan¹, AKPAGANA Koffi¹

Résumé

Depuis des décennies, les populations paysannes se sont toujours servies des végétaux ou animaux comme repères dans la gestion de l'espace. La présente étude s'est déroulée dans la zone guinéenne du Togo et a pour objectif principal de valoriser les savoirs locaux sur les indicateurs de dégradation ou de fertilité de sols. Ce but est atteint grâce à des interviews semi-directs, *focus group* et par des observations réalisées dans les champs des paysans. Il ressort des 689 enquêtés que, 11 indicateurs biophysiques sont utilisés pour juger les sols. Les critères physiques comprennent essentiellement la couleur et la texture du sol. Les critères biologiques rassemblent la performance des mauvaises herbes et la présence des herbacées caractéristiques comme *Chromolaena odorata*, *Panicum maximum* et *Mucuna poggei* pour les sols fertiles et *Imperata cylindrica*, *Tridax procumbens*, *Gomphrena celosioides* pour les sols dégradés. Au total, 71 plantes bioindicatrices, essentiellement herbacées ont été recensés. Les analyses physicochimiques des échantillons de sol faites sur les parcelles dominées par ces espèces bioindicatrices montrent un taux supérieur en éléments nutritifs majeurs, et en matières organiques sur les sols fertiles par rapport aux sols pauvres. Ces indicateurs biophysiques constituent ainsi un bon repère montrant aux paysans le niveau de dégradation des sols, pour une mise en jachère, ou de fertilité de sols, pour la mise en culture sans apport d'engrais, ni amendement organique.

Mots clés : bioindicateurs, savoirs locaux, fertilité, Togo

Abstract

Abstract

For decades, farmers have always used plants or animals as landmarks in their agricultural plots management. This study was conducted in the Guinean zone of Togo and its main objective is to develop local knowledge on soil degradation or fertility indicators. This goal is achieved through semi-direct interviews and observations made in farmers' fields. According to the 689 respondents, 11 biophysical indicators allow to discriminate their soils. Physical criteria include color and soil texture. Biological criteria include weed performance and the presence of some characteristic herbaceous plants such as *Chromolaena odorata*, *Panicum maximum* and *Mucuna poggei* for fertile soils and *Imperata cylindrica*, *Tridax procumbens* and *Gomphrena celosioides* for degraded soils. Overall, 71 bioindicator plants, mostly herbaceous, were identified. Physicochemical analyzes of soil samples made on plots dominated by these bioindicator species show a higher rate of major nutrients, and organic matter on fertile soils compared to poor soils. These biophysical indicators constitute good driver to show farmers the level of soil degradation for fallowing or soil fertility for cultivation without fertilizer or organic amendment.

Keywords: bioindicators, local knowledge, fertility, Togo

1- Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale (LBEV), Université de Lomé, 01 BP 1515, Lomé 01 Togo.

2- AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 75732 Paris, France.

3- United Nations Environment Programme - International Ecosystem Management Partnership, Chinese Academy of Science, Beijing 100101, China

4- WASCAL, Changement climatiques et Biodiversité, Université de

Felix Houphouët-Boigny, BP 165, Abidjan 31, Côte d'Ivoire

5- Laboratoire de Génie des Procédés et Ressources Naturelles (LAGEPREN), Département de Chimie, Université de Lomé, 01 BP 1515 Lomé 01, Lomé, Togo

* Email : agbodana@gmail.com ; BP:503 ; Téléphone ; (+228) 92536518 / 98423510

Introduction

La dégradation des sols est un problème écologique mondial affectant les terres arables du monde (Karlen *et al.*, 2003 ; IPBES, 2018). Elle est en forte progression en Afrique subsaharienne (FAO, 2015) et constitue une menace importante pour le secteur agricole (Bruinsma, 2017 ; Altieri, 2018). Face à ce phénomène, la connaissance de l'état de dégradation des sols devient une priorité (Nezomba *et al.*, 2017). Il urge alors de trouver des méthodes d'évaluation techniquement,

socialement, économiquement justifiées et respectueuses de l'environnement.

Plusieurs méthodes ont été mises au points pour évaluer l'état de dégradation des sols dans le monde (Valentin, 2018). Les approches basées sur les conclusions des experts (Global Assessment of human induced Soil Degradation) (Oldeman *et al.*, 1991), celles sur la télédétection spatiale (Brabant *et al.*, 1996 ; Bai *et al.*, 2008 ; Baghdadi *et al.*, 2018), celles sur la modélisation (Jin *et al.*, 2017), et celles basées sur les analyses

physicochimique et biologique du sol (Bedano *et al.*, 2011 ; Juhos *et al.*, 2016) ont donné un aperçu général de l'ampleur de ce phénomène au niveau régional, voir mondial (Valentin, 2018). Ces différentes approches présentent des limites, car elles sont coûteuses et prennent en compte, des échelles trop grandes pour connaître les caractéristiques intrinsèques des sols au niveau paysan (local) (Nezomba *et al.*, 2017).

Indépendamment de ces méthodes dispendieuses, les paysans utilisent des savoirs locaux (approche empirique) basés sur des indicateurs ou bioindicateurs leur permettant d'évaluer l'état de dégradation des sols (Hill & Ramsay, 1977 ; Barrios & Trejo, 2003 ; Lima *et al.*, 2011). Selon Loireau (1998), un indicateur est un paramètre qui fournit des informations sur un phénomène qui affecte un système ou sur l'état des composants du système. Cette approche a le mérite d'être rapide, pratique, acceptée par la société, réalisable à moindre coût et fondée sur l'expérience (Desbiez *et al.*, 2004). Elle est une science : l'ethnopédologie (Barrera-Bassols & Zinck., 2003) et constitue un sujet d'actualité dans le monde (Akpovi *et al.*, 2016 ; Ball *et al.*, 2016 ; Pulido *et al.*, 2017 ; Ibrahima *et al.*, 2017 ; Brinkmann *et al.*, 2018 ; Kome *et al.*, 2018 ; Rabot *et al.*, 2018 ; *ect.*). Au Togo, les recherches dans le domaine de l'ethnopédologie restent peu investiguées et encore parcellaires.

Cette étude se propose ainsi de contribuer à la valorisation des savoirs locaux sur les indicateurs de dégradation ou de fertilité de sols dans la zone guinéenne du Togo. Il s'agira (i) d'inventorier les bioindicateurs physique et biologique de l'état de dégradation des sols, (ii) d'analyser les corrélations entre les indicateurs biophysiques suivant les différents groupes ethnoculturels et (iii) de vérifier les perceptions locales grâce aux analyses physicochimiques du sol.

Description de la zone d'étude

Le travail a été effectué dans la zone guinéenne du Togo (pays de l'Afrique de l'ouest), qui s'étend depuis la côte jusqu'au 8^{ème} latitude Nord (Figure 1). Elle est couverte par trois zones écologiques (zone écologique III, IV et V) selon Ern, (1979). La zone écologique III représente le sanctuaire d'une agriculture fondée essentiellement sur le maïs, l'igname et le cotonnier. La zone écologique IV est surtout marquée par des forêts semi-décidues (Akpaviana, 1989) avec comme cultures de rente le caféier, le cacaoyer et des cultures vivrières comme le manioc et le taro. La zone écologique V est une mosaïque de cultures (cocotier, palmier à huile, maïs, manioc, piment), de jachères et de fourrés (Akpavi *et al.*, 2013). La zone d'étude est influencée par un climat tropical à deux saisons pluvieuses (850-1600 mm/an) et deux saisons sèches dans les zones écologiques III et V, ensuite drainée par un réseau hydrographique (temporaire ou permanent) constitué du fleuve Mono, des rivières Haho, Zio et leurs affluents. Quant à la zone écologique IV, elle jouit d'un climat du type soudano-guinéen à régime unimodal à une saison pluvieuse et une saison sèche. Les sols qui se développent dans la zone d'étude sont diversifiés tant par leurs caractéristiques physicochimiques que par leur possibilité d'utilisation en agriculture. Il s'agit des sols peu évolués ; ferrugineux tropicaux ; ferralitiques et hydromorphes (Faure

& Pennanaech, 1981). La zone regroupe six indices (0 à 5) de dégradation du sol (Brabant *et al.*, 1996) et contient plusieurs groupes ethnoculturels inégalement répartis (Gayibor, 1987). L'agriculture est en forte expansion et demeure la principale activité génératrice de revenus.

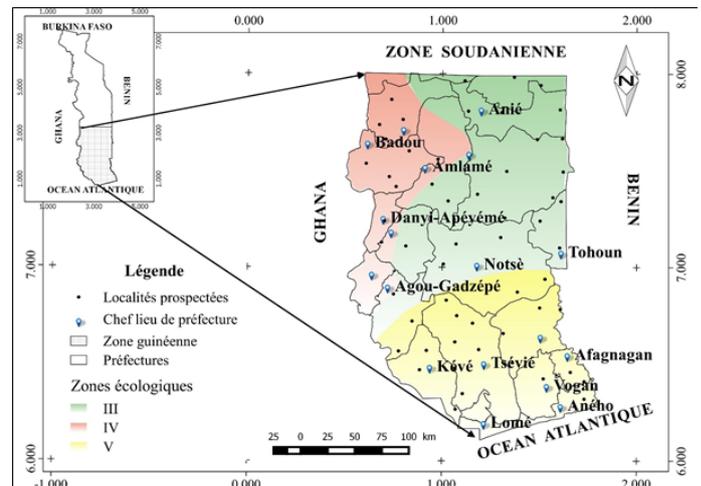


Figure 1 : Sites d'enquêtes et localisation de la zone d'étude

Matériel et méthode

Les localités investiguées ont été choisies sur la base d'un échantillonnage stratifié (Akpavi, 2009). Les zones écologiques (Ern, 1979), le niveau de dégradation des sols (Brabant, 1996) et l'ethnie (Gayibor, 1987) constituent les différents niveaux retenus. Une enquête exploratoire a été réalisée d'une part afin d'évaluer l'appréhension du questionnaire pour une amélioration des différentes rubriques et d'autre part, pour déterminer la taille de l'échantillon à investiguer. La taille de l'échantillon des enquêtés a été déterminée en intégrant les données de l'enquête exploratoire dans la formule de Dagnelie (1998).

$$N = \frac{U_{1-\alpha/2}^2 \times p(1-p)}{d^2}$$

Dans cette formule, N est la taille de l'échantillon à déterminer, « p » est la proportion d'enquêtés ayant des connaissances sur les indicateurs biophysiques de dégradation du sol, $U_{1-\alpha/2}^2$ est la valeur de la loi normale à la valeur de probabilité $1-\alpha/2$ avec $\alpha = 5\%$, « d » est la marge d'erreur de l'estimation fixée à une valeur de 5% (Wédjangnon *et al.*, 2016). Au total, 689 enquêtés (Tableau 1) issus de 65 localités et 14 ethnies ont été prospectés entre septembre 2017 et mars 2018. Les ethnies Ewé, Adja et Kabyè ont été plus investiguées à cause de leurs fortes répartitions géographiques dans la zone d'étude (Gayibor, 1987). Les données ont été collectées *via* des enquêtes semi-structurées individuelles et par *focus group* (Twumasi, 2001 ; Akpavi *et al.*, 2013).

Les coordonnées géographiques des sites prospectés ont été enregistrés par un GPS (Global Positioning System). Dans un premier temps, les informations recherchées ont été axées sur les indicateurs biologiques (faune, flore) reflétant les caractéristiques intrinsèques du sol (état de dégradation ou fertilité, milieu inondable, dépression, battance, *etc.*) (Somé *et al.*, 1999 ; Mamoudou *et al.*, 2015 ; George *et al.*, 2017 ; Kissou *et al.*, 2018 ; Segat *et al.*, 2018). Dans un second temps, des informations ont été collectées sur les indicateurs physiques permettant de diagnostiquer leur parcelle (couleur, texture, capacité de rétention de l'eau, performance des

plantes, dureté du travail au champ, situation topographique, etc.) (Vinhai-Freitas *et al.*, 2017 ; Rabot *et al.*, 2018).

Tableau 1 : Points sur la prospection

Ethnie	Zone écologique			Pourcentage
	III	IV	V	
Ewé	11	17	181	30.33%
Adja	68	-	46	16.55%
Kabyè	50	15	13	11.32%
Ouatchi	-	-	52	7.55%
Akposso	9	40	-	7.11%
Akébou	-	36	-	5.22%
Ana-Ifè	36	-	-	5.22%
Lamba	25	-	-	3.63%
Yaka	20	-	-	2.90%
Kotokoli	-	19	-	2.76%
Danyi	-	18	-	2.61%
Moba	14	-	-	2.03%
Agouna	11	-	-	1.60%
Guin	-	-	8	1.16%
Total	244	145	300	100.00%

Des échantillons de sol (six fertile et six dégradé) ont été prélevés sur des parcelles dominées par les espèces bioindicatrices exclusives (citées par tous les paysans). Sur chaque parcelle indiquée, une aire minimale de 30m×40m a été délimitée, et un échantillon composite a été prélevé à une profondeur de 0 à 15 cm pour les analyses physicochimiques (Dawoe *et al.*, 2012 ; Liu *et al.*, 2016). Le pH du sol a été déterminé par la méthode électrométrique et la conductivité par conductimétrie. La porosité du sol a été calculée à partir de la densité apparente du sol, en supposant que la densité du sol soit égale à 2,65 g.cm⁻³ (Anderson & Ingram, 1993). Le taux de matières organiques est déterminé par la méthode de perte de feu tandis que l'azote total, le potassium disponible et phosphore assimilable (l'orthophosphate) ont été déterminés par la méthode spectrophotométrique à flamme (Bado *et al.*, 1997).

Analyse des données

Les données collectées ont été saisies et réorganisées dans un tableur Excel 2016 pour les différentes analyses. La nomenclature botanique utilisée pour l'identification des plantes bioindicatrices est celle de Brunel *et al.*, (1984). Les types biologiques considérés dans cette étude sont : arbres, arbustes (regroupés en ligneux) et les herbacées. Le traitement des données a consisté en une analyse descriptive par histogramme et en une analyse multivariée. Un diagramme de Pareto a été effectué afin de déterminer l'importance des variables microfauniques utilisées par les paysans. Une Analyse Factorielle de correspondance (AFC) a été réalisée pour identifier les plantes bioindicatrices de la dégradation des sols suivant les zones écologiques. Un corrélogramme est réalisé pour analyser les degrés de corrélation entre les indicateurs biophysiques et les ethnies prospectées. Une ANOVA (test de Duncan) à un seuil de signification de 5 % a été réalisé afin de comparer les moyennes des paramètres du sol. Le logiciel R (R project) a servi à la réalisation des différents

graphiques (Kassambara & Mundt, 2016).

Résultats

Indicateurs biophysiques de l'état de dégradation des sols

Au total 11 indicateurs biophysiques sont utilisés par les paysans dans la gestion de leurs espaces agricoles (figure 2).

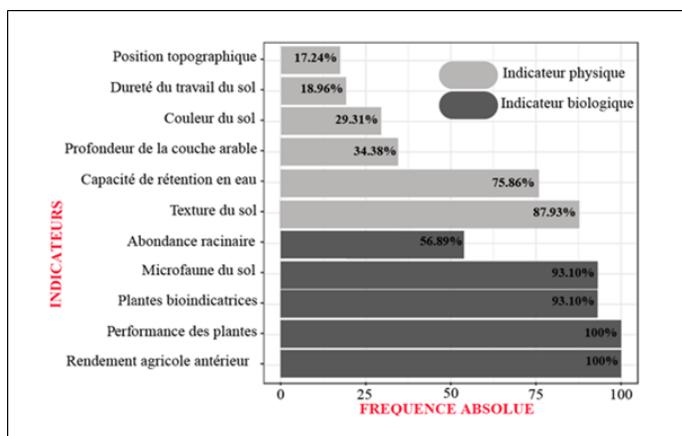


Figure 2 : Fréquence des indicateurs biophysiques de l'état de dégradation des sols

Indépendamment des ethnies enquêtées, les critères exclusifs tels que le rendement de la culture précédente et la performance des plantes (surtout la strate herbacée) sont les plus utilisés. Les critères physiques (texture du sol et la capacité de rétention en eau) et biologiques (plantes bioindicatrices, microfaune et l'abondance racinaire) sont utilisés par la majorité des ethnies enquêtées (Figure 3). La situation topographique, la couleur et la dureté du travail du sol constituent des critères non généralisés (mineurs).

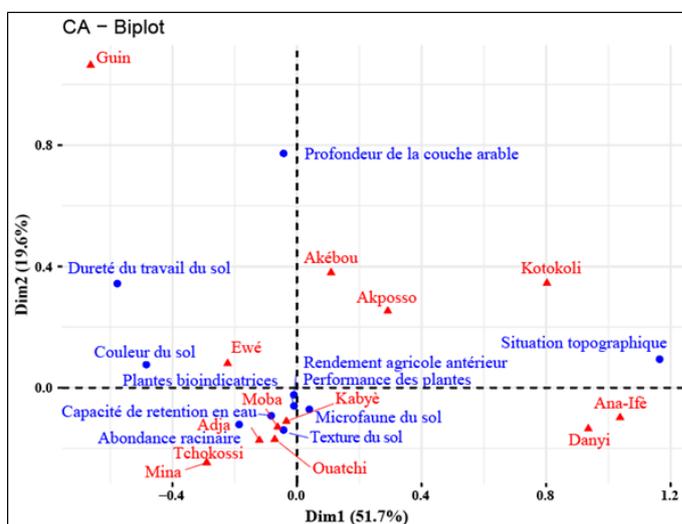


Figure 3 : AFC entre les groupes ethnoculturels et les indicateurs utilisés dans l'évaluation du sol

Plusieurs variables existent au sein des différents indicateurs. Ainsi, un sol fertile est caractérisé par une texture argileuse (92.34% des enquêtés) ayant une coloration noire (84.07%) ou rouge (18.91%). La diversité végétale relatives qui s'y développent sont de haute taille (84.48%) avec une biomasse aérienne importante (53.44%), verdoyante (98.27%), à croissance rapide (34.48%) suivi d'un envahissement homogène (13.80%) de la parcelle. Le niveau de dureté du travail lors du défrichage est faible (78.30%) et l'espace

est caractérisée par une couche relativement épaisse d'humus (63.00%, surtout dans la zone écologique IV). Les mauvaises herbes présentes possèdent généralement un type d'enracinement abondant (82.00% des enquêtes).

Quant aux sols pauvres, la texture est sablonneuse (94.23% des enquêtes). Les sols ont une couleur soit rouge (69.56%), grise (26.08%) ou blanche (13.07%). Les espèces végétales qui s'y développent sont rabougries (91.38%), avec peu de verdure (20.68%) ayant une forte décoloration foliaire (94.82%) [violette (43.11%), jaune (25.86%), rouge (24.13%) ou blanche (1.72%)]. Ces plantes ont une croissance difficile (34.48%) et se retrouvent en touffes, éparpillées (13.80%) dans la parcelle. Le niveau de dureté du travail lors du défrichage est élevé (45.11%). Les mauvaises herbes présentes possèdent généralement un type d'enracinement faible et fines (82.00% des enquêtes).

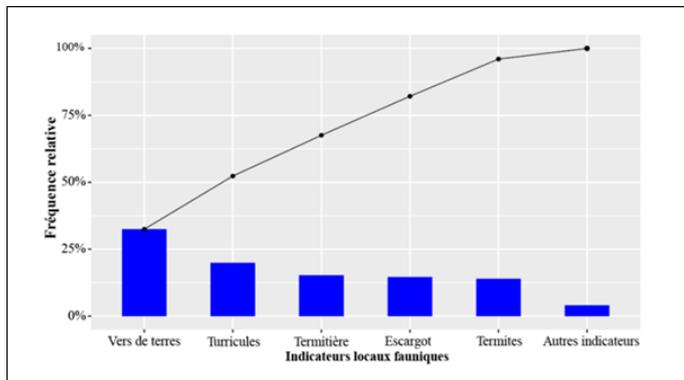


Figure 4 : Fréquences des indicateurs microfauniques utilisés par les paysans dans la gestion des parcelles agricoles

Indicateurs microfauniques de la dégradation des sols

Pour discriminer les sols, les paysans se basent aussi sur la composition microfaunique de la parcelle à cultiver. La présence des vers de terres, des turricules, des termitières et des termites sont des indicateurs biophysiques observés par les paysans sur un sol fertile tandis que leur absence indique un sol pauvre. La présence abondante des escargots indique une fertilité et une humidité importante du sol, proche de celle des terres forestières. Les fourmis du genre *Dorylus* (fourmi magnant) et *Formica* (fourmi à tête noire des champs) sont abondantes sur les sols dégradés et constituent un indicateur paysan de la fertilité initiale du sol. Le diagramme de Pareto ci-dessous (Figure 4) montre l'importance de chaque variable microfaunique utilisée par les paysans. Les barres correspondent aux fréquences relatives tandis que la courbe représente la fréquence cumulative des variables microfauniques.

Diversité des plantes bioindicateurs utilisés par les paysans dans l'évaluation de dégradation du sol

Au total, une diversité de 71 espèces végétales (herbacées et ligneuses) réparties en 63 genres et 23 familles a été recensée lors des enquêtes. Les familles les plus représentées (Figure 5) sont : Poaceae (33.44%), Asteraceae (27.86%) et les Commelinaceae (9.50%) représentées respectivement par 23 ; 19 et 6 espèces végétales. Les familles comme les Capparaceae ; Apocynaceae ; Bombacaceae ; Ceratophyllaceae ; Combretaceae ;

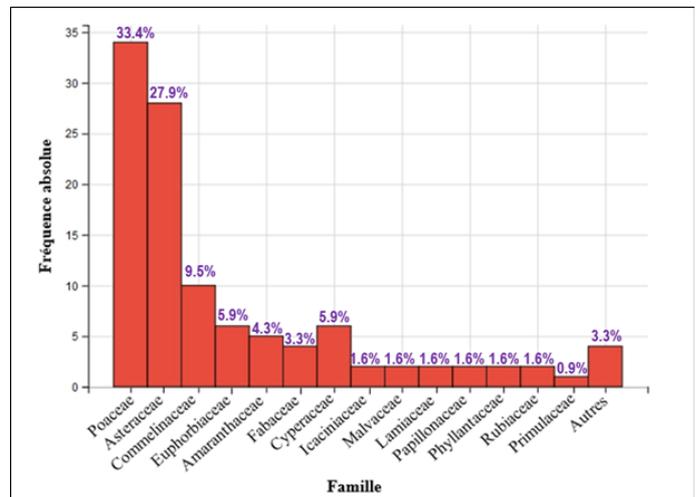


Figure 5 : Fréquences de familles des plantes bioindicateurs recensées

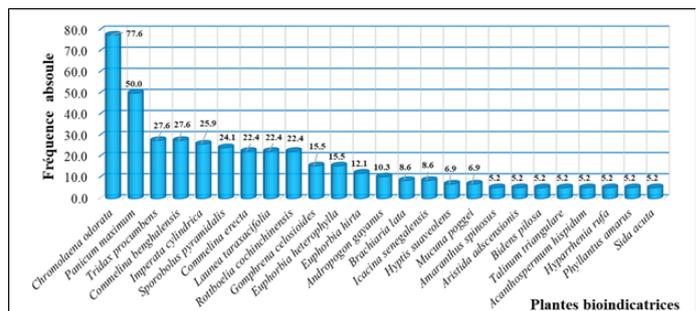


Figure 6 : Fréquence absolue de 25 plantes bioindicateurs recensées

Connaraceae ; Meliaceae ; Scrophulariaceae et Verbenaceae sont représentées par deux voire une espèces végétales.

La figure 6 illustre la fréquence relative des 25 plantes bioindicateurs les plus communes. L'analyse montre une prédominance d'un faible nombre d'espèces plus fréquentes et celle d'un grand nombre de faible à moyenne fréquence. Les espèces indicatrices à fréquence relativement élevée sont celles qui sont citées par la quasi-totalité des groupes ethnoculturels enquêtés. Elles sont représentées par *Chromolaena odorata* (77.58%), *Panicum maximum* (50.00%), *Tridax procumbens* (27.58%), *Commelina bengalensis* (27.58%), *Imperata cylindrica* (25.86%), etc.

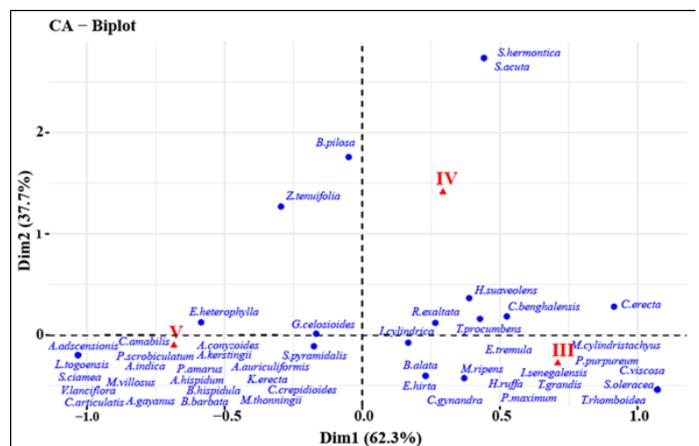


Figure 7 : AFC entre les plantes bioindicateurs des sols dégradés et les zones écologiques

Diversité des plantes bioindicatrices de l'état des sols suivant les zones écologiques

Le plan de l'Analyse Factoriel de Correspondance (AFC) fait ressortir les plantes bioindicatrices de dégradation des sols suivant les zones écologiques (figure 7 et 8). L'analyse de l'AFC 1 (Figure 7) montre que les espèces végétales telle que *I. cylindrica*, *Gomphrena celosioides* et *Sporobolus pyramidalis* indiquent les sols dégradés indépendamment des trois zones écologiques. Outre ces variables, l'envahissement de *Melenis repens* et *Spilanthes costata* indique un sol pauvre dans la zone écologique III. La présence de *Bidens pilosa*, *Striga hermontica* et *Sida acuta* caractérise un sol dégradé dans la zone écologique IV. Quant à la zone écologique V, un sol pauvre est caractérisé par *Euphorbia heterophylla* et *Loudetia togoensis*. Les parcelles dégradées dues au phénomène de battance sont caractérisées essentiellement par *Brachiaria alata*, *P. maximum* et *S. pyramidalis*.

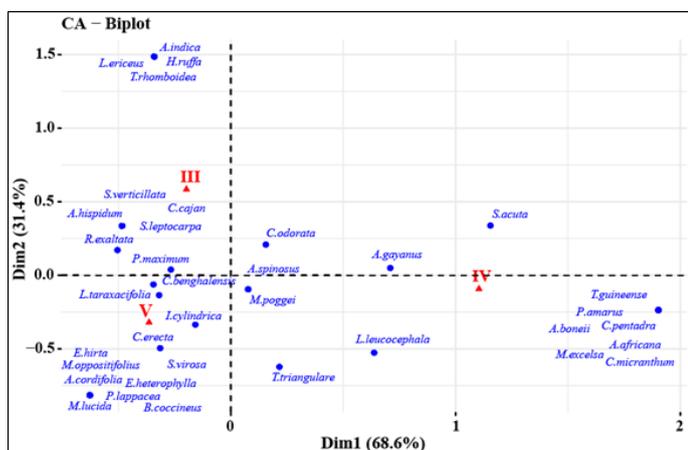


Figure 8 : AFC entre les plantes bioindicatrices des sols fertiles et les zones écologiques

L'analyse de AFC 2 (Figure 8) sur la base de la diversité des plantes dans les différentes zones écologiques laisse paraître que les plantes bioindicatrices de fertilité, comme *Chromolaena odorata*, *P. maximum* et *Mucuna poggei* constituent des espèces végétales indicatrices exclusives de fertilité du sol. L'espèce *Amaranthus spinosus* (variable exclusive) indique les sols riches en éléments azotés (dépotoirs). La recolonisation et la bonne performance de *Cajanus cajan* et *Rottboellia cochinchinensis* indiquent un sol riche en matière organique. Les espèces telle que *Leucaena leucocephala*, *Antiaris africana* et *Ceiba pentandra* caractérisent un sol riche en humus dans la zone écologique IV. Quant à la zone écologique V, l'apparition de *Commelina erecta*, *Commelina benghalensis* et *Launea taraxacifolia* indique un retour de jachère du sol (sol fertile).

La notion de fertilité est relative à chaque paysan. Ainsi, certaines espèces végétales servent à la fois d'indicateurs de fertilité et de dégradation des sols. Il s'agit de *R. cochinchinensis*, *C. benghalensis*, *C. erecta* qui sont cités par les paysans dans certaines localités comme indicateurs de fertilité et dans d'autres localités comme dégradation du sol.

Types biologiques des plantes bioindicatrices suivant les zones écologiques

Indépendamment des zones écologiques, les espèces de la strate herbacée sont les types biologiques les plus utilisés

(74.05%) pour la discrimination des parcelles agricoles (Figure 9). La faible diversité spécifique des herbacées indicatrices de dégradation ou de fertilité des sols dans la zone écologique IV est due l'application des bonnes pratiques culturales à l'instar des rotations culturales après deux à trois saisons culturales. Cette pratique entraîne une faible appréhension de la dégradation des sols dans les différents groupes ethnoculturels de la zone écologique IV. La forte richesse spécifique des herbacées bioindicatrices dans les

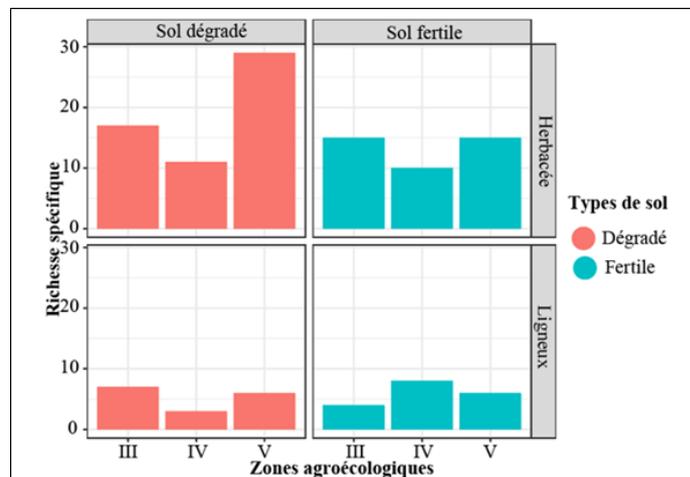


Figure 9 : Histogrammes comparatif des types biologiques suivant les zones écologiques

zones écologiques III et V démontre que le phénomène de dégradation des sols est très accentué dans ces localités. Le manque de terre (67.14%), l'usage des herbicides et engrais (91.98%), la battance des sols due aux parcours des animaux (68.17%) et l'abandon de la jachère (40.36%) constituent les principales causes d'un épuisement significatif des parcelles agricoles et d'un envahissement des mauvaises herbes dans les zones écologiques III et V. Les mauvaises herbes renseignent du processus de restauration des sols. L'apparition des espèces ligneuses constitue un signal de fin de jachère et une possibilité de remise en culture des parcelles mises en défends. Du point de vu richesse spécifique, très peu de ligneux (25.93%) sont utilisés pour caractériser les types de sols (fertile ou dégradé) avec une légère prédominance dans la zone écologique IV.

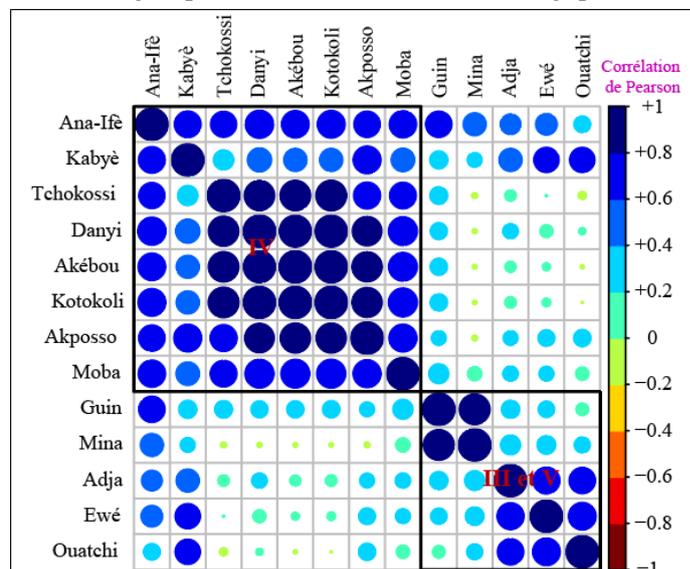


Figure 10 : Analyse de corrélation entre les groupes ethnoculturels et les indicateurs de dégradation

Corrélation entre groupes ethnoculturels et indicateurs biophysiques de dégradation

La figure 10 représente les corrélations issues du croisement de toutes les variables des 11 indicateurs biophysiques et les différentes ethnies prospectées. L'analyse du corrélogramme permet de regrouper toutes les ethnies en deux classes. La première classe regroupe les ethnies Kabyè, Tchokossi, Danyi, Akébou, Akposso, Kotokoli et Moba. En effet, ces différentes ethnies ont été rencontrées dans la zone méridionale des monts Togo (Zone écologique IV). Elles utilisent plus les ligneux que les herbacées, la couleur et la texture du sol dans le choix des itinéraires techniques à appliquer aux parcelles cultivables. La seconde classe regroupe les ethnies Guin, Mina, Adja, Ewé et Ouatchi qui caractérisent essentiellement la zone des plaines du centre (zone écologique III) et la zone côtière du sud (zone écologique V). Les variables telle que les herbacées, la texture et la capacité de rétention en eau du sol, le rendement de la culture précédente puis la performance des plantes qui se développent sur ces sols caractérisent ce groupe. Le choix des indicateurs dépend donc fortement des zones écologiques. L'ethnie Kabyè corrèle remarquablement avec toute les autres ethnies à cause de sa répartition ubiquiste dans la zone d'étude.

Corrélation entre les perceptions locales et analyses physicochimiques des échantillons de sols discriminés par les paysans

Les résultats de l'analyse physicochimique des échantillons de sols sont présentés dans le tableau 2. De façon générale, toutes les parcelles jugées fertiles renferment un taux de phosphore assimilable et de matières organiques élevés (double voire triple) en comparaison aux parcelles pauvres. Le fort taux

du sol. Les parcelles fertiles présentent une porosité élevée et variable sous les espèces par rapport à celles dégradées dont la porosité reste faible et invariable. Quant aux sols pauvres, ils sont caractérisés par une conductivité élevée (Tableau 2). Elle indique le degré de salinité du sol. Elle est de l'ordre de 90.75 ± 2.19 ppm sous *I. cylindrica* et de 50.25 ± 6.72 ppm sous *G. celosioides*. Elle demeure cependant faible sous *M. poggei* (28.65 ± 9.68 ppm) et *C. odorata* (36.85 ± 0.78 ppm). Ces différents paramètres analysés confirment les perceptions locales sur les indicateurs de fertilité initiale du sol.

Discussion

Des indicateurs biophysiques permettent aux paysans de faire un diagnostic rapide de leurs parcelles agricoles avant la définition de tout itinéraire cultural. Parmi ces indicateurs, certains sont exclusifs (général) et d'autre inclusifs (cités par quelques paysans). Les plantes ayant beaucoup de verdure, de haute taille constituent des critères exclusifs et sont caractéristiques des parcelles fertiles. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés au Cameroun par M'biandoun & Bassala. (2007) et par Ibrahimia *et al.* (2017).

En effet, la performance des plantes n'est que le reflet de la disponibilité en éléments nutritifs libres dans le sol (Ducfer, 2005 ; 2013). Ainsi, la décoloration foliaire (jaune, rouge, violette) observée par les paysans signale les carences en éléments nutritifs majeurs des parcelles agricoles (Castillon, 2006). Les analyses de sol démontrent que, les parcelles jugées fertiles, renferment un taux relativement supérieur en éléments nutritifs majeurs (N, P et K) et en matières organiques par rapport aux sols dégradés. Ces résultats sont similaires à ceux trouvés par Dawoe *et al.* (2012) au Ghana et Nezomba *et al.* (2017) au Zimbabwe.

Tableau 2 : Analyse physicochimiques des échantillons de sol des parcelles discriminées par les paysans (moyenne \pm écart type).

Paramètres (0 - 15 cm)	Parcelle dégradée (n=6)			Parcelle fertile (n=6)			F pr
	<i>I.cylindrica</i>	<i>G.celosioides</i>	<i>T.procumbens</i>	<i>C.odorata</i>	<i>M.poggei</i>	<i>P.maximum</i>	
Physiques							
☼ Humidité du sol (%)	42.00 ^b \pm 0.00	42.00 ^b \pm 0.00	25.00 ^a \pm 7.07	32.5 ^{ab} \pm 3.54	22.5 ^a \pm 3.54	31.5 ^{ab} \pm 4.95	0.016 *
☼ Conductivité (μ S.cm ⁻¹)	90.75 ^d \pm 2.19	50.25 ^c \pm 6.72	35.9 ^{ab} \pm 0.57	36.85 ^{ab} \pm 0.78	28.65 ^a \pm 9.68	46.9 ^c \pm 5.66	0.001*
☼ Densité apparente (g.cm ⁻³)	1.38 ^a \pm 0.07	1.39 ^a \pm 0.05	1.37 ^a \pm 0.20	1.31 ^a \pm 0.03	0.93 ^b \pm 0.07	1.35 ^a \pm 0.16	0.1
☼ Porosité du sol (%)	47.98 ^a \pm 2.66	47.45 ^a \pm 2.09	48.48 ^a \pm 7.67	50.62 ^a \pm 1.33	64.15 ^b \pm 2.86	49.10 ^a \pm 6.16	0.1
Chimiques							
☼ pH	7.58 ^b \pm 0.66	7.55 ^{ab} \pm 0.01	6.70 ^a \pm 0.16	7.01 ^{ab} \pm 0.09	6.90 ^{ab} \pm 0.26	7.19 ^{ab} \pm 0.23	0.167
☼ Azote total (ppm)	nd	nd	0.025 \pm 0.00	nd	0.02 \pm 0.00	nd	0.5
☼ Potassium disponible (ppm)	nd	nd	0.37 \pm 0.13	nd	1.3 \pm 1.28	nd	0.192
☼ Phosphore assimilable (ppm)	0.92 ^{ab} \pm 0.34	0.85 ^a \pm 0.08	0.55 ^a \pm 0.16	1.80 ^c \pm 0.03	2.33 ^d \pm 0.18	1.35 ^{bc} \pm 0.04	0.001*
☼ Matière organique (ppm)	1.03 ^{ab} \pm 0.05	0.53 ^a \pm 0.01	0.99 ^{ab} \pm 0.35	1.84 ^b \pm 0.07	1.64 ^b \pm 0.24	1.87 ^b \pm 0.09	0.016 *

(nd) : les sols concernés sont très argileux. Dans nos conditions d'expérience, les résultats ne sont pas significatifs. L'ajout d'acide dans les solutions concernées peut permettre leur clarification. Toutefois les erreurs seront très considérables, raison pour laquelle nos expériences n'ont pas exploré cette piste.

(*) : Différence significative au seuil de 5%. Les nombres de la même ligne suivis par la même lettre ne sont pas significativement différents ($p=0,05$)

de phosphore assimilable (2.33 ± 0.18 ppm) et de matières organiques (1.84 ± 0.07 ppm) est obtenu respectivement sous *M. poggei* et *C. odorata*, espèces bioindicatrices de fertilité

Les critères physiques tels que la texture argileuse et la capacité de rétention en eau du sol renseignent sur le caractère meuble du sol (Rabot *et al.*, 2018). Ces savoirs indigènes sont confirmés

par les études de Vinhal-Freitas *et al.* (2017), qui démontrent l'impact de la texture du sol sur le rendement agricole pour diverses cultures au Brésil. La texture argileuse permet une fixation de la pluie utile dans les premières couches du sol pour les racines (Kissou *et al.*, 2018). Les analyses du sol dominés par *M. poggei* montrent une porosité très élevée (64.15 ± 2.86 %) sur les parcelles fertiles. Ces résultats corroborent avec ceux de Dawoe *et al.* (2012) au Ghana et de Yeboua *et al.* (2008) en Côte d'Ivoire, où les sols fertiles étudiés avaient respectivement une porosité de 58.5% et 54%.

Les vers de terres et termites sont les variables microfauniques les plus utilisées dans la discrimination des sols (Bedano *et al.*, 2011 ; Santorufó *et al.*, 2012 ; Akpo *et al.*, 2016 ; George *et al.*, 2017). En effet, les vers de terre interviennent dans la bioturbation du sol. Outre ces critères, la présence des plantes bioindicatrices, de leurs fréquences et de leurs abondances sont des valeurs informatives importantes aux paysans (Mamoudou *et al.*, 2015). Les herbacées constituent les types biologiques les plus représentés. Ces résultats sont conformes à ceux de Somé *et al.* (2007) au Burkina Faso et Akpo *et al.*, (2016) au Bénin, où les mauvaises herbes servent essentiellement de repère aux paysans dans la caractérisation des aires agricoles. Ces espèces sont souvent des herbacées annuelles et constituent de bons bioindicateurs (Kissou *et al.*, 2018).

La répartition des espèces dépend fortement des facteurs climatiques, édaphiques, ainsi que des systèmes de gestion des terres agro-pastorales. Ce qui explique que la diversité spécifique des espèces bioindicatrices varie selon les zones écologiques. Ces plantes font partie des plantes envahissantes dominantes dans la zone d'étude (Akodewou *et al.*, 2019). La notion de fertilité étant relative à chaque paysan, certaines espèces sont citées à la fois comme indicatrices de fertilité et de dégradation des sols dans certaines localités de la zone d'étude. Les travaux de Nezomba *et al.* (2017) et de Kuira *et al.* (2019) signalent *C. bengalensis* comme indicateur de fertilité du sol respectivement au Zimbabwe et au Rwanda tandis qu'au Cameroun, elle indique un sol pauvre (M'biandoun & Bassala., 2007). L'espèce bioindicatrice par excellence de la fertilité du sol est *C. odorata* (Dawoe *et al.*, 2012).

Les analyses de sols montrent un fort taux de matières organiques (1.84 ± 0.07 ppm) sur les parcelles dominées par *C. odorata*. Plusieurs travaux corroborent la diversité spécifique des plantes bioindicatrices de fertilité des sols obtenue, à l'instar de *P. maximum*, *B. alata* (Somé *et al.*, 1999), *B. pilosa* (Nezomba *et al.*, 2017), etc. Les prélèvements sous *P. maximum* montrent un taux élevé en matières organiques (1.87 ± 0.24 ppm) et en phosphore assimilable (1.35 ± 0.04 ppm). Le niveau de fertilité de ces sols (dominées par *C. odorata* et par *P. maximum*) en matières organiques, et est proche de celui observé (2.88 ppm) sous les forêts en Côte d'Ivoire par Yeboua *et al.* (2008). En zone subtropicale, la perte de fertilité des sols est signalée par l'envahissement d'*Imperata cylindrica* (Kome *et al.*, 2018). Cette plante se développe généralement sur les sols sablonneux dégradés (Diallo *et al.*, 2009). La conductivité électrique du sol est élevée sur les parcelles dégradées, notamment sur celles dominées par *I. cylindrica* (90.75 ± 2.19 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). La

conductivité électrique des sols renseigne sur le degré de salinité du sol, donc de dégradation du sol. Ce paramètre est en lien direct avec la disponibilité en éléments nutritifs libres et le niveau de productivité de la parcelle (Durand, 1983).

Conclusion

Cette étude a permis d'identifier 11 indicateurs biophysiques (possédant plusieurs variables) utilisés par les paysans dans l'évaluation de l'état de dégradation des sols dans la zone guinéenne du Togo. Au total, 71 espèces végétales (inclusives et exclusives) servent au paysan de repère. Ainsi, les sols fertiles sont caractérisés par des espèces herbacées de haute taille à croissance rapide, ayant une biomasse aérienne importante envahissant de façon homogène les parcelles agricoles. Les espèces bioindicatrices exclusives de ces types de sols sont *C. odorata*, *P. maximum* et *M. poggei*. Quant aux sols pauvres, ils sont discriminés par des plantes aux aspects rabougris, avec peu de verdure possédant une forte décoloration foliaire. Les plantes bioindicatrices exclusives de la pauvreté d'un sol sont : *I. cylindrica*, *T. procumbens* et *G. celosioides*. Les analyses physicochimiques des échantillons de sol prélevés sur les parcelles dominées par ces espèces bioindicatrices confirment les perceptions locales des paysans sur l'état (fertile ou dégradé) du sol. Le choix des indicateurs biophysiques de la dégradation des sols diffère selon les zones écologiques compte tenue de la variabilité des facteurs environnementaux. Ces indicateurs biophysiques constituent un bon repère montrant aux paysans le niveau de dégradation des sols pour une mise en jachère ou de fertilité de sols pour la mise en culture sans apport d'engrais, ni amendement organique.

Remerciements

Les auteurs expriment leur gratitude aux Organismes IFS (Fond International pour la Science), le COMSTECH (Coopération Scientifique et Technologique) et IDEA WILD qui ont financé ce projet de recherche. Nous remercions vivement le Laboratoire de Botanique et Ecologie Végétale (LBEV) pour avoir prêté son cadre de travail ; aux reviewers anonymes pour les différentes remarques et contributions, puis aux populations locales qui ont accepté livrer gratuitement leurs propriétés intellectuelles pour la science.

Bibliographie

- Akpagana, K. (1989). Recherches sur les forêts denses humides du Togo. Th. Doc., Univ Bordeaux III. 1-195.
- Akodewou A., Oszwald J., Akpavi S., Gazull L., Akpagana K., Gond V. 2019. Problématique des plantes envahissantes au sud du Togo (Afrique de l'Ouest) : apport de l'analyse systémique paysagère et de la télédétection. *Biotech. Agron. Soc.*, Vol.23, N°2, pp. 1-16.
- Akpavi S. 2009. Plantes alimentaires mineures ou menacées de disparition au Togo: diversité, ethnobotanique et valeurs. Th. doct., Univ. Lomé, 1-202.
- Akpavi S., Kanda M., Odah K., Akpakpah K. E., Kossi-Titrikou K., Boutaré I., Akpagana K. 2013. Valeur socio-

- culturelle des plantes alimentaires: un facteur de préservation. *Europ. Scien. J., Vol.9, N°32, pp.383-395.*
- Akpo M., Saïdou A., Yabi I., Balogoun I., Bio Bigou B. 2016. Indicateurs paysans d'appréciation de la qualité des sols dans le bassin de l'Okpara au Bénin. *Etude et Gestion des Sols, Vol.23, pp. 53-65.*
- Altieri M. A. 2018. Agroecology: the science of sustainable agriculture. CRC Press. 2nd Edition.
- Anderson J., & Ingram J. 1993. Tropical soil biological and fertility: a handbook of methods: Wallingford: CAB International. pp. 171-221.
- Bado, B. V., Sédogo, M. P., Cescas, M. P., Lompo, F., & Bationo, A. (1997). Effet à long terme des fumures sur le sol et les rendements du maïs au Burkina Faso. *Cahiers Agricultures, 6(6), 571-575.*
- Baghdadi N., Mallet C., Zribi M. 2018. QGIS et applications en aménagement du territoire. *Vol. 3: ISTE Editions.*
- Bai Z., Dent D., Olsson L., Schaepman M. 2008. Global assessment of land degradation and improvement: identification by remote sensing. ISRIC-World. Soil Information.
- Ball B. C., Guimarães R. M., Cloy J. M., Hargreaves P. R., Shepherd T. G., McKenzie B. M. 2017. Visual soil evaluation: a summary of some applications and potential developments for agriculture. *Soil and Tillage Research, Vol. 173, pp. 114-124.*
- Barrera-Bassols N., Zinck J.A. 2003. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. *Geoderma, Vol.111, N°3-4, pp. 171-195.*
- Barrios E., Trejo M. 2003. Implications of local soil knowledge for integrated soil management in Latin America. *Geoderma, Vol.111, N°3-4, pp. 217-231.*
- Bedano J. C., Dominguez A., Arolfo R. 2011. Assessment of soil biological degradation using mesofauna. *Soil & Tillage Research, Vol. 117, pp. 55-60.*
- Brabant P., Darracq S., Egué K., Simonneaux V., Aing A., Auberton Habert E. 1996. Togo: état de dégradation des terres résultant des activités humaines: notice explicative de la carte au 1: 500000 des indices de dégradation. ORSTOM éd. 1-369.
- Brinkmann K., Samuel L., Peth S., Buerkert A. 2018. Ethnopedological knowledge and soil classification in SW Madagascar. *Geoderma regional, Vol. 14, pp. 1-10.*
- Bruinsma J. 2017. World agriculture: towards 2015/2030: an FAO study: Routledge.
- Brunel J., Hiepkö P., Scholz H. 1984. Flore analytique du Togo: Phanérogames. GTZ éd., Eschborn. 1-751.
- Castillon P. 2006. Comment détecter et traiter les carences sur maïs? Perspectives agricoles. 1-6.
- Dagnelie P. 1998. Statistique théorique et appliquée. Tome 2. Inférence statistique à une et à deux dimensions. De Boeck Université, Paris.
- Dawoe E., Quashie-Sam J., Isaac M., Opong S. 2012. Exploring farmers' local knowledge and perceptions of soil fertility and management in the Ashanti Region of Ghana. *Geoderma, Vol. 179-180, pp. 96-103.*
- Desbiez A., Matthews R., Tripathi B., Ellis-Jones J. 2004. Perceptions and assessment of soil fertility by farmers in the mid-hills of Nepal. *Agriculture, Ecosystems & Environment, Vol. 103, N° 1, pp. 191-206.*
- Ducérf G. 2005. L'Encyclopédie des Plantes bioindicatrices Alimentaires et médicinales. Editions Permaculture.
- Ducérf G. 2013. L'encyclopédie des plantes bioindicatrices alimentaires et médicinales: guide de diagnostic des sols. Editions Permaculture.
- Durand J.H., 1983. Les sols Irrigables. Etude pédologique. Presses Universitaire de France. Agence de Coopération Culturelle et Technique. 338 p
- Ern H. 1979. Die Vegetation Togos. Gliederung, Gefährdung, Erhaltung. Willdenowia, 295-312.
- FAO. 2015. Status of the World's Soil Resources (SWSR)–technical summary. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy.
- Faure P., Pennanaech B. 1981. Sols. *Publication scientifique de l'IRD, pp. 16-18.*
- Gayibor N. L., Adotevi L., Aguigah D., Almeida-Houndedoke Z. D., Akibode K., Amouzouvi Y., Goeh-Akue A. 1997. Histoire des Togolais: 1. Des origines à 1884.
- George P. B. L., Keith A. M., Creer S., Barrett G. L., Lebron I., Emmett B. A., Jones D. L. 2017. Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring programme. *Soil Biology & Biochemistry, Vol. 115, pp. 537-546.*
- Hill S. B., Ramsay J. 1977. Weeds as indicators of soil conditions. *The McDonald Journal, Vol. 38, N° 6, pp. 8-12.*
- Ibrahim A., Souhore P., Hassana B., Babba H. 2017. Farmers' perceptions, indicators and soil fertility management strategies in the sudano-guinea savannahs of Adamawa, Cameroon. *International Journal of Development and Sustainability, Vol. 12, N° 6, pp. 2035-2057.*
- IPBES. 2018. Principaux messages et chiffres du rapport de l'IPBES Dégradation et restauration des terres. 1-9.
- Jin X., Song K., Du J., Liu H., Wen Z. 2017. Comparison of different satellite bands and vegetation indices for estimation of soil organic matter based on simulated spectral configuration. *Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 244, pp. 57-71.*
- Juhos K., Szabób S., Ladányi M. 2016. Explore the influence of soil quality on crop yield using statistically-derived pedological indicators. *Ecological indicators, Vol. 63, pp. 366-373.*
- Karlen D. L., Ditzler C. A., Andrews S. S. 2003. Soil quality: why and how? *Geoderma, Vol. 114, N° 3-4, pp. 145-156.*

- Kassambara A., Mundt F. 2016. Factoextra: extract and visualize the results of multivariate data analyses. R package version.
- Kissou R., Gnankamary Z., Nacro H. B., Sedogo M. P. 2018. Classification locale et utilisation des sols en zone sahélienne au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, Vol. 12, N° 1, pp. 610-617.
- Kome G. K., Enang R. K., Yerima B. P. K. 2018. Knowledge and management of soil fertility by farmers in western Cameroon. *Geoderma regional*, Vol. 13, pp. 43-51.
- Krasilnikov P., Makarov O., Alyabina I., Nachtergaele F. 2016. Assessing soil degradation in northern Eurasia. *Geoderma regional*, Vol. 7, N° 1, pp. 1-10.
- Kuria A. W., Barrios E., Pagella T., Muthuri C. W., Mukuralinda A., Sinclair F. L. 2019. Farmers' knowledge of soil quality indicators along a land degradation gradient in Rwanda. *Geoderma regional*, Vol. 16, pp. 1-16.
- Le Bourgeois T., Merlier H. 1995. Adventrop: les adventices d'Afrique soudano-sahélienne: Editions Quae.
- Lima A., Hoogmoed W., Brussaard L., dos Anjos F. S. 2011. Farmers' assessment of soil quality in rice production systems. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, Vol. 58, N° 1-2, pp. 31-38.
- Loireau M. 1998. Espace, ressources, usages: interactions milieux et sociétés dans le Sahel nigérien. Thèse de doctorat, Université Paul Valéry–Montpellier III, Montpellier, France.
- Liu S., Dong Y., Cheng F., Yin Y., Zhang Y. 2016. Variation of soil organic carbon and land use in a dry valley in Sichuan province, Southwestern China. *Ecological Engineering*, Vol. 95, pp. 501-504.
- Mamoudou B. M., Rabiou H., Inoussa M. M., Bakasso Y., Mahamane A. 2015. Bioindicateurs de la fertilité des sols et la perception paysanne à l'Ouest du Niger. *Journal of Applied Biosciences*, Vol. 89, N° 1, pp. 8281-8290.
- M'Biandoun M., Bassala J-P. O. 2007. Savoir paysan et fertilité des terres au Nord-Cameroun. *Cahiers Agricultures*, Vol. 16, N° 3, pp. 185-197.
- Nezomba H., Mtambanengwe F., Tiftonell P., Mapfumo P. 2017. Practical assessment of soil degradation on smallholder farmers' fields in Zimbabwe: Integrating local knowledge and scientific diagnostic indicators. *Catena*, Vol. 156, pp. 216-227.
- Oldeman L. R. 1991. World map of the status of human-induced soil degradation, An explanatory note, Global assessment of soils degradation, GLASOD. The Map Sheets.
- Pulido M., Schnabel S., Contador J. F. L., Lozano-Parra J., Gómez-Gutiérrez Á. 2017. Selecting indicators for assessing soil quality and degradation in rangelands of Extremadura (SW Spain). *Ecological indicators*, Vol. 74, pp. 49-61.
- Rabot E., Wiesmeier M., Schlüter S., Vogel H.-J. 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. *Geoderma*, Vol. 314, pp. 122-137.
- Santorufu L., Van Gestel C.A.M., Rocco A., Maisto, G. 2012. Soil invertebrates as bioindicators of urban soil quality. *Environmental Pollution*, Vol. 161, pp. 57-63.
- Segat J. C., Vasconcellos R. L. F., Silva D. P., Baretta D., Cardoso E. J. B. N. 2017. Ants as indicators of soil quality in an on-going recovery of riparian forests. *Forest Ecology and Management*, Vol. 404, pp. 338-343.
- Somé A., Alexandre D.-Y., Hien V. 1999. Bioindicateurs paysans de la fertilité des sols et gestion du cycle culture-jachère en zone soudanienne (Burkina Faso). *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, Vol. 41, N° 2, pp. 137-145.
- Twumasi P. A. 2001. Social research in rural communities. *Ghana University Press*. pp. 1-168.
- Valentin C. 2018. Les sols au cœur de la zone critique 5: Dégradation et réhabilitation (Vol. 5): ISTE Editions.
- Vinhal-Freitas I. C., Corrêa G. F., Wendling B., Bobul'ská L., Ferreira A.S. 2017. Soil textural class plays a major role in evaluating the effects of land use on soil quality indicators. *Ecological indicators*, Vol. 74, pp. 182-190.
- Wédjangnon A., Houèchégnon T., Ouinsavi C. 2016. Caractéristiques ethnobotaniques et importance socio-culturelle de *Mansonia altissima* A. Chev. au Bénin, Afrique de l'Ouest. *Journal of Animal & Plant Sciences*, Vol. 29, N° 3, pp. 4678-4690.

