



Caractérisation du niveau de fertilité des sols de la chaîne de l'Atakora au nord-ouest du Bénin

P.D. Kombienou^{1*}; O. Arouna¹; A. H. Azontondé²; G. A. Mensah² & B. A. Sinsin¹

¹ Laboratoire d'Écologie Appliquée de la FSA/UAC;

² Institut National des Recherches Agricoles du Bénin à Agonkanmey

(1*) Adresse du principal auteur : e-mail ykopoda@yahoo.fr¹; (229)97355649/95454959/90014037

Mots clés : Fertilité des sols, nord-ouest/ Atakora, dégradations, caractérisation et Bénin.

Keywords: Soil fertility, Northwest / Atakora, damage, characterization and Benin.

1 RÉSUMÉ

Le but de cette étude est de caractériser les niveaux de fertilité des sols de la chaîne de l'Atakora au nord-ouest du Bénin. Pour ce faire, les échantillons de sol ont été prélevés dans les zones dans les champs sur les sols de montagnes et de plateaux des différents villages. Les résultats des analyses des échantillons ont montré que les teneurs des éléments nutritifs, minéraux et la Capacité d'Échange Cationique sont beaucoup plus accumulés dans les sols des montagnes que ceux des plateaux (respectivement 2,413 % pour le carbone ; 0,132 % pour l'azote ; 19,12 ppm pour le phosphore ; 21,67 méq pour la CEC contre 1,428 % ; 0,054 % ; 3,61 ppm et 11,26 méq). Les taux de carbone, d'azote et de phosphore varient très significativement ($P < 0,0001$) en fonction du type de relief du sol. Ces taux ne varient pas significativement en fonction de l'année ($P > 0,05$) tandis que la CEC varie significativement en fonction de l'année ($P < 0,05$). Les résultats des analyses montrent alors un faible niveau de fertilité du sol. Toutefois, il faut souligner que les teneurs de tous ces divers éléments baissent en fonction de l'année. Ce qui peut bien s'expliquer par la dégradation progressive ou l'exploitation poussée des dites terres. D'un autre côté, il est remarqué également qu'il y a une diminution progressive des taux de ces éléments dans le temps (Cas par exemple de la CEC). Cette diminution s'explique aussi, car au fil des années la fertilité des sols trop exploités chutent normalement.

SUMMARY

The objective was to determine the soil fertility levels of the Atakora's chain (mountainside) of northwest Benin. Soils ample were taken in areas of agricultural production e.g the land surrounding mountains and plateaus and in different villages. Analyses of these samples revealed that the nutrients, minerals and the Cation Exchange Capacity were much more accumulated in soil from the mountain areas than those from the plateaus (respectively 2.413% for carbon, 0.132% for nitrogen, 19, 12 ppm for phosphorus, 21.67 meq for CEC versus 1.428%, 0.054%, 3.61 ppm and 11.26 meq). The carbon rate, nitrogen and phosphorus varied very significantly ($P < 0.0001$) based on the relief type. These rates do not vary significantly depending on year ($P > 0.05$), while the CEC varies significantly depending on year ($P < 0.05$). Analyses from the results then show a low level of soil fertility. However, it should be noted that the contents of all these elements fall regarding the year. This may be explained by the progressive deterioration of such lands. On the other hand, it is also noted that there was a progressive decrease of these elements rate over time (for example CEC). This decrease is also explained, because over the years over used soil's fertility falls normally.



2 INTRODUCTION

Au Bénin, au nombre des indicateurs des déficits alimentaires, figure le déséquilibre entre la croissance démographique rapide et la baisse de la productivité agricole due à la faiblesse de la fertilité des sols. Le trait physique explique le caractère très accidenté du relief, l'insuffisance des terres cultivables et surtout leurs dégradations par l'érosion qui les rend infertiles et inaptés aux cultures (Kombienou et al, 2014). En effet, dans les communes d'étude, les terres arables sont devenues rares et la dégradation des sols très poussée à cause du raccourcissement des périodes de jachère. Au Bénin, comme sur l'ensemble des pays de l'Afrique Occidentale, si les crises alimentaires n'ont pas atteint l'ampleur de celles connues par les pays sahéliens, il n'en demeure pas moins que le pays est souvent confronté à de sérieux déficits alimentaires (Issa, 1995). La majorité des sols de la région sont ferrugineux tropicaux, lessivés, sensibles à l'érosion et pauvres en matière organique. Leur texture est sableuse. Ces sols, développés sur matériaux durs variés, sont relativement dominant dans le nord-ouest du Bénin, en particulier dans la zone traversée par le massif montagneux de l'Atakora. Ils couvrent 48% de la surface et ne sont pas propices à l'agriculture. En effet, ces sols présentent une faible épaisseur, une texture légère, une forte pierrosité, des réserves minérales et hydriques faibles et une forte

érodibilité. Au nord-ouest de l'Atakora, le climat est de type tropical. Une saison sèche de novembre à avril et une saison des pluies de juin à octobre. L'harmattan, vent chaud et sec en provenance du Sahara, souffle sur toute l'étendue du territoire pendant la saison sèche. L'économie du milieu d'étude est alors essentiellement basée sur les productions agricoles qui occupent près de 80 % de la population (Tchégnon, 2006). Les populations pratiquent en majorité une culture extensive de céréales sur des sols appauvris (Natta, 1999). Il apparaît nécessaire et impérieux à repenser à la restauration des terres au Bénin et en particulier celles de l'Atakora en vue d'accroître la production agricole (Ouorou Barré, 2014). C'est dans l'optique de mieux apprécier le caractère du niveau de fertilité des sols de la chaîne de l'Atakora au nord-ouest du Bénin que la recherche sur la « *Caractérisation du niveau de fertilité des sols de la chaîne de l'Atakora au nord-ouest du Bénin* » a été initiée. D'une manière spécifique, l'étude vise, à analyser le caractère actuel des sols dans la zone d'étude et l'état des propriétés physiques, chimique et aptitudes culturelles des sols. A moyen terme, les résultats de cette analyse serviront, de base à l'élaboration des stratégies de restauration des terres du nord-ouest de l'Atakora favorisant un accroissement de la production agricole.

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 Milieu d'étude : L'étude a porté sur 08 villages qui sont : Béricingou et Koussantikou (Commune de Natitingou), KoumagouA et Kounakogou (Commune de Boukombé), Ouankou et Manougou (Commune de Tanguiéta), Wansokou et Tchakalakou (Commune de Toucountouna) (figure1). La zone de recherche est située dans le nord-ouest de la République du Bénin entre 9° 50' 59" et 12° 22' 10.8" de latitude Nord et entre 0° 58' 38" et 3° 13' 20.1" de longitude Est. L'activité économique dominante dans le milieu d'étude est

basée sur l'agriculture qui occupe près de 80 % de la population. La croissance démographique conduit à une demande de terres cultivables. Cette demande entraîne la réduction de la durée de jachère, diminue la fertilité des sols. Les cultures de rentes prennent de l'ampleur, ceci dans l'optique d'augmenter le pouvoir économique. Parmi ces cultures de rentes, on peut citer, le maïs et le coton. La chasse et la pêche sont également développées par les communes riveraines du Parc national de la Pendjari. Ces activités contribuent à satisfaire les

besoins quotidiens et vitaux des populations (Ouorou Barré, 2014). Cette aire d'une superficie d'environ 15.076 km², abrite une population

estimée en 2013 à 480.835 habitants (INSAE, 2013).

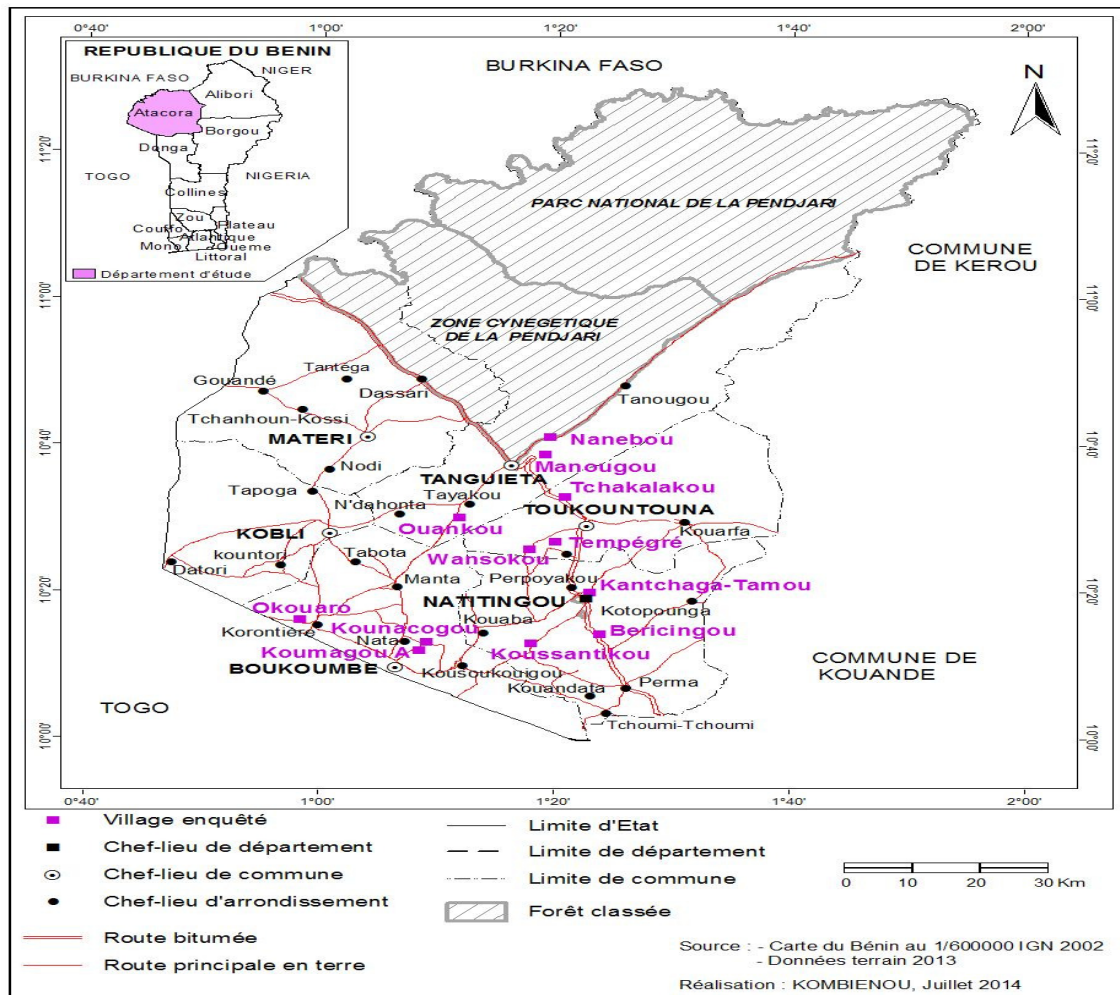


Figure 1 : Présentation des villages de la zone de recherches

3.2 Méthodes: L'étude a été effectuée entre 2011 et 2013. La phase préparatoire a consisté à recueillir à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) les coordonnées géographiques des points qui constituent les limites territoriales de la zone d'étude.

3.2.1 Échantillonnages et analyse: L'échantillonnage a concerné essentiellement les flancs des montagnes qui sont des espaces de plus en plus cultivés. Dans les champs, des échantillons de sols ont été prélevés dans

l'horizon de surface (0 à 20 cm) de la montagne, le long d'une topo-séquence pédologique dans le haut versant(Hv), le mi-versant(Mv) et dans le bas-versant(Bv) et des sols des champs des plateaux dans l'extrême-droite (Ed), l'extrême gauche (Eg) et dans le milieu de diagonales (Md). Au total, 96échantillons (à raison de 48 échantillons pour chaque type de sol) ont été prélevés à raison de 03 prélèvements par site et 02 sites par village. L'analyse granulométrique de ces échantillons a permis de déterminer la texture



des sols. L'analyse chimique a été axée sur des paramètres chimiques des sols étudiés que sont : le pH, la CEC, Ntotal, C et P.

3. 2.1.1 Préparation : Les échantillons de sol prélevés au cours de la réalisation des profils pédologiques ont été analysés au Laboratoire des Sciences du Sol, Eaux et Environnement (LSSEE) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey/INRAB). Les analyses ont porté sur la granulométrie, le taux de carbone organique (C), le pH, la capacité d'échange cationique (CEC), l'azote total (N), le phosphore (P) assimilable, le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) échangeables, ceci en appliquant la loi des facteurs limitants de Liebig. Ces échantillons de sol ont été d'abord séchés. Le séchage s'est fait à l'ombre (à l'abri du soleil pour éviter la perte d'éléments volatiles) pendant environ une semaine pour que toute l'eau soit évaporée. Ensuite, le sol est pesé, émiété, tamisé à 2 mm pour la terre fine, le reste de 20 μ à 2000 μ et conservé dans un tissu

approprié. Le refus ou la charge graveleuse ou encore charge ferrugineuse est pesé et son pourcentage est calculé avant d'être stocké.

3. 2.1.2 Granulométrie : La détermination de la granulométrie comporte trois phases :

- une phase de destruction de la matière organique par le traitement à l'eau oxygénée ;
- une phase de dispersion qui met en œuvre l'élimination des ions flocculant, l'adjonction du hexamétophosphate de sodium et l'agitation mécanique par retournement ;
- une phase de séparation et de tri des particules par sédimentation et prélèvement à la pipette de Robinson pour les fractions d'argile, de limon et de sable. La granulométrie permet de déterminer dans un échantillon de sol le pourcentage de sable, de limon, d'argile et de matière organique.

3.2.1.3 pH : La détermination du pH est faite à l'aide du pH- mètre et les différentes interprétations sont présentées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Grille d'interprétation des valeurs du pH

Valeurs de pH	Qualification
< 4,5	Extrêmement acide
[4,5 – 5,0]	Très fortement acide
[5,1 – 5,5]	Fortement acide
[5,6 – 6,0]	Moyennement acide
[6,1 – 6,5]	Faiblement acide
[6,6 – 7,3]	Neutre
[7,4 – 7,6]	Légèrement alcalin
[7,7 - 8,4]	Modérément alcalin
[8,5 - 9,0]	Fortement alcalin
> 9,1	Très fortement alcalin

Source : PAP, 1976 ; Légende : I = 10

3. 2.1.4 Matière organique : La teneur en matière organique est déterminée par le produit du pourcentage de carbone du sol et du facteur de conversion et de la constante 1,724 à travers :

$$(\%C \times 1,724 = MO)$$

Pour l'interprétation de la teneur en matière organique, le regroupement a été fait en trois classes reparties comme suit :

- teneur élevée en matière organique + 1,5 % de MO ;
- teneur moyenne en matière organique entre 1 et 1,5 % de MO ;



- teneur faible en matière organique, inférieur à 1 % de MO.

3. 2.1.5 Azote total : L'azote total est déterminé à la suite de la minéralisation avec l'acide sulfurique (H₂SO₄). La distillation est faite

en présence de la soude (NaOH) et le dosage de l'azote ammoniacal par H₂SO₄ à 1 N. La grille d'interprétation de la teneur en azote est présentée dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Grille d'interprétation de la teneur en azote

VALEURS DE N	INTERPRETATIONS
+ 3 ‰	Très riche en azote
2- 3 ‰	Riche en azote
1-2 ‰	Moyennement riche en azote
-1 ‰	Faiblement faible en azote

Source : PAP, 1976 ; Légende : II = 11

3. 2.1.6 Capacité d'Échange Cationique (C.E.C ou T), taux de saturation (V) et somme des bases échangeables (S) : La CEC est la mesure de la taille du réservoir en éléments nutritifs capables de passer facilement dans la solution du sol. Elle varie en général de 8 (sols sableux, pauvres en M.O) à plus de 20 meq/100g (sols argileux, riches en M.O) et indique le remplissage de ce réservoir (Védié, 2008). Elle est déterminée de la même manière que dans le cas de l'azote après déplacement de NH₄ fixé sur le complexe absorbant. Ce

déplacement est fait par une solution de KCl. Le taux de saturation est déterminé par le produit du rapport S/T et d'un réel 100 :

$$V = (S/T) \times 100$$

où S est la somme des bases échangeables (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺) en méq/100g de sol.

Les valeurs de CEC et du taux de saturation sont présentées dans la grille d'interprétation du Tableau 3.

Tableau 3 : Grille d'interprétation du CEC et du taux de saturation

Interprétation	Très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
CEC	< 5	5 à 10	10 à 25	25 à 40	> 40
Interprétation	Réserve très faible	Faible	Moyenne	Forte	Très forte
S	< 2	2 à 5	5 à 10	10 à 15	>15
%V = S/T*100	< 15	15 à 40	40 à 60	60 à 90	90 à 100

Source : PAP, 1976 ; Légende : III = 12

Après avoir présenter la grille d'interprétation du CEC et du taux de saturation, la grille du degré de

lessivage d'un sol en bases est présenté dans le Tableau 4.

Tableau 4 : Grille d'interprétation de la saturation du sol en bases

INTERPRETATIONS	VALEURS
Très faiblement lessivé	V = 70 – 100 %
Légèrement lessivé	V = 50 – 70 %
Modérément lessivé	V = 30 – 50 %
Fortement lessivé	V = 15 – 30 %



Très fortement lessivé	V = 0 – 15 %
------------------------	--------------

Source : PAP, 1976 ; Légende : IV= 13

Équilibre cationique : Il y a équilibre cationique dans un sol lorsque les rapports du calcium (Ca) et du magnésium (Mg) donnent une valeur supérieure à un et inférieure ou égale à dix et ou lorsque les rapports du magnésium (Mg) et du potassium (K) donnent une valeur supérieure à trois et inférieure ou égale à vingt (SYS, 1976). L'équation est la suivante :

$$1 < \text{Ca/Mg} < 10 \text{ et } 3 < \text{Mg/K} < 20$$

Phosphore assimilable : Le phosphore assimilable est déterminé par la méthode BrayI qui passe par l'extraction après agitation du mélange sol-solution BrayI et enfin dosé au colorimètre en présence d'acide ascorbique et du molybdate d'ammonium après un léger chauffage au bain-marie à 80 °C. La grille d'interprétation du phosphore retenue est présentée dans le tableau 5.

Tableau 5 : Grille d'interprétation du sol en phosphore

VALEURS DE P	INTERPRETATIONS
> 20 ppm	Valeur élevée en phosphore
10 à 20 ppm	Valeur moyenne en phosphore
≤ 10 ppm	Valeur faible en phosphore

Source : PAP, 1976 ; Légende : V = 14

La détermination des différentes valeurs du phosphore est faite en multipliant les résultats du laboratoire par la constante : 2,3.

3

-2-2 Détermination de la Texture :

L'évaluation des classes texturales est faite en suivant les principes de classification des terres (PAP, 1976). Six classes sont retenues pour la classification et présentées dans le tableau 6.

- A : texture très fine, correspondant aux classes argile et argile limoneuse ;
- E : texture fine, correspondant aux classes argile sableuse, limon argileux et limon argileux fin ;

- M : texture moyenne, correspondant aux classes limon argilo-sableux, limon, limon fin et limon très fin ;
- N : texture moyenne à grossière, correspondant à la classe limon sableux ;
- S : texture grossière, correspondant à la classe sable limoneux ;
- Z : texture très grossière, correspondant à la classe sable.

Les classes texturales et les indices des différents sols sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Grille d'interprétation des indices texturaux des sols

N°	Texture	Indice	Texture fine
1	A et AL	A	Texture très fine
2	AS, LA et LAf	E	Texture fine
3	LAS, L et Lf	M	Texture moyenne
4	LS et Lf	N	Texture moyenne grossière
5	SL	S	Texture grossière
6	S	Z	Texture moyenne très grossière

Source : PAP, 1976 ; Légende : VI = 15



Dans un premier temps, le pourcentage de l'argile, de limon et du sable est déterminé dans les différents horizons. La détermination du

pourcentage de ces trois éléments (argile, limon et sable) est faite et permet d'apprécier le degré textural du sol (tableau 7).

Tableau 7 : Grille d'interprétation du pourcentage de l'argile, limon et du sable

Diamètre	Éléments déterminés	Somme
0 – 2 μ (microns) %	Argile	Argile en %
2 – 20 μ (microns) %	Limon fin	Σ Limon %
20 – 5 μ (microns) %	Limon grossier	
50 – 200 μ (microns) %	Sable fin	Σ Sable %
200 – 2000 μ (microns) %	Sable grossier	

Source : PAP, 1976 ; Légende : VII = 16

3-2-2-1 Détermination de la moyenne pondérale des différents éléments :

L'appréciation du degré de fertilité des sols est déterminée en calculant la moyenne pondérale dans les vingt premiers horizons de la matière organique, de l'azote, du phosphore (P), du potassium (K) du pH, de la Capacité d'Échange Cationique (CEC) et de la saturation en bases à travers la formule suivante :

Moyenne pondérale de X (%) =

$$\frac{Ep1 \times QXdeEp1}{PfTotale}$$

avec

Ep1 ; Épaisseur de l'horizon 1 ;

QX ; la quantité de l'élément ;

Pf ; profondeur totale.

3-2-2-2 Détermination de la texture du sol :

La texture du sol est déterminée par la moyenne pondérale des pourcentages de chaque élément (argile, limon et sable) par la formule :

$$X = \frac{Q \times Hz}{Pfr}$$

avec

X le pourcentage de l'élément ;

Q la quantité de l'élément (argile ou le limon ou le sable) ;

Hz l'épaisseur de l'Horizon ;

Pfr la profondeur totale du profil.

Après avoir calculé la moyenne pondérale des différents éléments (argile, limon et le sable), la classe texturale est déterminée à l'aide du triangle texturale ou diagramme texturale (figure 2).

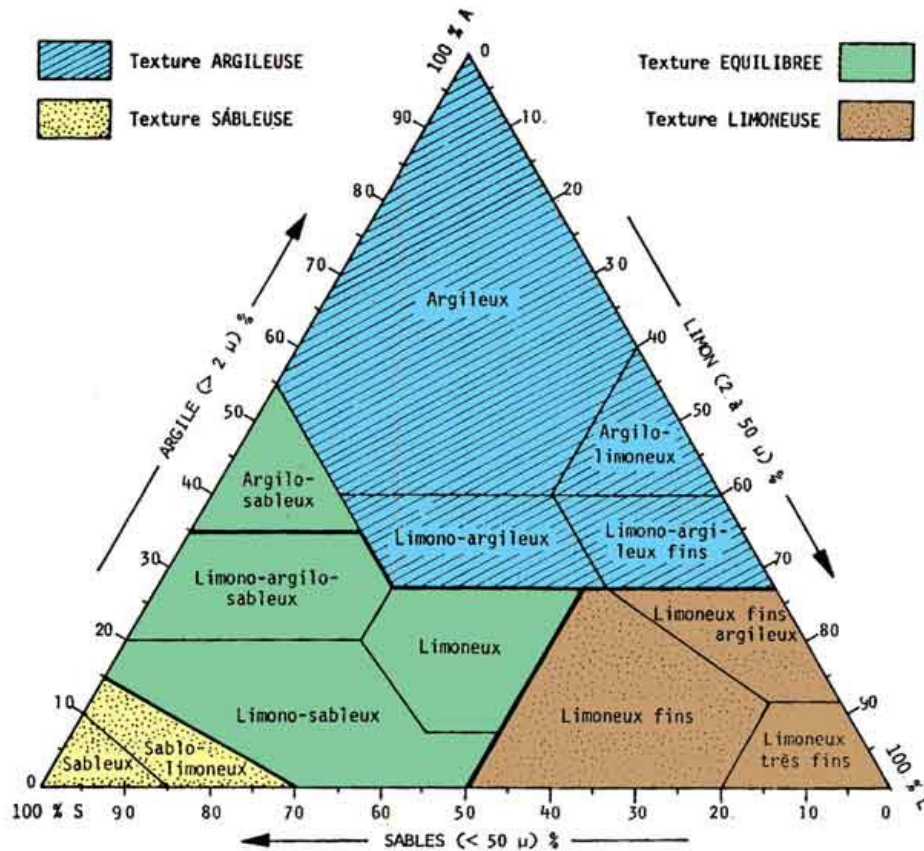


Figure 2 : Triangle texturale ou diagramme texturale , Source : <http://scfp.ca/agriculture-et-securite>

Sur l'axe de chaque élément est tracée une droite parallèle correspondant au pourcentage de l'élément considéré. Ainsi le point d'intersection sur le triangle texturale permet de déterminer la

texture. Après explication de la détermination de la classe texturale, la grille d'interprétation de l'aptitude des sols est faite (FAO, 1975) et présentée au tableau 8.

Tableau 8 : Grille d'interprétation de l'aptitude culturale des sols

ORDRES	CLASSES	
S : Apte	S1	Aptes
	S2	Moyennement apte
	S3	Marginalement apte
V : Inapte	V1	Actuellement inapte
	V2	Inapte

Source : PAP, 1976 ; Légende : VIII = 17

Les classes d'aptitude sont réparties en cinq classes à savoir :

S1 : Apte ; les sols de la classe S1 sont aptes pour le type d'utilisation ; ils ne présentent pas ou seulement de faibles limitations.

S2 : Modérément aptes ; les sols S2 sont aptes mais nécessitent des techniques culturales adaptées, labour contrôlé, léger drainage etc. Ils ne présentent pas plus de 3 limitations modérées éventuellement associés à des faibles limitations.



S3 : Marginalement aptes ; le rendement de ces sols est mis en cause ; ils possèdent plus que 3 limitations modérées et pas plus d'une limitation sévère qui n'empêche cependant pas la culture de façon absolue.

V1 : Actuellement inapte ; potentiellement apte. Sols avec plus d'une limitation sévère qu'on peut cependant corriger dans les conditions économiques actuelles.

V2 : Inapte, sols présentant des limitations sévères ou très sévères qui ne peuvent être corrigées dans les conditions économiques actuelles.

Il s'agit aussi de distinguer l'évaluation actuelle de l'évaluation potentielle. L'évaluation actuelle se réfère à la valeur des terres dans les conditions actuelles. L'évaluation potentielle envisage la valeur après réalisation de travaux d'aménagement. Ainsi un sol appartenant à la classe S3 après aménagement peut passer en classe S2 ou S1. Son aptitude actuelle est S3, la potentielle est S1 ou S2. Un sol V1 peut se classer comme potentiellement apte.

3-2-3 Méthode d'évaluation des niveaux de fertilité chimique des sols : Le critère d'évaluation des classes de limitation des niveaux

de fertilité défini par SYS(1976) a été utilisé (Tableau 9) pour étudier le niveau de fertilité des sols. Cinq degrés d'intensité des limitations existent :

0 : pas de limitation : la caractéristique du sol est optimale ;

1 : limitations faibles, se référant à des situations qui pourraient légèrement diminuer les rendements sans cependant imposer des techniques culturales spéciales ;

2 : limitations modérées, se référant à des situations qui causent une diminution plus importante des rendements ou la mise en œuvre de techniques culturales spéciales. Ces limitations ne mettent pas la rentabilité en cause ;

3 : limitations sévères ; se référant à des situations qui causent une diminution des rendements ou la mise en œuvre de techniques culturales qui pourraient mettre la rentabilité en cause.

4 : limitations très sévères, se référant à des situations qui ne permettent plus l'utilisation de la terre pour un but précis.

3-2-4 Analyses statistiques : L'analyse de variance a été faite suivant le test de Tukey (Tukey Simultaneous Tests).

Tableau 9 : Critère d'évaluation des classes de limitation des niveaux de fertilité des sols (SYS, 1976).

Limitations	Faibles	Modérées	Sévères	Très sévères
MO (%)	> 2	1-2	< 1	< 0,5
N (%) à pH 6	> 0,08	0,045-0,08	< 0,045	< 0,03
P. ass. Bray 1	> 20	10-20	< 10	< 5
K (méq/100g de sol)	> 0,4	0,2-0,4	< 0,2	< 0,1
Somme (S) (méq/100g de sol)	> 10	5-10	< 5	< 2
Saturation en base (%)	> 60	40-60	< 40	< 15
C.E.C (méq/100g de sol)	> 25	10-25	< 10	< 5

Source : SYS, 1976

4 RÉSULTATS

4.1 Taux de carbone, d'azote, de phosphore et capacité d'échange cationique (CEC) en fonction du type de relief du sol et du temps : analyse de variance : L'analyse de ce tableau montre que les taux de carbone, d'azote, de phosphore et la Capacité d'Échange Cationique au niveau de ces sols varient très

significativement en fonction du type de relief du sol ($P < 0,0001$) mais qu'ils ne varient significativement pas dans le temps ($P > 0,05$) mis à part la CEC qui varie légèrement ($P < 0,05$). Cela implique que les taux de ces éléments organiques et minéraux et de la CEC diffèrent énormément entre les sols des plateaux et ceux des montagnes.



Tableau 10 : Taux de carbone, d'azote, de phosphore et capacité d'échange cationique (CEC) en fonction du type de relief du sol et du temps : analyse de variance

Facteurs		Taux de carbone	Taux d'azote	Taux de phosphore	CEC
Source	ddl	F	F	F	F
Type de relief (plateau et montagne)	1	62,97***	131,97***	447,54***	299,86***
Année	2	2,29ns	1,82ns	0,31ns	3,34*
Type * Année	2	0,89ns	1,75ns	0,35ns	0,97ns

*** : différence significative au seuil de 0,1% ; * : différence significative au seuil de 5% ; ns : non significative.

4.2 Taux moyen des différents éléments organiques et minéraux (C, N et P) et de la CEC des sols des plateaux et des montagnes : valeurs moyennes, écarts types et erreurs standards. : Le tableau 11 présente le taux moyen des différents éléments organiques et minéraux (carbone, azote et phosphore) et de la capacité d'échange cationique (CEC) des sols des plateaux et des montagnes de la zone d'étude qui couvre quatre différentes communes du nord-

Bénin à savoir Natitingou, Boukombé, Tanguiéta et Toucountouna. L'analyse de ce tableau montre que ces éléments nutritifs et la Capacité d'Échange Cationique sont beaucoup plus accumulés dans les sols des montagnes que ceux des plateaux (respectivement 2,413 % pour le carbone ; 0,132 % pour l'azote ; 19,12 ppm pour le phosphore ; 21,67 méq pour la CEC contre 1,428 % ; 0,054 % ; 3,61 ppm et 11,26 méq).

Tableau 11 : Taux moyen des différents éléments organiques et minéraux (C, N et P) et de la CEC des sols des plateaux et des montagnes : valeurs moyennes, écarts types et erreurs standards.

Facteurs	Taux	Carbone			Azote			Phosphore			CEC			
		N	Moy	StDev	SE	Moy	StDev	SE	Moy	StDev	SE	Moy	StDev	SE
Type de relief														
Montagne	72	2,413	0,782	0,092	0,132	0,056	0,007	19,12	5,96	0,70	21,67	4,81	0,23	
Plateau	72	1,428	0,717	0,717	0,054	0,018	0,002	3,61	1,57	0,19	11,26	1,92	0,57	
Probabilité		0,000***			0,000***			0,000***			0,000***			

*** : différence significative au seuil de 0,1 % ; Moy : moyenne ; SE : erreurs standards ; StDev : Standards de déviation ou écarts types ; CEC : capacité d'échange cationique ; N : Taille de l'échantillon

4.3 Teneur moyenne en la CEC, Ntotal, C et P pour l'ensemble des sites et texture complète du sol. : Le tableau ci-dessous indique la valeur moyenne des différents paramètres étudiés. L'analyse de ce tableau montre que contrairement au tableau 11 que les taux de carbone, d'azote et de phosphore ne varient pas significativement en fonction de l'année (P>0,05)

tandis que la CEC varie significativement en fonction de l'année (P<0,05). Toutefois, il est important de souligner que les taux de tous ces divers éléments baissent en fonction de l'année. Ce qui peut bien s'expliquer par la dégradation progressive ou l'exploitation poussée des dites terres.



Tableau 12 : Taux moyen des différents éléments organiques et minéraux (C, N et P) des sols des montagnes et des plateaux en fonction de l'année : valeurs moyennes (Moy), erreurs standards (SE) et écarts types (SDev).

Facteurs	N	Texture	C(%)			Ntotal(%)			P (ppm)			CEC (méq/100g de sol)		
			Moy.	Moy	StDev	SE	Moy	StDev	SE	Moy	StDev	SE	Moy	StDev
Source														
Année														
2011	48	LS-LAS	2,108	0,930	0,13	0,099	0,066	0,009	11,77	9,32	1,3	17,45	6,53	0,94
2012	48	LS-LAS	1,824	0,972	0,14	0,095	0,053	0,008	11,24	8,93	1,3	16,39	6,59	0,95
2013	48	LS-LAS	1,829	0,760	0,11	0,084	0,049	0,007	11,09	8,65	1,2	15,55	5,95	0,86
Probabilité			0,105ns			0,165ns			0,731ns			0,038*		

*** : différence significative au seuil de 0,1 % ; * : différence significative au seuil de 5 % ; ns : non significative ; Moy : moyenne ; SE : erreurs standards ; StDev : Standards de déviation ou écarts types ; CEC : capacité d'échange cationique ; N : Taille de l'échantillon

L'interprétation des différentes figures (3, 4, 5 et 6) ci-dessous confirme très bien les affirmations posées un peu plus haut au niveau des tableaux, en ce sens que nous observons une nette différence entre les taux de carbone, d'azote, de phosphore et la CEC des sols des plateaux et ceux des montagnes. Ces taux sont plus élevés au niveau des sols des montagnes contrairement aux sols des plateaux où ils sont plus faibles. Ce qui

traduit donc que les sols des montagnes sont plus fertiles que ceux des plateaux. D'un autre côté, nous remarquons également qu'il y a une diminution progressive des taux de ces éléments dans le temps (Cas par exemple de la CEC au niveau de la figure 4). Cette diminution s'explique aussi, car au fil des années la fertilité des sols trop exploités normalement.

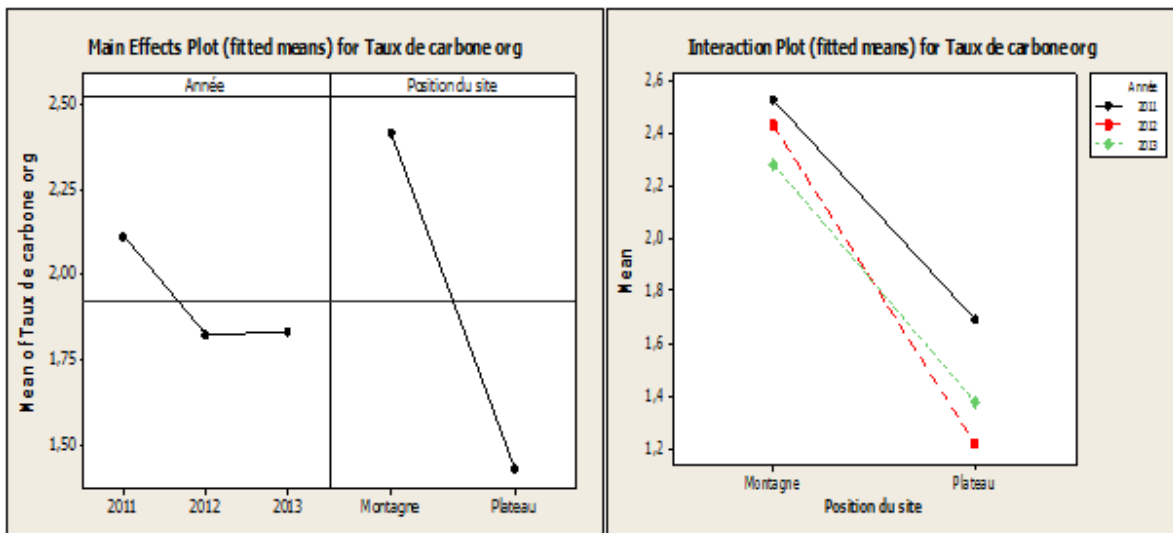


Figure 3. Évolution du taux de carbone en fonction de l'année et du relief du sol (plateau et montagne) dans différentes communes du Nord-Bénin

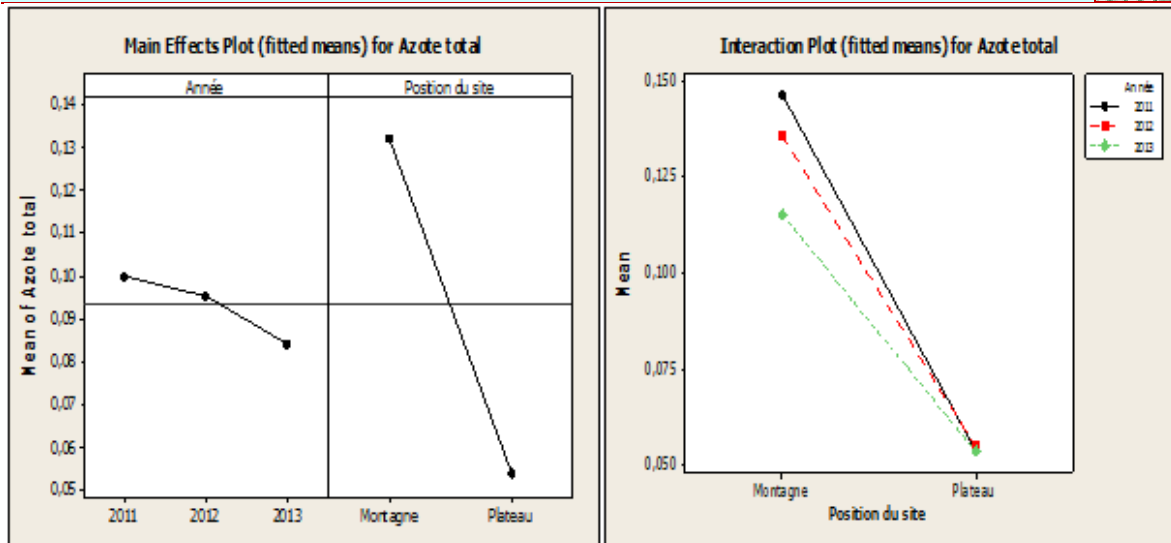


Figure 4. Évolution du taux d'azote total en fonction de l'année et du relief du sol (plateau et montagne) dans différentes communes du Nord-Bénin

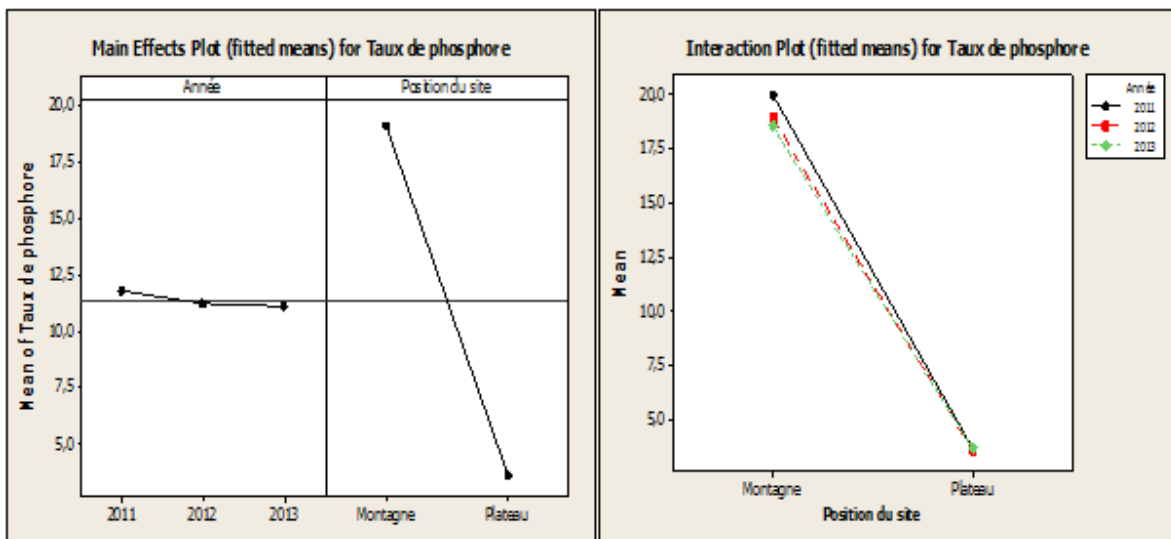


Figure 5. Évolution du taux de phosphore en fonction de l'année et du relief du sol (plateau et montagne) dans différentes communes du Nord-Bénin

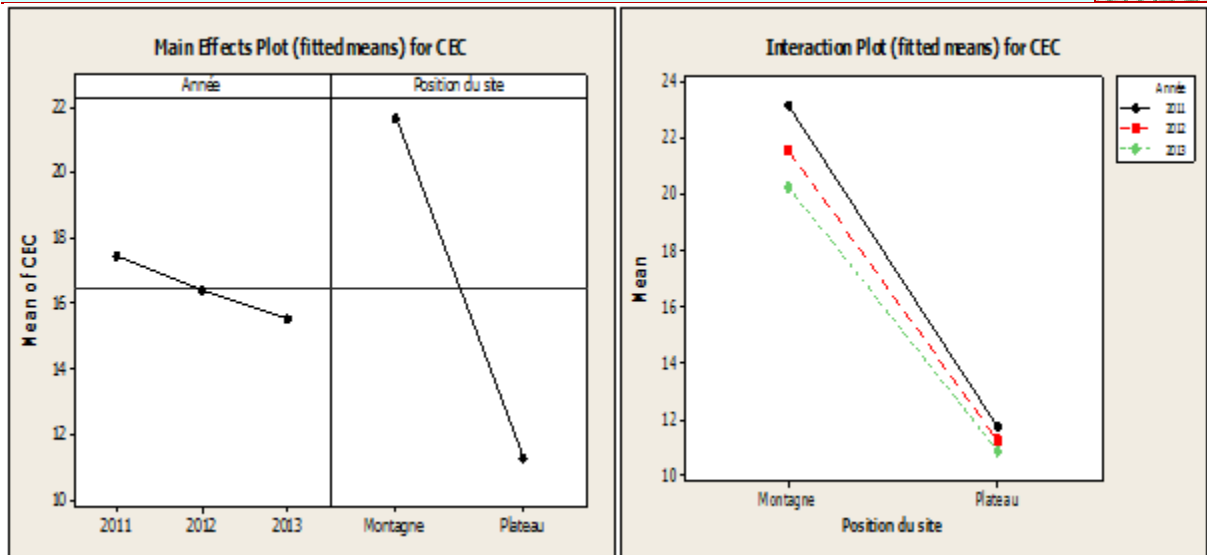


Figure 6. Évolution de la CEC en fonction de l'année et du relief du sol (plateau et montagne) dans différentes communes du Nord-Bénin

4.4 Niveaux de fertilité des sols dans les villages d'étude au nord-ouest de l'Atakora :

Les résultats des niveaux de fertilité chimique des

sols dans les villages d'étude au nord-ouest de l'Atakora sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Niveaux de fertilité chimique des sols dans les villages d'étude au nord-ouest de l'Atakora entre 2011 et 2013

Bérécingou

Limitations	Hv	Mv	Bv
MO (%)	3,42 (f)	3,95 (f)	4,98 (f)
N (%) à pH 6	0,08 (m)	0,08 (m)	0,11 (f)
P. ass. Bray 1	26,47 (f)	29,71 (f)	31,21 (f)
K (méq/100g de sol)	1,07 (f)	1,09 (f)	1,06 (f)
Somme (S) (méq/100g)	15,87 (f)	19,06 (f)	20,23 (f)
Saturation en base (%)	>100 (f)	>100 (f)	90 (f)
C.E.C (méq/100g sol)	13,28 (m)	16,09 (m)	22,34 (m)
Niveau de fertilité	II (moyen)	II (moyen)	I-II (élevé-moyen)

Koussantikou

Limitations	Hv	Mv	Bv
MO (%)	3,77f	5,22f	6,11f
N (%) à pH 6	0,06 m	0,07 m	0,08 m
P. ass. Bray 1	26,96 f	30,88 f	21,1 f
K (méq/100g de sol)	1,11 f	1,11 f	1,12 f
Somme (S) (méq/100g)	17,51 f	15,71 f	14,64 f
Saturation en base (%)	98 f	83 f	81 f
C.E.C (méq/100g sol)	17,81 m	18,91 m	18,12 m
Niveau de fertilité	II (moyen)	II (moyen)	II (moyen)



Koumagou A

Limitations	Hv	Mv	Bv
MO (%)	3,32 (f)	4,30 (f)	4,84 (f)
N (%) à pH 6	0,07 (m)	0,10 (f)	0,13 (f)
P. ass. Bray 1	36,06 (f)	22,99 (f)	26,54 (f)
K (méq/100g de sol)	1,18 (f)	1,14 (f)	1,16 (f)
Somme (S) (méq/100g	18,01 (f)	16,24 (f)	18,42 (f)
Saturation en base (%)	>100 (f)	>100 (f)	>100 (f)
C.E.C (méq/100g sol)	14,69 (m)	12,50 (m)	14,06 (m)
Niveau de fertilité	II (moyen)	I-II (élevé-moyen)	I-II (élevé-moyen)

Kounakogou

Limitations	Hv	Mv	Bv
MO (%)	3,64 (f)	4,02 (f)	5,45 (f)
N (%) à pH 6	0,12 (f)	0,26 (f)	0,36 (f)
P. ass. Bray 1	25,69 (f)	30,56 (f)	24,96 (f)
K (méq/100g de sol)	1,20 (f)	1,41 (f)	1,26 (f)
Somme (S) (méq/100g	21,89 (f)	19,21 (f)	20,91 (f)
Saturation en base (%)	93 (f)	84 (f)	75 (f)
C.E.C (méq/100g sol)	17,34 (m)	17,97 (m)	23,28 (m)
Niveau de fertilité	I-II (élevé-moyen)	I-II (élevé-moyen)	I-II (élevé-moyen)

Ouankou

Limitations	Hv	Mv	Bv
MO (%)	2,24 (f)	2,59 (f)	2,95 (f)
N (%) à pH 6	0,07 (m)	0,10 (f)	0,13 (f)
P. ass. Bray 1	26,27 (f)	20,82 (f)	21,25 (f)
K (méq/100g de sol)	1,05 (f)	0,98 (f)	1,07 (f)
Somme (S) (méq/100g	16,01 (f)	17,19 (f)	17,24 (f)
Saturation en base (%)	38 (s)	35 (s)	39 (s)
C.E.C (méq/100g sol)	41,87 (f)	48,75 (f)	43,75 (f)
Niveau de fertilité	II-III (moyen à bas)	II-III (moyen à bas)	II-III (moyen à bas)

Manougou

Limitations	Hv	Mv	Bv
MO (%)	4,10 (f)	4,77 (f)	4,99 (f)
N (%) à pH 6	0,11 (f)	0,12 (f)	0,16 (f)
P. ass. Bray 1	31,21 (f)	26,96 (f)	30,86 (f)
K (méq/100g de sol)	1,02 (f)	1,41 (f)	1,00 (f)
Somme (S) (méq/100g	17,62 (f)	17,55 (f)	18,16 (f)
Saturation en base (%)	83 (f)	>100 (f)	74 (f)
C.E.C (méq/100g sol)	21,25 (m)	11,25 (m)	24,53 (m)
Niveau de fertilité	I-II (élevé-moyen)	I-II (élevé-moyen)	I-II (élevé-moyen)

Tchakalakou

Limitations	Hv	Mv	Bv
MO (%)	3,73 (f)	4,52 (f)	6,01 (f)



N (%) à pH 6	0,05 (m)	0,06 (m)	0,06 (m)
P. ass. Bray 1	32,14 (f)	24,38 (f)	20,85 (f)
K (méq/100g de sol)	0,97 (f)	0,94 (f)	0,99 (f)
Somme (S) (méq/100g)	18,60 (f)	16,29 (f)	16,99 (f)
Saturation en base (%)	61 (f)	75 (f)	72 (f)
C.E.C (méq/100g sol)	30,63 (f)	21,56 (m)	23,44 (m)
Niveau de fertilité	I-II (élevé-moyen)	II (moyen)	II (moyen)

Ouansokou

Limitations	Hv	Mv	Bv
MO (%)	2,69 (f)	2,90 (f)	3,39 (f)
N (%) à pH 6	0,04 (s)	0,05 (m)	0,06 (m)
P. ass. Bray 1	27,61 (f)	28,19 (f)	29,53 (f)
K (méq/100g de sol)	0,97 (f)	0,95 (f)	1,07 (f)
Somme (S) (méq/100g)	16,82 (f)	15,29 (f)	17,73 (f)
Saturation en base (%)	58 (m)	53 (m)	56 (m)
C.E.C (méq/100g sol)	29,06 (f)	29,06 (f)	31,56 (f)
Niveau de fertilité	II-III (moyen à bas)	II (moyen)	II (moyen)

Source : Résultats recherches

L'analyse du tableau XIII ci-dessus, révèle que dans l'ensemble les sols des villages étudiés ont des niveaux de fertilité suivants : moyen, élevé-moyen, moyen à bas et élevé. Entre 2011 et 2013, 41,66 % des sols étudiés appartiennent à la classe de niveau de fertilité moyen, 41,66 % sont de la classe de niveau élevé-moyen, 16,67 % de la classe de niveau de fertilité moyen-bas et 0,02 % seulement de niveau de fertilité élevé (presque nul). Ce résultat (41,66 % de niveau de fertilité élevé-moyen) peut s'expliquer par l'effet d'accumulation de la matière organique, suite à la décomposition des débris végétaux qui sont entraînés vers le bas par les eaux de ruissellement. Cependant, la grande partie (42 %) des échantillons de sols étudiés montre un niveau de fertilité moyen, preuve que les sols des

montagnes ne sont pas encore totalement dégradés. Mais aussi 42% (41,66%) sols de plateaux sont de niveau moyen-bas. Ceci dénote de leur forte dégradation.

4. 5 Dégradation biologique et chimique des sols : De l'analyse des données des tableaux XIV (Annexe 2), il apparaît que les différents sols de plateaux dont les échantillons sont analysés ont de déficit en matière organique, en phosphore et en potassium. Lesdits sols ont une bonne teneur en azote et pH neutre (5,97 à 7,10). Les sols de plateaux qui abritent les cultures sont donc de ce fait biologiquement et chimiquement dégradés à cause d'une surexploitation pendant plusieurs années. Cependant, ces sols sont astreints à un lessivage qui cause de préjudice aux productions agricoles.

5 DISCUSSION

Les paysans du nord-ouest de l'Atakora pratiquent dans leur système agricole, une vieille tradition de succession de cultures faisant suivre aisément d'une saison à l'autre la même culture (Sorgho) qui a la réputation d'être épuisante (Kombienou et al, 2014). En plus le non respect des doses d'engrais chimiques ou le non utilisation de fertilisants conduit à un

appauvrissement prolongé des terres à cause du manque d'éléments nutritifs. Par ailleurs, une des techniques locales courantes est le nettoyage par le feu surtout aux pieds des arbres. Bien que primitive, elle permet aux paysans une préparation des parcelles, sans peine en limitant aussi la perte de temps et le coût de la main d'œuvre. Cette pratique très répandue, a un



inconvenient qui sur le plan écologique, est très préjudiciable pour le sol. Les éléments minéraux s'isolent et sont emportés par le vent et les causes de drainage et de ruissellement (Azontondé, 1993). L'exploitation continue des terres sans l'utilisation des techniques de restauration et de conservation adaptées amène indubitablement à la dégradation totale des sols (Lal, 1976; Azontondé, 1993). Ceci explique l'état actuel des sols des plateaux au nord-ouest de l'Atakora dont les caractéristiques chimiques sont très faibles quelles que soient les localités considérées. En effet, la prise en compte des taux de carbone et de l'azote montre que les teneurs en carbone et en azote des sols des plateaux varient respectivement entre 0,20 et 2,76 % puis entre 0,02 et 0,10 % alors que dans les sols des versants des montagnes des mêmes localités, ces teneurs sont beaucoup plus élevées variant entre 1,15 et 3,98 % pour les teneurs en carbone et entre 0,04 et 0,25 % de taux d'azote. Dans les Communes du nord-ouest de l'Atakora, il y a plus de 40 ans (Willaine, 1963) ou plus de 30 ans (Faure, 1977)

6 CONCLUSION

La plupart des techniques adoptées sur des terres de la chaîne de l'Atakora sont uniquement endogènes ou endogènes améliorées à l'exception des engrais minéraux. L'étude a permis de se rendre à l'évidence que l'érosion, la dégradation accélérée, l'appauvrissement des sols ainsi que la pénurie des terres arables sous une forte pression démographique sont les problèmes agricoles majeurs. Il apparaît que la majorité des sols sont caractérisés par un niveau élevé-moyen de fertilité

7 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Azontonde H. A., 1993. Dégradation et restauration des Terres de barre (sols ferrallitiques faiblement désaturés argilo-sableux) au Bénin. La gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES), Cahiers Orstom, Série. Pédologie, vol., 28 n° 2, pp. 217-226.
- Baize D., 2000. Guide des analyses en pédologie, 2^e édition revue, choix expression –

présentation – interprétation, institut national de la recherche Agronomique, 147, Rue de l'Université, Paris, CEDEX 07France, pp. 38-120.

Demon A., 1991. Activités humaines et dégradation de l'environnement dans la Circonscription Urbaine de Kandi. Mémoire de Maîtrise de Géographie, FLASH /UNB, 101 p.

dans l'horizon superficiel des sols, le taux de carbone organique était de 2,44 % et le taux d'azote total de 0,14 %. Ainsi, autrefois les sols de ces Communes étaient plus fertiles. Ce qui explique l'immigration de bon nombre de peuples dans ces localités dans les années 1960. Les teneurs en phosphore assimilable des sols du nord-ouest de l'Atakora varient de 1,40 à 7,48 ppm sur les sols de plateaux et de 11,05 à 27,81ppm sur les sols de montagnes. Ces teneurs sont très faibles d'après l'échelle de fertilité pour le phosphore assimilable Bray-I définie par Horn (1971), cité par Boyer (1982) sur les sols de plateaux. Ceci confirme l'état de dégradation des sols de plateaux des Communes du nord-ouest de l'Atakora qui sont caractérisés en majorité par un niveau élevé-moyen de fertilité. Par contre les valeurs moyennes et élevées en phosphore sur les sols de montagnes témoignent que ces sols sont de niveau moyen et élevé-moyen de fertilité. Il est alors important de recourir aux techniques de conservation et de restauration des sols avant leur mise en culture.

et un état actuel des caractéristiques physico-chimiques très faible. En somme l'étude a montré que les sols de la zone d'étude sont caractérisés par un niveau moyen, élevé-moyen et moyen à bas de fertilité. Cependant, les seuls éléments ne suffisent pas pour qualifier du niveau de dégradation irréversible des sols du milieu d'étude. Il est nécessaire d'avoir une mesure des rendements, du niveau de dégradation des sols pour leur caractérisation totale.



- Faure P., 1977. Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000ème, Feuille de Natitingou (06), Notice explicative N° 66 (6 et 8) ORSTOM, Paris, pp. 37-38.
- Fotsing J.M., 1993. Erosion des terres cultivées et propositions de gestion conservatoire des sols en pays Bamiléké (Ouest-Cameroun). Maison de la Télédétection, Laboratoire Orstom, Montpellier, France, 5 p.
- Horn H. S., 1971. The adaptive Geometry of Trees. Princeton University Press. 1 Jav1971 ; Amazon, France. 144p.
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique), 2004. Cahier des villages et quartiers de villes, département de l'Atacora Direction des Études Démographiques, Cotonou, Bénin, pp 7-8.
- INSAE (Institut National de la Statistique et de l'Analyse Économique), 2013. Quatrième Recensement Général de la Population et de l'Habitation, Mai-Juin 2013, Dynamique de la population, Résultats provisoires, Cotonou, Bénin, 8 p.
- Kombienou P.D., Arouna O., Azontonde H.A., Mensah G. A. et Sinsin A. B., 2014. Influences des activités agricoles sur la fertilité des sols de la chaîne de l'Atakora au nord-ouest du Bénin. Rev. Sc. Env. Univ., Lomé (Togo), 2014, n°11(spécial) ISSN 1812-1403. , LaRBE, 1, pp. 381-404.
- Koussey K. N., 1977. Le peuple Otâmmari : Essai de synthèse historique (des origines à l'invasion coloniale Européenne -1897). Mémoire de maîtrise, UNB, Bénin, 244 p.
- Lal R., 1976 : Soil erosion on alfisol in Western Nigeria. Geoderma, 16, pp. 363-441.
- Natta J. N. K., 1999. Tradition et développement : Occupation, exploitation du sol et organisation spatiale chez les Bètammaribè du Nord-Bénin. Mémoire de Maîtrise, UNB/Bénin, 1999, Cotonou, Bénin, 138 p.
- Ouorou Barre I., 2014. Contraintes climatiques, pédologiques et production agricole dans l'Atacora (nord-ouest du Bénin). Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abomey-Calavi ; École Doctorale Pluridisciplinaire « Espace, Société et Développement », Cotonou, Bénin, 264p.
- PAP, 1976. Principes de classification et d'évaluation des terres pour la République du Bénin 36 p.
- SYS, 1976. SYS C., RANST VAN E., DEBAVEYE J., BEERNAERT F., (1993) : Land evaluation, part III crop requirements, Agricultural publications-N°7, General Administration for Development Cooperation. Place du Champ de mars 5 bté 57-1050 Brussels-Belgium, pp.67-147.
- Tchegnon P., 2006. Étude sur le rôle de la commune de Boukombé dans la promotion économique et la valorisation des filières porteuses. MAEP, Bénin 60 p.
- Tchegnon P., 2006. Étude sur le rôle de la commune de Natitingou dans la promotion économique et la valorisation des filières porteuses. MAEP, Bénin 85 p.
- Tchegnon P., 2006. Étude sur le rôle de la commune de Tanguéta dans la promotion économique et la valorisation des filières porteuses. MAEP, Bénin 68 p.
- Willaine P., 1956. Étude pédologique de Boukombé, Mission d'Études au Dahomey, Office de Recherche Scientifique et Technique Outre-mer, Cotonou, Bénin, 34 p.



ANNEXE

Tableau 14 : Résultats de l'analyse des propriétés physico-chimiques des sols de plateaux affectés par les pratiques culturales dans les villages d'études de 2011 à 2013

Communes	Cultures	Villages	Année	Corg			N _{tot} (%)			Pass (ppm)			CEC			pH			Argile (%)			Limons Sables			Texture
				I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	I	I				
Natitingou	Maïs	Bérécingou	EG	0,62	0,54	0,43	0,030	0,025	0,028	2,64	3,42	3,05	10,81	9,45	10,28	3,97	4,41	4,68	18,30	21,25	60,00	LS			
			MD	1,07	0,93	1,03	0,045	0,050	0,046	1,63	2,02	1,75	12,34	10,09	10,21	4,96	4,08	5,00	16,90	23,75	60,10	LS			
			ED	0,78	0,45	0,49	0,035	0,041	0,038	2,64	3,03	2,84	12,44	10,87	9,97	4,90	4,76	4,88	19,00	20,05	61,07	LS			
	Sorgho	Koussantikou	EG	0,29	0,17	0,20	0,025	0,040	0,032	2,25	2,18	2,20	7,34	7,81	7,09	3,92	5,85	4,15	14,20	24,00	61,50	LS			
			MD	0,76	0,64	0,69	0,030	0,060	0,045	2,83	1,40	2,75	11,25	8,91	8,02	4,08	3,81	4,00	20,14	20,75	59,11	LAS			
			ED	1,78	1,03	0,74	0,060	0,035	0,045	4,19	2,64	3,43	8,28	8,12	8,03	4,36	3,85	4,10	20,54	19,50	60,02	LAS			
Boukombé	Fonio et voandzou	Koumagou A	EG	1,22	0,71	1,19	0,035	0,040	0,036	2,45	1,94	2,25	10,47	10,69	10,43	7,35	5,09	6,32	18,20	21,00	60,80	LS			
			MD	1,72	1,58	1,57	0,065	0,080	0,071	7,29	6,45	7,00	10,50	9,50	9,75	5,41	5,23	5,32	19,65	20,34	60,00	LS			
			ED	1,57	1,49	1,11	0,055	0,080	0,065	1,63	4,38	3,08	10,19	10,07	9,65	5,20	5,03	5,15	23,90	20,25	56,12	LAS			
	Mil et niébé	Kounacogou	EG	1,66	0,96	1,50	0,075	0,080	0,078	2,45	4,58	3,20	13,13	13,34	12,75	6,08	4,68	5,45	30,16	19,05	51,00	LAS			
			MD	1,26	0,73	1,32	0,055	0,050	0,060	2,64	2,45	2,56	9,99	9,97	10,69	5,79	7,05	6,61	20,40	19,50	60,04	LAS			
			ED	1,03	0,60	1,74	0,050	0,045	0,048	4,58	2,64	3,89	10,84	10,28	9,40	4,68	4,77	4,70	33,00	14,05	53,00	LAS			
Tanguiéta	Sorgho et niébé	Ouankou	EG	2,28	1,32	0,91	0,060	0,080	0,070	4,64	6,90	5,55	12,28	11,87	11,21	5,43	5,79	5,60	33,60	15,05	52,35	LAS			



Communes	Cultures	Villages	Année	Corg			N _{tot} (%)			Pass (ppm)			CEC			pH			Argile (%)	Limons Sables		Texture
				I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	I	I	
Communes			MD	1,24	0,72	0,59	0,026	0,030	0,028	2,41	2,45	2,43	12,47	12,75	12,42	4,89	5,04	5,00	20,90	19,05	60,00	LAS
			ED	1,10	0,94	1,42	0,040	0,035	0,037	2,64	2,47	2,54	12,19	12,75	10,54	4,71	4,35	4,54	29,05	17,00	54,00	LAS
			EG	3,74	2,17	2,76	0,065	0,09	0,075	3,80	3,42	3,65	12,53	11,25	12,31	5,23	4,73	4,90	40,06	20,00	40,00	LA-A
	Sorgho	Manougou	MD	3,84	2,23	2,47	0,060	0,045	0,055	2,64	2,45	2,55	12,72	12,86	11,25	5,35	3,76	5,79	26,96	23,50	51,60	LAS
			ED	1,93	1,12	2,02	0,106	0,065	0,075	2,83	2,45	2,67	12,81	12,53	12,87	5,56	3,56	5,86	30,15	19,75	50,20	LAS
			EG	1,65	1,54	1,34	0,065	0,070	0,067	3,02	4,77	3,97	13,00	12,63	12,53	4,90	4,85	4,90	35,06	18,00	47,04	LA
Toucountouna	Maïs	Tchakalakou	MD	1,60	0,93	0,87	0,045	0,060	0,055	7,48	5,19	6,85	12,81	12,56	11,53	4,71	4,14	4,75	30,60	24,75	62,90	LAS
			ED	2,22	1,77	1,84	0,050	0,035	0,045	6,51	5,16	5,89	12,81	12,44	11,63	5,02	4,49	4,97	34,40	18,00	47,55	LA
			EG	2,90	2,48	2,49	0,070	0,065	0,066	3,80	4,00	3,90	14,50	14,06	13,54	4,21	4,22	4,20	37,00	20,55	42,43	LA
	Mil	Ouansokou	MD	2,90	2,16	2,51	0,080	0,055	0,065	3,30	3,00	3,54	15,81	15,06	15,75	4,74	4,31	4,54	20,90	15,75	63,35	LAS
			ED	1,43	2,00	1,80	0,060	0,058	0,055	6,16	6,40	6,25	9,81	9,56	8,41	4,79	4,57	4,65	25,51	21,75	52,75	LAS
			EG	2,90	2,48	2,49	0,070	0,065	0,066	3,80	4,00	3,90	14,50	14,06	13,54	4,21	4,22	4,20	37,00	20,55	42,43	LA

EG=Extrême gauche ; ED=Extrême droite et MD= Milieu diagonales



Tableau 15 : Résultats de l'analyse des propriétés physico-chimiques des sols des montagnes affectés par les pratiques culturales dans les villages d'études de 2011 à 2013

Communes	Cultures	Villages	Année	Corg			N _{tot} (%)			Pass (ppm)			CEC			pH			Argile (%)	Limon Sables		Texture
				I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	I	I	
Naitingou	Maïs	Bérécingou	EG	2,82	1,15	1,43	0,155	0,125	0,128	11,97	11,42	11,05	17,81	16,45	13,28	3,97	4,41	4,68	18,30	21,25	60,00	LS
			MD	2,92	1,67	2,03	0,154	0,150	0,146	18,69	12,02	11,75	22,34	16,09	16,21	4,96	4,08	5,00	16,90	23,75	60,10	LS
			ED	3,90	1,88	2,49	0,201	0,181	0,138	22,98	23,03	22,84	22,34	20,87	12,97	4,90	4,76	4,88	19,00	20,05	61,07	LS
	Sorgho	Koussantikou	EG	1,08	1,16	1,20	0,135	0,133	0,132	13,80	12,18	12,20	17,34	17,81	17,09	3,92	5,85	4,15	14,20	24,00	61,50	LS
			MD	1,10	1,56	1,69	0,175	0,160	0,145	14,68	11,40	12,75	21,25	18,91	18,02	4,08	3,81	4,00	20,14	20,75	59,11	LAS
			ED	1,79	1,72	1,74	0,173	0,135	0,145	18,76	17,64	17,43	18,28	18,12	18,03	4,36	3,85	4,10	20,54	19,50	60,02	LAS
Boukombé	Fonio et voandzou	Koumagou A	EG	1,80	1,45	1,91	0,155	0,140	0,136	16,48	15,94	15,25	20,47	14,69	15,43	7,35	5,09	6,32	18,20	21,00	60,80	LS
			MD	1,95	1,96	1,57	0,172	0,180	0,171	13,39	12,45	12,00	22,50	12,50	19,75	5,41	5,23	5,32	19,65	20,34	60,00	LS
			ED	2,60	2,96	2,11	0,214	0,210	0,165	11,69	11,38	11,08	27,19	14,07	20,65	5,20	5,03	5,15	23,90	20,25	56,12	LAS
	Mil	noukouunou	EG	2,46	2,55	2,50	0,125	0,119	0,118	13,02	13,58	13,20	23,13	17,34	18,75	6,08	4,68	5,45	30,16	19,05	51,00	LAS
			MD	2,85	2,58	2,32	0,264	0,250	0,230	18,20	17,45	16,56	26,09	17,97	20,69	5,79	7,05	6,61	20,40	19,50	60,04	LAS
			ED	3,12	2,62	2,74	0,364	0,245	0,240	27,22	26,64	25,89	19,84	23,28	20,40	4,68	4,77	4,70	33,00	14,05	53,00	LAS
Tanguéta	Sorgho et niébé	Ouankou	EG	2,25	3,02	2,91	0,095	0,090	0,100	24,53	23,90	23,55	23,28	21,87	21,21	5,43	5,79	5,60	33,60	15,05	52,35	LAS
			MD	2,37	3,24	2,59	0,105	0,103	0,102	26,72	26,45	25,43	25,47	28,75	25,42	4,89	5,04	5,00	20,90	19,05	60,00	LAS



Communes	Cultures	Villages	Année	Corg			N _{total} (%)			Pass (ppm)			CEC			pH			Argile (%)	Limons Sables		Texture	
			ED	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	I	I		
			EG	2,98	3,72	2,42	0,106	0,103	0,101	11,50	11,47	11,34	27,19		21,54	4,71	4,35	4,54	29,05	17,00	54,00	LAS	
Sorgho	Manougou	EG	1,57	1,49	2,76	0,092	0,092	0,085	23,28	22,42	21,65	24,53		22,31	5,23	4,73	4,90	40,06	20,00	40,00	LA-A		
		MD	2,26	1,91	2,47	0,092	0,104	0,055	25,47	24,45	23,55	26,72	23,86	11,25	5,35	3,76	5,79	26,96	23,50	51,60	LAS		
		ED	2,43	2,47	2,02	0,102	0,106	0,075	27,19	26,45	25,67		17,81	24,53	21,87	5,56	3,56	5,86	30,15	19,75	50,20	LAS	
Toucountouna	Mais	Tchakalakou	EG	2,39	2,65	2,34	0,102	0,107	0,067	27,81	26,77	25,97	25,00		27,53	4,90	4,85	4,90	35,06	18,00	47,04	LA	
			MD	3,59	3,38	2,87	0,105	0,106	0,055	17,81	17,19	16,85	31,81		21,56	22,53	4,71	4,14	4,75	30,60	24,75	62,90	LAS
			ED	3,98	4,33	2,84	0,115	0,103	0,045	27,50	26,16	25,89	17,81		23,44	18,63	5,02	4,49	4,97	34,40	18,00	47,55	LA
	Mil	Ouansokou	EG	2,93	2,28	2,49	0,102	0,105	0,066	22,81	22,00	21,90	27,50	29,06	26,54	4,21	4,22	4,20	37,00	20,55	42,43	LA	
			MD	2,33	2,94	2,51	0,103	0,105	0,065	27,81	27,00	26,54	22,81		29,06	25,75	4,74	4,31	4,54	20,90	15,75	63,35	LAS
			ED	3,12	3,67	2,80	0,104	0,108	0,055	15,15	14,40	14,25	27,81		31,56	30,41	4,79	4,57	4,65	25,51	21,75	52,75	LAS

EG=Extrême gauche ; ED=Extrême droite et MD= Milieu diagonales