

## **Dégradations des sols et baisse de la production agricole dans l'arrondissement de Lagdo : cas du terroir de Djalingo-Kapsiki, Nord-Cameroun**

**Christian ADEFAGUE MBOURYANG<sup>1\*</sup>, Simon Djakba BASGA<sup>2</sup> et Sylvain AOUDOU DOUA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Université de Ngaoundéré, Département de Géographie, UFD, BP 454 Ngaoundéré, Cameroun*

<sup>2</sup> *Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD), Station Polyvalente de Garoua, BP 415 Garoua, Cameroun*

<sup>3</sup> *Université de Maroua, Département de Géographie, BP 46 Maroua, Cameroun*

(Reçu le 05 Août 2022 ; Accepté le 27 Septembre 2022)

---

\* Correspondance, courriel : [christianadefague@gmail.com](mailto:christianadefague@gmail.com)

### **Résumé**

Les sols ferrugineux tropicaux du Nord-Cameroun sont réputés pour leur sensibilité au phénomène de dégradations. Les paysans reconnaissent que leurs sols sont épuisés lorsque leur productivité diminue au cours du temps. Cependant, le phénomène de dégradation est plus décrit que quantifié. Dans le but de déterminer l'effet de la baisse du niveau de fertilité des sols sur la régression des rendements agricoles, une étude a été menée dans le terroir de Djalingo-Kapsiki, dans la partie septentrionale du Cameroun. Cette étude s'est basée sur des enquêtes effectuées auprès des producteurs et des analyses physico-chimiques des sols en laboratoire. Les résultats d'analyses montrent que les sols ont une texture sableuse, avec un pH relativement neutre, alors qu'ils sont pauvres en NPK et l'activité biologique n'y atteint pas son optimum. Les rendements agricoles ont baissé de 17 % environ sur une période de dix ans et 36 % de la population du terroir est aujourd'hui victime de l'insécurité alimentaire.

**Mots-clés :** *sols, dégradations, production agricole, Lagdo, Nord-Cameroun.*

### **Abstract**

**Soils degradations and crops productions decline in Lagdo subdivision: the case of Djalingo-Kapsiki, North Cameroon**

The tropical ferruginous soils from North Cameroon are recognized for their sensitivity to degradation processes. The farmers recognize that their soils are exhausted when crops become lower over the time. However, this degradation phenomenon is more described than quantified. In order to explain the decline in agricultural yields by the decline of the soils fertility, a study was carried out in the Djalingo-Kapsiki terroir, located in the Northern part of Cameroon. This study was based on soils surveys carried out among producers and soil analyzes in the laboratory. It appeared that the soils had a sandy texture with a relatively neutral pH, while they were poor in NPK and biological activity does not reach its optimum. Crops yields reduced by around 17 % over a ten-year period and 36 % of the local population is now victims of food insecurity.

**Keywords :** *soils, degradations, agricultural production, Lagdo, North Cameroon.*

## 1. Introduction

La dégradation des sols est de nos jours un problème global. En effet, la forte démographie et le manque de nouvelles terres agricoles sont à l'origine d'une pression intense sur les parcelles disponibles sans que ces dernières n'aient un temps de jachère pour se régénérer. Mis à cette épreuve, le sol se dégrade au fil du temps. Les estimations de la perte annuelle des sols fertiles oscillent entre 24 milliards de tonnes [1] et 75 milliards de tonnes [2, 3]. Elle va crescendo d'une année après une autre. De 1960 à 2000 par exemple, 350 millions d'hectares de terres se sont dégradées ou ne sont plus arables [4]. La superficie globale des terres fortement dégradées a augmenté, passant de 15 % en 1991 à 25 % en 2011. Au regard de l'importance et de l'ampleur du phénomène, l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) [5] a déclaré l'année 2015 « année internationale des sols ». Le phénomène de dégradation a une forte incidence sur la production agricole et se traduit par une chute des rendements agricoles. D'ailleurs, si la tendance à la dégradation des terres continue sur les 25 années à venir, la production agricole diminuera de 12 %, ce qui ferait augmenter de 30 % les prix de certaines denrées, [6]. Même si la fertilité du couvert pédologique reste éprise par la dégradation à l'échelle mondiale, elle demeure toutefois plus pesante dans les pays en voie de développement et plus accentuée en Afrique Subsaharienne. Depuis environ une décennie, les agriculteurs du terroir de Djalingo-Kapsiki au Nord Cameroun qui vivent essentiellement de l'agriculture font de plus en plus face à des bilans mitigés de leurs productions agricoles. Plusieurs paramètres peuvent expliquer cette baisse de rendements. Selon [7], les principales composantes du milieu qui déterminent la fertilité sont le climat et le sol. Loin d'embrasser tous ces domaines, cette étude a pour objectif de se focaliser uniquement sur la connaissance de l'état des propriétés des sols en vue de déterminer leur productivité agricole.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Site d'étude

Localisée dans la région du Nord Cameroun, la commune de Lagdo est située à 65 Km de Garoua, chef-lieu de la région. Elle est située au 09°03'440,4'' latitude Nord, et 13°39'335,5'' longitude Est. Le terroir de Djalingo-Kapsiki où s'est déroulée cette étude, est une localité située au Sud-Est de la ville de Lagdo, chef-lieu de l'arrondissement. Ladite région est caractérisée par deux saisons fortement contrastées : une saison sèche, qui s'étale sur six à sept mois (novembre à avril), et une saison de pluies de cinq à six mois qui s'étale de mai à octobre. La pluviométrie moyenne annuelle évaluée de 1989 à 2019 est de 913,70 mm. Les températures sont élevées avec une moyenne de 29,7°C, et des maximas atteignant 42 à 45°C au mois d'avril. C'est un climat tropical du type soudano-sahélien. Sa géomorphologie est un domaine du glacis avec une couverture pédologique constituée des vertisols, des planosols, des stagnosols et des sols tropicaux lessivés. Le terroir de Djalingo-Kapsiki est particulièrement dominé par les sols tropicaux lessivés.

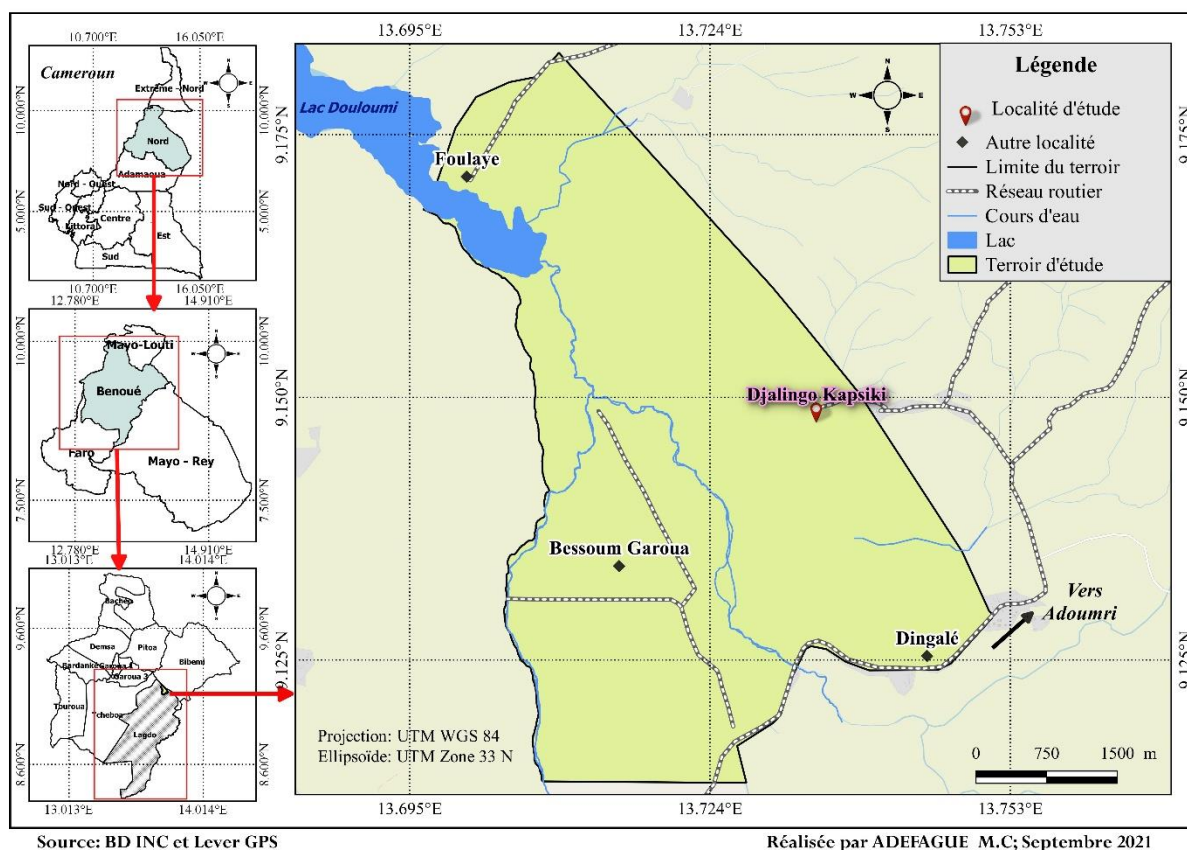


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

## 2-2. Méthodes

Pour atteindre efficacement les objectifs de cette recherche, nous avons fait recours à une méthode qui s'est appuyée sur la recherche documentaire et les travaux de terrain d'une part et de laboratoire d'autre part.

### 2-2-1. Enquêtes et entretiens

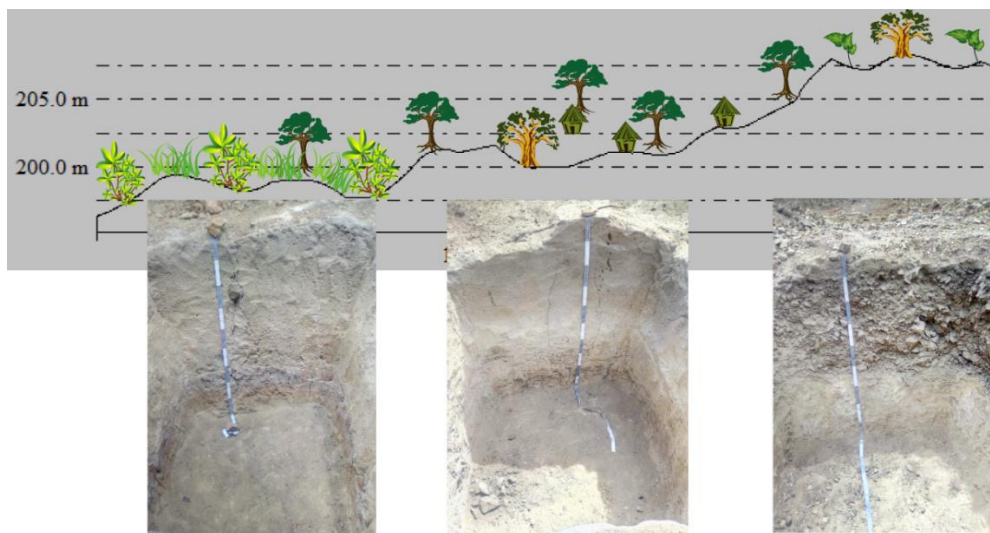
Un questionnaire a été élaboré en fonction des objectifs de la recherche. Il fut administré à 66 agriculteurs du terroir de Djalingo-Kapsiki. Chaque agriculteur a été enquêté sur une surface de plus ou moins 1 ha de parcelle exploitée, soit un total de 66 ha environ. Les questions ont porté sur différentes rubriques. Les rubriques abordées sont : l'exploitation et la gestion de la parcelle ; le rendement et la sécurité alimentaire. Ceci pour la décennie 2010 - 2019.

### 2-2-2. Échantillonnage des sols

En ce qui concerne l'échantillonnage des sols pour les analyses au laboratoire, nous nous sommes servis de la tarière. Le carottage à la tarière a une profondeur d'environ 20 cm, ce qui correspond au profil cultural du sol. Cette profondeur est le niveau moyen de pénétration des racines. Pour cela, plusieurs carottages furent effectués par prélèvement :

- 15 pour une parcelle d'un quart d'hectare (2 500 m<sup>2</sup>) ou moins d'un quart d'hectare ;
- 25 pour une parcelle d'un demi-hectare (5 000 m<sup>2</sup>) ou un quart et demi-hectare ;
- 35 pour une parcelle de plus d'un demi-hectare.

Les carottages se sont fait le long des deux diagonales de la parcelle, tous les 9 mètres environ. Toute terre carottée a été récupérée dans un sceau. Ces terres ont été bien mélangées et homogénéisées. Ceci étant, nous avons procédé ensuite à un prélèvement d'environ 500g de terre qui a été recueillie dans un plastique indiqué. Chaque échantillon fut en fin codé avant d'être expédié au laboratoire pour les différentes analyses. La prise de terre pour la densité apparente ( $D_a$ ) du sol a été effectuée une fois par parcelle, au centre de celle-ci. A l'endroit du sol à prélever, environ 1cm a été dégagé. Cet exercice s'est effectué grâce à un cylindre de densité. Il consiste à enfoncer le cylindre dans le sol jusqu'à ce que la terre soit au niveau du bord supérieur du cylindre. A l'aide d'un couteau, la terre autour du cylindre est dégagée. Le cylindre est ensuite retiré avec beaucoup de précautions pour ne pas faire tomber la terre qu'il contient, la terre est rasée au niveau des bords du cylindre. Le contenu est ensuite recueilli dans un sachet plastique correspondant à celui mentionné ci-haut puis codé avec une précision  $D_a$ . Au total, cinq échantillons des sols ont été prélevés dans des parcelles jugées dégradées. L'échantillonnage s'est déroulé en fin Octobre 2020, pendant les moments des récoltes. Le premier et le deuxième échantillon ont été prélevés en haut de versant (HV), le troisième et le quatrième échantillon ont été prélevés à mi versant (MV), alors que l'échantillon numéro cinq a été pris en bas de versant (BV) selon la **Figure 2**.



**Figure 2 :** Distribution des profils pédologiques selon la toposéquence

### 2-2-3. Analyses physico-chimiques des échantillons des sols

Exceptée la densité apparente du sol et la porosité qui ont été mesurées sur le terrain, toutes les analyses ont été effectuées au Laboratoire d'Analyses des Sols et de Chimie de l'Environnement (LABASCE) de la Faculté d'Agronomie et de Sciences Agricoles (FASA) de l'université de Dschang au Cameroun. Ces analyses ont été effectuées sur la fraction fine ( $> 2\text{mm}$ ). Les paramètres analysés sont : la granulométrie, le pH, la matière organique (MO), les bases échangeables (BE), la capacité d'échange cationique (CEC), l'azote total ( $N_{\text{tot}}$ ), et le phosphore assimilable (pass). Pour la  $D_a$ , les échantillons ont été soumis à l'étuve pour être séchés jusqu'à masse constante puis mesurés selon la **Formule** :

$$\text{Densité apparente (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Poids du sol sec}}{\text{Volume du sol}} \quad (1)$$

La Porosité du sol est obtenue selon la **Formule** :

$$\text{Porosité (\%)} = 100 \left( 1 - \frac{D_a}{D_r} \right) \text{ avec pour } D_r = 2,65 \text{ g/cm}^3 \quad (2)$$

Les différentes fractions granulométriques ont été déterminées par une analyse mécanique. Le pH-eau est mesuré grâce à un pH mètre dans une suspension sol-eau déminéralisée dont le rapport sol/eau = 1/ 2,5. Le pourcentage du carbone organique CO (%) a été dosé par la méthode de [9] qui est une oxydation par voie humide. Le taux de la matière organique (MO) est déterminé par la **Formule** :

$$\%MO = \%CO \times 1,724 \tag{3}$$

La détermination des teneurs en bases échangeables (Ca, Mg, K, Na) a été effectuée après extraction à l'acétate d'ammonium 1N à pH 7. Le taux de saturation en bases échangeables (V) a été obtenu par la **Formule** :

$$V(\%) = (S/T) * 100 \tag{4}$$

Quant à la détermination de la teneur en azote total, elle a été effectuée selon la méthode de Kjeldahl [10], tandis que le phosphore assimilable a été déterminé par la méthode de [11]. L'interprétation des données pédologiques est faite selon [12] tels que l'illustre le **Tableau 1**.

**Tableau 1 : Statut de fertilités du sol**

Propriétés	Appréciation				
	Très bas	Bas	Moyen	Elevé	Très élevé
MO %	< 1	1 - 2	2 - 4,2	4,2 - 6	> 6
N Total %	< 0,05	0,05 - 0,125	0,125 - 0,225	0,225 - 0,30	> 0,30
C/N	< 10 = Bon ; 10 - 14 = Moyen et > 14 = Pauvre				
Ca cmol+ kg <sup>-1</sup>	< 2	2 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20
Mg cmol+ kg <sup>-1</sup>	< 0.5	0.5 - 1.5	1.5 - 3	3 - 8	> 8
K cmol+ kg <sup>-1</sup>	< 0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 0.6	0.6 - 1.2	> 1.2
Na cmol+ kg <sup>-1</sup>	< 0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 0.7	0.7 - 2.0	> 2.0
P mg kg <sup>-1</sup>	< 7	7 - 16	16 - 46	> 46	-
pH	5.3-6.0 = modérément acide; 6.0-7.0 = peu acide; 7.0-8.5 modérément alcalin				
CEC	< 6	6 - 12	12 - 25	25 - 40	> 40
S/CEC %	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100

Source : Beernaert et Bitondo (1992)

### 3. Résultats

#### 3-1. Propriétés des sols

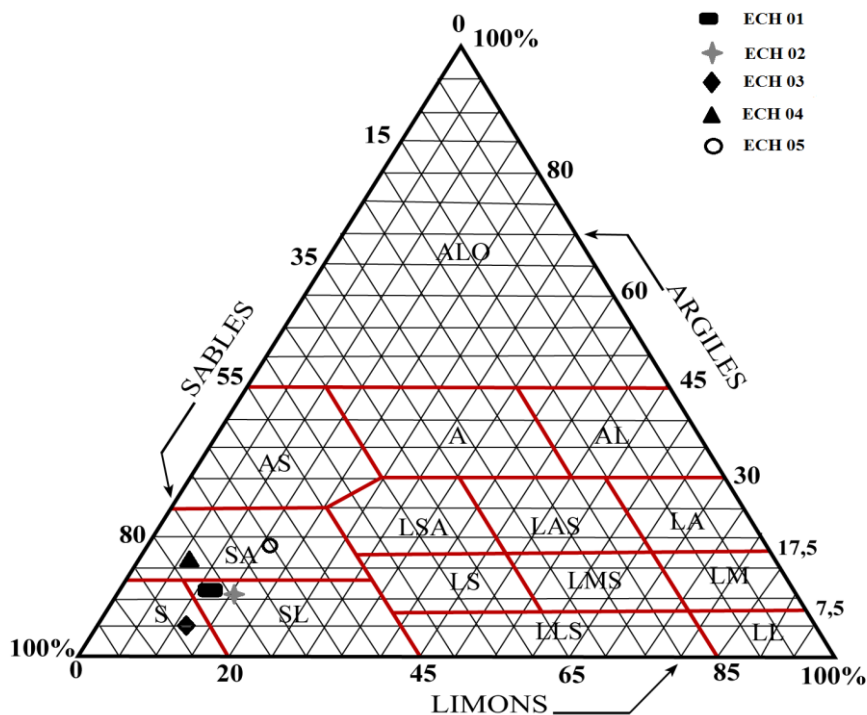
##### 3-1-1. La texture, densité apparente et porosité totale du sol

Les résultats des cinq échantillons de sols analysés révèlent qu'en moyenne, les sols de la zone d'étude sont composés de 76,30 % de sables ; de 12,90 % d'argiles et de 10,80 % de limons. La portion du sable dans les sols varie de 65 % à 83 %, celle d'argiles va de 6,50 à 19 %, alors que le limon fluctue autour de 8 et 16 % (**Tableau 2**). En général, la mesure des densités apparentes (Da) des cinq échantillons fait savoir que la Da minimale du milieu d'étude est de 1,50 g.cm<sup>3</sup> et que la maximale est de l'ordre de 1,83 g.cm<sup>3</sup> (**Tableau 2**). La moyenne est ainsi de l'ordre de 1,67 g.cm<sup>3</sup> pour la zone. Elle est plus élevée en bas de versant (1,83 g.cm<sup>3</sup>) où le sol est plus lourd par rapport aux autres échantillons avec 19 % d'argiles. Elle diminue au fur et à mesure que l'on évolue en altitude. La moyenne en mi versant est de 1,68 g.cm<sup>3</sup> et de 1,58 g.cm<sup>3</sup> en haut de versant. La porosité (P) du milieu varie de 30,94 % à 43,39 % pour les sols mesurés, soit une moyenne de 36,96 %. L'on constate que les porosités les plus élevées se situent dans les plus hautes altitudes. Elle est plus importante en haut de versant, puis en mi versant et plus basse au pied de versant (**Tableau 2**).

**Tableau 2 : Proportion granulométrique, densité apparente, porosité totale et position des échantillons des sols sur la toposéquence**

Code Echantillon	Sables (%)	Limons (%)	Argiles (%)	Densité apparente (g.cm <sup>3</sup> )	Porosité (%)	Position sur la toposéquence
ECH 01	78	9	13	1,50	43,39	HV
ECH 02	78,50	10,50	11	1,66	37,35	HV
ECH 03	83	10,50	6,50	1,71	35,47	MV
ECH 04	77	8	15	1,65	37,73	MV
ECH 05	65	16	19	1,83	30,94	BV

*HV = Haut de versant, HM = Mi versant, BV = Bas de versant*



**Figure 3 : Classes texturales des échantillons**

### **3-1-2. Propriétés physico-chimiques : pH, Bases échangeables, CEC, Taux de saturation, matière organique, rapport C/N et Phosphore assimilable du sol**

Le pH-H<sub>2</sub>O des différents échantillons varie entre 6,30 et 7,10. La moyenne de ce dernier est de 6,80 pour l'ensemble des échantillons. Il est connu que le pH KCl donne des valeurs plus basses, mais moins fluctuantes selon les périodes de l'année, que le pH-H<sub>2</sub>O. A Djalingo-Kapsiki, le couvert pédologique fait état de lieu d'un pH KCl qui varie de 5,70 à 6,40 (**Tableau 3**). La somme des bases échangeables (S) est la somme des cations basiques (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> et Na<sup>+</sup>) susceptibles d'être fixés sur des sites négatifs dans un sol. Elle varie de 3,91 méq/100 g à 9,68 méq/100 g. Les valeurs les plus basses sont enregistrées en HV et la plus haute valeur en BV (**Tableau 3**). Le Ca<sup>2+</sup> et le Mg<sup>2+</sup> sont les bases les plus abondantes dans les sols de Djalingo-Kapsiki. Le **Tableau 3** montre une forte variabilité des teneurs en Ca<sup>2+</sup> dans le terroir étudié. Avec une moyenne de 3,17méq/100g, la valeur la plus basse du Ca<sup>2+</sup> (0,80 méq/100g) est enregistrée en HV alors que sa valeur la plus haute (6,64 méq/100g) est obtenue en BV. Le Mg<sup>2+</sup> varie de de 1,64 à 5,52 méq/100g, et sa moyenne est de 3,13 méq/100g. Les données montrent que la disponibilité du potassium (K<sup>+</sup>) dans un sol est indépendant

de sa position sur la toposéquence. Ce dernier part de 0,01 méq/100g pour culminer à 0,05 méq/100g et est en moyen 0,03 méq/100g dans les sols du terroir. Excepté en HV où il est absent dans l'un des deux échantillons prélevés à ladite position, la teneur en Na<sup>+</sup> est constant (0,02 méq/100g) dans tous les échantillons. La CEC est en moyenne 17,94 méq/100g. Dans le milieu, son niveau minimum est de 13,44 méq/100g et son niveau maximum est de 28,24 méq/100g. Le faible taux de saturation en bases est localisé en HV (21,27 %) alors que le taux le plus élevé se situe en BV (68,74 %). Le phosphore assimilable (P) est plus élevé dans les HV. Il est en moyen 9,80 mg/kg. Le carbone (C%) des parcelles agricoles du terroir de Djalingo-Kapsiki fluctue entre 0,58 % et 1,92 %. Il est de l'ordre de 1,17 % en moyenne. La MO des sols analysés varie de 1 % à 3,30 %, soit une moyenne de 2,03 %. L'indice de l'intensité des processus d'humification et de minéralisation de la MO se traduit par le rapport entre la teneur en carbone organique et la teneur en azote total du sol (rapport C/N). Les résultats indiquent que le rapport C/N le plus élevé du terroir de Djalingo-Kapsiki est de 38,56 % alors que le plus bas niveau est de 13,53 %. Le phosphore assimilable (P) est plus élevé dans les HV. Il est en moyen 9,80 mg/kg (**Tableau 3**).

**Tableau 3 : Propriétés physico-chimiques des sols**

Caractéristiques		ECH 01	ECH 02	ECH 03	ECH 04	ECH 05
pH eau		7	6,90	7,10	6,30	6,90
pH KCl		6,30	5,70	6,40	5,80	5,90
Bases échangeables (méq/100 g)	Ca <sup>2+</sup>	2,72	0,80	1,68	4	6,64
	Mg <sup>2+</sup>	1,64	3,04	5,52	2,44	3
	K <sup>+</sup>	0,01	0,05	0,05	0,01	0,02
	Na <sup>+</sup>	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02
Somme des bases échangeables (méq/100g)		3,91	4,37	7,26	6,46	9,68
C.E.C pH7 (méq/100 g)		18,40	15,52	13,44	28,24	14,08
Taux de saturation (V%)		21,27	28,16	54,03	22,88	68,74
C%		1,92	0,62	0,58	0,83	1,92
M.O (%)		3,30	1,07	1,00	1,43	3,30
Rapport C/N (%)		38,56	13,53	13,89	17,51	18,88
Phosphore assimilable (mg/kg)		15,86	12,14	9,00	5,85	6,16

**3-1-3. Corrélation linéaire entre les propriétés des sols**

Les coefficients de corrélation (r de Pearson) des différentes propriétés des sols sont présentés dans le **Tableau 4**. Les corrélations significatives à un degré de liberté  $p \leq 0,05$  sont aussi bien positives que négatives. Elles sont positives entre le L% et N% ( $r = 0,91, p = 0,03$ ), la Da et la Somme des bases échangeables (S) ( $r = 0,90, p = 0,04$ ) ; la Da et le V% ( $r = 0,87, p = 0,05$ ) ; le pH KCl et le K<sup>+</sup> ( $r = 0,96, p = 0,01$ ) ; et entre V% avec S ( $r = 0,88, p = 0,04$ ). Elle est parfaite entre la MO et le C% où  $r = 1$  et  $p = 0,00$ . Au revers de ce qui précède, il ressort que toutes les corrélations significatives entre le sable (S %) et les autres éléments du sol sont négatives. Il existe ainsi une corrélation négative entre S% et A% ( $r = -0,91, p = 0,02$ ), entre S% et N % ( $r = -0,97, p = 0,00$ ), puis entre S% et le Ca<sup>2+</sup> ( $r = 0,87, p = 0,05$ ). La Da de son côté, a également une corrélation négative avec la porosité (P%) soit  $r = -0,99$  avec  $p = 0,00$ . Il en va de même entre P% et S ( $r = -0,89, p = 0,03$ ) et P% avec V% ( $r = -0,87, p = 0,05$ ). Cette négativité est aussi significative entre le pH H<sub>2</sub>O et la CEC où  $r = -0,92$  et  $p = 0,02$ .

Tableau 4 : Matrice de corrélation de Pearson des propriétés physiques et chimiques du sol

	S%	L%	A%	Da	P%	pHH <sub>2</sub> O	pHKCl	N%	C%	MO%	C/N	P	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	CEC	S	V%	
S%	1																			
L%	-0,79	1																		
A%	-0,91*	0,48	1																	
Da	-0,58	0,80	0,31	1																
P%	0,58	-0,80	-0,31	-0,99*	1															
pHH <sub>2</sub> O	0,13	0,37	-0,43	0,02	-0,01	1														
pHKCl	0,42	-0,14	-0,58	-0,29	0,30	0,60	1													
N%	-0,97*	0,91*	0,79	0,68	-0,68	0,06	-0,24	1												
C%	-0,68	0,45	0,68	-0,06	0,057	0,19	0,17	0,67	1											
MO%	-0,68	0,45	0,68	-0,06	0,06	0,19	0,17	0,67	1*	1										
C/N	-0,04	-0,22	0,21	-0,70	0,70	0,17	0,43	-0,00	0,74	0,74	1									
P	0,42	-0,36	-0,37	-0,78	0,79	0,53	0,37	-0,43	0,20	0,20	0,66	1								
K <sup>+</sup>	0,37	-0,14	-0,45	-0,45	0,45	0,68	0,96*	-0,23	0,32	0,32	0,62	0,59	1							
Na <sup>+</sup>	-0,37	0,21	0,39	0,02	-0,02	0,02	0,54	0,43	0,70	0,70	0,55	-0,16	0,49	1						
Ca <sup>2+</sup>	-0,87*	0,73	0,78	0,82	-0,82	-0,36	-0,59	0,84	0,27	0,27	-0,40	-0,78	-0,66	0,16	1					
Mg <sup>2+</sup>	0,35	0,06	-0,54	0,17	-0,16	0,48	0,84	-0,12	-0,13	-0,13	-0,08	-0,11	0,67	0,44	-0,28	1				
CEC	0,09	-0,63	0,28	-0,37	0,36	-0,92*	-0,34	-0,29	-0,12	-0,12	0,12	-0,25	-0,39	0,09	0,03	-0,39	1			
S	-0,63	0,75	0,42	0,90*	-0,89*	-0,04	-0,04	0,74	0,18	0,18	-0,43	-0,83	-0,22	0,44	0,79	0,35	-0,21	1		
V%	-0,52	0,88*	0,18	0,87*	-0,87*	0,41	0,16	0,71	0,19	0,19	-0,39	-0,53	0,03	0,32	0,59	0,49	-0,64	0,88*	1	

\*Signifiant avec  $p \leq 0.05$



### 3-2. Évolution des productions agricoles de 2010 à 2019

#### 3-2-1. Une production agricole en baisse

Les surfaces exploitées (66 ha) ne sont pas concédées aux types de spéculations de façon équitable. Cette variation s'observe d'une année à une autre. Toutefois, l'agriculteur affecte généralement plus de surfaces au cotonnier qu'aux autres types de cultures. L'on concède également plus de parcelles au maïs et à l'arachide qu'au sorgho SP (Saison Pluviale) (*Figure 4*).

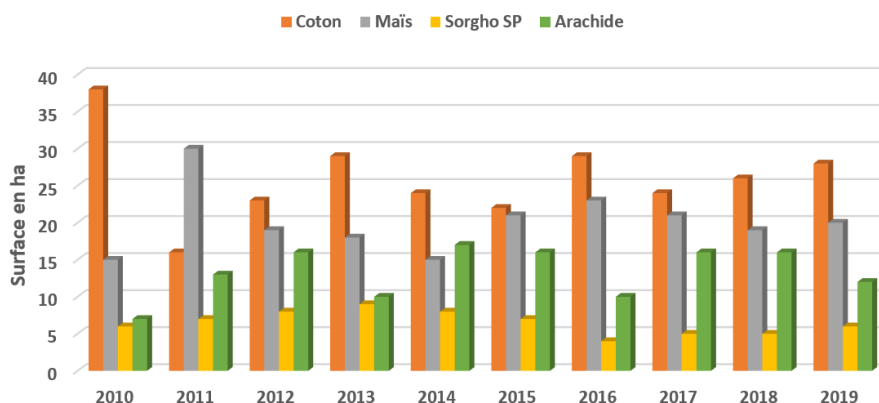


Figure 4 : Surface occupée par type de culture de 2010 à 2019

La quantité de production obtenue pour une culture quelconque est relative à la grandeur de surfaces affectées à ce type de culture. Les corrélations entre spéculations et surface emblavée pour chacune de ces dernières sont fortes. Le coefficient de corrélation  $r = 0,90$  pour le coton,  $r = 0,94$  pour le sorgho SP et l'arachide, il est de 0,99 pour le soja. Ce dernier est de l'ordre de 0,86 pour le maïs. L'analyse des données sur la production agricole durant la décennie comprise entre 2010 et 2019 instruit qu'il y a eu deux séquences distinctes de productions. Lesdites séquences se situent sur la période de 2010 à 2011 et de 2012 à 2019. La première séquence est celle durant laquelle les paysans ont connu une plus importante production avec une moyenne de 110 857 Kg. La deuxième séquence de production qui est en baisse fait état de lieu d'une production agricole moyenne de l'ordre de 92 035 Kg. Il s'avère que la rupture d'équilibre a vu le jour durant l'année 2012 (année d'une forte pluviométrie à l'origine d'une forte inondation) comme on peut le voir sur la *Figure 5*.

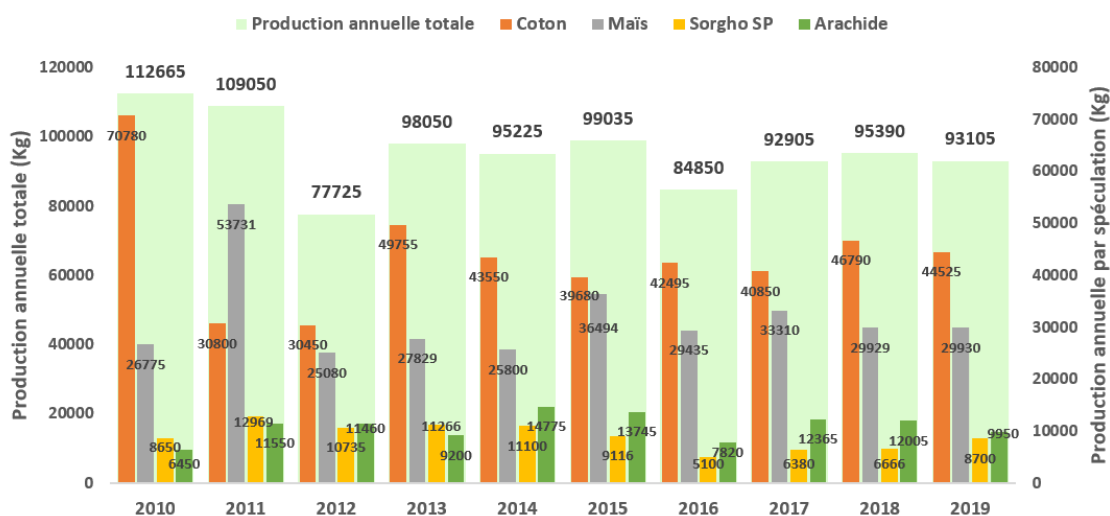


Figure 5 : Évolution de la production agricole du terroir de Djalingo-Kapsiki de 2010 à 2019

### 3-2-2. Baisse des rendements agricole et insécurité alimentaire

Quatre principales spéculations sont régulièrement cultivées à Djalingo-Kapsiki. Ce sont le coton, le maïs, le sorgho SP et l'arachide. Toutes ces spéculations ont enregistré une baisse en rendement durant la décennie susmentionnée. Le **Tableau 5** présente le rendement moyen des quatre principales spéculations observé pendant une décennie. Sur une période de dix ans (cumulés), il s'avère que le rendement moyen du coton est de 1 655,30 Kg/ha avec une variation de 19,05 % ; celui du maïs qui est de 1 580,17 Kg/ha fluctue à 20,22 %. Le sorgho SP a un rendement moyen de 1 362,41 Kg/ha et ce rendement varie à 14,56 %. L'arachide dont le coefficient de variation est le plus bas (12,65 %) enregistre aussi le plus bas rendement moyen qui est de 809,77 Kg/ha.

**Tableau 5 : Statistique descriptive des rendements de 2010 à 2019**

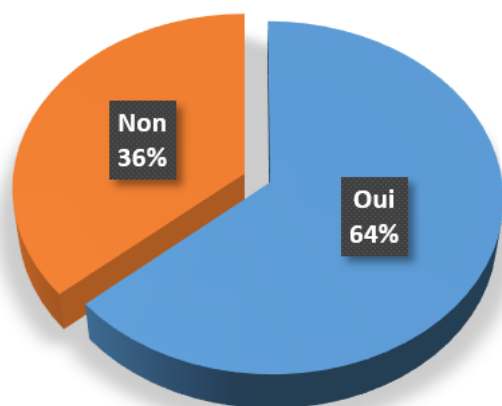
Culture	Minimum (Kg/ha)	Maximum (Kg/ha)	Moyenne (Kg/ha)	Ecart-type	Coefficient de variation
Coton	1 000	2 700	1 655,30	315,49	19,05 %
Maïs	933	2 550	1 580,17	319,55	20,22 %
Sorgho SP	800	1 850	1 362,41	198,46	14,56 %
Arachide	500	950	809,77	102,50	12,65 %

Pris in extremis, pour l'année 2010 et 2019, il s'avère qu'au total, 836,36 Kg de rendements pour toutes les spéculations ont été perdus. Cette perte varie d'une spéculation à une autre (**Tableau 6**) comme le prouve le coefficient de variation ci-précédent.

**Tableau 6 : Statistique descriptive des rendements moyens des spéculations pour les années 2010 et 2019**

Spéculation	Année 2010	Année 2019	Différence (Kg)
	Rendement moyen (Kg/ha)	Rendement moyen (Kg/ha)	
Coton	1 852,42	1 590,17	262,24
Maïs	1 779,54	1 496,50	283,04
Sorgho SP	1 441,66	1 242,85	198,80
Arachide	921,42	829,16	92,26

Mis à l'épreuve d'une baisse de rendements de plus en plus drastique, certains paysans de Djalingo-Kapsiki ne parviennent plus à subvenir à leurs besoins alimentaires tout au long de l'année. La **Figure 6** résume les différentes réponses apportées par les paysans à la question de savoir si les rendements suffisaient pour nourrir le ménage durant toute une année.



**Figure 6 : Diagramme de la situation alimentaire de Djalingo-Kapsiki**

Au demeurant, 36 % de cultivateurs du terroir de Djalingo-Kapsiki sont souvent victimes de famine.

#### 4. Discussion

L'état des propriétés physiques et chimiques des échantillons des sols analysés font savoir que les différentes fonctions du couvert pédologique ne sont pas du tout assurées de façon optimale. Ceci au risque de compromettre les rendements agricoles. Sur le plan physique, une projection des différentes fractions granulométriques (argiles, limons, et sables) sur le triangle textural de [13] (*Figure 3*) permet de comprendre que le sol est sablo-limoneux en HV, sableux en mi-pente et sablo-argileux au pied de pente. Les propriétés des sols de la présente étude sont dominées par le sable ( $\geq 65\%$ ). Or, les sols très sableux ont moins de capacité à retenir les nutriments que les sols argileux, [14]. En d'autres termes, les sols sableux ont une faible capacité de rétention en eau, et sont ainsi sujet au phénomène du lessivage des éléments nutritifs. [15] précise que le lessivage est un problème particulier aux régions à forte pluviosité ( $> 30\text{mm/jour}$ ) et aux sols sableux à grains grossiers ( $> 35\%$  de sable). En ce qui concerne la Da, [16] précise qu'elle est en moyenne de  $1,45\text{ g/cm}^3$  et peut atteindre  $1,80\text{ g/cm}^3$  dans les sols très compacts. Les densités apparentes au-dessus de  $1,75\text{ g/cm}^3$  pour les sables et  $1,46 - 1,63\text{ g/cm}^3$  pour les limons et argiles empêchent la pénétration des racines [17]. Tous les échantillons ont une Da au-dessus de la moyenne. Toutefois, le sol sablo-argileux au pied de pente dont la Da est de  $1,83\text{ g/cm}^3$  est très compact et poserait un problème de pénétration des racines. Sur le plan chimique, les pH eau sont dominés par la neutralité (*Tableau 1*), excepté en BV où il est légèrement acide pour l'échantillon 04. Ces valeurs de pH seraient en relation avec les teneurs en bases échangeables (*Tableau 3*). Toutefois, tous ces échantillons qui présentent un pH KCl inférieur à 6,50 (la valeur optimale du pH KCl des sols sous culture) courent un risque d'acidification. En effet, selon [18], le pH KCl est considéré comme le pH vers lequel le pH eau va évoluer si rien n'est fait. Le N total, très bas pour tous les échantillons de sols serait dû aux pratiques culturales caractérisées par une faible utilisation des fertilisants, un respect moindre de la rotation des cultures avec les légumineuses et une collecte systématique des résidus de récolte pour l'alimentation du bétail en saison sèche.

La teneur en phosphore est relativement faible en mi et bas de pente. Selon [12], le  $\text{K}^+$  et le  $\text{Na}^{2+}$  étant tous deux  $< 0,10$  dans tous les échantillons, présentent un niveau très bas dans le couvert pédologique. En HV et MV, le  $\text{Ca}^{2+}$  est soit très bas (échantillons 01 et 03), ou bas dans (échantillons 04 et 02). Il est moyen en BV. S'agissant du  $\text{Mg}^{2+}$ , les échantillons 02, 03 ont un niveau élevé en cet élément alors que les trois restes d'échantillons ont un niveau moyen dudit élément. La carence très prononcée du niveau de l'azote et du potassium dans le sol s'explique par la texture sableuse du sol qui est favorable au phénomène du lessivage. Selon [15], le lessivage concerne principalement les minéraux d'azote (particulièrement le nitrate  $\text{NO}_3^-$ ) et des bases échangeables (K et Mg) qui sont souvent lessivées avec  $\text{NO}_3^-$ . Le phosphore n'est généralement pas susceptible au lessivage sauf dans des sols sableux à grains très grossiers. Les sols ont un niveau bas en MO en MV. En HV, le niveau de la MO est hétérogène (bas pour l'échantillon 02 et moyen pour l'échantillon 01). La MO est moyenne en BV. C'est l'équilibre entre les apports organiques et la minéralisation qui détermine la teneur de la matière organique [19]. Excepté les échantillons 02 et 03 où le rapport C/N est moyen, ce dernier reste faible dans la zone d'étude. De façon générale, un taux de 4 à 8 % de matière organique correspond à une bonne productivité et à une bonne capacité de minéralisation. Ceci est loin d'être le cas pour le couvert pédologique étudié. En réalité, certains sols ont un taux de MO au-dessous du seuil critique qui est de 1,50 %. Cette faible teneur en MO serait due à une faible restitution des résidus de récolte au sol d'une part et aux températures très élevées en saison sèche qui favoriserait une minéralisation rapide de cette MO. Dans ce milieu étudié, l'export des résidus agricoles est plus important que l'apport organique. En outre, la régularité des feux de brousse surtout en saison sèche, serait favorable à cette minéralisation rapide. Ceci étant, leur fertilité diminue rapidement [20]. Le niveau élevé du rapport C/N signifie que les activités biologiques n'atteignent pas leur optimum en milieu sol, elles y sont faibles. Il est ainsi clair que les fonctions du sol ne sont pas parfaitement assurées dans la localité de Djalingo-Kapsiki. Toutes choses égales par

ailleurs, les rendements agricoles sont en conséquence mitigés. De 2010 à 2019, le paysan de ladite localité aurait perdu 262,24 Kg de cotons ; 283,04 Kg de maïs ; 198,80 Kg de sorgho SP et 92,26 Kg d'arachides. Au total, il ressort à partir de la production moyenne de 2010 à 2011 et de 2012 à 2019 que la baisse de la production agricole est de l'ordre de 17 % environ. Cette baisse s'expliquerait par plusieurs facteurs dont la baisse de la fertilité des sols, la variabilité climatique et l'invasion des ravageurs dont la chenille légionnaire d'automne (*Helicoverpa armigera*) observée cette dernière décennie. Les dégradations du sol dans le milieu d'étude s'expliquent par une forte activité érosive qui est exacerbée par les activités anthropiques inadéquates comme la surexploitation des champs et des ligneux, et la culture sur brulis. En effet, cette zone accidentée est sujette à l'érosion, responsable du lessivage des sols. Elle y procède à travers les ruissellements qui prennent naissance à partir des monts Adoumri. Les ruissellements qui déclenchent l'érosion hydrique, emportent les particules fines du sol. Ces particules qui contiennent plus d'éléments nutritifs des plantes sont sédimentées dans les bas-fonds du bassin versant de la Bénoué où se forment des vertisols topomorphes, reconnus riches pour la culture du Sorgho de décrue et du riz. De même, l'usage des herbicides constitue également un véritable poison pour la faune du sol. Dans la pratique, la mise en culture des parcelles passe par une pulvérisation des herbes par les glyphosates tels que le *Roundup* et le *Gramoxone*. Au-delà de leurs effets sur les herbes, ces produits détruisent la faune du sol à l'instar des vers de terre. Comme a dit [21], la disparition des vers de terre et de certaines autres faunes du sol prive les champs des réseaux de canalisations (jusqu'à 500 mètres linéaires par m<sup>2</sup> de terre) qui assurent la respiration du sol, le déplacement de l'eau vers les profondeurs (et donc la diminution du ruissellement), la pénétration des racines des plantes et la circulation verticale des matières organiques.

## 5. Conclusion

Les résultats obtenus par cette investigation ont permis de savoir que les sols du terroir étudié sont dominés par une texture sableuse. Le pourcentage élevé de cette particule texturale prédispose le couvert pédologique du milieu au phénomène de lessivage. Les sols du terroir courent un risque d'acidification avec un niveau bas de la matière organique, ce qui limite les activités biologiques du sol. Le bilan des éléments nutritifs révèle une carence en éléments minéraux du sol ; la productivité du sol est ainsi limitée. Les productions agricoles ont en conséquence baissé de l'ordre de 17 % environ durant la décennie 2010-2019 compromettant en conséquence la sécurité alimentaire de 36 % de paysans de Djalingo-Kapsiki. La carence en éléments nutritifs peut être corrigée par un apport des fertilisants, surtout organiques. Les résultats de l'étude de [22] ont montré que les apports organiques ont permis une amélioration significative au seuil de 5 % des teneurs en MO, de la CEC, de la somme de bases échangeables et du pH du sol. D'autre part, [23] fait savoir que l'apport d'un amendement calcique favorise non seulement la disponibilité du P et du Mg, mais favorise également l'enracinement, augmente la teneur en Calcium des herbes, et améliore l'état structurel du sol pour les sols pauvres en MO à faible CEC. En plus de ceci, la construction des cordons pierreux et la pratique de l'agroforestérie avec les espèces adaptées à la zone Soudano-sahélienne telles que l'*Acacia polyacantha*, l'*Acacia senegal*, et le *Faidherbia albida* ou l'*Acacia albida* serviront non seulement à atténuer l'érosion, l'une des principales causes de la dégradation dans ce milieu, mais aussi à réhabiliter la fertilité du sol [24, 25] comme cela a été expérimenté ailleurs.

## Références

- [1] - ELD Initiative et UNEP, L'économie de la dégradation des terres en Afrique : les bénéfices de l'action l'emportent sur ses frais, (2015) 159 p., [www.eld-initiative.org](http://www.eld-initiative.org)
- [2] - L. GNACADJA, From combating desertification in drylands to global land degradation neutrality - the Zero Net Land Degradation, Ed. Ben-Gurion, University of the Negev, (2012)
- [3] - H. ESWARAN, R. LAL and P. F. REICH, Land Degradation : an Overview. Proceedings of the 2nd International Conference on Land Degradation and Desertification, Ed. Oxford Press Khon Kaen, Thailand, (2001)
- [4] - D. NAHON, Sauvons l'agriculture, Ed. Odile Jacob, Soufflot, (2012) 264 p.
- [5] - FAO, Année internationale des sols, FAO, Rome, (2014) 4 p.
- [6] - GIZ et KfW, 25 ans de réhabilitation et de conservation des sols au Sahel : Soutien aux efforts des populations rurales du Niger, GIZ - KfW, Bonn and Eschborn, (2015) 37 p.
- [7] - C. PIERI, Fertilité des terres de savane : bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au sud du Sahara, Ministère de la Coopération et CIRAD-IRAT, Paris, (1989) 444 p.
- [8] - J. M. PAUWELS, E. VAN RANST, M. VERLOO et A. MVONDO ZE, Manuel de laboratoire de pédologie, Agence Générale de la Coopération au Développement, Bruxelles, 28 (1992) 265 p.
- [9] - A. WALKEY and I. A. BLACK, An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter arid a proposed chromic acid titration method, *Soil Science*, 37 (1934) 29 - 38
- [10] - J. M. BREMNER, Total nitrogen, inorganic forms of nitrogen, organic form of nitrogen, Ed. C. A Black et al. *Methods of soils analysis*, N° 9, Part 2 (1965) 1149 - 1255
- [11] - R. H. BRAY, L. T. and KURTZ, Determination of Total organic and Available Phosphorus in soils, *Soil Sci.*, 59 (1945) 30 - 45
- [12] - F. BEERNAERT and D. BITONDO, A simple and practical method to evaluate analytical data of soil profiles, CUDs, Soil Science Department. Belgia Cooperation Dschang, Cameroon, (1992) 65 p.
- [13] - D. BAIZE, Guide des analyses courantes en pédologie, INRA, Paris, (1989) 172 p.
- [14] - H. P. LINIGER, R. MEKDASCHI STUDER, C. HAUERT et M. GURTNER, La pratique de la gestion durable des terres : directives et bonnes pratiques en Afrique subsaharienne, TerrAfrica, WOCAT et FAO, Rome, (2011) 249 p.
- [15] - T. FAIRHURST, Manuel de Gestion Intégrée de la Fertilité des Sols, Consortium Africain pour la Santé des Sols, Nairobi, (2015) 169 p.
- [16] - Mémento de l'Agronome, CIRAD – GRET, Ministère de la coopération française, Paris, (1991) 1 633 p.
- [17] - T. FALL, Production herbagère et fertilité des sols : indicateurs d'intensification écologique dans le bassin de collecte de la laiterie du berger (Nord-Sénégal), Mémoire de Master, Université de Ziguinchor, (2013) 71 p.
- [18] - V. GENOT, M. RENNESON, G. COLINET, M-J. GOFFAUX, J. CUGNON, B. TOUSSAINT, D. BUFFET et R. OGER R., REQUASUD, 3ème synthèse, ASBL REQUASUD, Gembloux, (2012) 35 p.
- [19] - C. S. A. BALLOT, G. MAWUSSI, W. ATAKPAMA, M. MOITA-NASSY, T. M. YANGAKOLA, I. ZINGA, S. SILLA, W. KPERKOUMA, G. DERCON, B. KOMLAN et A. KOFFI, Caractérisation physico-chimique des sols en vue de l'amélioration de la productivité du manioc (*Manihot esculenta* Crantz) dans la région de Damara au centre-sud de Centrafrique, *Agronomie Africaine*, 28 (1) (2016) 9 - 23
- [20] - R. DOUCET, Le climat et les sols agricoles, Ed. Berger, Québec, (2006) 443 p.
- [21] - B. PARMENTIER, Nourrir l'humanité : Les grands problèmes de l'agriculture mondiale au XXIe siècle, Ed. La Découverte, Paris, (2009) 358 p.

- [22] - B. BACYE, H. S. KAMBIRE et A. S. SOME, Effets des pratiques paysannes de fertilisation sur les caractéristiques chimiques d'un sol ferrugineux tropical lessivé en zone cotonnière à l'Ouest du Burkina Faso, *International Journal of Biological and Chemical Science*, 13 (6) (2019) 2930 - 2941
- [23] - C. NGUEMEZI, P. TEMATIO, M. YEMEFACK, D. TSOZUE et T. B. F. SILATSA, Soil quality and soil fertility status in major soil groups at the Tombel area, South-West Cameroon, *Heliyon*, 6 (2020) e03432, 10 p.
- [24] - S. E. G. HUSSEIN, The influence of fallow under *Acacia senegal* (L.) Willd. on the C and N content of the soil, *Beitrage zur Tropischen Landwirtschaft und Veterinarmedizin*, 28 (2) (1990) 217 - 222
- [25] - J-M. HARMAND, C. F. NJITI et R. PELTIER, Restauration de la fertilité des sols par la jachère arborée, *L'agroforesterie pour un développement rural durable*, Montpellier, (1997) 135 - 142