

## Inventaire des bio-indicateurs floristiques de la qualité des sols de Gobala dans la région du Poro (Côte d'Ivoire)

### [ Floristic inventory of bioindicators to assess soil quality in Gobala (Poro region of Cote d'Ivoire) ]

Olayossimi ADECHINA<sup>1</sup>, Ahoua YAPI<sup>2</sup>, Antoine Kouamé N'GUESSAN<sup>3</sup>, Alphonse Konan ALUI<sup>3</sup>, and Albert YAO-KOUAME<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de pédologie et Minéralogie des sols, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Université Félix Houphouët-Boigny, BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup>Département des Sciences Biologiques, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

<sup>3</sup>Département des Sciences Biologiques, UFR des Sciences Biologiques, Université Peleforo Gon Coulibaly Korhogo, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This work assessed some bioindicators of soil quality along toposequences in Gobala (Poro Region of Cote d'Ivoire). Plant communities have been assessed in four steps (i) use plant inventories to document abundance of plants according to index by assigning a numeric score from +, 1, 2, 3, 4 and 5 respectively corresponding to an average recovery of 0%, 5%, 17.5%, 37.5% 62.5% and 85% (ii) identification of the plant species of scale (iii) distribution of different groups by significantly stands by multivariate analysis (iv) research indicator species based on behavioral indicators depending and nutrient availability. Lower slopes were characterized by 3 perennial grasses plants (*Aframomum albobviolaceum*, *Andropogon africanus*, *Hyparrhenia subplumosa*) and 5 woody plants (*Hymenocardia heudelotii*, *Pseudocedrela kotschii*, *Pterocarpus santalinoides*, *Vernonia ambigua* and *Xylopia parviflora*). Lower slopes had highest S/T and lowest C/N values of selected soil quality indicators. At middle slopes, 3 perennial herbaceous plants: *Pericopsis laxiflora*, *Chromolaena odorata* and *Hyptis suaveolens*, were indicated highest C/N (8.8) values of selected poor soil quality. At the upper slopes, *Terminalia glaucescens* indicated sandy soils (77.4%) of selected poor soil quality. Five species: *Daniellia oliveri*, *Andropogon canaliculatus*, *Crossopteryx febrifuga*, *Hyparrhenia Rufa* and *Lippia multiflora*, were far from demanding, because they can be found on various types of pedons and in different ecosystems. Further studies should help to refine the various stages of this methodology, including research indicator taxa by IndVal index [1].

**KEYWORDS:** Floristic bio-indicators, soil quality, Gobala, Poro Region, Cote d'Ivoire

**RESUME:** Des bioindicateurs de la qualité des sols basés sur l'étude des peuplements végétaux ont été mis au point suivant une procédure en quatre étapes (i) l'inventaire des espèces végétales le long de toposéquences types ouvertes à Gobala, dans la région du Poro (Côte d'Ivoire), pour étudier l'abondance des plantes selon les indices +, 1, 2, 3, 4 et 5 correspondant respectivement à un recouvrement moyen de 0%, 5%, 17,5%, 37,5%, 62,5% et 85% (ii) l'identification des végétaux à l'échelle des espèces (iii) la distribution des peuplements en groupes significativement différents par analyse multivariée (iv) la recherche de taxons indicateurs (espèces) par leur comportement en fonction de la disponibilité des nutriments: c'est la Bio-indication floristique. Les résultats montrent qu'au bas de versant, 3 herbacées pérennes (*Aframomum albobviolaceum*, *Andropogon africanus*, *Hyparrhenia subplumosa*) et 5 ligneuses (*Hymenocardia heudelotii*, *Pseudocedrela kotschii*, *Pterocarpus santalinoides*, *Vernonia ambigua* et *Xylopia parviflora*), sensibles au rapport S/T, sont indicatrices de sol de

bonne qualité. Au mi-versant, 3 herbacées pérennes : *Pericopsis laxiflora*, *Chromolaena odorata* et *Hyptis suaveolens*, sensibles à une élévation du rapport C/N (8,8) sont indicatrices de sols de mauvaise qualité. Au haut de versant, *Terminalia glaucescens* sensible aux sols sableux (77,4%), est indicatrice de sols de mauvaise qualité. Cinq espèces peu exigeantes des conditions pédoclimatiques locales (*Daniellia oliveri*, *Andropogon canaliculatus*, *Crossopteryx febrifuga*, *Hyparrhenia rufa* et *Lippia multiflora*), ont été révélées. D'autres études doivent permettre d'affiner les diverses étapes de cette méthodologie, notamment la recherche de taxons indicateurs par l'indice Indval [1].

**MOTS-CLEFS:** Bio-indicateurs floristiques, qualité des sols, Gobala, Région du Poro, Nord Côte d'Ivoire.

## 1 INTRODUCTION

Pour un meilleur rendement des cultures, il est nécessaire de s'assurer de la bonne qualité du sol [2]. Pour cela, l'on a très souvent recours aux analyses de sol telles que conseillées par l'UNESCO [3]. Cependant, le coût élevé des analyses de sol [4] rend aléatoire l'utilisation de ces méthodes par les agriculteurs. C'est pourquoi l'utilisation de la flore comme indicatrice de qualité des sols est faite depuis très longtemps par certains paysans [5], [6]. En Afrique, les bio-indicateurs de fertilité des sols sont bien connus, en milieu paysan [7], [8], [9], [10]. En effet, le développement de la flore, l'apparition ou la disparition d'une espèce végétale sont reconnus pour refléter l'évolution des conditions écologiques du milieu [4].

Ces constats ont favorisé l'intégration des connaissances indigènes dans la démarche scientifique pour une valorisation des connaissances traditionnelles [11]. Cette intégration a été réalisée par plusieurs auteurs. Au Mali, [12] a recensé une diversité d'indicateurs utilisés par les paysans : indicateurs de productivité (rendement), indicateurs physiques d'état des sols (couleur, la texture et la structure des sols) et indicateurs bio-écologiques (levée des plantes cultivées, état du développement des plantes, couleurs et taille des plants, plantes des champs). Au Niger, [13] ont montré qu'il existait une méthode traditionnelle de la gestion de la fertilité des sols. Au Burkina Faso, [14] ont concilié les connaissances indigènes avec l'approche scientifique pour comprendre l'évolution de la fertilité des sols. En Côte d'Ivoire, [15] a montré que les peuples du Nord différencient les sols en fonction de la couverture végétale. [16] quant à elle, a rapporté le caractère indicateur des plantes pour l'évaluation de la fertilité des sols.

Par conséquent, pour déterminer le niveau de fertilité des sols, il est donc nécessaire de diversifier les approches par la détermination conjointe des bio-indicateurs floristiques et des analyses de sol. Toutefois, très peu de travaux ont été consacrés à l'étude des bio-indicateurs floristiques de qualité des sols en Côte d'Ivoire. L'objectif de cette étude est donc d'inventorier les bio-indicateurs floristiques de la fertilité des sols et de les replacer par rapport aux connaissances scientifiques. Notre étude qui utilise les données quantitatives (abondance), met en évidence les relations pouvant exister entre le sol et la végétation dans la région du Poro (Côte d'Ivoire).

## 2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1 MATÉRIEL

#### 2.1.1 MATÉRIEL TECHNIQUE

Le matériel technique qui a permis de faire l'inventaire floristique est constitué d'un mètre ruban gradué, d'un récepteur GPS (Global Positioning System) de type Garmin, d'un clinomètre, d'une carte topographique au 1/50000 et d'une boussole de type TOPOCHAIX. Le matériel d'observation du milieu et de description des profils de sol est constitué de machettes, de jalons, de piquets, de marteau de géologue, de couteau de pédologue, d'un mètre ruban de 50 m, d'un mètre de menuisier de 3m, d'un code Munsell, de guides et fiches de description des sols du glossaire de l'IRD (ex ORSTOM) et d'un appareil photo numérique.

#### 2.1.2 MATÉRIEL BIOLOGIQUE

Les espèces végétales ont constitué le matériel biologique étudié.

### 2.1.3 LOCALISATION DU SITE D'ÉTUDE

L'étude a été menée dans le village de Gobala, situé à 50 km au Sud de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire) (Fig. 1). Le choix de cette zone repose sur quatre critères, à savoir l'importance et la densité de la végétation, la longueur des versants, l'accessibilité du site et le faible degré d'anthropisation. Le département de Korhogo est caractérisée par un climat tropical de type soudano-guinéen à deux saisons (une saison sèche de novembre à avril, et une saison de pluie qui s'étend de mai à octobre). Elle connaît un maximum en août et en septembre. L'essentiel des précipitations se concentre sur la période de juillet à septembre avec des pluviométries moyennes annuelles de 1200 mm. La température moyenne annuelle est de 27° C [17]. Elle appartient à la zone phytogéographique sub-soudanienne avec une mosaïque de forêts et de savanes où l'on trouve des îlots de forêts denses sèches, des forêts claires, des forêts galeries, des savanes arborées, des savanes arbustives, et des savanes herbeuses [18]. Les formations géologiques de la zone sont constituées essentiellement de roches granitiques, de granodiorites, de schistes indifférenciés et des schistes sériciteux, dont dérivent plusieurs types de sols, à savoir : des Ferralsols, des Cambisols, des Fluvisols et des Luvisols [19].

## 2.2 MÉTHODES

### 2.2.1 COLLECTE DES DONNÉES TOPOGRAPHIQUES ET PÉDOLOGIQUES

Des toposéquences ont été implantées, et différents segments topographiques : haut versant (HV), mi versant (MV) et bas versant (BV) ont été considérés au niveau de chaque toposéquence, à l'effet de détecter d'éventuelles différences (propriétés physiques), selon les types de sol [20] [21]. Au total, 270 échantillons de sols ont été prélevés dans les horizons 0-60cm, représentant, selon [22], les profils racinaires moyennement profonds des cultures vivrières. La caractérisation des sols a été effectuée selon la méthode toposéquentielle décrite par [23].

### 2.2.2 ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DES SOLS

Ces analyses réalisées selon les méthodes standards [24], ont concerné la granulométrie, le carbone (C), le pH, la teneur en azote (N), le phosphore (P) et la capacité d'échange cationique (CEC). Le carbone déterminé a été multiplié par 1,724 pour estimer la matière organique. L'échelle des mesures de la fertilité chimique du sol est basée sur [25] (Tableau 1).

**Tableau 1. Taux de matière organique et de ses différents constituants (Euroconsult, 1989)**

Taux de fertilité	MO (mg g <sup>-1</sup> )	C (mg g <sup>-1</sup> )	N (mg g <sup>-1</sup> )	C/N
Très bas	<10	<6	<0,5	<8
Bas	10-20	6-10,25	0,5-1,25	8-10
Moyen	20,1-40,2	10,26-20,5	1,26-2,25	11-15
Élevé	40,3-60	20,51-30,5	2,26-3	16-25
Très élevé	>60	>30,5	>3	>25

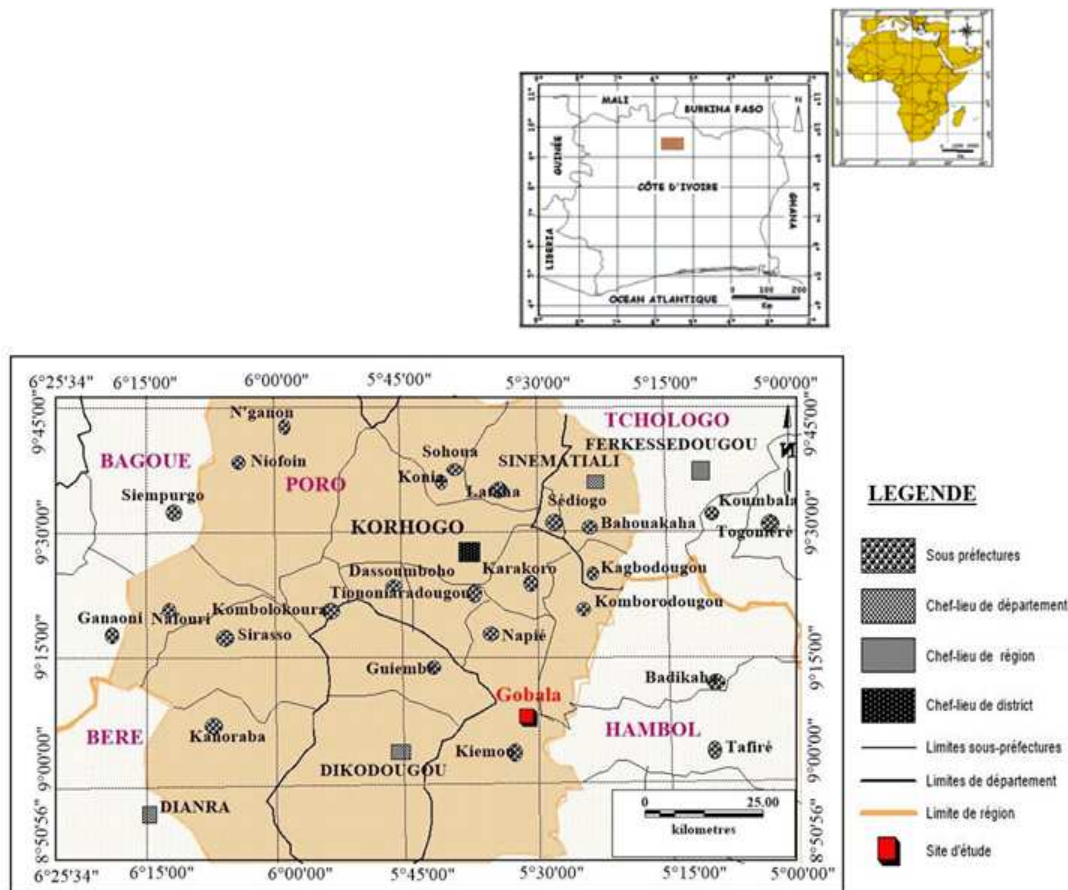


Fig. 1. Localisation du site d'étude dans le District de Korhogo

### 2.2.3 INVENTAIRE FLORISTIQUE

L'abondance-dominance caractérise à la fois le recouvrement (exprimé en pourcentage ou en dixièmes de la projection verticale sur le terrain) et la fréquence (rapport entre le nombre d'individus de cette espèce et le nombre total d'individus observés sur la surface) d'une espèce végétale dans le relevé ; elle est notée selon l'échelle suivante dite de Braun-Blanquet:

- + Simplement présent (recouvrement et abondance très faibles) ;
- 1 Peu abondante à abondante et recouvrement faible (<5%) ;
- 2 Abondant à très abondant, recouvrement entre 5 et 25 % ;
- 3 Recouvrement de 25 à 50 %, abondance quelconque ;
- 4 Recouvrement de 50 à 75 %, abondance quelconque ;
- 5 Recouvrement de 75 à 100 %, abondance quelconque.

Le recouvrement moyen (RM) de la végétation a été déterminé. Au total, 9 relevés ont ainsi été réalisés, pour l'ensemble des trois toposéquences. Pour mettre en corrélation la valeur indicatrice de certaines plantes avec l'abondance, nous nous sommes limités aux espèces abondantes dans au moins deux relevés. Sur la base de relevés floristiques, réalisés au niveau de chaque toposéquence, on a pris en considération 18 espèces les plus dominantes en nombre. Parallèlement, une analyse qualitative (physico-chimique) a été menée aussi. Tous les taxons abondants ont été identifiés sur le terrain et des échantillons ont été prélevés et photographiés pour leur identification au sein de l'Herbier du CNF (Centre National Floristique).

## 2.2.4 DONNÉES FLORISTIQUES

Les indices d'abondance ont permis de calculer pour chaque espèce son recouvrement moyen (RM) qui est le pourcentage d'occupation moyen de cette espèce dans un milieu donné où  $RM_i = (R_i / \text{Nombre total de relevés}) \times 100$  avec  $R_i$  correspondant au recouvrement de cette espèce dans le milieu. L'indice de présence ( $P_i$ ) est le recouvrement moyen de l'espèce  $i$  sur le recouvrement total des individus ( $P_i = RM_i / \sum RM$ ). L'indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) indique la diversité ou la richesse spécifique du milieu ; il est donc déterminé par la relation suivante :  $H' = - \sum P_i \times \log_2 P_i$  [26]. L'indice de régularité ou "Evenness indice" ou équitabilité de Pielou  $R = H'/H'_{\max}$  où  $H'_{\max}$  est la diversité maximale ( $\log_2 S$ ) avec  $S$  qui est le nombre d'espèces [27]. La régularité a permis d'appréhender le désordre relatif de la population. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une seule espèce. Elle est de 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Une régularité faible représente la grande importance de quelques espèces dominantes [26].

## 2.2.5 ANALYSES STATISTIQUES

Les données ont été traitées par Microsoft Office Excel 2007. Une ACP (analyse en composantes principales) a été effectuée pour la répartition spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques des sols. Une analyse canonique des correspondances (ACC) a été faite pour déterminer les relations entre l'abondance des végétaux identifiés et les propriétés du sol. Les différentes mesures effectuées ont fait l'objet d'une analyse de variance, suivie du test de Student - Newman - Keuls pour les mesures physico-chimiques. Pour toutes ces analyses statistiques, le logiciel XLSTAT 2015 a été utilisé.

## 3 RESULTATS

### 3.1 RÉSULTATS DE L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DES SOLS

Le tableau 2 montre la distribution des teneurs de quelques variables physico-chimiques du sol. La fraction sableuse domine au niveau du haut de versant et du mi-versant : 77,4% et 77,9%, respectivement. Ces teneurs sont statistiquement plus élevées que celles de bas de versant (56,6%). Quant aux argiles et aux limons, le bas de versant a fourni des teneurs statistiquement plus élevées que celles des deux autres positions topographiques qui sont statistiquement identiques. Le long de la toposéquence, les valeurs obtenues au niveau du carbone (C) et du rapport C/N, sont statistiquement identiques (Tableau 2).

Le taux d'azote (N) le plus élevé a été obtenu en haut de versant (1,07) et bas de versant (1,06). Ces teneurs sont statistiquement identiques à celles obtenues en mi-versant (0,88). Les taux de MO, C, N et C/N obtenus sont inférieurs à ceux normalement requis pour les sols fertiles. La somme des bases échangeables et la capacité d'échange cationique sont caractérisées par de faibles valeurs. Les pH sont différents et fortement acides à très fortement acides. L'analyse en composantes principales permet de comprendre la typologie des sites d'étude.

Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques des sols

Paramètres	HV	MV	BV	Pr > F
Argile (%)	8,2 <sup>b</sup>	6,6 <sup>b</sup>	18,5 <sup>a</sup>	< 0,01**
Limons (%)	14,3 <sup>b</sup>	15,4 <sup>b</sup>	24,8 <sup>a</sup>	< 0,05*
Sables (%)	77,4 <sup>a</sup>	77,9 <sup>a</sup>	56,6 <sup>b</sup>	< 0,01**
C (mg g <sup>-1</sup> )	7,6 <sup>a</sup>	7,2 <sup>a</sup>	9,9 <sup>a</sup>	0,091 <sup>ns</sup>
N (mg g <sup>-1</sup> )	1,07 <sup>a</sup>	0,88 <sup>ab</sup>	1,06 <sup>a</sup>	< 0,05*
C/N	8,8 <sup>a</sup>	8,3 <sup>a</sup>	8,4 <sup>a</sup>	0,958 <sup>ns</sup>
MO (mg g <sup>-1</sup> )	13,1 <sup>a</sup>	12,4 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup>	0,091 <sup>ns</sup>
P-Olsen (mg kg <sup>-1</sup> )	8,6 <sup>a</sup>	7,1 <sup>a</sup>	8,4 <sup>a</sup>	0,5884 <sup>ns</sup>
CEC (cmol kg <sup>-1</sup> )	18,4 <sup>a</sup>	14,4 <sup>b</sup>	10,5 <sup>c</sup>	< 0,0001***
S/T	1,08 <sup>b</sup>	1,11 <sup>ab</sup>	1,14 <sup>a</sup>	< 0,05*
pH	5,2 <sup>b</sup>	5,1 <sup>b</sup>	6 <sup>a</sup>	< 0,01**
<b>Taux de fertilité</b>	<b>Bas</b>	<b>Bas</b>	<b>Bas (Euroconsult, 1989)</b>	

Légende : Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil  $\alpha < 0,05$ , selon la méthode de Student - Newman - Keuls ; \*\*\* : très hautement significatif ; \*\* : hautement significatif ; \* : significatif ; ns : non significatif ; C : Carbone ; N : Azote ; P : Phosphore assimilable ; S : Somme des bases échangeables ; T = CEC : Capacité d'échange cationique.

### 3.2 RÉSULTATS DE L'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES (ACP)

#### 3.2.1 QUALITÉ DES SOLS ET RELATIONS AVEC QUELQUES VARIABLES DU BIOTOPE

La qualité des sols et leurs relations avec quelques variables du biotope sont présentées au tableau 3. L'analyse a montré que le sable est hautement significativement négativement corrélé au limon ( $r = -0,984$ ) et à l'argile ( $r = -0,964$ ) ; ce qui signifie que lorsque le taux du sable est élevé cela entraîne une diminution des teneurs du sol en limon et argile. Quant aux limons, ils sont significativement positivement corrélé à l'argile ( $r = 0,91$ ). Le tableau a aussi montré des corrélations significativement positives, d'une part, entre pH et argile ( $r = 0,833$ ), pH et azote ( $r = 0,979$ ), et d'autre part entre azote et argile ( $r = 0,849$ ), azote et phosphore assimilable ( $r = 0,823$ ). Ces corrélations positives entre les variables du sol, sont indicatrices d'actions synergiques dans les sols étudiés. A ce stade de notre analyse, ni le rapport C/N ni la CEC ne semblent influencer sur la qualité des sols.

Tableau 3 : Matrice de corrélation entre les variables mesurées

Variabes	S	L	A	PH	N	C	C/N	P ass	CEC
L	<b>-0,984</b>	<b>1</b>							
A	<b>-0,969</b>	<b>0,910</b>	<b>1</b>						
PH	-0,768	0,693	<b>0,833</b>	<b>1</b>					
N	-0,800	0,735	<b>0,849</b>	<b>0,979</b>	<b>1</b>				
C	-0,286	0,246	0,326	0,755	0,686	<b>1</b>			
C/N	0,581	-0,543	-0,605	-0,459	-0,561	0,138	<b>1</b>		
P ass	-0,522	0,526	0,489	0,768	<b>0,823</b>	0,799	-0,251	<b>1</b>	
CEC	0,114	-0,048	-0,200	0,113	0,229	0,406	-0,005	0,703	<b>1</b>
S/T	-0,287	0,289	0,268	0,499	0,345	0,740	0,401	0,350	-0,114

Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification  $\alpha=0,05$ . C : Carbone ; N : Azote ; P ass : Phosphore assimilable ; CEC : Capacité d'échange cationique.

#### 3.2.2 CHOIX DES AXES FACTORIELS

D'après le critère de Kaiser, tout axe dont la valeur propre est supérieure à 1 doit être retenu pour l'analyse. Ainsi, nous avons choisi les axes F1 et F2. Idéalement, les deux premières valeurs propres correspondent à un pourcentage élevé de la variabilité, si bien que la représentation sur les deux premiers axes factoriels est de bonne qualité. Dans notre étude, les deux premiers axes factoriels préservent 79,59% de l'inertie totale, d'où la nécessité de l'utilisation des graphiques sur les facteurs F1/F2 (Tableau 4). Le cercle de corrélation (Fig. 2) permet de juger de l'inertie de chaque variable dans l'analyse. Les ordinations des espèces vis-à-vis de 10 variables ont mis en évidence deux groupes de variables à effets opposés sur la fertilité des sols.

Tableau 4 : Valeurs propres et pourcentage de variation exprimée par les facteurs de l'ACP

	F1	F2	F3	F4	F5
Valeur propre	5,755	2,205	1,469	0,449	0,123
Variabilité (%)	57,546	22,048	14,687	4,486	1,234
% cumulé	57,546	79,594	94,280	98,766	100,000

#### 3.2.3 SIGNIFICATION DES AXES RELATIFS À L'A.C.P.

Axe 1 horizontal: Valeur propre (5,755) et taux d'inertie (57,546) (Fig. 2)

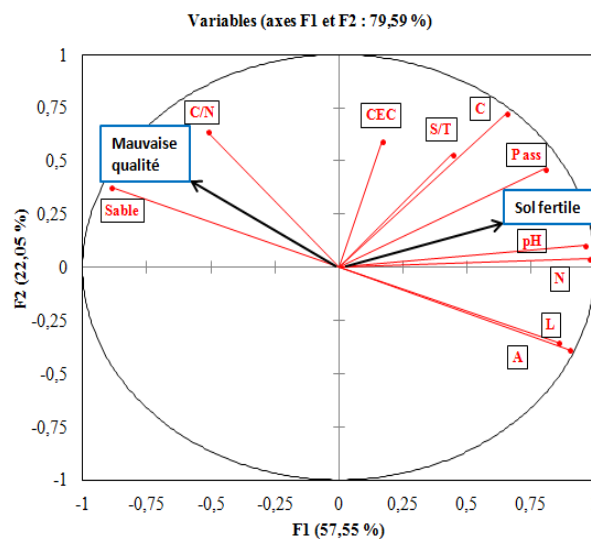
Du côté positif de l'axe, les variables pH et N présentent les valeurs du cosinus carré les plus élevées (0,92 et 0,948, respectivement). Elles semblent caractériser l'ensemble des segments topographiques. Les autres variables varient de 0,805 à 0,644. Il s'agit de : limon (L), argile (A) et phosphore assimilable (P ass). Il s'agit de variables relatives au sol fertile. Du côté négatif de l'axe, seul le sable correspond aux facteurs pour lequel le cosinus carré est le plus grand (0,794). Cette variable est relative au sol de fertilité faible (faible minéralisation de la matière organique) : sable élevé.

Axe 2 vertical: Valeur propre (2,205) et taux d'inertie (22,048) (Fig. 2)

Du côté positif de l'axe, C et C/N sont les variables correspondant aux facteurs pour lequel le cosinus carré est le plus grand (0,524 et 0,408, respectivement). Ces variables sont relatives à la matière organique du sol et à sa vitesse de minéralisation.

Du côté négatif, aucune variable ne détache.

Il ressort de cette analyse que les variables pH, N, L, A, P ass, S, C et C/N sont celles qui affectent la distribution des végétaux le long de la toposéquence. Elles ont donc été retenues pour y subir l'analyse Canonique des Correspondances.



**Fig. 2. Cercle de corrélation de 10 variables du sol dans les plans F1 x F2 de l'ACP**

C : Carbone ; N : Azote ; P ass: Phosphore assimilable ; L = Limon ; A = Argile S : Somme des bases échangeables ; T = CEC : Capacité d'échange cationique.

**3.3 ABONDANCE ET DIVERSITÉ FLORISTIQUES**

**3.3.1 ABONDANCE DES PLANTES**

18 espèces (tableau 5) ont été retenues selon les classes d'abondance sur un total de 105 espèces pour y subir l'analyse Canonique des Correspondances. La fig. 3A présente l'abondance moyenne des plantes par position topographique. Nous observons une influence de la topographie sur l'abondance des plantes. Le bas de versant est caractérisé par une plus forte abondance des plantes ; l'abondance des plantes étant la plus faible dans le sol de haut de versant et de mi-versant. Des différences hautement significatives existent entre les abondances des plantes ( $F = 25,333$ ;  $Pr < 0,001$ ). Toutefois, cette variabilité topographique n'affecte pas les différences inter-topographie. *Hyptis suaveolens* (*Hysua*) était l'espèce la plus abondante le long des toposéquences.

**3.3.2 INDICES DE DIVERSITÉ : DIVERSITÉ DE SHANNON-WEAVER H' ET ÉQUITABILITÉ DE PIÉLOU E**

La fig. 3B présente l'indice de diversité de Shannon-Weaver moyen des plantes par position topographique. Les plantes des bas de versant ont présenté les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver statistiquement plus élevées ( $H' = 3,71$ ) que celles des hauts et mi-versants qui sont statistiquement identiques ( $H' = 2,11$  et  $2,55$ ), respectivement ( $F = 26,174$ ;  $Pr < 0,001$ ). Les valeurs de  $H'$  obtenues au niveau des HV et MV indiquent que plus les milieux sont dégradés, moins ils sont diversifiés. Des perturbations marquées par les activités ont été observées sur le terrain. En ce qui concerne l'équitabilité E, pour les trois positions topographiques : BV (0,98), MV (0,95) et HV (0,91), il n'y a pas de différences significatives entre les indices E ( $F = 0,277$ ;  $Pr < 0,767$ ). La diversité associée à l'équitabilité montre une tendance de distribution des plantes équilibrée au niveau des BV.

### 3.4 BIOINDICATION PAR LES PLANTES

Les résultats de l'analyse canonique des correspondances (ACC) sont représentés à la fig. 4. Nous pouvons voir sur ce graphique que les abondances élevées des espèces : *Aframomum alboviolaceum* (Afralbo), *Hymenocardia heudelotii* (Hymheu), *Andropogon africanus* (Anafri), *Pseudocedrela kotschii* (Pseukot), *Pterocarpus santalinoides* (Ptersan), *Hyparrhenia subplumosa* (Hypsub), *Vernonia ambigua* (Verambi), et *Xylopiya parviflora* (Xyparv) sont associées à une valeur de pH, du rapport S/T, un taux d'argile, d'azote, et de carbone (matière organique) élevés, une faible teneur en sable et un rapport C/N bas. Les espèces *Chromolaena odorata* (Chrodo), *Pericopsis laxiflora* (Perlax) et *Hyptis suaveolens* (Hysua) semblent plus sensibles au rapport C/N et plus encore à une diminution du pH ou du rapport S/T. L'espèce *Terminalia glaucescens* (Terglau) semble préférer un taux de sable élevé, et plus encore une humidité plus faible.

**Tableau 5. Répartition des espèces végétales selon l'abondance le long des toposéquences**

HV				
Très abondant	<i>Hysua</i>	<i>Hyptis suaveolens</i> *	Verbenaceae	62,5%
Abondant	<i>Perlax</i>	<i>Pericopsis laxiflora</i> **	Fabaceae	37,5%
	<i>Terglau</i>	<i>Terminalia glaucescens</i>	Combretaceae	24,2%
	<i>Danoli</i>	<i>Daniellia oliveri</i> **	Fabaceae	11,7%
	<i>Chrodo</i>	<i>Chromolaena odorata</i> *	Asteraceae	30,8%
MV				
Abondant	<i>Hysua</i>	<i>Hyptis suaveolens</i> *	Verbenaceae	37,5%
	<i>Ancana</i>	<i>Andropogon canaliculatus</i> *	Poaceae	24,2%
	<i>Terglau</i>	<i>Terminalia glaucescens</i> **	Combretaceae	24,2%
	<i>Limulti</i>	<i>Lippia multiflora</i> *	Verbenaceae	17,5%
	<i>Crosfeb</i>	<i>Crossopteryx febrifuga</i> **	Rubiaceae	11,2%
	<i>Hypruf</i>	<i>Hyparrhenia rufa</i> *	Poaceae	11,2%
BV				
Abondant	<i>Hysua</i>	<i>Hyptis suaveolens</i> *	Verbenaceae	24,2%
	<i>Perlax</i>	<i>Pericopsis laxiflora</i>	Fabaceae	17,5%
	<i>Ancana</i>	<i>Andropogon canaliculatus</i> *	Poaceae	24,2%
	<i>Limulti</i>	<i>Lippia multiflora</i> *	Verbenaceae	24,2%
	<i>Pseukot</i>	<i>Pseudocedrela kotschii</i> **	Meliaceae	24,2%
	<i>Hypsub</i>	<i>Hyparrhenia subplumosa</i> *	Poaceae	11,2%
	<i>Chrodo</i>	<i>Chromolaena odorata</i> *	Asteraceae	17,5%
	<i>Anafri</i>	<i>Andropogon africanus</i> *	Poaceae	11,2%
	<i>Verambi</i>	<i>Vernonia ambigua</i> **	Asteraceae	11,2%
	<i>Afralbo</i>	<i>Aframomum alboviolaceum</i> *	Zingiberaceae	11,2%
	<i>Hymheu</i>	<i>Hymenocardia heudelotii</i> **	Euphorbiaceae	24,2%
	<i>Mofagi</i>	<i>Moghania faginea</i> **	Fabaceae	24,2%
	<i>Ptersan</i>	<i>Pterocarpus santalinoides</i> **	Fabaceae	24,2%
	<i>Xyparv</i>	<i>Xylopiya parviflora</i> **	Annonaceae	24,2%

\* : herbacées pérennes ; \*\* : espèces ligneuses



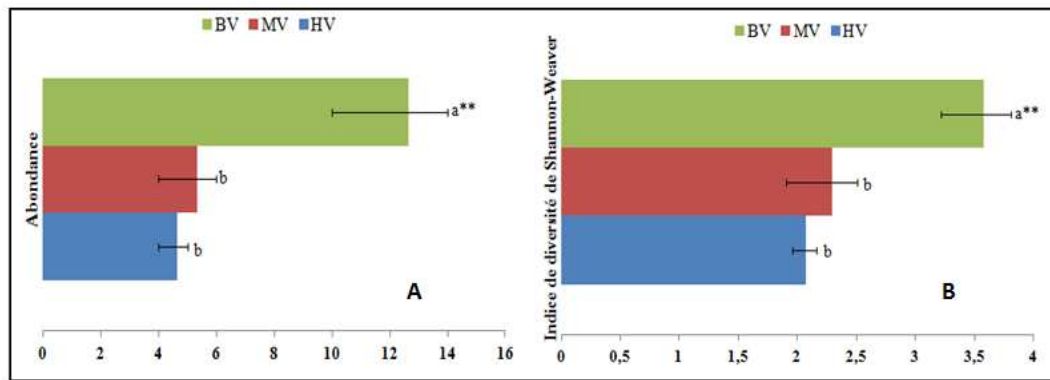


Figure 3. Abondance moyenne des plantes (A) et indice de diversité de Shannon-Weaver moyen (B) des plantes de classes de présence (2 et 3 et 4) par position topographique (n = 3 position topographique)

Légende : Les moyennes affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil  $\alpha < 0,05$ , selon la méthode de Student - Newman - Keuls ; \*\* : hautement significatif ;

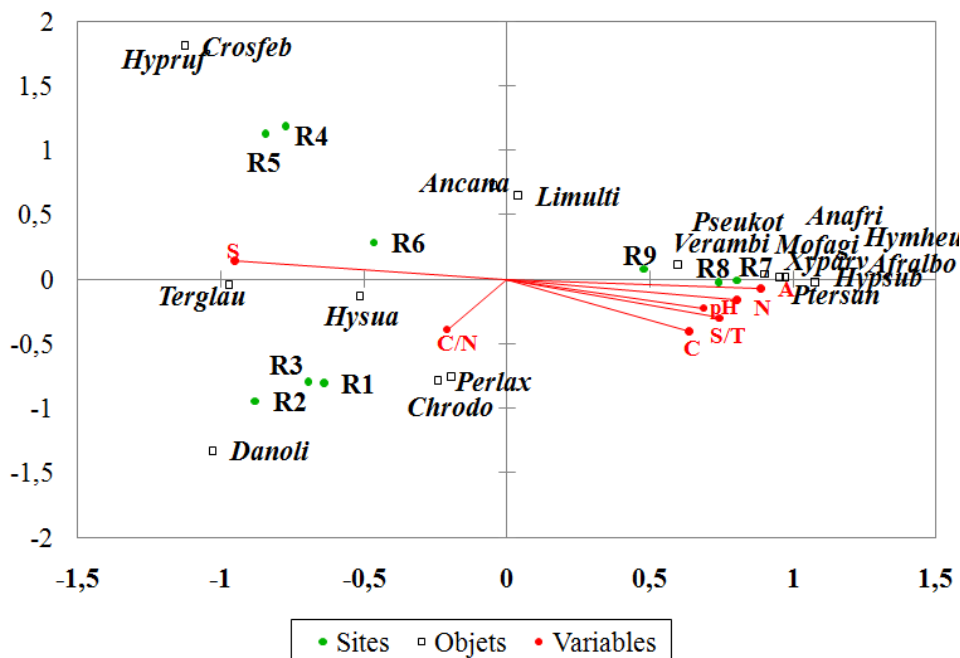


Figure 4 : Répartition des végétaux dominants identifiés et des variables de la qualité des sols dans le plan des axes 1 et 2 de l'ACC.

*Aframomum alboviolaceum* (Afralbo) *Hymenocardia heudelotii* (Hymheu), *Andropogon africanus* (Anafri), *Pseudocedrela kotschii* (Pseukot), *Pterocarpus santalinoides* (Ptersan), *Hyparrhenia subplumosa* (Hypsub), *Vernonia ambigua* (Verambi), et *Xylopia parviflora* (Xyparv), *Chromolaena odorata* (Chrodo), *Pericopsis laxiflora* (Perlarx) et *Hyptis suaveolens* (Hysua) et *Terminalia glaucescens* (Terglau).

#### 4 DISCUSSION

Malgré le faible nombre d'échantillons analysés dans le cadre de cette étude, un indice de diversité de 2,11 à 3,71 a pu être obtenu sur le site de Gobala. Cette valeur est semblable à celles des études de diversité des plantes en milieu savanicole de Côte d'Ivoire (2,48 à 3,85) obtenus par [28]. Ces valeurs témoignent d'une flore moyennement diversifiée. Les hauts de versant et les mi-versants sont les plus affectées par les feux et les cultures. Ce qui se traduit par leurs indices de diversité plus faibles (2,11 et 2,55 respectivement).

Dans les forêts galeries par contre (bas de versant), le nombre élevé d'espèces est lié à l'absence de feux [28]. La présence d'eau durant une partie de l'année favorise l'implantation d'espèces typiques telles que les plantes hygrophiles ; ce

qui améliore la diversité floristique. L'absence de différence significative au niveau du coefficient d'équitabilité de Piélu indique une répartition homogène de la flore dans les différentes positions topographiques. Cette situation serait due, en partie, à la prépondérance d'espèces «généralistes», communes à tous les groupes floristiques. Toutefois, l'équitabilité semble plus prononcée dans les groupements de bas de versant. Les deux positions topographiques avaient un faible niveau de fertilité.

Ces sols ont des taux de sables élevés, entre 56 et 79 %. La facilité de labour et de sarclage de ces sols, soulignée par [10], est à mettre en relation avec l'abondance des sables. Ces taux élevés de sables pourraient également s'expliquer par l'altération poussée de la roche-mère qui entraîne la libération des grains de sable, rejoignant en cela les résultats des travaux de [29] dans la même zone agro-écologique. Ce sont des sols pauvres en bases échangeables et caractérisés par une capacité d'échange cationique excessivement faible. Les sols ont des pH très fortement acides (pH 4,8) à fortement acides (pH 5 à pH 5,4). Les corrélations positives traduisent une influence du pH sur les propriétés physico-chimiques du sol [30]. L'analyse analytique a révélé le potentiel productif du sol. En effet, l'axe F1 a mis en évidence d'une part, les variables relatives au sol de fertilité moindre (côté négatif), caractérisées par la richesse des sols en sable, et d'autre part, les sols de fertilité meilleure (côté positif). Ce côté positif se caractérise par une richesse en nutriments, notamment, l'azote et le phosphore. La présence de l'argile pourrait être utile à la formation du complexe argilo-humique.

L'axe 2 de l'A.C.P a mis en exergue le potentiel de minéralisation de la matière organique du sol de Gobala, représenté par C et C/N. Le rapport carbone/azote du sol indique le moins bon fonctionnement du sol. La valeur proche de 8, met ainsi en évidence une minéralisation importante au niveau du sol.

L'analyse canonique des correspondances corrobore les résultats analytiques. Elle a révélé quatre groupes d'espèces. Dans le premier groupe, nous avons regroupé les plantes de bas de versant (R7, R8 et R9) (Fig. 4). Les bas de versant sont des milieux où l'humidité du sol est la plus élevée au sein de ces paysages. Ce sont également des milieux d'accumulation de sédiments organiques d'origines variées, qui contribuent à rehausser les teneurs en carbone [31]. Les plantes y sont sensibles lorsque les valeurs du pH et celles du rapport S/T s'élèvent, alors qu'elles sont moins sensibles au rapport C/N (Fig. 4). Ces résultats rejoignent ceux de [32] qui attribue ces caractéristiques aux sols de bonne qualité. Il s'agit de 8 espèces indicatrices, à savoir: *Aframomum obviolaceum*, *Hymenocardia heudelotii*, *Andropogon africanus*, *Pseudocedrela kotschii*, *Pterocarpus santalinoides*, *Hyparrhenia subplumosa*, *Vernonia ambigua* et *Xylopia parviflora*. Elles sont sensibles aux teneurs en argile, azote (N), au pH, et peuvent être considérées comme bio-indicatrices en ces nutriments, dans les conditions pédoclimatiques locales.

Le deuxième groupe est formé par trois espèces de mi-versant, sensibles au rapport C/N. Selon [32], lorsqu'un sol possède un C/N élevé et un pH bas, il est qualifié de sol pauvre. L'ACC montre que certaines espèces sont aptes à apparaître lorsque le milieu s'appauvrit en nutriments, particulièrement quand le pH est bas. Les espèces indicatrices de telles espèces sont sensibles à l'augmentation du rapport C/N. Ce sont : *Pericopsis laxiflora*, *Chromolaena odorata* et *Hyptis suaveolens*. Les sols de mi-versant bien drainés et acides induisent l'expansion de *H. suaveolens* et *C. odorata*. Les résultats d'autres travaux sur *H. suaveolens* et *C. odorata* avaient indiqué des caractéristiques similaires [33], [34]. Toutefois, nos résultats ne corroborent pas ceux de [8] qui ont indiqué que *H. suaveolens* est une plante indicatrice de la fertilité de sol. Ces résultats viennent étayer le faible taux de fertilité de mi-versant mis en exergue par les résultats analytiques.

Le troisième groupe est constitué par une espèce de haut de versant : *Terminalia glaucescens*. Sa sensibilité à la teneur du sol en sable est marquée. La présence de cette plante est indicatrice de l'abondance de sable, d'où sa classification parmi les espèces végétales indicatrices de sols de mauvaise qualité nutritionnelle. Ces résultats rejoignent ceux de [35] qui a rapporté que *T. glaucescens* est indicatrice de sols argilo-sableux.

Un quatrième groupe est composé par les espèces paraissant insensibles à l'ensemble des éléments nutritifs du milieu. Ce sont : *Daniellia oliveri*, *Andropogon canaliculatus*, *Crossopteryx febrifuga*, *Hyparrhenia rufa* et *Lippia multiflora*. Ces espèces sont qualifiées de très peu exigeantes des conditions du milieu. Nos résultats sont conformes à ceux sur la domestication de *L. multiflora* en milieu savanicole de Côte d'Ivoire, réalisés par [36] qui ont rapporté que cette plante s'accommode bien de tous les types de sols.

## 5 CONCLUSION

L'indice de diversité de Shannon-Weaver est variable et décroît du bas de versant au haut de versant, de 3,71 à 2,1. L'évolution de la végétation est donc nette dans le site d'étude : le bas de versant (galerie forestière) est plus diversifié que les positions sur des segments topographiques plus élevés. Les forêts galeries ont une diversité plus élevée tandis que les deux autres positions topographiques sont perturbées par les feux de brousse saisonniers et les activités agricoles ; ce qui dégrade les conditions favorables à l'installation de certaines espèces végétales. La présente étude a permis d'avoir une

bonne connaissance des sols du terroir savanicole du Nord de la Côte d'Ivoire, et ce, à partir de leur couverture végétale. Elle permet d'avoir des informations sur la fertilité et la qualité des sols. En dépit de quelques variations mineures relativement à la fertilité des sols de bas de versant, les observations faites sur le terrain sont conformes aux résultats analytiques. Ces éléments d'information peuvent être valorisés dans le cadre de la gestion durable, à moindre coût, de la fertilité des sols en intégrant les végétations dans les phases de diagnostic et en évaluant la pertinence de l'un de ces indicateurs à travers des mesures au champ.

## REMERCIEMENTS

Nous remercions le Dr. DIARRASSOUBA Nafan, Doyen de l'UFR des Sciences Biologiques de l'Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, pour nous avoir permis de travailler sur le site de Gobala.

## REFERENCES

- [1] M. DUFRÊNE, and P. LÉGENBRE, Species assemblages and indicator species : the need for a flexible asymmetrical approach *Ecological Monographs*, vol. 67, no. 3, pp. 345-366, 1997.
- [2] Zebarth Bernie, 2015. Un sol sain pour un rendement élevé. Agriculture et agro-alimentaire. Canada. 1-866-345-7972.
- [3] Okaledo J., Gathua K. and Woomer P., Laboratory methods of soil and plant analysis: A working manual. KARI-SSSEA, TSBF, UNESCO-ROSTA, Nairobi, Kenya, 88 p, 1993.
- [4] M. M'BIANDOUN, H. GUIBERT, et J.P. Olina, " Caractérisation de la fertilité du sol en fonction des mauvaises herbes présentes," *Tropicultura*, vol. 24, no 4, pp. 247 – 252, 2003.
- [5] Okland R. H., *Vegetation ecology : theory, methods and application with reference to Fennoscandia*. Sommerfeltia Suppl., pp. 1-233, 1990.
- [6] Meddour R., La méthode phytosociologique sigmatiste ou Braun-blanketo tuxenienne. Université de Tizi Ouzou, Algérie, 40 p, 2011.
- [7] Kossoumna, M.N., Perception paysanne de la gestion de la fertilité des sols chez les peuples Massa au Nord Cameroun. Acte du JS/RAUF, Hanoi, 6-7 novembre 2003, 5p., URL : [http://www.infotheque.info/fichiers/JSIR-AUF-Hanoi07/articles/AJSIR\\_4-3\\_Koussoumna.pdf](http://www.infotheque.info/fichiers/JSIR-AUF-Hanoi07/articles/AJSIR_4-3_Koussoumna.pdf)
- [8] M. M'BIANDOUN, et J-P.O. BASSALA, Savoir paysan et fertilité des terres au Nord-Cameroun. *Cahier Agricultures*, vol. 16, n° 3, pp. 185-197, 2007.
- [9] Kissou, R., Gnankambary, Z., Nacro, H. B., Thiombiano, L., Sourabié, I. N., Zombré, N. P. et Sédogo, M. P., Corrélation, dénomination et perception endogène de la fertilité des sols dans la zone centre-nord du Burkina Faso. *Science et Technique, série Sciences Naturelles et Agronomie*, volume 32, n° 1 et 2, 2010-2012, pp. 33-45, 2012.
- [10] Kissou R. , Traoré E. , Gnankambary Z. , Nacro H.B. & Sédogo M.P., « Connaissance endogène de la classification et de la fertilité des sols en zone Sud-Soudanienne du Burkina Faso », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement*.14 (1), 2014. consulté le 11 septembre 2015. URL : <http://vertigo.revues.org/14616>; DOI : 10.4000/vertigo.14616.
- [11] Koné I., Thèse. Docteur de l'Université de Cocody. Spécialité : pédologie. La couleur comme indicateur de la fertilité des sols, 2 p, 2007.
- [12] Blanchard M., Gestion de la fertilité des sols et rôle du troupeau dans les systèmes coton-céréales-élevage au Mali-Sud : savoirs techniques locaux et pratiques d'intégration agriculture-élevage. Océan, Atmosphère, 2010. Université Paris-Est, French. <NNT : 2010PEST1047>. <tel-00582335> [consulté en novembre 2015].
- [13] H. Osbahr, and C. Allan, Indigenous knowledge of soil fertility management in southwest Niger. *Geoderma*, Vol. 111, N°3-4, pp.457-479, 2003.
- [14] L. Gray, and P. Morant, Reconciling indigenous knowledge with scientific assessment of soil fertility changes in southwestern Burkina Faso. *Geoderma*. Vol.111, N°3-4, pp.425-437, 2003.
- [15] Coulibaly S., Le paysan sénéoufo. NEA. Abidjan, Dakar, 245 p, 1978.
- [16] Birmingham, D.M., Local knowledge of soils : the case of contrast in Côte d'Ivoire. *Geoderma*, pp. 481-502, 2003. DOI : 10.1016/S0016-7061(02)00278-1.
- [17] Kassé K. B., Kadjo B., Yaokokoré-Béibro K. H. et K. Foua-Bi., Inventaire, distribution et mesure de conservation des grands mammifères de la forêt classée de Badéno (Nord de la Côte d'Ivoire) *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, pp. 173 – 188, 2006.
- [18] Brou, Y. T. Climat, mutations socio-économiques et paysages en Côte d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités Scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches. Université des Sciences et Technologies de Lille, 212 p, 2005.

- [19] B. KONE, S. DIATTA, S. OIKEH, Y. GBALOU, M. CAMARA, D. D. DOHM, et A. ASSA, Estimation de la fertilité potentielle des ferrallsols par la couleur : usage de la couleur en morphopédologie. *C.J.Soil Sci.* Vol. 89, no 3, pp. 331-342, 2009b.
- [20] O. F. AKOTTO, K. A. ALUI, D. F. MALAN, K. J. KOUAKOU, A. YAO-KOUAME, and K. KAGOYIRE, Soil landscape and stand conditions in *Cola attiensis* in Côte d'Ivoire. *International Journal of Biosciences*, Vlo. 4, no 5, pp. 102-113, 2014a. doi.org/10.12692/ijb/4.5.102-11.
- [21] O. F. AKOTTO, K. A. ALUI, A. J. Bongoua-Devisme, K. Kagoyiré, et A. Yao-Kouamé, Facteurs physico-chimiques affectant la distribution et la domestication de *Cola attiensis* en Côte d'Ivoire. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 22 (3): 3478-3492, 2014c.
- [22] Chopart, J. L., Développement racinaire de quelques espèces annuelles cultivées en Afrique de l'Ouest et résistance à la sécheresse en zone intertropicale, CILF, eds. Pour une lutte intégrée contre la sécheresse. CILF éditions, Paris, France, pp. 45-154, 1985.
- [23] Yao-Kouamé A., Etude des sols brunifiés dérivés des matériaux volcano-sédimentaires de Toumodi en moyenne Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'état es Sciences naturelles, Université de Cocody/ UFR STRM, 210 p, 2008.
- [24] FAO, Méthodes d'analyse physique et chimique des sols et des eaux, *Bulletin pédologique de FAO* N° 10 Rome, 280 p, 1984.
- [25] Euroconsult, Agricultural compendium for rural development in the tropics and subtropics. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam. 740 p, 1989.
- [26] Dajoz R., Précis d'écologie. Paris, Dunod, 5<sup>e</sup> éd., 505 p, 1985.
- [27] NGUEGUIM et al. Diversité floristique sous canopée en plantation forestière de MangombeEdea (Cameroun). *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, Belgique, vol. 14, n. 1, pp. 167-176, 2010.
- [28] S. COULIBALY, D. OUATTARA, T.T. EDORH, C. M. M. KOUDEGNAN, et K. KAMANZI, Diversité et configuration de la flore ligneuse autour d'un rucher en zone de transition forêt-savane de la cote d'ivoire. *European Scientific Journal*, vol. 9, no 6, 1857 – 7881, 2013.
- [29] Fauck, R., Contribution de l'étude des sols des régions tropicales : les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique occidentale. Thèse 1971, Mémoire ORSTOM, pp. 13-66, 1973.
- [30] Boyer, J., Les sols ferrallitiques. Tome X : Facteurs de fertilité et utilisation des sols. Paris, ORSTOM, (*initiation-document technique*, 384 p, 1982.
- [31] Kissou, R., Dynamique de quelques paramètres de fertilité des sols selon la géomorphologie dans les agro-paysages de la zone soudano-sahélienne du Burkina Faso. (DEA SATES), Université de Ouagadougou, 45 p, 2010.
- [32] Gégout J-C., Étude des relations entre les ressources minérales du sol et la végétation forestière dans les Vosges. Thèse de Doctorat (Spécialité: Biologie forestière), de Nancy I, 351 p, 1995.
- [33] B.A. ABOH, M. HOUINATO, M. OUMOROU, et B. SINSIN, Capacités envahissantes de deux espèces exotiques, *Chromolaena odorata* (Asteraceae) et *Hyptis suaveolens* (Lamiaceae), en relation avec l'exploitation des terres de la région de Bétécoucou (Bénin). *Belg. Journ. Bot.*, vol. 141, no 2, pp. 113-128, 2008.
- [34] E. F. EDOUKOU, A. W. KONE, et J. E. TONDOH, Les jachères à base de *Chromolaena odorata* (Asteraceae) et de légumineuses ont-elles les mêmes potentialités agronomiques? *étude et Gestion des Sols*, vol. 20, no 2, pp. 95-106, 2013.
- [35] César J., Typologie, diagnostic et évaluation de la production fourragère des formations pastorales en Afrique tropicale. *Fourrages*, pp. 423-442, 1991.
- [36] Yao-Kouamé A. et Allou K., Propriétés du sol et domestication de *Lippia multiflora* (Verbenaceae) en Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, vol. 20, no 1, pp. 97 – 107, 2008.