

Caractéristiques morphopédologiques et physicochimiques du bas de versant de la Marahoué au centre ouest de la Côte d'Ivoire

[Morphopedological and physicochemical characteristics of the bottom on the Marahoué side in the center west of the Ivory Coast]

Bouadou Oi Bouadou Félix¹, Konan K. Firmin², KOUADIO Konan-Kan Hippolyte¹, Ndoumi Franck Maurel¹, Tano Adjoua Germaine¹, and Ettien Jean Baptiste¹

¹Université FHB, UFR des Sciences de la terre et des Ressources Minières (STRM), Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau, des Géomatériaux, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

²UFR Agroforesterie, Département d'AgroPédologie, Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, BP 150 daloa, Côte d'Ivoire

Copyright © 2023 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: The degradation followed by the disappearance of fertile land in a context of climate change affects agricultural production in the world and in sub-Saharan Africa. In Côte d'Ivoire, soil degradation and scarcity linked to demographic pressure lead the farmers of Bouaflé, in the center-west region of Côte d'Ivoire, to seek new cultivable land, in particular hydromorphic land in the lowlands. bottoms and banks of river tributaries. To this end, a study on the morphopedological and physicochemical characterization was conducted in order to determine the agronomic potential of the soils of the lower slope of a toposequence of the watershed of the Bandama River (Marahoué). On the bottom of the slope of the longest open toposequence on a 1000 m strip, three soil pits were opened under three vegetation covers characteristic of this topographic segment consisting successively of the top of the steepest slope to the river (lowest level of slope), wooded savannah, grassy savannah and prairie leading to the river. The profiles of these pits were described and sampled in the 0 – 20 cm and 20 – 40 cm layers and a composite sample was made and then analyzed in the laboratory. The types of soil encountered in the lower slope are impoverished ferralitic soils (Arenosols) and hydromorphic soils (Gleysols). The morphological characteristics of these soils offer an average agricultural potential while the low levels of assimilable phosphorus and the low cation exchange capacity (CEC) constitute the major chemical constraints for agriculture.

KEYWORDS: Toposequence, Arenosols, Gleysols, watershed, Bouaflé, Marahoué, Ivory Coast.

RESUME: La dégradation suivie de la disparition des terres fertiles dans un contexte de changement climatique affectent la production agricole dans le monde et en Afrique subsaharienne. En Côte d'Ivoire, la dégradation des sols et leur raréfaction liées à la pression démographique amènent les cultivateurs de Bouaflé, dans la région du centre ouest de la Côte d'Ivoire, à rechercher de nouvelles terres cultivables notamment les terres hydromorphes des bas-fonds et les rives des affluents des fleuves. A cet effet, une étude portant sur la caractérisation morphopédologique et physicochimique a été conduite en vue de déterminer les potentiels agronomiques des sols du bas de versant d'une toposéquence du bassin versant du fleuve Bandama (la Marahoué). Sur le bas de versant de la plus longue toposéquence ouverte sur un layon de 1000 m, trois fosses pédologiques ont été ouvertes sous trois couverts végétaux caractéristiques de ce segment topographique constitués successivement du haut de la plus forte pente au fleuve (plus bas niveau de pente), de savane arborée, de savane herbeuse et de prairie débouchant sur le fleuve. Les profils de ces fosses ont été décrits et échantillonnés dans les couches 0 – 20 cm et 20 – 40 cm et un échantillon composite a été confectionné puis analysé au laboratoire. Les types de sol rencontrés dans le bas versant sont des sols ferralitiques appauvris (Arenosols) et hydromorphe (Gleysols). Les caractéristiques morphologiques de ces sols

offrent un potentiel agricole moyen pendant que les faibles teneurs en phosphore assimilable et la faible capacité d'échange cationique (CEC) constituent les contraintes chimiques majeures pour l'agriculture.

MOTS-CLEFS: Toposéquence, Arenosols, Gleysols, bassin versant, Bouaflé, Marahoué, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La dégradation des sols dont l'importance s'accroît au fil des années constitue une contrainte majeure à la production agricole. Par ailleurs, près de 174 millions d'hectares de terre montrent, depuis les années 90, des signes de baisse de production [1]. Cette dégradation continue des sols et leur épuisement contribuent à l'insécurité alimentaire en limitant les efforts de réduction de la pauvreté des populations. Les utilisations extensives notamment les vastes blocs agroindustriels, l'urbanisation, les divers aménagements agro-pastoraux ainsi que les feux de brousse sont autant de facteurs qui en perturbant l'équilibre écologique conduisent à la disparition des terres cultivables. Or, la disparition suivie de la dégradation et de l'appauvrissement des terres dans un contexte de changement climatique affectent la production agricole liée à la raréfaction des sols fertiles [2]. Cette situation emmène les paysans à exploiter les terres dites marginales, autrefois jugées impropres à une mise en valeur agricole. C'est le cas du périmètre agricole du bassin du fleuve Bandama, en Côte d'Ivoire, où les populations rurales essentiellement agricoles, à la conquête de nouvelles terres cultivables, s'orientent vers les terres de bas de versant des bassins versants des affluents du fleuve Bandama pour les cultures céréalières et maraichères. La méconnaissance des valeurs agronomiques de ces agroécosystèmes du bassin de versant du Bandaman pourrait être un obstacle à un bon raisonnement des itinéraires de production [3]. Cette étude a pour objectif la caractérisation morphopédologique et physicochimique pour une meilleure orientation des systèmes de culture et une gestion spécifique de la fertilisation de ces sols. Il s'agit spécifiquement de déterminer les potentialités agronomiques physiques et chimiques des sols de bas de versant de la région de Bouaflé en vue d'une production agricole durable.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE DE L'ÉTUDE

La région de la Marahoué est située au Centre-ouest de la Côte d'Ivoire (Fig.1). C'est une zone à forte activité agricole qui est caractérisée par une pluviométrie annuelle moyenne généralement comprise entre 1000 mm et 1115 mm distribuée en quatre saisons perturbées en raison de la situation en zone transitoire. La température moyenne annuelle oscille entre 26 – 27°C. La végétation est dominée par une savane arborée à forte densité arbustive présentant des îlots forestiers par endroits ainsi que des prairies [4]. L'essentiel du relief est peu accidenté et dominé par des collines dont les plus importantes atteignent 449 m d'altitude [5]. Le réseau hydrographique est représenté essentiellement par le fleuve Marahoué ou Bandama rouge qui se divise en plusieurs affluents. Les formations géologiques de la région de Bouaflé, se rattachent au protérozoïque inférieur. Elles sont faites de granite, de schistes, de cuirasses latéritiques et de roches vertes [6]. La pédologie est caractérisée par une juxtaposition de ferralsols, de gleysols et de plinthic ferralsols. L'étude a été conduite sur un versant du fleuve Bandama (5°55'58" N; 5°56'55" W). Une partie d'une toposéquence, de 1000 m de longueur et dirigée N-E 450 C et comportant des parties identifiées comme le haut de versant, le mi-versant, le bas de versant et le bas-fond, a servi pour l'étude. Le segment topographique de la toposéquence concerné par la présente étude est la zone couverte par le bas du versant débouchant sur le fleuve. Cette zone topographique enregistre trois types de végétations qui sont successivement, du haut vers le bas du versant, une savane arborée, une savane herbeuse et une prairie qui débouche sur le lit du fleuve.

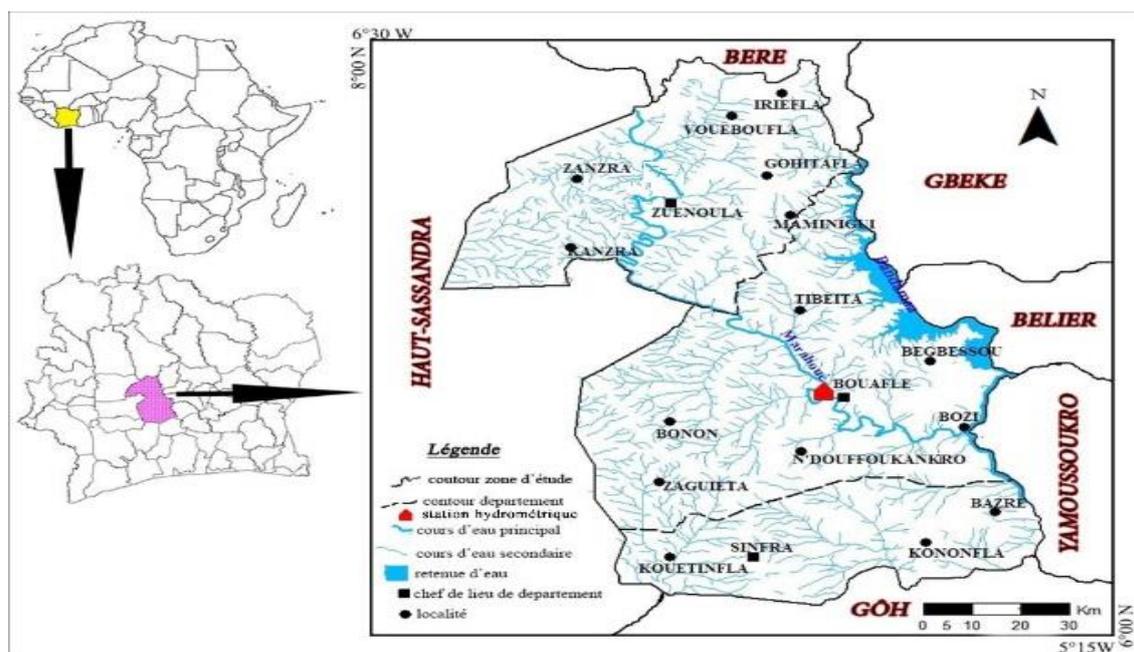


Fig. 1. Carte du site de l'étude

2.2 PROSPECTION DES SOLS

La prospection pédologique a été réalisée selon la méthode des toposéquences [7]. Cette méthode consiste à étudier les sols se succédant du sommet au bas de versant d'un paysage morphopédologique. Le bas du versant a constitué le segment concerné dans la présente étude.

2.2.1 ETABLISSEMENT DES POINTS D'OBSERVATIONS SUR LE SITE DE L'ÉTUDE

Le bas de versant du bassin versant de la Marahoué étudié est une zone couverte par une savane arborée, une savane herbeuse et une prairie débouchant sur le lit du fleuve. Trois fosses pédologiques (100 × 80 × 120 cm) ont été ouvertes respectivement dans ces différentes zones végétales suivant la toposéquence de direction NE 45°.

2.2.2 CARACTÉRISATION MORPHOPÉDOLOGIQUE

Les sols de ces différentes zones végétales situées sur le bas du versant ont fait objet d'une caractérisation morphologique et physico-chimique. Les profils des fosses pédologiques ont été décrits en s'appuyant sur les critères définis par le CPCS [8] et inspirés de la méthode de Boulet [9], associées au guide simplifié pour la description des sols ([10], [11], [12]) et de la fiche de description de fosses pédologiques du modèle de STIPA [13] que nous avons adapté au système WRB [14].

Les caractères morphologiques étudiés ont porté sur la couleur, la structure, la texture, la porosité, la compacité, l'humidité, le taux d'éléments grossiers, la quantité et la taille des racines ainsi que leur orientation, l'activité biologique (la faune), la limite et la transition entre les horizons et le drainage interne. La couleur, déterminée à l'aide du code Munsell, a permis de renseigner sur la présence ou non de matière organique dans les horizons. La structure a été appréciée selon la présence ou non d'agrégats et a servi à donner des indications sur l'architecture du sol. La caractérisation de la texture, s'est faite de façon tactile. Ainsi, lorsque le toucher de l'échantillon humecté est rugueux, on est dans la catégorie des sables. Si le toucher est doux, soyeux, ce sont les limons (diamètre entre 2 et 50 µm) et, quand le toucher est collant, il s'agit des argiles (diamètre < 2 µm).

La porosité, a été déterminé lorsqu'une fine quantité d'eau versée sur une motte de terre, arrive ou non à pénétrer. La limite entre les couches a été appréciée selon qu'elle est nette, régulière ou diffuse.

Quant au drainage interne, elle a été déterminée en fonction des tâches d'hydromorphie ou d'oxydation de coloration rouille ou d'oxydo-réduction de coloration gris-verdâtre présentes sur les horizons. Le taux des éléments grossiers a été

déterminé avec le guide de la charte d'estimation des pourcentages d'éléments grossiers du code Munsell. L'activité biologique dans les horizons a été déterminée par l'observation et la quantification de la faune du sol ou des galeries. La présence ou non des racines ainsi que de leurs orientations et de leurs tailles a été observée et estimée par appréciation visuelle ou par comptage. La compacité a été testée par la résistance des horizons à la pénétration du couteau de pédologue. L'humidité, quant à elle, a été appréciée par l'état sec ou frais au touché des échantillons prélevés à cet effet.

2.3 MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE DES SOLS

Avant la description des fosses, des échantillons de sol ont été prélevés dans les profondeurs 0 – 20 cm et 20 – 40 cm de chaque fosse et un échantillon composite a été confectionné pour les analyses physicochimiques au laboratoire.

2.3.1 MÉTHODES D'ANALYSE DES PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES

Les échantillons composites du sol ont été séchés à l'air sous abri, puis passés au tamis (2 mm) avant d'être broyé. Le pH a été déterminé à l'électrode en verre dans un rapport de 1 /2,5 telle que décrite par Thomas [15]. La teneur du sol en C-organique a été déterminée par la méthode de Walkley et Black [14]. Le phosphore assimilable-Brayl, par la méthode décrite par Olsen et Sommers ([16], [17]). La granulométrie a été réalisée par la méthode de sédimentation utilisant la pipette de Robinson- Köhn. Les bases échangeables (Ca, Mg et K) ont été déterminées par l'extraction à l'acétate d'ammonium tamponné à pH 7,0 avant la lecture au spectromètre à absorption atomiques (Ca, Mg) et à flamme (K). L'azote total (N total) a été déterminé par la méthode de Kjeldahl [18]. Ces valeurs ont été comparées à des valeurs seuils ou normes de références pour les cultures vivrières et ou maraichères pouvant être pratiquées dans cette agroécologie.

2.4 CARACTÉRISATION FLORISTIQUE DU BAS DE VERSANT

Les espèces végétales dominantes du bas de versant de la zone de l'étude ont été identifiées selon Akobundu et Agyakwa [19] et à partir de la notation [(1= recouvrement de moins de 1/20; 2 = recouvrement entre 1/20 - 1/4; 3 = recouvrement entre 1/4 - 1/2; 4 = recouvrement entre 1/2 - 3/4 et 5 = recouvrement à plus de 3/4) d'abondance dominante de Braun-Blanquet [20], les densités respectives ont été notées.

3 RÉSULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES FLORISTIQUE ET MORPHOLOGIQUE DES SOLS

3.1.1 CARACTÉRISTIQUES FLORISTIQUES

Le tableau 1 montre les indices d'abondance-dominante de Braun-Blanquet pour les différentes essences recensées et identifiées dans le bas de versant étudié. Outre les poacées, *Cola gigantea* (Malvaceae) et *Cola cordifolia* (Malvaceae) sont les seuls grands arbres essentiels dominants dans le bas de versant.

Tableau 1. Diversité floristique du bas de versant

Famille botanique	Nom botanique	Indice de Bran-Blanquet
<i>Asteraceae</i>	<i>Chromolaena odorata.</i>	4
<i>Poaceae</i>	<i>imperata cylindrica</i>	3
<i>Poaceae</i>	<i>Olyra latifolia</i>	2
<i>Poaceae</i>	<i>Hyparrhenia smithiana</i>	2
<i>Poaceae</i>	<i>Panicum pilgeri</i>	2
<i>Fabaceae</i>	<i>Detarium microcarpum</i>	2
<i>Poaceae</i>	<i>Loudetia phragmitoides</i>	2
<i>Moraceae</i>	<i>Morus mesozygia</i>	2
<i>Malvaceae</i>	<i>Cola gigantea</i>	1
<i>Malvaceae</i>	<i>Cola cordifolia</i>	1

3.1.2 SÉQUENCE DES PROFILS OUVERTS DANS LE BAS DE VERSANT

La figure 2 montre la disposition des profils décrits dans le bas de versant du bassin versant étudié.

Les lettres a, b et c sont respectivement les profils de la savane arborée, de la savane herbeuse et de la prairie qui débouche sur le lit du fleuve.

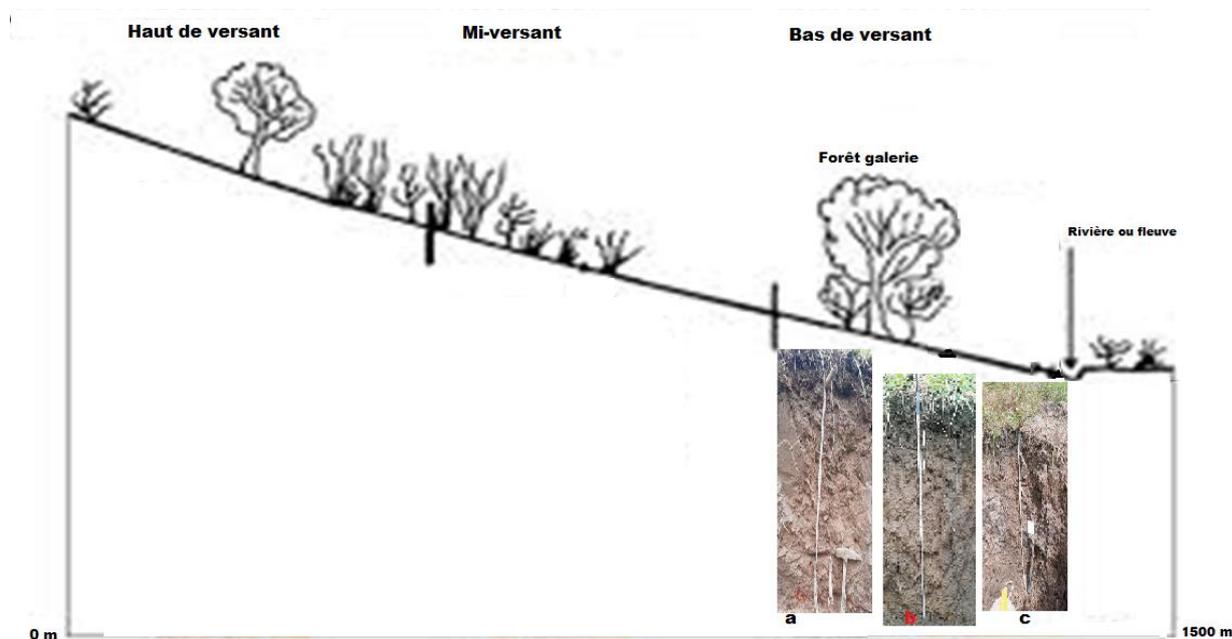


Fig. 2. Schéma d'illustration de la section topographique ainsi que des profils étudiés

3.1.3 CARACTÉRISTIQUES MORPHOPÉDOLOGIQUES DES SOLS ÉTUDIÉS

Les caractéristiques morphopédologiques des sols du bas de versant sont présentées dans le tableau 2. Les couches humifères rencontrées, sous savane arborée et savane herbeuse, sont colorées marron foncé (7,5YR 3/2) et en moyen peu développées (12 cm) avec présence de taches rouge jaunâtre (5YR 4/6) sous savane herbeuse à 13 cm de profondeur. Du haut vers le bas des profils (13 – 70 cm), les horizons deviennent marron grise (7,5YR 5/1) à marron clair (7,5 YR 6/4) et fortement tachetés (5YR4/6). Ce sont des horizons majoritairement bien structurés (structure polyédrique) avec des limites plus ou moins régulières. Le passage d'un horizon à un autre est progressif en général.

En revanche, sous la prairie, les premiers horizons humifères (0 - 12 cm) sont gris (Gley1 5/N), tachetés jaune rougeâtre (10YR 6/8) et un peu mal structurés (grumeleuse à massive). Le fond de la fosse, apparemment humifère, de couleur gris foncé (Gley1 4/N), fortement tacheté jaune rougeâtre (10YR 6/8), présente une structure massive avec mauvais drainage.

Tableau 2. Caractéristiques morphopédologiques des sols étudiés

Seg. top	Profils	Horizons	Epaisseur (cm)	Couleur	Structure	Texture	Hydro	EG (%)	MO	ABio	Compacité	Humidité	Racine s	Porosité	Limite	Transition
Bas de versant	a	A	0–13	7,5YR 3/2	Grumeleuse	Sableuse	Non	<5	humifère	absence	Friable	Sec	Peu abondante	Poreux	Régulière	Progressive
		A (B)	13–60	7,5YR 5/1	Polyédrique subangulaire	Sablo argileuse	non	<5	Peu humifère	Absence	Peu compacte	Sec	Rare	Peu	Régulière	Diffuse
		B	60–80	7,5 YR 6/4	Polyédrique subangulaire	argileuse	non	<5	Non humifère	Absence	Peu compacte	Sec	Rare	Peu	--	--
	b	A	0–13	7,5YR 3/2	Grumeleuse	Sableuse	Non	<5	Humifère	Absence	Friable	Sec	Nombreuse	Poreux	Régulière	Progressive
		A (B)	13–20	7,5YR 5/2	Polyédrique subangulaire	Sablo argileuse	Tache d'hydromorphie	<5	Humifère	Absence	Peu compacte	Sec	Rare	Peu	Régulière	Progressive
		B	20–60	5YR 4/6	Polyédrique subangulaire	Argileuse	Tache d'hydromorphie	<5	Non humifère	Absence	Peu compacte	Sec	Rare	Peu	--	--
	c	AB (g)	0–12	Gley1 5/N	Grumeleuse	Limono sableuse	Tache d'hydromorphie	<5	Humifère	Absence	Friable	Humide	Abondante	Poreux	Régulière	Progressive
		B	12–30	10YR 5/2	Polyédrique subangulaire	Argileuse	Tache d'hydromorphie	<5	Humifère	Absence	Peu compacte	Humide	Peu abondante	Peu poreux	Régulière	Progressive
		B	30–80	Gley1 4/N	Massive	Argileuse	Tache d'hydromorphie	<5	Peu humifère	Absence	Compacte	Humide	Rare	Peu poreux	--	--

Abio: activité biologique; MO: matière organique; EG: éléments grossier. Seg.top: segment topographique. Hydro: hydromorphie.

3.2 CLASSIFICATION DES SOLS DU BAS DE VERSANT

L'étude morphopédologique met en évidence des Arénic Ferralsols et Arénic Ferralsols distribués dans les savanes arborées et savane herbeuse respectivement alors que les Gleysols supportent la prairie plus proche du lit du fleuve (Tableau 3).

Tableau 3. Types de sols du bas de versant de la Marahoué

Types de végétation	Classification des sols [14]
Savane arborée	Arenosol
Savane herbeuse	Arénic Ferralsols
Prairie	Gleysols

3.3 CARACTÉRISTIQUES GRANULOMÉTRIQUES SOLS ÉTUDIÉS

Le tableau 4 montre les teneurs en éléments granulométriques des sols étudiés. Les particules minérales sont suffisamment présentes dans les 40 premiers centimètres, comme noté dans le Tableau 4. Le sable est observé dans les horizons superficiels (0 - 20 cm) avec une teneur moyenne bonne de 28,1 %, pendant que dans la couche sous-jacente, sa teneur est de 12 % jugée modérée. Cette répartition indique une concentration du sable dans la couche superficielle tandis que dans l'horizon sous-jacent, il a une teneur inférieure à la moitié de celle de la couche de surface. Le Limon occupe presque la moitié de la charge en masse de terre de l'horizon superficiel (47,7 %) et près du tiers de la couche sous-jacente (29,5 %). L'argile dans le sol, est deux fois moins concentrée en surface qu'en profondeur avec des teneurs respectives de 24,2 % et de 58,4 %.

Tableau 4. Teneurs en sable, limon et argile des horizons de prélèvement selon les profondeurs

Particules physiques	Profondeurs (cm)		Valeurs seuils normales ([21])
	0-20	20 - 40	
Sable (%)	28,1	12	30 - 33 %
Limon (%)	47,7	29,5	30 - 33 %
Argile (%)	24,2	58,4	30 - 33 %
Limon/ Argile	1,97	0,51	30 - 33 %

3.4 CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES DES SOLS ÉTUDIÉS

Les valeurs moyennes des paramètres physicochimiques ainsi que le rapport C/N des sols du site de l'étude selon la profondeur sont présentées dans le tableau 5. Dans l'ensemble, excepté le carbone, les teneurs en azote et phosphore assimilable sont faibles dans la couche prospectée (0 – 40 cm). Au niveau du carbone, la teneur moyenne dans le profil, est autour de 3 %, taux jugé satisfaisant pour des niveaux de teneurs en sols tropicaux. Par ailleurs, le niveau des teneurs en matière organique est bon sur les 40 premiers centimètres étudiés. S'agissant de l'azote, dans l'ensemble, il n'est pas suffisamment présent dans les couches étudiées (0 - 20 cm et 20 – 40 cm) avec des teneurs faiblement réparties: 0,3 % et 0,2 % contre 1 % (valeur normale). Sa teneur en surface (0,3 %) est similaire à celle des horizons sous-jacents (0,2 %). Le rapport C/N voisin de 12,3 et 11 respectivement dans les horizons 0 – 20 cm et horizons 20 – 40cm est moins bon en surface et modéré en profondeur. Pour ce qui est du phosphore assimilable, en considérant les valeurs de références dans les sols tropicaux (20 – 50 ppm), le niveau des teneurs en phosphore assimilable est très faible quelque soient les niveaux de profondeurs du sol. Les résultats indiquent 17 ppm de phosphore assimilable dans l'horizon de surface (0 – 20 cm). Le pH et les caractéristiques du complexe absorbant des sols rencontrés dans le bas de versant à savoir: la capacité d'échange cationique (CEC), les bases échangeable (alcalins (K⁺ et Na⁺), alcalino-terreux (Ca²⁺ et Mg²⁺)), la somme des bases échangeables (S) et le taux de saturation (V) ont été mesurés (tableau 6). Les valeurs relevées du pH_{eau} à la surface (6,1) et à la profondeur (6,2) des sols montrent un caractère légèrement acide avec une capacité d'échange cationique faible (7 – 8 cmol.kg⁻¹). En revanche, les teneurs en Ca²⁺ et Mg²⁺ paraissent bonnes tandis que celles du potassium-K⁺ et le sodium-Na⁺ sont jugées modérées. Mieux, ces sols sont fortement saturés en bases échangeables en témoignent les valeurs de leurs sommes (5 – 7) et leurs taux (V = 77 – 90 %).

Tableau 5. Caractéristiques physicochimiques des sols du bas de versant de la zone de l'étude selon les profondeurs

Éléments chimiques	Profondeurs (cm)		Seuils critiques standard
	0 – 20	20 – 40	
C (%)	2,8	2,1	12,6 – 25*
MO (% C x 1,72)	4,8	3,6	36 – 65 *
N (%)	0,3	0,2	1,2 – 2,2*
C/N	12,3	10,9	
Pas (ppm)	17	-	20 – 40 ^a
pHeau	6,1	6,2	
CEC (cmol.kg ⁻¹)	7	8	10 – 20 ^b
S (cmol.kg ⁻¹)	5,4	7,3	
V (%)	77,14	91,3	70 - 95
Ca ²⁺ (cmol.kg ⁻¹)	3,1	3,5	5 – 8 ^c
Mg ²⁺ (cmol.kg ⁻¹)	1,8	2,6	0,5–2,5 ^{ac}
K ⁺ (cmol.kg ⁻¹)	0,3	0,8	0,15-0,25 ^{dc}
Na ⁺ (cmol.kg ⁻¹)	0,2	0,4	

([22]; [23]; [24]; [25]; [26]; [27]; [28])

4 DISCUSSION

4.1 CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES

La description morphologique des sols du bas de versant de la toposéquence donne plusieurs types de sols identifiés dans la zone de savane arbustive, la zone de savane herbeuse et dans la prairie qui débouche dans le lit de l'affluent du fleuve. Le profil (70 cm) de la savane arborée est caractérisé par trois horizons. L'humus dans ce profil décroît de l'horizon de surface pour disparaître dans le dernier horizon. La présence de l'humus dans les horizons de surface s'explique par la végétation combinée d'herbacées et d'arbre produisant de forte quantité de biomasse qui représentent la source principale de la matière organique [28]. La structure est grumeleuse dans l'horizon de surface (0 – 13 cm) et polyédrique subangulaire dans les horizons subjacents avec des textures allant du sable à argile en passant par une texture sablo argileuse. La couleur générale dans les horizons subjacents est du rouge poussiéreux (7,5YR 3/2). Ces différentes caractéristiques texturales et structurales sont un

indicateur pour le bon développement des cultures à faible profondeur d'enracinement. Cela est illustré par l'abondance racinaire des végétaux dans ces horizons de surface [29].

Ces horizons augurent également de potentialités chimiques importantes en nutriments notamment magnésium et potassium [30]. Cependant, l'hydromorphie à faible profondeur (70 cm) induit une contrainte importante pour les cultures à enracinement profond [31]. Les sols de la zone de savane arborée sont des sols ferrallitiques appauvris et classés comme Arenosol ([8], [14]). Dans la savane herbeuse, l'horizon de surface est un horizon de type A de faible épaisseur (0 – 13 cm) caractérisé par un sol humifère à structure grumeleuse friable et poreux avec une texture sableuse. Ces caractéristiques dénotent d'un horizon favorable à la production des cultures [32]. L'horizon subjacent à l'horizon de surface est également de faible épaisseur (13 – 30 cm). C'est un horizon humifère de couleur marron (7,5YR 5/2) tacheté de couleur rouge jaunâtre (5YR 4/6) caractéristique d'une hydromorphie temporaire [33] et de la mauvaise porosité. Cependant, la structure compacte (polyédrique) et la texture équilibré (sablo argileuse) illustre un horizon de type A (B) [34]. L'ensemble de ces caractéristiques montre un sol moyennement propice au développement racinaire des plantes. Cela est illustré par la raréfaction racinaire. L'horizon qui débouche sur le substratum est un horizon B ([34]) d'une grande épaisseur (20 – 80 cm) caractérisé par une texture argileuse et coloré brun rougeâtre (5YR 6/3) avec des taches rouge jaunâtre (5YR 4/6). Ces traits démontrent un sol peu poreux prouvé par la teneur en argile et de l'hydromorphie temporaire caractérisée par les taches d'oxydoréduction [35]. C'est un horizon non humifère de structure polyédrique sub-anguleuse et de texture argileuse. La texture argileuse de cet horizon indique une zone d'accumulation en minéraux fins minéraux indispensables pour le développement des végétaux. Cependant la profondeur d'accumulation le rend inaccessible pour les cultures à enracinement peu profond comme les cultures céréalières (riz, maïs etc.) ([36]). Le mauvais drainage de cet horizon lié à la mauvaise porosité explique l'absence dans cet horizon de la matière organique. En effet, l'hydromorphie entraîne une faible décomposition et minéralisation de la matière organique [37]. et une mauvaise activité biologique ([38], [39]). Cette analyse montre des contraintes agricoles liées à la faible profondeur de la couche arable et à l'hydromorphie superficielle (0 – 30 cm). Cependant les couleurs 7,5 YR et 5YR dominantes dans les différents horizons suggèrent des sols riches en magnésium et en potassium [30]. Les caractéristiques morphologiques montrent que le sol de la savane herbeuse est de type ferrallitique appauvri [8] correspondant aux Arénic Ferralsols [14]. Dans la prairie, le profil étudié est également caractérisé par trois horizons dont les deux premiers horizons superficiels sont de faibles épaisseurs d'environ 15 cm en moyenne (0 – 12 cm, 12 – 30 cm) et sont respectivement des horizons AB (g) et B ([34]). Outre les conditions gleyiques liées aux phénomènes d'oxydoréduction peu favorables au développement des cultures, et de la texture argileuse dominante, les sols de ces horizons de surface sont moyennement humifères de structures grumeleuses à polyédrique. Ils sont favorables au développement racinaire des cultures comme l'indique la présence de nombreuses racines dans ces horizons. Quant à l'horizon débouchant sur le substratum (30 – 80 cm), il est caractérisé par une structure massive avec fort taux d'argile. Les conditions d'oxydoréduction y sont fortement remarquées. La couleur dominante est Gley1 4/N, fortement tacheté jaune rougeâtre (10YR 6/8). C'est un horizon peu humifère et contenant cependant de rares racines décimétriques. Les conditions d'hydromorphie s'expliquent par la submersion temporaire lors des crues d'eau du fleuve. Les fortes teneurs en argiles des sols de la prairie est le fait que, sous les prairies, s'accumulent des couches de racines qui augmentent la teneur en matières organiques la stabilité structurale [23]. Dans cette section du bas de versant de la toposéquence, le type de sol décrit se classe parmi les Gleysols ([8], [14]). Les contraintes physiques de ces sols pour une valorisation agricole sont liées à l'hydromorphie temporaire à cause des crues du fleuve pendant les saisons pluvieuses. Outre l'hydromorphie temporaire, compacité liée à la forte richesse en argile entraîne des difficultés d'enracinement des cultures pendant les périodes sèches.

4.2 CARACTÉRISTIQUES PHYSICOCHIMIQUES

Les résultats des caractéristiques physicochimiques du sol étudiés présentés dans le tableau 4 montrent du point de vue granulométrique, un taux d'argile plus élevé suivi du limon et du sable respectivement dans les sols de bas versant du bassin versant de la Marahoué. La dominance de l'argile soumet ces sols à la fluctuation, à la perméabilité ou à l'imperméabilité à l'eau dans ces sols. En effet, les argiles se comportent comme des roches imperméables. Elles sont très poreuses et possèdent, quand elles sont sèches, une perméabilité appréciable. Mais quand l'argile est humide, les pellicules d'eau absorbées sur les plaquettes d'argile la rendent imperméable ([40], [41]). La dominance de l'argile pourrait être préjudiciable pour les cultures car ces sols serait plus enclin à la compaction, au retrait de l'eau, rendant ainsi les plantes chétives et naines malgré une fertilisation adéquate ([42], [43]). La disponibilité des éléments minéraux pourrait être entravée par l'hydromorphie lié aux situations d'imperméabilité. L'absence d'activités biologiques dans les sols étudiés comme l'absence de vers de terre est un signe d'un manque d'air et de dureté du sol. Cette tendance à la compaction est une véritable contrainte pour les cultures céréalières desquelles se trouve le maïs [43]. Selon Chouraichi ([44]), des dépérissements de cultures se produisent plus fréquemment sur des sols à hydromorphie temporaire (ou des sols contenant des quantités importantes d'argiles) que sur

d'autres sols. Du point de vue chimique, la réaction (pHeau) du sol est de 6,1 et comprise dans les valeurs normatives de référence ([26], [27], [28], [45]) permettant la disponibilité des nutriments tels que le soufre, le calcium, le bore, le zinc etc. [28], pour le développement des plantes. En effet le pH affecte spécifiquement la disponibilité des nutriments pour les plantes en contrôlant les formes chimiques des différents éléments nutritifs et en influençant les réactions chimiques qu'ils subissent [48]. La gamme optimale de pH pour la plupart des plantes se situe entre 5,5 et 7,5 [48]. Les teneurs en phosphore assimilable et la CEC sont faibles et sont en deçà des valeurs seuils critiques ([23], [22]). Les faibles teneurs du phosphore assimilables s'expliqueraient par la rétrogradation du phosphore sous l'effet des pH acides des sols comme cela est indiqué dans les sols tropicaux ([49], [30]). Les sols étudiés ont une capacité d'échange cationique (CEC) très faible (<10). Ce qui voudrait dire qu'ils stockent moins les cations échangeables ou les éléments nutritifs. En effet, la capacité d'échange cationique (CEC) est une mesure du pouvoir d'un sol à retenir et échanger des cations. Il s'agit d'un indicateur relatif du potentiel de fertilité d'un sol. Les sols ayant une CEC élevée peuvent retenir davantage de cations et possèdent une plus grande capacité à les échanger que les sols ayant une faible CEC (≤ 10 cmolkg⁻¹). Ces cations sont retenus sur des sites chargés négativement que l'on retrouve à la surface de particules de matière organique et d'argile. La matière organique possède plus de sites d'échanges que les particules d'argile. Ces sites sont des sources importantes de tous les cations assimilables par les végétaux. Les cations ne sont pas retenus fortement à ces surfaces. En fait, ces surfaces réalimentent constamment la solution de sol en cations à mesure que ces derniers sont prélevés par les plantes. La faible teneur de la CEC des sols étudiés pourrait s'expliquer par la matière organique contenu dans ces sols. En effet, l'on note une teneur en matière organique à la limite inférieure de la moyenne normative (42 gkg⁻¹) (tableau 4) qui pourrait s'expliquer par une biomasse moins abondante car constituée majoritairement d'herbacées. L'analyse physicochimique du bas de versant du bassin versant de la Marahoué indique globalement des sols moyennement propices l'agriculture.

5 CONCLUSION

L'étude des caractéristiques morphopédologiques et physicochimiques du bas du bassin versant de la Marahoué dans la région du Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire a permis d'avoir un aperçu des sol en terme d'atouts capitalisables pour un raisonnement de leur mise en valeur agricole. Elle a mis en évidence l'influence du couvert végétal sur la structure du sol, la teneur en matière organique et les quantités d'éléments minéraux des sols. Les sols du bas versant sont des sols ferrallitiques appauvris (Arenosols) et hydromorphe (Gleysols). Ces sols sont rencontrés sous trois types de couvert végétal de type savane arborée, herbeuse et la prairie qui débouche sur le fleuve Bandama. Ces sols sont moins profond sont de potentiel agricole moyen. Les principales contraintes sont les faibles niveaux d'induration. (70 – 80 cm), de la nappe et les faibles épaisseurs des couches arables. Les sols riches en argile avec de faibles teneurs en teneurs en phosphore et un CEC faible.

REMERCIEMENTS

Nous disons merci à madame et monsieur GOULI, pour avoir pris, entièrement, toutes les charges liées à cette étude.

REFERENCES

- [1] Boucles, D.; Triomphe, B.; Sain, G., 1998. Plantes de couverture en agriculture de coteau: innovation paysanne avec mucuna. CRDI/CIMMYT 1998.
- [2] Hauhouot Célestin 2004: Les pressions anthropiques sur les milieux naturels du sud-est ivoirien, in Geo-Eco-Trop, Numéro 28, Tome 1-2, pp. 69-82.
- [3] Doumouya I., B. Kamagate, A. Bamba, M. Ouedraogo, I. Ouattara, I. Savane, B. T. A. Goula, J. Biemi. 2009. Impact de la variabilité climatique sur les ressources en eau et végétation du bassin versant du bandama en milieu intertropical (Côte d'Ivoire). *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, (14), 203–215.
- [4] Yao-Kouamé A. et Alou, K. (2008). Propriétés du sol et domestication de *Lippia multiflora* (verbenceae) en Côte d'Ivoire. *Agronomie africaine*, 97 – 107.
- [5] N'DA Dibi Hyppolite; Yao Constant Yves ADOU; Kouakou Edouard N'GUESSAN; Moussa KONE et Yao Charles SAGNE. 2008. Analyse de la diversité floristique du parc national de la Marahoué, Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire. *Afrique SCIENCE* 04 (3) (2008) 552 - 579.
- [6] Perraud et Souchère. (1969). Esquisse pédologique de la Côte d'Ivoire à l'échelle de 1/500 000 dressée par Alain Perraud et Pierre de la Souchère; d'après les travaux des pédologues de l'ORSTOM: G. Aubert... [et al.]; Office de la recherche scientifique et technique outre-mer, centre d'Adiopodoumé, Type de document: Document cartographique.

- [7] Beaudou, A.G. & Chatelin, Y. 1977. Méthodologie de la représentation des volumes pédologiques: typologie et cartographie dans le domaine ferrallitique africain. Cahiers ORSTOM. Série Pédologie, 15 (1): pp. 3-18.
- [8] CPCS (1967). Classification des sols. Travaux CPCS 1963-1967, 100 p.
- [9] Analyse structurale et cartographique en pédologie: passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique. Cah ORSTOM., séri. Pédol., vol. XIX. No 4, 341 – 351.
- [10] Delaunois A. (2006). Guide simplifié pour la description des sols. Disponible à <https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Fertilisation-des-Terres-et-des-Sols/p%C3%A9dologie/physique-des-sols/guide-simplifi%C3%A9-pour-la-description-des-sols.pdf>. Consulté le 23-06-2022. 37 p.
- [11] Baize D., et Jabiol B. (2011). Guide pour la description des sols. Nouvelle édition. Quae éditions. 448.
- [12] Delaunois A, Ferrie Y, Bouche M, Colin C et Rionde C. (2013). Guide pour la description et l'évaluation de la fertilité des sols destiné aux agriculteurs et aux agronomes des sols. Chambre d'agriculture du Tarn et INRA de Montpellier. 39 p.
- [13] STIPA. (2000). UMR. Sol et Environnement – INRA – Montpellier. Fiche de description d'une fosse pédologique selon le modèle STIPA. 6 P.
- [14] WRB. 2014. World reference base for soil resources 2014 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 193 p.
- [15] Thomas G.W., 1982. Exchangeable Cations. in: Page A L., Miller R H., Keeney D R (ed) Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy 9. Second Edition. Madison, Wisconsin, pp. 159-164.
- [16] Nelson D.W., Sommer L.E. (1982). Total carbon, organic C and organic matter. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological Properties. Agronomy 9, Second Edition. ASA, SSSA, Madison, pp. 539-577.
- [17] Olsen S.R., Sommers L.E., 1982. Phosphorus. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (ed) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Agronomy 9, Second Edition. Madison, Wisconsin, pp. 403-427.
- [18] Bremner J., Mulvaney C., 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Madison: ASA, SSSA. Nitrogen Total and Total P. Agronomy 9 Second edition, pp 403-430.
- [19] Akobundu I.O. et Agyakwa C.W. (1987). Guide to West African Weeds. IITA, Ibadan, 356 p.
- [20] Braun-Blanquet J., 1928. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Biologische Studienbücher 7, Berlin, 330 p.
- [21] Quittet E., 1967. Agriculture, Tome 1, 15ième Edition. Dunod, Paris, pp. 5 – 6.
- [22] Horneck et al. (2011) Horneck D.A., Sullivan D.M., Owen J.S., and Hart J.M. 2011. Soil Test Interpretation Guide. 12p. Archival copy. For current version, see: <https://catalog.extension.oregonstate.edu/ec1478>.
- [23] – Pasquier, L., 2010. Guide du sol 'L'argile et Lamotte', Edition ENESAD, 111p.
- [24] Landon, J. R. (1991). Booker Tropical Soil Manual, A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and subtropics, paperback, longman, Booker Tate limited, Oxon, Royaume Uni, p 474.
- [25] Boyer, J. (1972). Soil Potassium. In soils of the humid tropics; 102- 135, National Academy of Science publ. (Washington).
- [26] Howeler, R.H., 1996. Diagnosis of nutritional disorders and soil fertility maintenance of cassava. tropical tuber Crops: Problems, Prospects and Future Strategies. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, India, 181-193.
- [27] Howeler, R.H., 2001. Nutrient Inputs and Losses in Cassava-based Cropping Systems. Examples from Vietnam and thailand. Southeast Asia 20, 22. R. Mirabbasia, E.N. Anagnostoub, A. Fakheri-Farda, Y. Dinpashoha, S. Eslamianc, Analysis of meteorological drought in northwest Iran using the Joint Deficit Index. Journal of Hydrology, 492 (7), 2013, 35-48.
- [28] Giroux, M., et Audesse, P., 2004. Comparaison de deux méthodes de détermination des teneurs en carbone organique, en azote total et du rapport C/N de divers amendements organiques et engrais de ferme. Agrosol 15, 107-110.
- [29] ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre -Mer. Centre d'Adiopodoumé – Côte d'Ivoire) 1983. Etude pédologique et représentation cartographique A 1/10000 d'une zone représentative des savanes du Centre – Nord – ouest de la Côte d'Ivoire (partie nord de la coupure IGN de Mankono à 1/200000 Sous -Préfecture de Dianra). 135 p.
- [30] Koné B., Diatta S., Oikeh S., Gbalou Y., Camara M., Dohm D.D et ASSA A., 2009. Estimation de la fertilité potentielle des ferralsols par la couleur: usage de la couleur en morphopédologie. Canadian Journal of Soil Science, 89 (3), pp. 331-342.
- [31] Kassin Koffi Emmanuel, Louis KOKO, N'GORAN Kouadio Emmanuel, YAO-KOUAME Albert et Yoro Gballou René. 2012. Sols favorables à la cacaoculture au centre-ouest de la Côte d'Ivoire dans un contexte d'assèchement climatique. Int. J. Biol. Chem. Sci. 6 (3): 1148-1157.
- [32] Eshett, E. T., 1987. The basaltic soils of South Eastern Nigeria: Properties, classification and constraints to productivity. Journal of Soil Science, 38: 565-571.
- [33] Konan K.F. 2013. Diagnostic minéral d'un sol de bas-fond secondaire développé sur matériaux granito-gnessiques en région centre de la Côte d'Ivoire: essai comportemental de riziculture irrigué. DEA en Science de la terre, Abidjan: Université Felix Houphouët Boigny. 70 p.
- [34] Esu, I. E., 1999. Fundamentals of Pedology, Stirring –Holden Publishers Limited, Ibadan.

- [35] Ponnampetunia F.N. 1972. The chemistry of submerged soils. *Advan. Agron.* 24, pp. 29-96.
- [36] Niccoulaud B, Darthout R et Odile Duval. 1995. Etude de l'enracinement du blé tendre d'hiver et du maïs dans les sols argilo-sableux de la petite Beauce. *Etude et gestion des sols* 2 (3) 183 – 200.
- [37] Poss R. 1982. Etude morpho-pédologique de la région de Katiola (Côte d'Ivoire). Notice explicative n°. 94, ORSTOM, Paris, France, 149 p.
- [38] Salducci X., 2011: Diagnostic de la fertilité biologique des sols et gestion de la MO: Concepts –méthodes applications...une nouvelle génération d'analyse, présentation Celesta-Lab au groupe technique MO des chambres d'agriculture du LR, 22 juillet 2010, Celesta-Lab.
- [39] Mouaromba Wavel, Gilbert François Ngon Ngon, Abgassi Abdraman Adoum et Elie Constantin Bayiga. 2021. L'impact des pratiques agricoles sur les matières organiques de sols de polders, le cas de mamdi dans le lac-tchad. *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 38 (2021) 455 – 470.
- [40] Khemissa M. 1998. Mesure de la perméabilité des argiles sous contrainte et température. *Revue française de géotechnique* N° 82 1er trimestre 1998. 11 – 22.
- [41] Morel R. 1996. Les sols cultivés. Lavoisier, Paris. 380 p.
- [42] Nowamooz Hossein, 2007. Retrait/gonflement des sols argileux compacts et naturels. Thèse. Institut National Polytechnique De Lorraine. 199 p avec 22 pages annexes.
- [43] Tsague Georges Erick. 2022. La compaction des sols: Les causes et les solutions. Novembre 05 No 05 C01.: https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Tsague_La%20compaction%20des%20sols.pdf.
- [44] Chouraichi M. 2008. Évaluation de la relation entre les paramètres physiques, chimiques et hydriques du sol et le dépérissement du cèdre dans la région du Moyen Atlas et élaboration de l'indice de sensibilité (IS) du cèdre au dépérissement. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 41: 78-94.
- [45] Doucet, R., 2006. Le climat et les sols agricoles. ed. Berger, Eastman, Québec, xv, 443.
- [46] Gavito, M. E., Olsson, P. A., Rouhier, H., Medina-Peñafiel, A., Jakobsen, I., Bago, A., & Azcón-Aguilar, C. (2005). Temperature constraints on the growth and functioning of root organ cultures with arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist*, 168 (1), 179–188.
- [47] Van Breemen, Mulder et Driscoll. 1983. Acidification and alkalinization of soils. *Plant and Soil*, vol. 75, no 3, 283–308.
- [48] Slessarev, Lin, Bingham et Johnson. 2016., Water balance creates a threshold in soil pH at the global scale. *Nature*, vol. 540, no 7634, . 567–569.
- [49] Dabin B. 1974. Évolution des phosphates en sols acides des régions tropicales. Laboratoires centraux - O.R.S.T.O.M. - Bondy (France). *Extuait de Science du Sol - Billet de A.F.E.S.*, no 2, 19 p.