

Caractérisation morpho-pédologique des sols du Parc National du Banco et identification des milieux préférentiels de l'invasion de *Chromolaena odorata* (L.) R.M.King and H.Rob. (Compositae)

[Morpho-pedological characterization of the soils of the Banco National Park and identification of preferential environments for the invasion of *Chromolaena odorata* (L.) R.M.King and H.Rob. (Compositae)]

Zinsi Roseline Gouli Gnanazan¹, Sopié Elvire Vanessa Akaffou¹, Arthur Philippe Djan², and Marie-Solange Tiébré¹⁻²

¹Laboratoire des Systématiques Herbiers et Musée botanique, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Laboratoire des Milieux naturels et Conservation de la Biodiversité, UFR Biosciences, Université Félix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 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 present study was carried out to improve knowledge on the preferential environments for invasion of *C. odorata* with a view to combating the species. Four biotopes were selected: closed forests, ruderal areas without *C. odorata* (by the side of roads, under wires), ruderal areas with a young invasion of *C. odorata* (populations invaded by young *C. odorata* plants) of less than one year and ruderal areas with an old invasion of *C. odorata* (populations invaded by *C. odorata* plants with lignified stems, well-developed and massive shrubs) from one to three years. Floristic inventories and soil samples from 0 to 20 cm depth were carried out in quadrats of 4 m² (2 m × 2 m). A total of 36 quadrats were placed using 9 repetitions per biotope. A morpho-pedological description of the BNP soils according to the toposequence was also carried out. The results showed that the BNP soils belong to the class of ferrallitic soils or Ferralsols. The summits are not preferential growth environments for *C. odorata*. The species adapts with difficulty to this type of environment. Mid-slopes are environments where we can observe the growth of *C. odorata*. The species manages to adapt to this type of environment. Finally, the bottom of slopes are preferential environments for the growth and proliferation of *C. odorata*. The species grows easily, proliferates and even becomes invasive.

KEYWORDS: Soil, *Chromolaena odorata*, invasion, Banco National Park, Côte d'Ivoire.

RESUME: La présente étude a été réalisée pour améliorer les connaissances sur les milieux préférentiels d'invasion de *C. odorata* en vue de lutter contre l'espèce. Quatre biotopes ont été sélectionnés: les forêts fermées, les zones rudérales sans *C. odorata* (au bord des routes, sous les fils), les zones rudérales avec une invasion jeune de *C. odorata* (populations envahies par de jeunes plants de *C. odorata*) de moins d'un an et les zones rudérales avec une ancienne invasion de *C. odorata* (populations envahies par des plants de *C. odorata* avec des tiges lignifiées, des arbustes bien développés et massifs) de un à trois ans. Des inventaires floristiques et des échantillons de sol de 0 à 20 cm de profondeur ont été réalisés dans des quadrats de 4 m² (2 m × 2 m). Un total de 36 quadrats ont été placés grâce à 9 répétitions par biotope. Une description morpho-pédologique des sols du PNB en fonction de la toposéquence a également été réalisée. Les résultats ont montré que, les sols du PNB appartiennent à la classe des sols ferrallitiques ou Ferralsols. Les sommets ne sont pas des milieux préférentiels de croissance de *C. odorata*. L'espèce s'adapte difficilement à ce type de milieu. Les mi-versants sont des milieux où l'on peut observer la croissance de *C.*

odorata. L'espèce arrive à s'adapter à ce type de milieu. Enfin, les bas de pente sont des milieux préférentiels de croissance et de prolifération de *C. odorata*. L'espèce s'y développe facilement, prolifère et devient même invasive.

MOTS-CLEFS: Sol, *Chromolaena odorata*, invasion, Parc National du Banco, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Chromolaena odorata (Compositae) est une plante exotique envahissante originaire d'Amérique centrale. Elle aurait été introduite comme plante de couverture dans le Sud-Est Asiatique vers 1880 d'où l'un de ses noms communs d'herbe du Laos [1]. Par la suite, elle s'est rapidement répandue et est devenue une composante à part entière des végétations anthropisées [2]. C'est une mauvaise herbe des cultures, des plantations, des savanes et des forêts qui a fait l'objet de plusieurs études dans de nombreuses régions du monde. La plupart de ces études révèlent les nombreux impacts négatifs de *C. odorata* sur les systèmes agricoles, l'économie et sur la conservation de la biodiversité [3]; [4]. En Asie, précisément au Sri Lanka, en Indonésie et en Malaisie, la plante est classée parmi les trois mauvaises herbes majeures des cultures de coco, de l'hévéa et du palmier à huile. *C. odorata* a été identifiée comme la plus grande menace pour le Nord de l'Australie, en raison de sa propagation rapide et de son potentiel à nuire à l'agriculture et à l'environnement. En Afrique centrale, notamment en Centrafrique, elle est responsable de l'empoisonnement du bétail dans les terroirs pastoraux [5]. Elle colonise les savanes en s'élevant plus haut que les Graminées qui les constituent [6]. En Afrique de l'Ouest, dans la région Ashanti au Ghana, il a été prouvé que *C. odorata* et *Centrosema pubescens* ont un impact négatif sur les cultures et qu'elles sont dominantes en tant qu'adventices dans les champs cultivés [7].

En Côte d'Ivoire, les études menées sur *C. odorata* ont plutôt concerné la taxonomie, la distribution de l'espèce [8], ses usages médicaux [9]; [10], son potentiel agronomique [11]; [12]; [13], et son impact sur la diversité des espèces [14]; [15]. Il y a un manque d'étude sur les milieux préférentiels de l'invasion de *C. odorata* en fonction de la toposéquence (sommet, versant et bas de pente). Ainsi, au travers de cette étude, nous tenterons d'apporter des éléments de réponses à cette problématique. L'objectif général de cette étude est d'améliorer les connaissances sur les milieux préférentiels d'invasion de *C. odorata* en vue de lutter contre l'espèce. De façon spécifique, il s'est agi (1) de caractériser la morpho-pédologie des sols du Parc National du Banco et (2) d'identifier les milieux préférentiels de l'invasion de *C. odorata*.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 SITE D'ÉTUDE

L'étude a eu lieu au Parc National du Banco (5°21' -5° 25' N et 4° 1' - 4° 5' O) situé au coeur de la ville d'Abidjan (Figure 1). Ce parc a une superficie de 3438, 34 ha. Son climat est de type tropical [16] caractérisé par quatre saisons, comprenant: deux saisons sèches d'août à septembre et décembre à mars et deux saisons des pluies d'avril à juillet et d'octobre à novembre. La moyenne annuelle des précipitations enregistrées par la SODEXAM pour la période 2013 à 2022 est d'environ 2000 mm. La température moyenne annuelle est autour de 26°C avec une amplitude de 4,3°C. Le sol du parc est de type ferrasol [17]. caractérisé par un sol sableux, fortement désaturé. Selon [18], le PNB est situé dans le domaine guinéen et appartient au secteur ombrophile. C'est une forêt psammohygrophile dont l'association caractéristique est formée par *Turraeanthus africanus* (Meliaceae) et *Heisteria parvifolia* (Olacaceae). Les arbres dominants de les strates supérieures sont: *Turraeanthus africanus*, *Synsepalum afzelii*, *Berlinia confusa*, *Blighia welwitschii*, *Coula edulis*, *Dacryodes klaineana*, *Lophira alata*, *Petersianthus macrocarpus* et *Piptadeniastrum africanum*.

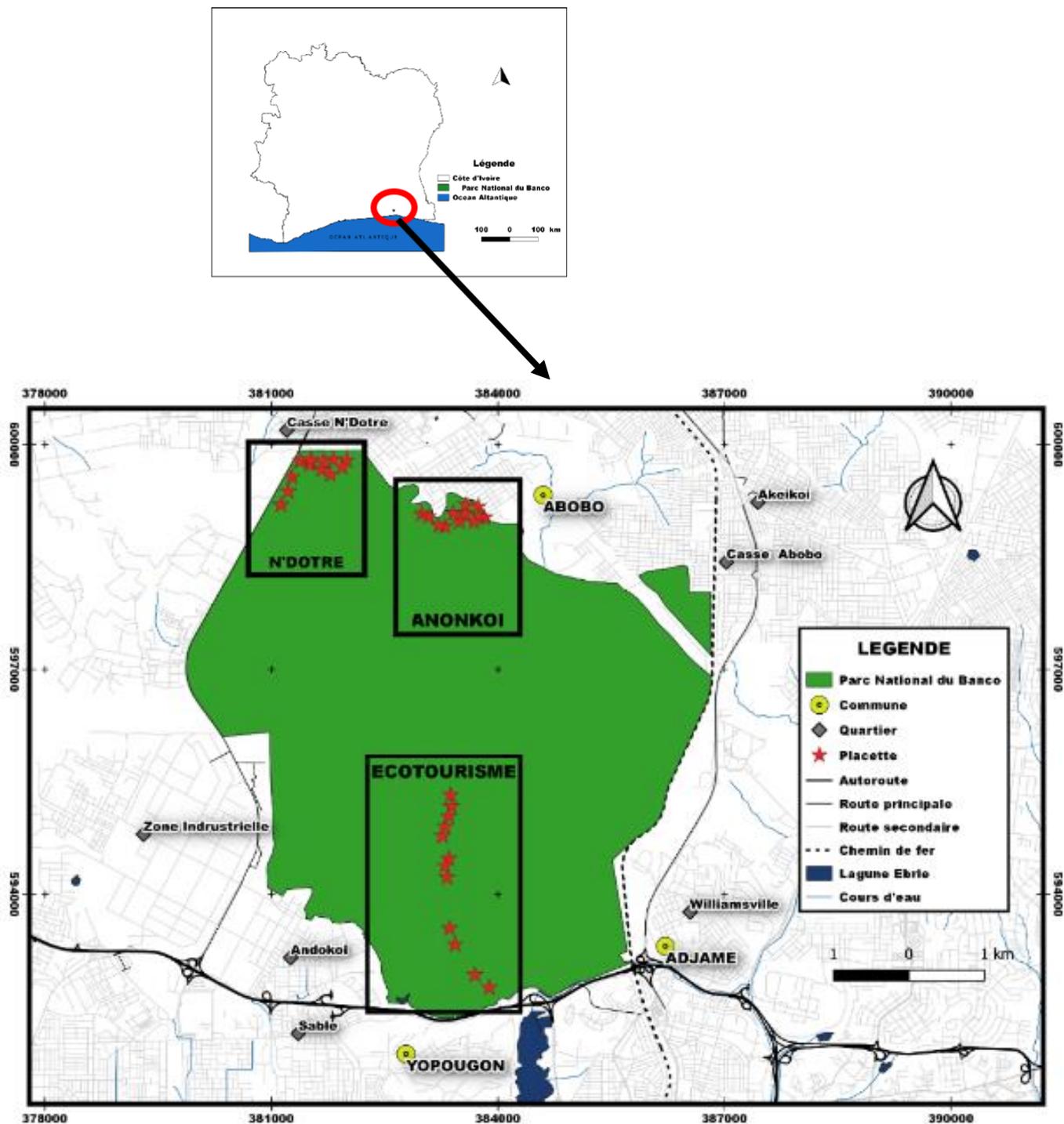


Fig. 1. Localisation du parc national du Banco en Côte d'Ivoire et des sites d'échantillonnage

2.2 MÉTHODES

2.2.1 CARACTÉRISATION MORPHO-PÉDOLOGIQUE ET ANALYSES DE SOL

D'après les travaux de [19], la caractérisation des sols commence par l'observation des traits morphologiques visibles ou perceptibles à l'œil nu. Ces observations portent d'une part, sur les éléments de l'environnement (la végétation, le relief, le réseau hydrographique, les formations géologiques), d'autre part, sur les propriétés physiques des sols dont les éléments

majeurs sont: la couleur, l'état d'humidité, la texture, la structure, la charge en éléments grossiers, la cohérence, la porosité, le type d'horizon et la profondeur. Les paramètres physiques du sol contribuent à une meilleure connaissance de l'évolution des sols.

Cette méthode se fait à petite échelle (1/50 000; 1/100 000 et 1/200 000). Selon [20], sur le même matériau volcano-sédimentaire, il se développe une succession de sols. Aussi, selon [21], le profil de sol reste encore l'échelle à laquelle on se réfère pour classer et définir le type de sol. Ainsi, en tenant compte d'une échelle de 1/5000, trois fosses pédologiques ont été ouvertes tous les 50 m le long d'un layon de 150 m de longueur et de direction Nord-Est. Pour avoir un meilleur éclairage des faces à observer, les fosses ont été creusées à l'aide d'une pioche, d'une pelle et d'une daba. Une tranchée a été creusée dans le sol de profondeur 1,20 m de longueur, et de largeur 0,80 m. Les fosses pédologiques ont été décrites en considérant quatre séries de données, suivant le glossaire de pédologie de l'ORSTOM [22] à savoir: les données générales situant l'observation (la date, le lieu, la feuille, le numéro du profil, le type de sol), les données concernant l'environnement physique de la fosse (la pente, la position topographique, la végétation, la roche mère, le microrelief et l'utilisation du sol) et enfin, les données sur les horizons (l'épaisseur, la couleur, l'humidité, la teneur en matière organique, la texture, le pourcentage en éléments grossiers, la structure générale et celle du débit, la cohésion générale et celle de l'agrégat, la porosité générale, l'enracinement, l'orientation des racines, la classe de drainage) ainsi que la netteté et la forme des limites des horizons [23]; [24]; [25]. La texture a été définie par la méthode du Boudin pendant la description sur le terrain. Trois segments topographiques (haut de versant, mi de versant et bas de versant) ont été considérés [24].

2.2.2 ÉCHANTILLONNAGE ET ANALYSES DE SOL

Un échantillonnage du sol a été effectué dans chaque quadrat (quatre aux coins et un au centre) à une profondeur de 0-20 cm avec une tarière puis mélangé pour former un seul échantillon. Ils ont été séchés à l'air pendant 48 heures et tamisé au tamis de 2 mm. Les éléments chimiques tels que la CEC et la teneur en matière organique ont été déterminés. La détermination de la CEC a été réalisée à l'aide de la méthode à l'acétate d'ammonium 1N à pH 7,0 selon NF-X 31-108-NF X Norme 31-130. La détermination du carbone organique a été réalisée par la méthode de Walkley et Noir. Le pourcentage de Carbone Organique (CO) est calculé par la formule suivante: $\% \text{ CO} = 4 (V_0 - V) \times 100 / V.P$

Dans cette formule, V_0 est le volume de sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ajouté au témoin, V est le volume de Sulfate ferreux ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ajouté à l'échantillon et P est la prise d'essais de sol en gramme (0,5g).

Après le calcul du pourcentage de Carbone Organique (CO), la teneur en matière organique (MO) est tirée de la relation suivante: $\% \text{ MO} = \% \text{ C} \times 1,724$

Dans cette formule, c est le pourcentage de carbone et 1,724 est le facteur de conversion.

2.2.3 COLLECTE DES DONNÉES FLORISTIQUES

Pour identifier les milieux préférentiels de l'invasion de *Chromolaena odorata* (L.) King & Robinson (Asteraceae), trois sites d'échantillonnage (Anonkoi, Ecotourisme et N'dotre) ont été sélectionnés dans le parc (Figure 1). Les critères suivants ont été utilisés: (1) sol homogène, (2) zones très anthropisées et, (3) présence connue de l'envahissement de *C. odorata*. Quatre biotopes ont été sélectionnés dans chaque site: zones rudérales avec une invasion jeune de *C. odorata* (populations envahies par de jeunes plants de *C. odorata*) de moins d'un an, les zones rudérales avec une ancienne invasion de *C. odorata* (populations envahies par des plants de *C. odorata* avec des tiges lignifiées, des arbustes bien développés et massifs) de un à trois ans, les zones rudérales sans *C. odorata* (au bord des routes, sous les fils) et les forêts fermées. Les forêts fermées et les zones rudérales sans *C. odorata* ont servi de témoins. Trente-six quadrats de 4m^2 ($2\text{m} \times 2\text{m}$) situés à une altitude variante entre 3 m et 9 m ont été posés aléatoirement dans les sites de prélèvements en raison de douze quadrats dans chaque site d'échantillonnage et de trois quadrats par biotope (Tiébré et Gouli Gnanazan 2018; Gouli Gnanazan et Tiébré 2018). Dans chaque quadrat, toutes les espèces rencontrées ont été identifiées et leur recouvrement a été déterminé.

3 RESULTATS

3.1 DESCRIPTION MORPHO-PÉDOLOGIQUE

Trois segments topographiques (haut de versant, mi de versant et bas de versant) avec leurs traits morphologiques ont été décrits de la manière suivante:

• Profil 1 de sol localisé au haut de versant (Figure 2)

Coordonnées géographiques: W 004. 04'992"; N 05. 36'327"

Position topographique: haut de versant

Altitude: 45 m

Végétation: Forêt secondaire

A₁₁, 0-17 cm: de couleur brun (7,5 YR 3/2), il est humifère, frais à texture sablo-limono argileuse à sable fin et moyen avec 5 à 10% d'argile. Il présente une structure de débit polyédrique subanguleux. Il est peu cohérent, poreux avec de nombreuses racines de taille millimétrique à centimétrique. Il a un bon drainage de classe 1,6.

A₁₂, 17-34 cm: de couleur brun (7,5 YR 5/4). Il est apparemment humifère, frais, à texture sablo argileuse à sable moyen avec 20 à 25% d'argile. Il présente une structure de débit polyédrique subanguleux. Il est peu cohérent, poreux avec de nombreuses racines de tailles millimétriques à centimétriques. Il a un bon drainage de classe 1,8.

B₁, 34-83 cm: de couleur brun, 5 YR 6/3, il est apparemment humifère, frais avec la présence des taches Ocre rouille: 2,5 YR 3/6. La texture est argilo-sableuse, à sable moyen avec 25 à 30% d'argile. La structure de débit est polyédrique subanguleux. Il est peu cohérent, poreux avec un drainage moyen de classe 2. Il a de nombreuses racines de taille millimétrique à centimétrique.



A₁₁, 0-17 cm : Brun, 7,5 YR 3/2, humifère, frais, structure polyédrique subanguleux, peu cohérent drainage bon, 1,6. Texture sablo-limono argileuse à sable fin et moyen, 5 à 10% d'argile. Nombreuses racines millimétriques à centimétriques.

A₁₂, 17-34 cm : Brun, 7,5 YR 5/4, apparemment humifère, frais, structure polyédrique subanguleux, peu cohérent drainage bon, 1,8. Texture sablo argileuse à sable moyen, 20 à 25% d'argile. Nombreuses racines millimétriques à centimétriques.

B₁, 34-83 cm : Brun, 5 YR 6/3, apparemment humifère, frais, des taches Ocre rouille : 2,5 YR 3/6; texture argilo-sableuse, à sable moyen 25 à 30% d'argile. Structure polyédrique subanguleux, peu cohérent drainage moyen : 2. Nombreuses racines millimétriques à centimétriques.

Plinthosol

Fig. 2. Profil 1 d'un ferralsol au haut de versant de la toposéquence

- **Profil 2 de sol localisé au mi-versant (Figure 3)**

Coordonnées géographiques: W 004. 04'947"; N 05. 36'360"

Position topographique: Mi-versant

Altitude: 43 m

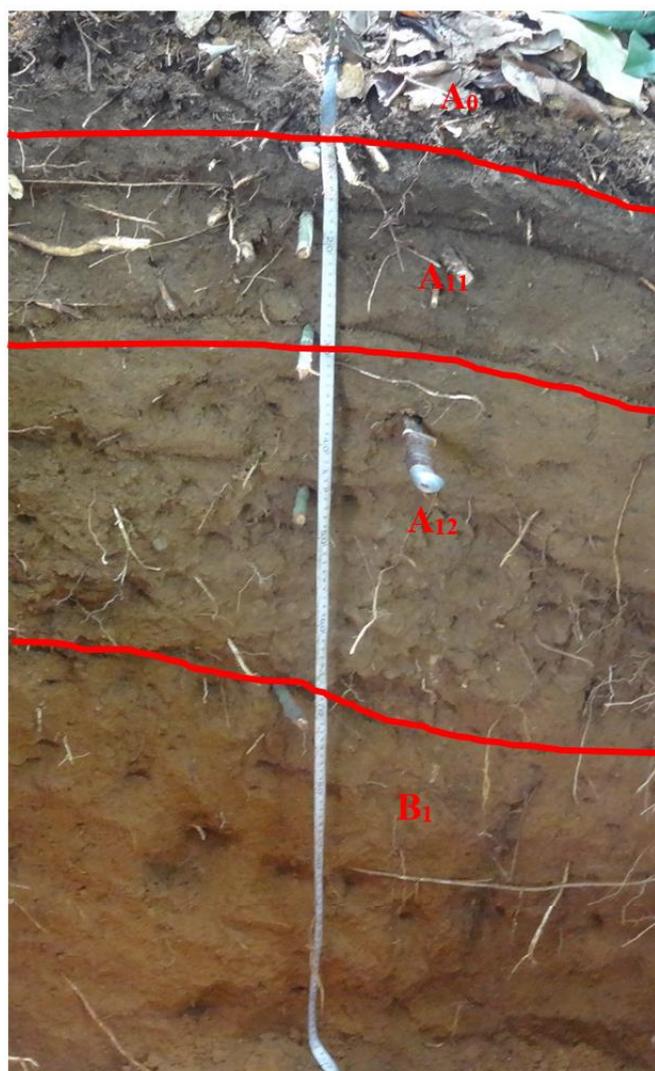
Végétation: Forêt secondaire

A₀, 0-10 cm: Brun foncé, frais, de couleur: 5 YR 5/1. Il est humifère, de structure: grumeleuse, peu cohérent, très poreux. Il présente de très nombreuses racines d'orientation subhorizontale de taille millimétrique. Le drainage est bon de classe 1,4. La transition est nette avec une limite plus ou moins régulière. La texture est sablo-limono argileuse à sable fin et moyen avec 5 à 10 p.c. d'argile.

A₁₁, 10-32 cm: Brun foncé, frais, humifère, de couleur: 10 YR 3/1. Il a une structure: grumeleuse, il est peu cohérent, très poreux avec de très nombreuses racines d'orientation subhorizontale de taille millimétrique. Il a un bon drainage de classe 1,6. La transition est nette avec une limite plus ou moins régulière. La texture est sablo argileuse à sable moyen avec 10 à 15 p.c. d'argile.

A₁₂, 32-50 cm: Brun foncé, frais, peu humifère, de couleur: 7,5 YR 3/2; rouille 7,5 YR-5/7. Il a structure: grumeleuse, il est peu cohérent, très poreux. Il a de nombreuses racines d'orientation subhorizontale de taille millimétrique. Il a un bon drainage de classe 1,8. La transition est nette avec une limite plus ou moins régulière. La texture est sablo argileuse à sable moyen avec 15 à 20% d'argile.

B₁, 50-115 cm: Brun foncé, frais, apparemment humifère, de couleur: 7,5 YR 6/8; rouille 7,5 YR-5/8. La structure est grumeleuse, peu cohérent, très poreux. Il a de nombreuses racines d'orientation subhorizontale de taille millimétrique. Il a un drainage moyen de classe 2. La transition est nette, la limite est plus ou moins régulière. La texture est argilo sableuse à sable moyen avec 20 à 30% d'argile.



A₀, 0-10 cm : Brun foncé, frais, humifère. Couleur : 5 YR 5/1; structure : grumeleuse, peu cohérent, très poreux. Très nombreuses racines subhorizontales, millimétriques. Drainage bon, 1,4. Transition nette, limite + ou – régulière. Texture sablo-limono argileuse à sable fin et moyen, 5 à 10% d'argile.

A₁₁, 10-32 cm : Brun foncé, frais, humifère. Couleur : 10 YR 3/1, structure : grumeleuse, peu cohérent, très poreux. Très nombreuses racines subhorizontales, millimétriques. Drainage bon, 1,6. Transition nette, limite + ou – régulière. Texture sablo argileuse à sable moyen, 10 à 15% d'argile.

A₁₂, 32 – 50 cm : Brun foncé, frais, peu humifère. Couleur : 7,5 YR 3/2; rouille 7,5 YR-5/7 structure : grumeleuse, peu cohérent, très poreux. Nombreuses racines subhorizontales, millimétriques. Drainage bon, 1,8. Transition nette, limite + ou – régulière. Texture sablo argileuse à sable moyen, 15 à 20% d'argile.

B₁, 50-115 cm : Brun foncé, frais, apparemment humifère. Couleur : 7,5 YR 6/8; rouille 7,5 YR-5/8 structure : grumeleuse, peu cohérent, très poreux. Nombreuses racines subhorizontales, millimétriques. Drainage moyen, 2. Transition nette, limite + ou – régulière. Texture argilo sableuse à sable moyen, 20 à 30% d'argile.

Stagnosol (plinthic stagnosol)

Fig. 3. Profil 2 d'un ferralsol au mi-versant de la toposéquence

• Profil 3 de sol localisé au bas versant (Figure 4)

Coordonnées géographiques: W 004. 0'925"; N 05. 36'379"

Position topographique: Bas versant

Altitude: 36 m

Végétation: Forêt secondaire

A₀, 0-10 cm : Brun foncé, frais, humifère, de Couleur: 7,5 YR-3/1. La structure est grumeleuse, peu cohérent, très poreux. Il a d'assez nombreuses racines d'orientation subhorizontale de taille millimétrique. Il a un bon drainage de classe 1,2. La transition est nette avec une limite plus ou moins régulière. La texture est sablo-limono argileuse à sable fin et moyen avec 10 à 15 p.c. d'argile.

A₁₁, 10-38 cm : Brun, frais, humifère de couleur: 7,5 YR 5/6. Il a une structure de débit polyédrique subanguleuse, il est cohérent, poreux avec de nombreuses racines d'orientation subhorizontale de taille millimétrique à centimétrique. La transition est progressive avec une limite plus ou moins régulière. Le drainage est bon de classe 1,6. La texture est sablo argileuse à sable moyen avec 15 à 25 p.c. d'argile.

A₁₂ (g), 38-58 cm: 7,5 YR 5/6, brun grisâtre, tacheté, frais à humide. Il est peu humifère, brun: 7,5 YR-6/4; Ocre rouille: 7,5 YR-5/6; gley1 4/N. La structure de débit est polyédrique subanguleuse, il est peu cohérent. Il y a la présence de nappe perchée. La texture est argilo sableuse à sable moyen avec 25 à 30%.



A₀, 0-10 cm : Brun foncé, frais, humifère. Couleur : 7,5 YR-3/1 ; structure : grumeleuse, peu cohérent, très poreux. Assez nombreuses racines subhorizontales, millimétriques. Drainage bon, 1,2. Transition nette, limite + ou - régulière. Texture sablo-limono argileuse à sable fin et moyen, 10 à 15% d'argile.

A₁₁, 10-38 cm : Brun, frais, humifère. Couleur; 7,5 YR 5/6, structure polyédrique subanguleuse ; cohérent, poreux. Nombreuses racines subhorizontales millimétriques à centimétriques. Transition progressive, limite + ou - régulière. Drainage bon, 1,6. Texture sablo argileuse à sable moyen. 15 à 25% d'argile.

A₁₂ (g), 38-58 cm : 7,5 YR 5/6, Brun grisâtre, tacheté, frais à humide. Peu humifère, Brun : 7,5 YR-6/4 ; Ocre rouille : 7,5 YR-5/6 ; gley1 4/N. structure polyédrique subanguleuse, peu cohérent. Présence de nappe perchée. Texture argilo sableuse à sable moyen 25 à 30%.

Sol Colluvionnaire hydromorphe à pseudogley (gleyic colluviosol)

Fig. 4. Profil 3 d'un ferralsol au bas versant de la toposéquence

3.2 IDENTIFICATION DES MILIEUX PRÉFÉRENTIELS DE L'INVASION DE *CHROMOLAENA ODORATA*

Dans cette étude, un total de 147 espèces appartenant à 118 genres et repartis en 57 familles ont été inventoriées dans les différents biotopes. Les sites inventoriés sont tous situés à une altitude variante entre 3 m et 9 m. En établissant une relation entre ces sites, les espèces végétales et la position topographique, il ressort que, au sommet (haut de versant), l'altitude varie de 9 à 8 m. L'on rencontre quatre placettes dont deux placettes des zones rudérales avec une jeune invasion de *Chromolaena odorata*, une placette des zones rudérales sans *Chromolaena* et une placette de forêt. Il a été recensé au sommet 49 espèces végétales soit 33,33 p.c. de toutes les espèces inventoriées. Les sols observés ont une texture sableuse, une faible matière organique (17,07 g/kg) et CEC (1,42-2,74 meq/100 g), le sol est poreux, l'eau et les éléments minéraux s'infiltrent rapidement. L'on a noté également la présence d'une charge grossière (graviers, cailloux ou blocs) et un faible recouvrement de *C. odorata* (5 à 15 p.c.) (Tableau 1).

À mi-versant, l'altitude est de 6 m. L'on rencontre sept placettes dont six placettes de forêts et une, des zones rudérales avec une ancienne invasion de *C. odorata*. Il a été recensé à mi-versant 59 espèces végétales soit 40,14 p.c. de toutes les espèces inventoriées. Les sols rencontrés ont une texture sablo-argileuse, une faible CEC (1,88-2,74 meq/100 g), un sol très poreux dans lequel l'eau et les éléments minéraux s'infiltrent rapidement. Il a été noté la présence de charge grossière

(graviers, cailloux ou blocs). La matière organique est très élevée (24,59 g/kg) mais le recouvrement de *C. odorata* est moyen (50 p.c.) (Tableau 1).

Au bas de pente, l'altitude varie de 3 à 4 m. L'on rencontre 25 placettes dont sept placettes des zones rudérales avec une jeune invasion de *C. odorata*, huit placettes respectivement des zones rudérales avec une ancienne invasion de *C. odorata*, des zones rudérales sans invasion et deux placettes des forêts. L'on a recensé au bas de pente 114 espèces végétales soit 77, 55 p.c. de toutes les espèces inventoriées. Les sols observés ont une texture sableuse, une teneur en matière organique (18,33 g/kg) et en CEC (1,02-7,84) plus élevées. Le sol est poreux, l'eau et les éléments minéraux s'infiltrent rapidement. L'on enregistre la présence d'une charge grossière (graviers, cailloux ou blocs) et un recouvrement très élevé de *C. odorata* (80 p.c.) (Tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques des profils de sol du Parc National du Banco en fonction de la position topographique des sites inventoriés (profondeur de sol: 0-20 cm)

Position topographique	Sites inventoriés	Texture	Matière organique (g/kg)	Moy	CEC (meq/100 g)	Moy	Eléments grossiers (p.c)	Porosité	Drainage	Espèces végétales	Moy	Recouvrement de <i>Chromolaena odorata</i> (%)
Sommet (9 à 8 m)	CJ1E	Sableuse	20,64	17,07	1,42	1,42-2,74	< 10	Poreux	1,6	20	49	5
	CJ2E	Sableuse	9,12		1,42		< 10	Poreux	1,6	17		15
	Ru3E	Sableuse	16,17		1,48		< 10	Poreux	1,6	17		-
	For1N	Sablo-argileuse	22,36		2,74		< 10	Poreux	1,6	14		-
Mi-versant (6 m)	CV3E	Sableuse	21,33	24,59	2,3	1,88-2,74	< 10	Très poreux	1,6	12	59	50
	For1E	Sablo-argileuse	24,08		1,88		< 10	Très poreux	1,4	8		-
	For2E	Sablo-argileuse	28,55		1,88		< 10	Très poreux	1,4	18		-
	For3E	Sablo-argileuse	19,95		1,88		< 10	Très poreux	1,4	13		-
	For2A	Sablo-argileuse	24,08		2,36		< 10	Très poreux	1,4	12		-
	For3A	Sablo-argileuse	23,74		2,36		< 10	Très poreux	1,4	20		-
Bas de pente (3 à 4m)	For3N	Sablo-argileuse	30,44	18,33	2,74	1,02-7,84	< 10	Très poreux	1,4	13	114	-
	CJ1A	Sableuse	20,64		2,2		< 15	Poreux	1,2	14		30
	CJ1N	Sableuse	20,12		3,76		< 15	Poreux	1,2	15		15
	CJ2A	Sableuse	18,06		2,2		< 15	Poreux	1,2	13		40
	CJ2N	Sableuse	15,82		3,76		< 15	Poreux	1,2	12		30
	CJ3A	Sableuse	17,2		2,2		< 15	Poreux	1,2	13		25
	CJ3E	Sableuse	9,29		1,42		< 15	Poreux	1,2	21		5
	CJ3N	Sableuse	13,93		3,76		< 15	Poreux	1,2	15		5
	CV1A	Sableuse	16,84		1,02		< 15	Très poreux	1,6	9		80
	CV1E	Sableuse	22,02		2,3		< 15	Très poreux	1,6	9		80
	CV1N	Sableuse	55,04		7,84		< 15	Très poreux	1,6	11		80
	CV2A	Sableuse	14,45		1,02		< 15	Très poreux	1,6	17		75
	CV2E	Sableuse	21,84		2,3		< 15	Très poreux	1,6	12		75
	CV2N	Sableuse	14,10		7,84		< 15	Très poreux	1,6	10		75
	CV3A	Sableuse	11,01		1,02		< 15	Très poreux	1,6	15		80
	CV3N	Sableuse	15,48		7,84		< 15	Très poreux	1,6	6		70
	Ru1A	Sableuse	13,76		1,64		< 15	Poreux	1,6	13		-
	Ru1E	Sableuse	14,62		1,48		< 15	Poreux	1,6	14		-
	Ru1N	Sableuse	12,56		2,28		< 15	Poreux	1,6	11		-
	Ru2A	Sableuse	13,24		1,64		< 15	Poreux	1,6	10		-
Ru2E	Sableuse	15,65	1,48	< 15	Poreux	1,6	14	-				
Ru2N	Sableuse	18,58	2,28	< 15	Poreux	1,6	16	-				
Ru3A	Sableuse	14,28	1,64	< 15	Poreux	1,6	11	-				
Ru3N	Sableuse	15,82	2,28	< 15	Poreux	1,6	15	-				
Bas de pente suite	For1A	Sablo-argileuse	29,24	18,33	2,36	1,02-7,84	< 15	Poreux	1,6	11	114	-
	For2N	Sablo-argileuse	24,60		2,74		< 15	Poreux	1,6	13		-

Légende: Ru: Rudérales; CJ: *Chromolaena* jeunes; Moy: moyenne; CV: *Chromolaena* vieux; For: Forêt; A: Site Anonkoi; E: Site Écotourisme; N: Site N'Dotrè; 1, 2, 3: Numérotation des placettes des biotopes à l'intérieur de chaque site. Exemple: Ru1A: placette 1 du biotope rudérale du site Anonkoi; Ru1E: placette 1 du biotope rudérale du site Écotourisme; CJ3A: placette 3 du biotope rudérale avec *Chromolaena* jeune du site Anonkoi.

4 DISCUSSION

Les paysages morpho-pédologiques sont des unités synthétiques qui intègrent les facteurs de modelé et de sol. Ils traduisent le fait que certains reliefs (interfluves) présentent une organisation générale semblable [27]; [28]. Plusieurs critères

permettent d'établir une relation entre le paysage et le sol existant. Ces critères sont: la présence de cuirasse au sommet de l'interfluve, l'affleurement de roche au sommet et/ou sur les versants de l'interfluve, la forme du sommet de l'interfluve (convexe ou plan convexe) et l'allure des versants [24]. Les paysages morpho-pédologiques constituent une représentation synthétique du relief, de la géomorphologie et du sol. En effet, selon [27], chaque type de paysage est caractérisé par une toposéquence spécifique. C'est cette notion qui constitue la base de la morpho-pédologie. On distingue: les paysages à sommet cuirassé, les paysages à sommet convexe à plan convexe, les paysages d'inselberg, les paysages à tendance demi orange et les paysages de bas-fond et de plaine. Ces paysages peuvent avoir des variances selon le niveau d'évolution comme le démantèlement de la cuirasse, l'occurrence des affleurements rocheux, l'acidité des roches pour les terres exondées [27]. L'analyse des résultats de la description morpho-pédologique a montré que les horizons du sol du Parc National du Banco varient de humifères dans les horizons 0-38 cm, à peu humifères et apparemment humifères au-delà. La texture varie de sablo-limono-argileuse dans les horizons 0-17 cm, à sablo-argileuse, dans les horizons 17-50 cm, et à argilo-sableuse dans les horizons supérieurs. Sur les sites inventoriés, le sol est non battant. Cela peut s'expliquer par la texture sableuse et les faibles valeurs de limon. En effet, selon [29], les sols riches en limon sont sensibles à la battance. Ces sols sont fragiles, faciles à travailler car ne contenant que très peu d'argile et de sable. Les résultats de la présente étude ont montré qu'au sommet, on trouve très peu d'espèces végétales (33,33 p.c.). À mi-versant, on observe un nombre un peu plus élevé d'espèces végétales (40,14 p.c.). Toutefois, au bas de pente, on rencontre un nombre très élevé d'espèces végétales (77, 55 p.c.). Ces résultats sont similaires à ceux de [30] qui ont prouvé que la diversité spécifique des plantes à fleurs de Moorea était plus élevée à des altitudes plus basses et faible dans les zones correspondant au plus haut sommet de l'île (le mont Tohiea). En effet, la température et l'altitude sont des facteurs qui influencent la répartition de la flore. Ces deux facteurs sont liés entre eux puisque l'un varie en fonction de l'autre. Plus on s'élève en altitude, plus la température est basse et moins il y a d'oxygène [31]. Ceci explique en partie la différence de végétation entre les versants. Les résultats ont aussi montré qu'au sommet, les biotopes rencontrés sont des biotopes avec invasion jeune de *C. odorata* et des biotopes sans invasion de *C. odorata*. Il ressort que, *C. odorata* se développe difficilement dans ces milieux et n'arrive pas à proliférer (recouvrement de 5 à 15 p.c.). À mi-versant, les biotopes sont majoritairement des forêts. Toutefois, on y rencontre un biotope des zones rudérales avec une ancienne invasion de *C. odorata* de un à trois ans. *C. odorata* arrive à se développer à mi-versant et atteindre un recouvrement moyen (50 p.c.). Au bas de pente, se retrouvent tous les biotopes inventoriés dans cette étude. *C. odorata* se développe et prolifère très rapidement dans ces milieux jusqu'à devenir très invasive. Cela pourrait s'expliquer par l'ensoleillement. L'ensoleillement est le premier facteur qui influence la répartition de la végétation en montagne. En effet les étages de végétation sont grandement conditionnés par la durée de la période d'ensoleillement pendant laquelle les plantes peuvent grandir et se reproduire [32]. Ainsi, en analysant les versants, on peut dire qu'au bas de pente, le couvert végétal laisse pénétrer le rayonnement solaire; ce qui est favorable au plein développement de *C. odorata* et également à de nombreuses espèces herbacées. En effet, selon [33], *C. odorata* est fortement dépendant de la disponibilité de la lumière pour sa croissance. De plus, les résultats ont montré qu'il y a un bon drainage au bas de pente. *C. odorata* semble préférer les milieux bien drainés. Les exigences pluviométriques annuelles de l'espèce sont comprises entre 1000 et 2500 mm [34]. L'analyse des résultats de la matière organique et de la CEC en fonction des versants et des sites inventoriés a montré qu'au sommet, la matière organique et la CEC sont faibles. À mi-versant, la teneur en matière organique est très élevée tandis que la CEC est faible. Au bas de pente, la teneur en matière organique est élevée et la CEC est normale. Cela pourrait s'expliquer par la faible présence ou l'abondance de la litière entre les versants. La chute des litières est une phase importante dans le cycle biogéochimique des éléments nutritifs qui assurent la productivité des écosystèmes naturels et cultivés. La connaissance des quantités d'éléments minéraux libérés et de la vitesse de recyclage de ceux-ci permet de faire un bilan de leur utilisation par les plantes et d'en déterminer les excès ou les carences dans un écosystème donné [35]. Ainsi, il y a très peu de litières au sommet et une abondance de litières à mi-versant et au bas de pente. L'abondance de litières à mi-versant et au bas de pente est liée respectivement à la présence des forêts et à l'invasion de *C. odorata*. En effet, [35] ont montré que la production de litières en zone forestière est très élevée. [36] ont démontré aussi que *C. odorata* a le potentiel de produire de grandes quantités de biomasse qui sont riches en nutriments minéraux du sol et qui constitue donc un indice de fertilité du milieu. Selon [37], la CEC d'un sol est la quantité maximale de cations que ce sol peut retenir. La faible teneur en CEC observée au sommet et à mi-versant indique une faible rétention d'ions dans ces sols tandis que la teneur plus élevée en CEC observée au bas de pente indique qu'une quantité plus élevée de cations peut-être retenue dans ces sols. La teneur élevée de CEC observée au bas de pente est due à l'invasion de *C. odorata*. Les travaux de [38] ont aussi montré une teneur en CEC plus élevée dans les milieux envahis par *C. odorata*.

5 CONCLUSION

Au terme de cette étude, l'on peut conclure les sols du PNB appartiennent à la classe des sols ferrallitiques ou Ferralsols. Au niveau de la toposéquence du PNB, l'on rencontre au sommet les Plinthosol, à mi-versant les Stagnosol (plinthic stagnosol) et au bas de pente les sols colluvionnaire hydromorphe à speudogley (glycic colluviosol). En outre, l'on peut retenir que les sommets ne sont pas des milieux préférentiels de croissance de *C. odorata*. L'espèce s'adapte difficilement à ce type de milieu.

Les mi-versants sont des milieux où l'on peut observer la croissance de *C. odorata*. L'espèce arrive à s'adapter à ce type de milieu. Enfin, les bas de pente sont des milieux préférentiels de croissance et de prolifération de *C. odorata*. L'espèce s'y développe facilement, prolifère et devient même invasive.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par la Fondation International pour la Science (IFS) à travers le Prix Carolina Mac Gillavry à Dr MarieSolange TIÉBRÉ (numéro de subvention individuelle J/5728-1) et à travers le Projet IFS N°11_D_6075-1 de Mademoiselle GOULI Gnanazan Zinsi Roseline. Nous tenons à remercier le Laboratoire d'Écologie et du Sol de l'Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech en Belgique, pour l'aide aux analyses de sols et de plantes. Nos remerciements vont également à l'Office Ivoirien des Parcs et Réserves (OIPR) pour l'autorisation de mener cette étude dans le Parc National du Banco.

REFERENCES

- [1] G. Ali-Amara, L'herbe, du Laos: *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King et H. Robinson (Asteraceae) en République Centrafricaine. Essais de lutte avec des herbicides. Thèse de Doctorat d'état, faculté de médecine et de pharmacie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, 114 p, 1992.
- [2] H. De Foresta, *Chromolaena odorata* and disturbance of natural succession after shifting cultivation: an example from Mayombe, Congo, Central Africa. In: R. Munniappan and P. Ferrar (Eds.). *Ecology and Management of Chromolaena odorata*. Biotrop (Bogor) Special Publication, 44: 23-41, 1991.
- [3] T.I. Borokini and F.D. Babalola, « Management of invasive plant species in Nigeria through economic exploitation: lessons from other countries ». *Management of Biological Invasions*, 3 (1): 45-55, 2012.
- [4] R. T. Shackleton, A. B. R. Witt, W. Nunda and D.M. Richardson, « *Chromolaena odorata* (Siam Weed) in Eastern Africa: Distribution and Socio-Ecological Impacts ». *Biological Invasions*, 14, 2016.
- [5] G. Achoundong, J. YoutaHappi, J. Bonvallot and B. Guillet, Formation et évolution des recrûs en savane. In: *Dynamique des Ecosystèmes Forestiers Intertropicaux*. Ed Orstom-CNRS: Paris, 115-119, 2000.
- [6] B. Ngotta-Biyon, Origine et propagation de *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King and H. Robinson (Asteraceae) entre Meiganga et Mbaï-mboum dans le nord Cameroun. Mémoire de Maîtrise de l'Université de Douala, 50p, 2010.
- [7] A.K. Anning and K. Yeboah-Gyan, Diversity and distribution of invasive Weeds in Ashanti Region, Ghana. *African Journal of Ecology*, 45 (3): 355-360, 2007.
- [8] L. Gautier, Taxonomy and distribution of a tropical weed: *Chromolaena odorata* (L.) R. King and Robinson. *Candollea*, 47: 645-662, 1992.
- [9] K. N'Guessan, F.H. Tra Bi and M. W. Koné, Étude ethnopharmacologique de plantes antipaludiques utilisées en médecine traditionnelle chez les Abbey et Krobou d'Agboville (Côte d'Ivoire). *Ethnopharmacologia*, 44: 42-50, 2009.
- [10] K. Béné, D. Camara, N. B. Y. Fofie, Y. Kanga, A. B. Yapi, Y. C. Yapo, S. A. Ambe and G. N. Zirih, Étude ethnobotanique des plantes médicinales utilisées dans le Département de Transua, District du Zanzan (Côte d'Ivoire). *Journal of Animal & Plant Sciences*, 27 (2): 4230-4250, 2016.
- [11] T. Tié Bi, Contribution à l'étude de la capacité de fourniture en azote des sols sous climat tropical humide (Côte d'Ivoire): Application à l'entretien de la productivité des terres de culture. Thèse de Doctorat d'Etat Es-Sciences, Université de Cocody, Côte d'Ivoire, 179 p + annexes, 1995.
- [12] A. W. Koné, E. F. Edoukou, J. T. Gonnety, A. N. A. N'Dri, L. F. E. Assémien, P. K. T. Angui and J. E. Tondoh, Can the shrub *Chromolaena odorata* (Asteraceae) be considered as improving soil biology and plant nutrient availability? *Agroforestry Systems*, 85: 233-245, 2012.
- [13] E. F. Edoukou, A. W. Koné and 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*, 20 (2): 9-106, 2013.
- [14] K. H. Kouassi, K. N'Guessan, G. M. Gnahoua and D. Traore, 2008. Dynamique de *Chromolaena odorata* (L.) R. M. King & H. Rob. et évolution de la richesse floristique au cours de la reconstitution de la flore postculturale en zone de forêt semi-décidue de Côte d'Ivoire. *Agronomie Africaine*, 20 (3): 257-265.
- [15] M. S. Tiébré and Z. R. Gouli Gnanazan, Impact of *Chromolaena odorata* (L.) R.M. King & H. Rob. (Asteraceae) on the floristic composition and the physico-chemical properties of the soil of a coastal relict forest. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 24 (2): 773-788, 2018.
- [16] M. C. Peel, B. L. Finlayson and T. A. McMahon, Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11 (5): 1633-1644, 2007.

- [17] F.A.O., World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. World soil resources reports 103, 145 p, 2006.
- [18] F. Lauginie, P. Poilecot, F. Akindes, V. Béligné and K. Bonfou, Propositions pour l'avenir des parcs nationaux et réserves naturelles de Côte d'Ivoire. DDC/MINAGRA/WWF, Abidjan, 86 p, 1996.
- [19] A. Yao-Kouamé, Etude des sols brunifiés dérivés des matériaux volcanosédimentaires de Toumodi en moyenne Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat d'Etat Es Sciences naturelles, Université de Cocody/UFR STRM, Côte d'Ivoire, 210 p, 2008.
- [20] N. Gilles and A. Richard, Essai d'association d'unités de paysages sur photographies aériennes. TER, Mémoire de Maîtrise, Institut de Géographie, Université d'Aix Marseille, Aix-en-provence, 181 p, 1976.
- [21] D. Tessier, Le sol, lieu d'échange et de transferts. Conséquences de leur distribution par l'homme: un exemple français. *Revue des Sciences de l'eau*, 15: 9-26, 2002.
- [22] ORSTOM, Glossaire de Pédologie. Description des horizons en vue du traitement informatique. Initiat. Docum. Techn. n° 13. ORSTOM-Paris, 82 p, 1969.
- [23] R. Maignien, Manuel pour la description des sols sur le terrain. ORSTOM, Paris, 1 vol., 112 p, 1980.
- [24] R. Boulet, A. Chauvel, F. X. Humbel and Y. Lucas, Analyse structurale et cartographie en pédologie. Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologie: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols. *Cahier ORSTOM, Série Pédologie*, 19 (4): 309-321, 1982.
- [25] D. Baize and B. Jabiol, Guide pour la description des sols-INRA éditions, 375 p, 1995.
- [26] Z. R. Gouli Gnanazan and M. S. Tiébré, Identification of indicator plant species of the invaded ecosystems: case of *Chromolaena odorata* (L.) King & Robinson (Asteraceae) in the Banco National Park (Côte d'Ivoire). *REB-PASRES* 3 (2): 57-71, 2018.
- [27] V. Eschenbrenner and L. Badarello, Etude pédologique de la région d'Odienné (Côte d'Ivoire). Carte des paysages morpho-pédologiques. Notice d'explication N°74. ORSTOM. Paris, 123 p, 1978.
- [28] R. Poss, Etude morphopédologique de la région de Katiola (Côte d'Ivoire). ORSTOM, Paris. Note explicative N° 94, 142 p, 1982.
- [29] M. Annabi, Stabilisation de la structure d'un sol limoneux par des apports de composts d'origine urbaine: relation avec les caractéristiques de leur matière organique. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique de Paris-Grignon, France, 281 p, 2005.
- [30] J. Y. Meyer, M. Tererotua and R. Tapaturai, Diversité et répartition altitudinale des plantes à fleurs indigènes et endémiques sur l'île de Moorea (archipel de la Société). Délégation à la Recherche de la Polynésie française, B.P. 20981 Papeete, Tahiti, 1-8 p, 2013.
- [31] M. Délèze M., 2011. - Température moyenne de l'atmosphère en fonction de l'altitude selon le modèle du nivellement barométrique. https://www.deleze.name/.../pression-altitude/temperature_atm.pdf, 1-3 p, 2011.
- [32] A. Hufty, Introduction à la climatologie: le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine. Presses Université Laval, 542 p, 2001.
- [33] G. Molard, T. Le Bourgeois, R. Camou and P. Ehret, 2003. - Plante à caractère envahissant: *Chromolaena odorata* (L.), R.M.King & H. Rob. Analyse du Risque Phytosanitaire (ARP) Réunion document Référence: W-15, 45 p, 2003.
- [34] J. Mouloungou and J. C. Sigrist, *Chromolaena odorata*, rapport de stage, CNEARC, France, 30 p, 1993.
- [35] G. M. Gnahoua, R. Oliver, K. A. N'Guessan and P. Balle, Production et retombées minérales des litières chez quatre espèces de légumineuses arborées, utilisées en amélioration de jachères, en zone forestière de Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 72: 5800-5809, 2013.
- [36] M. Nawaz and G. Sansamma, *Eupatorium* [*Chromolaena odorata* (L.) King and Robinson] biomass as a source of organic manure in okra cultivation. *Journal of Tropical Agriculture*, 42 (1-2): 33-34, 2004.
- [37] P. H. Delville, L. Boucher and L. Vidal, Les bas-fonds en Afrique tropical humide: stratégie paysannes, contraintes agronomiques et aménagements. CIRAD, 19 p, 1996.
- [38] B. Aboh, Phytosociologie, écologie, potentialités et aménagement des pâturages naturels envahis par *Chromolaena odorata* et *Hyptis suaveolens* en Zone Soudano-guinéenne (Bénin). Thèse de Doctorat Unique, Chaire UNESCO de Sciences, Technologie et Environnement, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 227 p, 2008.