

# Caractéristiques physico-chimiques des horizons de surface des sols de décrue à Gory, Dougoubara et Yaguiné, cercle de Yélimané

## *Physico-chemical Characteristics of Soil Surface Horizons in Flood Receding Areas of Gory, Dougoubara and Yaguiné villages in Yélimané*

Traoré Kalifa<sup>1\*</sup>, Traoré Bouya<sup>1</sup>, Aune Jens Bernt<sup>2</sup>, Traoré Boubacar<sup>1</sup>, Coulibaly Boubacar<sup>1</sup>, Togo Daouda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut d'Économie Rurale - BP 258, Bamako, Mali

<sup>2</sup>Université des Sciences de la vie, NorAgric Ås, Norvège

\*Auteur pour la correspondance : ibosimon\_1@yahoo.fr

### Résumé

Le maintien de la fertilité des sols pour une production durable des cultures nécessite une bonne connaissance sur la disponibilité en éléments nutritifs des sols alors que la grande majorité des paysans et autres acteurs des organismes de développement ont des connaissances scientifiques limitées sur les nutriments en vue d'améliorer la productivité des sols. L'objectif de cette étude est de contribuer à la compréhension des caractéristiques physico-chimiques des terres de décrue en vue d'améliorer la production des cultures. Des échantillons de sol de surface ont été prélevés à une profondeur de 0 - 20 cm dans les villages de Gory, Dougoubara et Yaguiné. Dans chaque site, des transects en Astérix ont été déterminés et à chaque 50 m les prélèvements ont été réalisés. Ensuite, 20 échantillons composites, obtenus après un mélange homogénéisé, ont été constitués pour chaque site pour assurer une meilleure représentativité de la zone d'étude. Un échantillon représentatif de deux kilogrammes de sol de chaque site a été conditionné dans des sacs en plastique prévus à cet effet et envoyé au Laboratoire Sol, Eau, Plantes de l'Institut d'Économie Rurale pour des analyses physico-chimiques. L'analyse de la texture des horizons de surface montre que les sols sont argilo-limoneux à Gory, limono-sableux à Dougoubara et limoneux à Yaguiné. La quantité d'argile à Gory (40 %) est plus du double de celle de Dougoubara (15 %). Les pH eau, variant de 6,2 à 7,3 montrent des valeurs optimales pour l'absorption des éléments minéraux dans le sol et les valeurs des CEC, avoisinant la valeur de 12 cmol (+) kg<sup>-1</sup>, sont considérées comme intermédiaires. Les sols sont pauvres en matière organique (< 0,6 %) et en azote (< 1 %), mais bien pourvus en phosphore (> 7 ppm). Pour une amélioration de la production, la valorisation des résidus de récolte par la production de fumier et de

compost qui sont des techniques accessibles à la majorité des paysans de la zone serait salubre.

**Mots-clés :** sols de décrue, fertilité, production durable, Mali.

### **Abstract**

*Maintaining soil fertility for sustainable crop production requires a good knowledge of soil nutrient availability, while the vast majority of farmers and other development agency actors have limited scientific knowledge of nutrients to improve soil productivity. The objective of this study is to contribute to the understanding of the physico-chemical characteristics of flood recession lands in order to improve crops production. Soil surface samples were collected at a depth of 0-20 cm in the villages of Gory, Dougoubara and Yaguiné. In each site, transects in Asterix pattern were determined and soil samples were collected at every 50 m. Then, 20 composite samples, obtained from a homogenized mixing, were constituted for each site to ensure a better representation of the study area. A representative sample of two kilograms of soil from each site was packaged in plastic bags provided for this purpose and sent to the Soil-Water-Plant Laboratory of the Institute of Rural Economy for physico-chemical analysis. Texture analysis showed that soils were clay-silty in Gory, sandy-loamy in Dougoubara and silty in Yaguiné. The amount of clay in Gory (40%) was more than the double of that of Dougoubara (15%). The pH (water) ranging from 6.2 to 7.3 shows optimal values for soil mineral uptake and CEC values close to 12 cmol (+) kg<sup>-1</sup> were considered as intermediate. Soils were low in organic matter (<0.6%) and nitrogen (<1%), but well supplied with phosphorus (> 7ppm). To improve crop production, it would be worthwhile to make a better use of crop residues through manure and compost production techniques, which are accessible to the majority of farmers in the area.*

**Key words:** flood recession soils, fertility, sustainable production, Mali.

## Introduction

Bien que de nombreuses études sur la fertilité des sols en agriculture pluviale au Mali aient été menées par des institutions de recherche depuis les années d'indépendance en 1960, peu de recherches ont été menées dans le système de décrue en général et dans celui de Yélimané en particulier (Traoré *et al.*, 2016). La grande majorité des paysans et autres acteurs des organismes de développement manquent de connaissances scientifiques sur le statut en nutriments des sols. Le maintien de la fertilité des sols pour une production durable des cultures nécessite une bonne connaissance sur la disponibilité en éléments nutritifs et les caractéristiques physico-chimiques des sols (Soumaré *et al.*, 2002). Ces connaissances sont acquises à travers des analyses de laboratoire qui permettent de renseigner sur le niveau de fertilité des sols. Les indicateurs clés de la fertilité des sols ont été rapportés par plusieurs chercheurs entre autres, (Pieri, 1989; Rider et Van Keulen, 1990; Asadu *et al.*, 1997; Monreal *et al.*, 1997; Bertrand et Gigou, 2000; Traoré, 2003; Traoré *et al.*, 2004; Doumbia *et al.*, 2008). Ils portent sur le pH, la matière organique, les bases échangeables, la capacité d'échange cationique (CEC), l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium, etc. Les teneurs en certains éléments tels que Ca, Mg, K et Na dont la somme est utilisée pour déterminer la CEC bien que d'autres cations comme  $H^+$ ,  $Al^{+++}$ , etc., y soient inclus, sont également utilisées à travers leurs ratio pour déterminer des équilibres dans le sol pouvant favoriser une bonne production agricole. Il faut aussi noter l'importance de certaines propriétés physiques telles que la distribution sur les unités de paysage des argiles, limons et des sables le long des profils qui sont déterminants pour la rétention de l'humidité, condition nécessaire pour la pratique de la culture de décrue. La connaissance de ces indicateurs de la fertilité est nécessaire pour prévoir la production agricole dans la zone et également pour proposer des modes et des stratégies de gestion de la fertilité accessibles aux paysans (compostage, paillage, microdosage de l'engrais minéral, etc.). La présente étude a été menée dans ce but dans la zone de décrue du cercle de Yélimané dans les villages de Dougoubara, Gory et Yaguiné.

L'objectif de cette étude est de mettre à la disposition des utilisateurs des informations sur les caractéristiques physiques et chimiques des sols de décrue ainsi que la bonne information sur le niveau de nutriments de ces sols localisés dans les villages de Dougoubara, Gory et Yaguiné. Ces informations pourraient aider les services de vulgarisation et les autres partenaires au développement à prodiguer des appuis-conseils en matière de production agricole et également de gestion de l'environnement.

## Matériel et méthodes

### Description du site d'étude

Le Mali est un pays semi-aride situé en Afrique de l'Ouest à une latitude de 10 à 25° nord, à cheval sur la bande subtropicale appelée le Sahel. Les régions Nord du Mali sont situées dans le désert du Sahara, tandis que les régions du Sud connaissent un climat tropical plus humide (McSweeney *et al.*, 2010). L'étude a été menée de 2012 à 2014 dans la partie occidentale du Mali (région de Kayes) dans le cercle de Yélimané (Figure 1) défini par les coordonnées géographiques de 15°3'52" nord et 10°33'57" ouest. Elle a été réalisée dans les villages de Gory, Yaguiné, Dougoubara et Fougou.

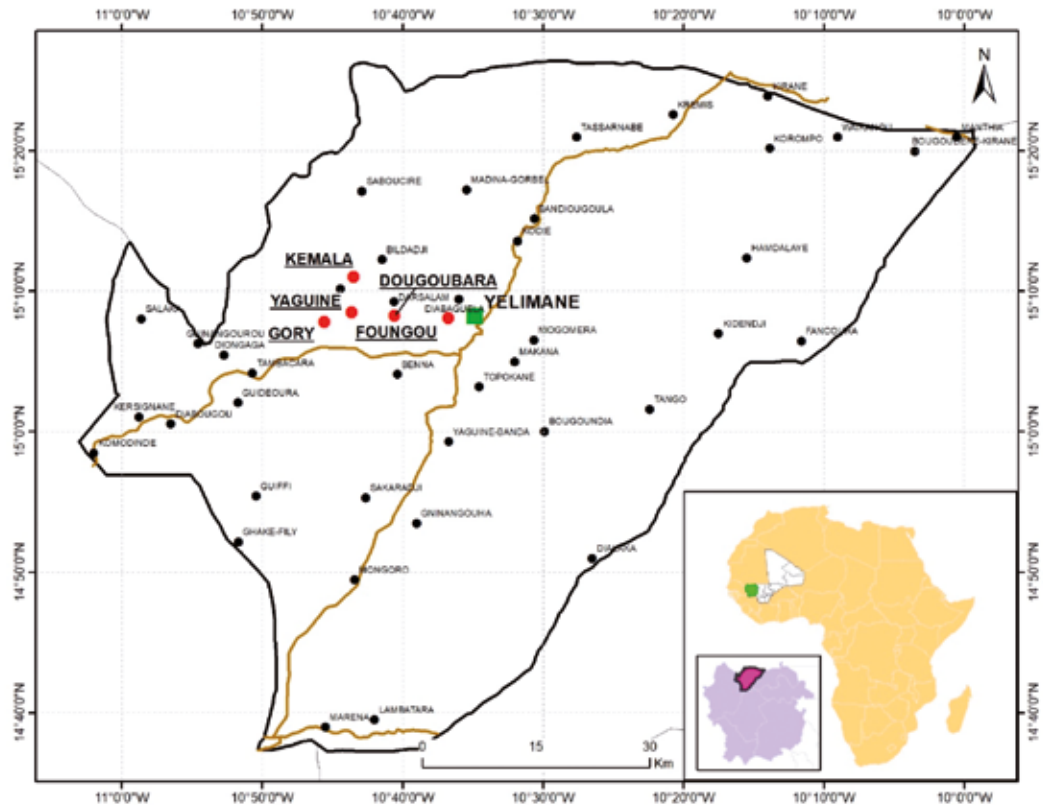


Figure 1 : Carte du cercle de Yélimané, Mali (Traoré *et al.*, 2016).

## Conditions climatiques et sols

La figure 2 montre les moyennes pluviométriques des années 2012, 2013 et 2014 de Yélimané. Il apparaît que l'année 2012 était plus pluvieuse que 2013 qui a son tour était supérieure à 2014. La région est caractérisée par des précipitations annuelles allant de 500 à 600 mm au cours de la période de l'étude. Les précipitations sont unimodales avec le maximum de pluies, enregistré en juillet et août.

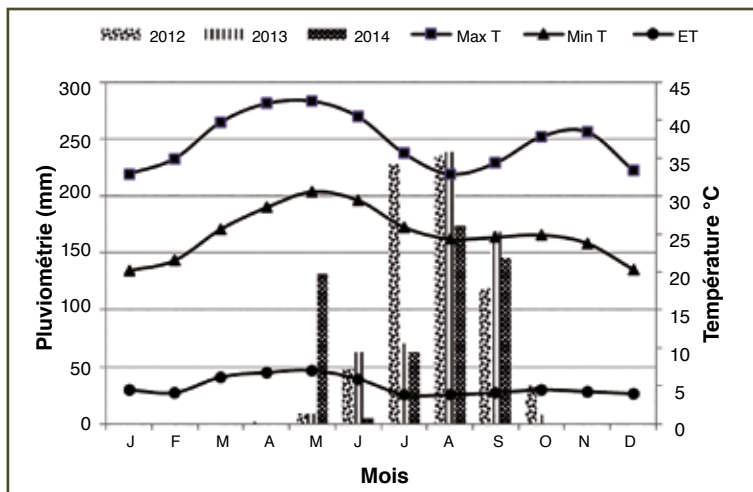


Figure 2: Pluviométrie durant les années 2012, 2013 et 2014 à Yélimané, Mali (Traoré *et al.*, 2016).

Les températures annuelles moyennes ont varié de 20,2 à 28,5°C comme minima à des maxima de 32,9 à 42,5°C. L'évapotranspiration était de 6-7 mm jour<sup>-1</sup> pendant la saison sèche et 4 mm jour<sup>-1</sup> en saison des pluies.

Les sols de la région varient de sablo-limoneux peu profonds et pierreux des hauts plateaux à limono-argileux à argileux des cuvettes (parties centrales des cuvettes et bords des cuvettes) en passant par les terrasses alluvionnaires dans les vallées hautes, basses, les bourrelets de berges et les marigots qui sont sablo-limono-argileux à souvent argileux.

La formation végétale de l'espace sylvo-pastoral est la savane arbustive. La taille des arbustes est de l'ordre de 2 à 10 m. Les principales espèces végétales ligneuses sont: *Bauhinia rufescens*, *Acacia seyal*, *Balanites aegyptiaca*, *Guiera senegalensis*, *Hyphaene*

*thebaica*, *Ziziphus mucronata*, *Adansonia digitata*, *Piliostigma reticulatum*, *Acacia tortilis*, *Calotropis procera*, *Ficus capensis*, *Combretum micranthum*, *Combretum adenogonium*, *Senegalia senegal*, *Borassus aethiopum*, *Faidherbia albida*. Parmi les herbacées rencontrées, on peut citer : *Andropogon* spp, *Cenchrus bliflorus*, *Digitaria* spp, etc.

### Échantillonnage et analyse physico-chimique des sols

Des échantillons de sol de surface ont été prélevés à une profondeur de 0 - 20 cm dans les villages de Gory, Dougoubara et Yaguiné. Dans chaque site, des transects en Astérix ont été déterminés et les prélèvements ont été effectués à chaque 50 m. Ensuite, 20 échantillons composites, obtenus après un mélange homogénéisé, ont été constitués pour chaque site pour assurer une meilleure représentativité de la zone d'étude. Un échantillon représentatif de deux kilogrammes de sol de chaque site a été conditionné dans des sacs en plastique prévus à cet effet et envoyé au Laboratoire Sol, Eau, Plantes de l'Institut d'Économie Rurale. Ces échantillons ont été séchés à l'air sous abri puis passés au tamis (maille de 2 mm) avant leur broyage pour les analyses physico-chimiques.

Le pH a été déterminé par la méthode potentiométrique dans un rapport 1:2, Thomas (1996).

La teneur du sol en C organique a été déterminée par la méthode de Walkley et Black (Nelson et Sommers, 1982), le phosphore assimilable-BrayII tel que décrit dans Olsen et Sommers (1982). Les bases échangeables (Ca, Mg et K) ont été déterminées par extraction à l'acétate d'ammonium tamponné à pH 7,0 avant la lecture au spectromètre à absorption atomique en ce qui concerne Ca et Mg et au spectromètre à flamme pour K. L'azote total (N total) a été déterminé par la méthode de Kjeldahl (Bremner et Mulvaney, 1982). Le pourcentage de sodium échangeable (ESP %) a été calculé en rapportant la valeur de Na échangeable sur la CEC exprimée en pourcentage.

Une fosse typique (Photo 1) a été ouverte pour mieux comprendre le fonctionnement des horizons de surface.



**Photo 1 : Profil pédologique typique des sols des zones de décrue à Dougoubara, en 2013 à Yélimané (Kayes)**

## Résultats

### Caractéristiques physico-chimiques des sols

#### Fosse pédologique type de la zone d'étude

L'ouverture d'une fosse pédologique typique a permis de mieux renseigner les horizons successifs de sols qui portent la culture de décrue. Les caractéristiques des divers horizons sont mentionnées dans le tableau 1.

**Tableau 1 : Caractéristiques d'un profil typique des sols de la zone de décrue de Dougoubara, Yélimané**

**Profil N°1 :**

Village : Dougoubara

Date : 28/06/2013

**Volume 1 : (0-20 cm)**

- Argilo-limoneux (USDA, 1987), poreux en surface, présence de grosses ainsi que de petites racines, des galeries de taille grande à moyenne, bonne activité biologique (fourmis, termites), très peu friable, collant, structure massive à éclats polyédriques, transition assez nette.
- Couleur 10YR 7/1 (en sec) ; 10YR 4/1 (en humide)

**Volume 2 : (20-50 cm)**

- Argileux avec des taches oranges tendres le long de l'horizon, présence de racines grosses et moyennes ainsi que des galeries mais en nombre beaucoup moins important que celui de l'horizon précédent, structure massive à éclats polyédriques, compact, transition nette, collant.
- Couleur 10 YR 7/2 (en sec) 10 YR 5/3 (en humide)

**Volume 3 : (50-150 cm)**

- Argileux avec des concrétions ferrugineuses rouges et oranges dures, présence de grosses galeries d'insectes (coléoptères, termites) et de quelques racines de taille intermédiaire, très peu de racines fines, inexistence de racines à partir de 140 cm, présence de quelques fissures sur les parois tout au long du profil, structure massive à éclats polyédriques, compact, dur, collant, hydromorphie temporaire, transition moyenne.
- Couleur 10 YR 7/2 (en sec) et de 5 YR 6/2 (en humide)

**Volume 4 : (150-165 cm)**

- Argileux, compact, dur, collant, structure massive à éclats polyédriques, présence de quelques concrétions ferrugineuses durcies, temporairement hydromorphe, pas de galeries, pas de pores, pas de racines.
- Couleur 10 YR 8/1 (en sec) et de 10 YR 7/1 (en humide)

## Granulométrie

Sur l'ensemble des 3 sites, les teneurs en sable, limon et argile sont variables (Tableau 2). Pour le site de Gory, elles sont en moyenne de 24, 2, 36,7, et 40,7 % respectivement pour le sable, le limon et l'argile. À Dougoubara, les teneurs moyennes sont de 52,8, 32,2 et 15 % et en ce qui concerne le site de Yaguiné, elles sont de 34,5, 39,3 et 26 %. La teneur moyenne en sable du site de Dougoubara est le double de celle du site de Gory et 53 % plus élevée que celle du site de Yaguiné. Les teneurs en limons sont très proches. En ce qui concerne les teneurs en argiles, celle du site de Gory est 2,5 fois celle de Dougoubara et 57 % plus élevée qu'à Yaguiné. Ces caractéristiques qualifient selon la USDA (1987) les sols du site de Gory d'argileux, ceux du site de Dougoubara de limono-argilo-sableux et de Yaguiné de limono-argileux.

**Tableau 2 : Granulométrie des échantillons de sol des sites de Gory, Dougoubara et Yaguiné, cercle de Yélimané (Kayes)**

| Sites                                  | Gory            | Dougoubara     | Yaguiné     |
|--|-----------------|----------------|-------------|
| Sable %                                | 24,2 ± 2,1      | 52,8 ± 4,1     | 34,5 ± 3,2  |
| Limon %                                | 36,7 ± 2,5      | 32,1 ± 4,1     | 39,3 ± 4,1  |
| Argile %                               | 40,7 ± 1,7      | 15 ± 1,8       | 26 ± 2,6    |
| Densité apparente (g/cm <sup>3</sup> ) | 1,59 ± 0,03     | 1,48 ± 0,02    | 1,45 ± 0,02 |
| Texture                                | Argilo-limoneux | Limono-sableux | Limoneux    |

Les valeurs sont des moyennes ± l'erreur type.

## Le complexe absorbant et le pH des sols

En moyenne, les pH eau à Gory et à Yaguiné montrent des valeurs optimales pour l'absorption des éléments minéraux dans le sol tandis qu'ils sont légèrement alcalins à Dougoubara (Tableau 3). Les valeurs des CEC sont très proches entre les 3 sites (11 à Gory et 12 à Dougoubara et Yaguiné). Elles avoisinent la valeur de 12 cmol (+) kg<sup>-1</sup> et sont considérées comme intermédiaires.

**Tableau 3 : pH et complexe (cmol+kg<sup>-1</sup>) dans les sites de Gory, Dougoubara et Yaguiné, cercle de Yélimané (Kayes)**

| Sites                        | Gory         | Dougoubara   | Yaguiné      |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| pH H <sub>2</sub> O          | 6,75 ± 0,150 | 7,33 ± 0,201 | 6,23 ± 0,202 |
| pH KCL                       | 5,7 ± 0,091  | 6,5 ± 0,111  | 5,5 ± 0,170  |
| CEC (cmol+kg <sup>-1</sup> ) | 11 ± 1,710   | 12 ± 2,201   | 12 ± 0,302   |

Les valeurs sont des moyennes ± l'erreur type



## La matière organique et le phosphore

Le tableau 4 montre que les teneurs en matière organique (MO) % C ( $< 0,6\%$ ) sont faibles pour les sites de Gory et Dougoubara. Aucun des sols des 3 sites ne montre une teneur en azote atteignant  $1\%$ ; ils sont par conséquent qualifiés comme pauvres en cet élément (Pieri, 1989). Le rapport C/N du sol varie peu suivant les sites. Il est en moyenne compris entre 9,62 à Gory (forte minéralisation et disponibilité en azote élevée) et 11,21 à Yaguiné (bonne minéralisation et disponibilité de l'azote). Les sols des 3 sites dont les teneurs en phosphore sont toutes supérieures à 9 ppm sont considérés comme bien pourvus en cet élément, le seuil critique étant évalué à 7 ppm pour les sols du Mali.

**Tableau 4 : Matière organique et phosphore (ppm) dans les sites de Gory, Dougoubara et Yaguiné, cercle de Yélimané (Kayes)**

| Sites                               | Gory              | Dougoubara        | Yaguiné           |
|-------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Matière organique (% C)             | 0,42 $\pm$ 0,046  | 0,41 $\pm$ 0,090  | 0,62 $\pm$ 0,041  |
| N total (g kg <sup>-1</sup> )       | 0,25 $\pm$ 0,09   | 0,22 $\pm$ 0,01   | 0,32 $\pm$ 0,04   |
| C/N                                 | 9,62 $\pm$ 1,980  | 10,45 $\pm$ 3,180 | 11,21 $\pm$ 1,087 |
| P disponible (mg kg <sup>-1</sup> ) | 10,43 $\pm$ 2,270 | 27,53 $\pm$ 3,288 | 11,08 $\pm$ 0,349 |

Les valeurs sont des moyennes  $\pm$  l'erreur type

## Les cations échangeables

La teneur en K varie de 0,08 à 0,85 (cmol+kg<sup>-1</sup>) sur l'ensemble des 3 sites. Elle est, en moyenne, au moins deux fois plus élevée à Gory qu'à Yaguiné et à Dougoubara. Celle de Mg varie de 2,71 à 4,80 cmol+kg<sup>-1</sup> et elle est, pour Gory et Yaguiné prise en moyenne, 32% plus élevée qu'à Dougoubara (Tableau 5). Selon Dabin et Maignien (1979), il y a risque de carence en Mg si le rapport Mg/K est inférieur à 3. En ce qui concerne les 3 sites, ce rapport varie de 5 (Gory) à 8 (Dougoubara). La teneur en calcium varie de 5,4 à 7,54 cmol+kg<sup>-1</sup>. En moyenne pour les sites de Gory, Dougoubara et Yaguiné, son taux de saturation par rapport au complexe absorbant est de 60%. Sur les 3 sites, le rapport Ca/Mg est égal à 2, ce qui correspond à un équilibre acceptable entre les éléments nutritifs dans le sol. En moyenne, le rapport (Ca+Mg)/K est optimal à Gory (17), Yaguiné (18) et Dougoubara (24). En effet, les abaques renseignent que les équilibres et les interactions entre les éléments nutritifs sont optimaux pour les valeurs comprises entre 15 et 30. En cas de déséquilibre, c'est-à-dire lorsque la teneur d'une des bases est faible ou non suffisante, les manifestations peuvent se traduire par des antagonismes et des blocages d'absorption. Les valeurs de l'ESP (pourcentage de sodium échangeable) varient de 1 à Yaguiné et 2 à Dougoubara.

**Tableau 5 : Cations échangeables (cmol+kg<sup>-1</sup>) dans les sites de Gory, Dougoubara et Yaguiné, cercle de Yélimané (Kayes)**

| Sites                                   | Gory         | Dougoubara   | Yaguiné      |
|---|--------------|--------------|--------------|
| Ca échangeable (cmol+kg <sup>-1</sup> ) | 7,09 ± 1,261 | 5,49 ± 1,249 | 7,54 ± 0,527 |
| Mg échangeable (cmol+kg <sup>-1</sup> ) | 3,51 ± 0,629 | 2,71 ± 0,625 | 3,67 ± 0,288 |
| K échangeable (cmol+kg <sup>-1</sup> )  | 0,62 ± 0,069 | 0,33 ± 0,090 | 0,62 ± 0,069 |
| Na échangeable (cmol+kg <sup>-1</sup> ) | 0,13 ± 0,029 | 0,25 ± 0,035 | 0,12 ± 0,055 |
| ESP (%)                                 | 1,1 ± 0,02   | 2,0 ± 0,01   | 1,0 ± 0,01   |

Les valeurs sont des moyennes ± l'erreur type

## Discussion

### Texture du profil typique

Les résultats de la détermination de la couleur ont montré que les sols sont de couleur grise. Cela indique une teneur non négligeable en argile et limon, situation qui explique le niveau de fertilité. En fait, la forte présence d'argile et de limons renseigne sur une meilleure aptitude à fixer les cations. Ces observations sont en accord avec celles de Foth (1990) qui rapportaient que la couleur du sol est un important paramètre puisqu'elle représente une mesure indirecte d'autres caractéristiques telles que les niveaux de matière organique, d'aération et de drainage du sol.

### Le complexe absorbant et le pH des sols

Les pH mesurés sur extrait aqueux sont légèrement acides à Gory et Yaguiné mais neutres à Dougoubara. Cette neutralité pourrait s'expliquer par les apports alluviaux comme le montre d'ailleurs une plus grande teneur en sable alluvial dans ce site. Sur l'ensemble des sites, la réserve d'acidité d'échange est en moyenne égale à l'unité pH (écart entre pH eau et pH Kcl), ce qui est important. Ces résultats sont en conformité avec ceux mentionnés par Boivin *et al.* (1998) lors de leurs travaux de caractérisation des sols de la moyenne vallée du fleuve Sénégal.

Le pH est un important indicateur dans l'évaluation de la fertilité du sol et de son environnement. Sanchez *et al.* (2003) avaient mentionné qu'un pH compris entre 6,0 et 7,5 créait une condition optimale pour la disponibilité de nutriments pour la plupart des plantes. Les valeurs obtenues dans cette étude s'insèrent dans cet intervalle.

La CEC fait allusion aux échanges d'ions positivement chargés à la surface des colloïdes à charges négatives. Ainsi, plus la CEC est élevée, plus le sol est capable de retenir les éléments nutritifs. Les valeurs de la CEC sont considérées comme intermédiaires. Les résultats de cette étude sont en accord avec ceux rapportés pour les sols tropicaux par Landon (1991) pour lesquels des valeurs de CEC inférieures à  $15 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$  étaient considérées comme faibles. Cette situation est d'autant plus édifiante qu'il est largement admis que 25 – 90 % de la CEC totale des horizons de surface du sol dépendent de leurs teneurs en matière organique (Oades *et al.*, 1989). Les faibles valeurs des CEC obtenues dans cette étude pourraient être dues à la faible teneur en matière organique.

### **La matière organique et le phosphore**

Les teneurs faibles en matière organique et en azote comme dans notre étude entraînent une détérioration physique importante du sol, une érosion accélérée et une baisse du rendement des cultures (Pieri, 1989). Cette faiblesse en matière organique est liée aux faibles apports en cet élément par les paysans. Nos résultats sont en accord avec ceux de Comas *et al.* (2001) qui rapportaient que dans le système de décrue, chaque année une partie de la matière organique du sol disparaît de sorte que l'addition de matière organique fraîche est nécessaire pour compenser ces pertes en vue d'une durabilité de la production agricole. Les travaux de Traoré *et al.* (2016) dans la zone de décrue à Yélimané sont également en conformité avec les conclusions de cette étude.

Les sols sont en moyenne assez pourvus en phosphore qui pourrait être d'origine diverse (roches, météoritiques, atmosphériques, etc.). En fait, la majorité du phosphore terrestre provient de l'altération des roches de surface (Duchaufour, 1997). La partie biodisponible du phosphore peut également avoir comme source les déjections d'animaux. Ces phosphores d'origines diverses peuvent être transportés par les eaux de crue et déposés dans les plaines alluviales de décrue. Ces observations sont en accord avec celles rapportées par Beaudin (2006) qui mentionnaient que ce sont les composantes majoritairement hydrologiques qui prenaient en charge le phosphore et le transportaient vers les cours d'eau.

### **Les cations échangeables**

La teneur moyenne en  $\text{Ca}^{++}$  échangeable dans ces horizons de surface est considérée comme assez bonne dans l'ensemble des sites. En effet, les travaux de Marx *et al.* (1996) ont montré que la majorité des plantes se développent normalement avec un seuil critique de  $5 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$  alors que l'ensemble des sites présentent des valeurs supérieures à cette norme, excluant ainsi l'hypothèse d'une faible teneur en cet élément comme facteur limitant le rendement des cultures.

La teneur moyenne en  $Mg^{++}$  échangeable dans tous les sites représente une valeur moyenne en cet élément. Selon Horneck *et al.* (2011), une teneur en magnésium comprise entre 0,5 et 2,5  $cmol+kg^{-1}$  est considérée comme intermédiaire et les apports pour une production durable varient entre 0 et 67  $kg ha^{-1}$  puisqu'il n'y a pas dans l'immédiat un besoin impératif. En cas de déficit en magnésium dans les sols acides, les corrections peuvent par exemple être faites par de la dolomite ( $CaCO_3-MgCO_3$ ).

Les niveaux de potassium (K) à Gory et à Yaguiné sont intermédiaires à l'opposé de Dougoubara où ils sont faibles. La majorité des plantes répond à l'apport de potassium à des niveaux inférieurs à ceux de Dougoubara. Horneck *et al.* (2011) rapportaient que des valeurs comprises dans l'intervalle 0,4-0,6  $cmol+kg^{-1}$  sont considérées comme intermédiaires tandis que celles qui lui sont inférieures sont faibles. Le plus faible niveau de K à Dougoubara pourrait s'expliquer par le faible niveau de matière organique mais également la teneur la plus élevée en sable alluvial en comparaison avec les deux autres sites. Cela voudrait dire qu'à Dougoubara, le potassium pourrait être un élément limitatif pour une bonne croissance des plantes.

Le sodium n'est pas un élément nutritif pour la plante et sa valeur qui est appréciée par le pourcentage de sodium échangeable (ESP) est très faible et ne présente pas de danger pour le développement des plantes. Toutefois, une teneur élevée en Na échangeable est préjudiciable à la structure et la perméabilité du sol et par conséquent la croissance des plantes tel que mentionné par Horneck *et al.* (2011) qui d'ailleurs concluaient que les préoccupations ne commencent que lorsque l'ESP est supérieure à 10 %. Les valeurs obtenues dans cette étude sont toutes de loin inférieures à ce seuil critique.

## Conclusion

L'analyse granulométrique a révélé que dans l'horizon limoneux des sols de Dougoubara, la fraction de sable y est aussi importante et d'ailleurs supérieure à celles des sites de Gory et Yaguiné. Cela signifie que la rétention de l'eau dans cet horizon pourrait être plus faible et donc permettre rapidement la mise en place des semis, le sol se ressuyant plus vite en surface dès que le retrait total des eaux est constaté.

Les résultats de cette étude ont permis d'identifier les éléments nutritifs déficitaires dans le sol et qui peuvent être des facteurs limitatifs pour l'augmentation du rendement des cultures. Il apparaît clairement que les teneurs en matière organique et en azote sont très faibles et constituent des contraintes majeures pour la production des cultures. Ces informations doivent être utilisées dans les programmes et stratégies de gestion de la fertilité des terres de décrue dans le cercle de Yélimané. Entre autres, il s'agira de

promouvoir par exemple, la valorisation des résidus de récoltes par la production de fumier et de compost qui sont des techniques accessibles à la majorité des paysans de la zone. Pour une production durable des cultures, un suivi régulier du statut de la fertilité des sols doit être réalisé en vue de rendre plus performants les systèmes de production des zones de décrue à Yélimané.

## Références

- Asadu C., Diels J., Vanlauwe B.A., 1997. Comparison of the contributions of clay, silt, and organic matter to the effective CEC of soils of sub-Saharan Africa. *Soil Science*, 162 (11): 785-794.
- Beaudin I., 2006. Revue de littérature: La mobilité du phosphore. Version finale. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ), juillet 2006, 134p.
- Bertrand R., Gigou J., 2000. La fertilité des sols tropicaux. Paris, France, Maisonneuve et Larose (coll. «Le technicien d'agriculture tropicale», (40), 397p.
- Boivin P., Favre F., Maeght J.L., 1998. Les sols de la moyenne vallée du fleuve Sénégal: caractéristiques et évolution sous irrigation. *Etude et Gestion des Sols*, 5 (4): 235-246.
- Bremner J.M., Mulvaney C.S., 1982. Total N. In: *Methods of soil analysis part 2. Chemical and mineralogical properties*, 2<sup>nd</sup> ed., Agronomy Monograph vol.9. A. L. Page, Ed. Madison Wisconsin, USA 1982, p. 595-622.
- Comas Gómez J., MacPherson H. and Cañameras N., 2001. Considérations générales sur l'agronomie du sorgho de décrue. Disponibilité de l'eau et des éléments nutritifs. In: *La culture du sorgho de décrue en Afrique de l'Ouest et du Centre*, J. Comas and H. Gómez MacPherson, Ed. Agence Espagnole de Coopération Internationale Avec la collaboration de la FAO, p. 51-63.
- Dabin B., Maignien R., 1979. Les principaux sols d'Afrique de l'Ouest et leurs potentialités agricoles. *Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, 17 (4), 235-257. Annual Research Conference on Soil and Climatic Resources and Constraints in Relation to Maize, Cowpea, Upland Rice and Cassava Production. IITA, Ibadan (NGA), 1979/10/15-19. ISSN 0029-7259.
- Doumbia M., Jarju A., Sene M., Traore K., Yost R., Kablan R. *et al.*, 2008. Sequestration of organic carbon in West African soils by Aménagement en Courbes de Niveau. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 267-275.
- Duchaufour P., 1997. *Abrégé de pédologie. Sol, végétation, environnement*. 5<sup>e</sup> Edition, Paris, France, Masson, 291p.
- Foth H.D., 1990. *Fundamentals of soil science*, 8th Edition (August 22, 1990). New York, USA, John Wiley & Sons, 360p.

- Horneck D.A., Sullivan D.M., Owen J.S. and Hart J.M., 2011. Soil Test Interpretation Guide, 12p. (revised July 2011). <https://catalog.extension.oregonstate.edu/ec1478>.
- Landon J.R., 1991. Booker tropical soil manual - A handbook for soil survey and agricultural land evaluation in the tropics and sub tropics, Longman Scientific and Technical, Essex, New York, 474p.
- Marx E.S., Hart J., Stevens R.G., 1996. Soil test interpretation guide. Oregon State University Extension Services. Oregon State University, Corvallis, 7p.
- McSweeney C., New M., Lizcano G., 2010. The UNDP Climate Change Country Profiles: improving the accessibility of observed and projected climate information for studies of climate change in developing countries. Bulletin of the American Meteorological Society Feb. 2010, 91 : 157-166.
- Monreal C.M., Zentner R.P. and Robertson J.A., 1997. An analysis of soil organic matter dynamics in relation to management, erosion and yield of wheat in long-term crop rotation plots. Canadian Journal of Soil Science 77: 553-563.
- Nelson D.W. and Sommers L.E., 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In Methods of soil analysis. Part 3 – Chemical Methods. Sparks D.L., Page A.L., Helmke P.A. and Loeppert R.H. (Ed.). American Society of Agronomy, Madison, USA. SSSA Book Series 5: 961-1010.
- Oades J.M., Gillman G.P., Uehara G., Hue N., van Noordwijk M., Robertson G.P., Wada K., 1989. Interactions of soil organic matter and variable-charge clays. In Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems, Coleman D.C., Oades J.M., Uehara G. (Eds). University of Hawaii Press, Honolulu, HI, p. 69-95.
- Olsen S.R., & Sommers L.E., 1982. Phosphorus. In Methods of Soil Analysis, 2nd ed. Part 2, Page A.L. *et al.* (Eds.), Madison, WI, USA, Agronomy N° 9, American Society of Agronomy, p. 403-430.
- Pieri C., 1989. Fertilité des terres de savane. Bilan de trente années de recherche et de développement agricole au sud du Sahara, Paris, France, IRAT, 444 p.
- Rider N.De, Van Keulen H., 1990. Some aspect of organic matter role in sustainable arable farming systems in West Africa, semi-arid-tropics (SAT). Fert. Res., 26: 325-345.
- Sanchez P.A., Palm C.A., Boul S.W., 2003. Fertility capability classification: A tool to help assess soil quality in the tropics, Geoderma, 114: 157-185.
- Soumaré M., Demeyer A., Tack F.M.G. & Verloo M. G., 2002. Nutrient Availability in the Surface Horizons of Four Tropical Agricultural Soils in Mali, Tropicultura, 2002, 20 (2): 58-63.
- Thomas G.W., 1996. Soil pH and soil acidity. In Methods of soil analysis. Part 3 - Chemical Methods, Bigham J. M. (Editor-in-Chief SSSA), Book Series Published by Soil Science

Society of America, Inc., American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA 1996 II\_41, p. 419-422.

Traore K.B., Gigou J.S., Coulibaly H., Doumbia M.D., 2004. Contoured ridge-tillage increases cereal yields and carbon sequestration. In 13th International soil conservation organisation conference, Brisbane, July 2004, Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions. 2004, 6p.

Traoré K., 2003. Le parc à karité, sa contribution à la durabilité de l'agrosystème: cas d'une toposéquence à Konobougou dans le Mali-sud. Thèse de Doctorat en Sciences du Sol, Université de Montpellier II, ENSAM, France, 180p.

Traoré K., Aune J.B., Traoré B., 2016. Effect of Organic Manure to Improve Sorghum Productivity in Flood Recession Farming in Yélimané, Western Mali. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS) 23, (1): 232-251.

United States Department of Agriculture (USDA), 1987. Soil mechanics level 1, Module 3. USDA Textural Classification Study Guide. Washington, DC: National Employee Development Staff Soil Conservation Service U.S. Department of Agriculture, p. 5-26.



Ce(tte) œuvre est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.