

Perception locale des sols et de leur évolution dans des terroirs en cours de savanisation des populations *Batandu* en République démocratique du Congo

Emilien DUBIEZ^{1, 2}
Timothée YAMBA YAMBA¹
Baby MVOLO¹
Vincent FREYCON²

¹ Projet Makala
57, avenue des Sénégalais
La Gombe, Kinshasa
République démocratique du Congo

² Cirad
Upr Bsef
34398 Montpellier Cedex 5
France



Photo 1.
Paysage du terroir de Kinduala vu d'un bas-fond.
Photo V. Freycon.

RÉSUMÉ

PERCEPTION LOCALE DES SOLS ET DE LEUR ÉVOLUTION DANS DES TERROIRS EN COURS DE SAVANISATION DES POPULATIONS *BATANDU* EN RÉPUBLIQUE DÉMOCRATIQUE DU CONGO

L'agriculture d'abattis-brûlis, la production de bois énergie et l'absence de gestion des écosystèmes forestiers sont à l'origine de la dégradation et de la savanisation progressive de ces espaces. Ces phénomènes ont accentué les processus d'érosion dans les terroirs du village de Kinduala. Ils ont également conduit les populations à modifier leurs pratiques culturelles en raison de la disparition progressive des espaces forestiers au profit des cultures sur savane. L'objectif de cette étude était de caractériser la perception locale des sols (typologie, évolution) par les agriculteurs d'un village de la population *Batandu*. Le temps de l'étude, il a été réalisé deux réunions villageoises, 36 prélèvements de sols de surface, 25 analyses physico-chimiques et étudié un profil de sol. En observant la couche superficielle du sol, les *Batandu* distinguent quatre types d'horizons (*kanga*, *kibuma*, *nzielo*, *kiniengi*) en fonction de leur couleur, texture et leur facilité à être travaillé lors des cultures. Ils associent préférentiellement leurs cultures avec le *kibuma* et le *kiniengi*. Les *Batandu* sont conscients de l'évolution de la couche superficielle de leurs sols sous l'influence des activités culturelles et des pluies. Cependant, ils ne perçoivent pas clairement l'évolution de leurs sols sur une plus grande profondeur et son lien avec les processus d'érosion des sols en cours. Cette étude nous a permis d'identifier les connaissances des populations, leurs limites, et de proposer un schéma de processus d'érosion des sols. Pour freiner ce processus d'érosion des sols, des améliorations culturelles devront être intégrées dans les Plans simples de gestion élaborés par les populations en complément des activités de reboisement et de plantations agroforestières à *Acacia auriculiformis*.

Mots-clés : connaissance locale, classification, sols, ethnopédologie, érosion, savanisation, *Batandu*, Bas-Congo, République démocratique du Congo.

ABSTRACT

LOCAL PERCEPTIONS OF SOILS AND THEIR GRADUAL TRANSFORMATION INTO SAVANNAH IN BATANDU VILLAGE LANDS IN THE DEMOCRATIC REPUBLIC OF CONGO

Slash-and-burn cultivation, firewood production and the lack of forest ecosystem management are the main factors of the degradation and gradual transformation of these village lands into savannah. Around the village of Kinduala, these factors have accentuated erosion of its soils. They are also causing local communities to change their cropping methods as their woodlands gradually disappear and are replaced by savannah crops. The aim of this study was to characterise perceptions of soils (typology and evolution) among farmers in a Batandu village community. During the study, two village meetings were organised, 36 surface soil samples were taken, 25 physico-chemical analyses were conducted and a soil profile was investigated. When observing the surface soil layer, the Batandu distinguished between four soil horizons (*kanga*, *kibuma*, *nzielo* and *kiniengi*) according to colour and texture and how easily they could be worked. The preferred soils for crops were the *kibuma* and *kiniengi* types. The Batandu are aware of changes in the surface layers of their soils that are due to cultivation and rain. However, they do not clearly perceive changes in their soils at greater depths, or how these changes are linked to ongoing soil erosion. Through this study, we were able to identify local knowledge and its limitations and to develop a diagram of soil erosion processes. To slow down erosion, improved cultivation practices will need to be incorporated into simple management plans developed by the local communities to supplement reforestation and agro-forestry plantations of *Acacia auriculiformis*.

Keywords: local knowledge, classification, soils, ethnopedology, erosion, transformation into savannah, Batandu people, Lower Congo, Democratic Republic of Congo.

RESUMEN

PERCEPCIÓN LOCAL DE LOS SUELOS Y DE SU EVOLUCIÓN EN LAS TIERRAS EN PROCESO DE SABANIZACIÓN DEL PUEBLO *BATANDU* EN LA REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO

La agricultura de tala y quema, la producción de leña y la ausencia de gestión de los ecosistemas forestales son la causa de la degradación y progresiva sabanización de estos espacios. Estos fenómenos han acentuado los procesos erosivos en las tierras de la aldea de Kinduala. También han hecho que la población modifique sus prácticas de cultivo debido a la progresiva desaparición de espacios forestales que han ido transformándose en cultivos de sabana. El objetivo de este estudio consistía en caracterizar la percepción local de los suelos (tipología, evolución) por los agricultores de una aldea del pueblo de los *Batandu*. Durante este estudio, se realizaron dos reuniones con los habitantes, 36 muestreos de suelo de superficie, 25 análisis físico-químicos y el estudio de un perfil de suelo. Al observar la capa superficial del suelo, los *Batandu* distinguen cuatro tipos de horizontes (*kanga*, *kibuma*, *nzielo* y *kiniengi*) en función de su color, textura y facilidad de laboreo cuando se cultivan. Sus cultivos suelen asociarse con el *kibuma* y el *kiniengi*. Los *Batandu* son conscientes de la evolución de la capa superficial de sus suelos bajo la influencia de las actividades de cultivo y las lluvias. Sin embargo, no perciben claramente la evolución de sus suelos más allá de la capa superficial ni la relacionan con los procesos activos de erosión de los suelos. Este estudio nos permitió identificar los conocimientos de la población local y sus límites, así como proponer un esquema del proceso de erosión de los suelos. Para frenar dicho proceso, habrá que integrar mejoras de cultivo en los Planes Simples de Gestión elaborados por la población como complemento de las actividades de reforestación y de las plantaciones agroforestales de *Acacia auriculiformis*.

Palabras clave: conocimiento local, clasificación, suelos, etnoedafología, erosión, sabanización, *Batandu*, Bas-Congo, República Democrática del Congo.

Introduction

En République démocratique du Congo, la province du Bas-Congo, située au Sud de Kinshasa, est depuis longtemps une zone de production et d'approvisionnement de la capitale en divers produits vivriers et en bois énergie (BAMBA *et al.*, 2008). L'exploitation répétée des ressources et l'absence de gestion des ressources forestières tant par les communautés locales que par les services étatiques ont conduit à une dégradation des écosystèmes forestiers, caractérisée par la disparition de certains biens et services (compléments alimentaires, produits de pharmacopée traditionnelle, disponibilité en bois...), par une savanisation du milieu et une baisse de la fertilité des sols et des rendements des cultures agricoles. Il est donc nécessaire de mieux gérer les espaces villageois pour stopper cette dynamique de dégradation (DUBIEZ *et al.*, 2012, 2013). Mobiliser les savoirs autochtones est alors une démarche utile afin de proposer des solutions pouvant facilement être appropriées par les groupes cibles.

Les agriculteurs du monde entier ont développé des connaissances locales de leur sol pour optimiser les productions et pour utiliser de manière raisonnée le potentiel de leur terre. L'ethnopédologie, discipline située à l'interface entre les sciences naturelles et sociales, offre un cadre pour étudier ces connaissances. Elle permet d'aborder la typologie locale des sols et de la comparer à la classification internationale, d'appréhender les concepts locaux de la qualité et de la fertilité des sols ainsi que de déterminer la compréhension paysanne des processus de formation et d'évolution des différents sols (BARRERA-BASSOLS, ZINCK, 2003 ; NIEMEIJER, MAZZUCATO, 2003). Mobiliser la typologie locale des sols permet d'améliorer la communication, de renforcer l'interactivité entre les différents acteurs (paysans, scientifiques, agents de développement) et de mieux intégrer les connaissances locales dans les prises de décision (KRASILNIKOV, TABOR, 2003). Plusieurs études ethnopédologiques ont permis de caractériser la perception des sols des populations locales en Afrique (BARRERA-BASSOLS, ZINCK, 2003) ; mais aucune n'a encore été réalisée en République démocratique du Congo.

L'objectif de cette étude était de caractériser la perception locale des sols par les agriculteurs d'un village de la population *Batandu* située dans la province du Bas-Congo, en République démocratique du Congo. Les hypothèses suivantes ont été retenues : il existe une bonne correspondance entre la typologie locale des horizons de surface et leurs caractéristiques physico-chimiques ; les populations locales sont conscientes de l'évolution de leurs sols.

Matériels et méthodes

Site d'étude

Le village de Kinduala se situe dans la province du Bas-Congo, dans le district de la Lukaya, à environ 10 km à l'Est (rive droite) de la rivière Inkisi, et à 120 km au Sud de Kinshasa (05°07' Sud / 15°09' Est) (figure 1).

La zone d'étude est caractérisée par un relief de collines et de petits plateaux d'une altitude maximale de 630 m. Ce relief est entaillé par des rivières situées vers 500 m d'altitude, des zones de bas-fonds faisant la transition entre les reliefs et les rivières (photo 1). D'après la station météorologique de l'Institut national d'études et de recherches agronomiques (Inera) de Mvuazi, qui se situe à environ 30 km de la zone d'étude, les précipitations annuelles moyennes (période de 1999 à 2008) sont de

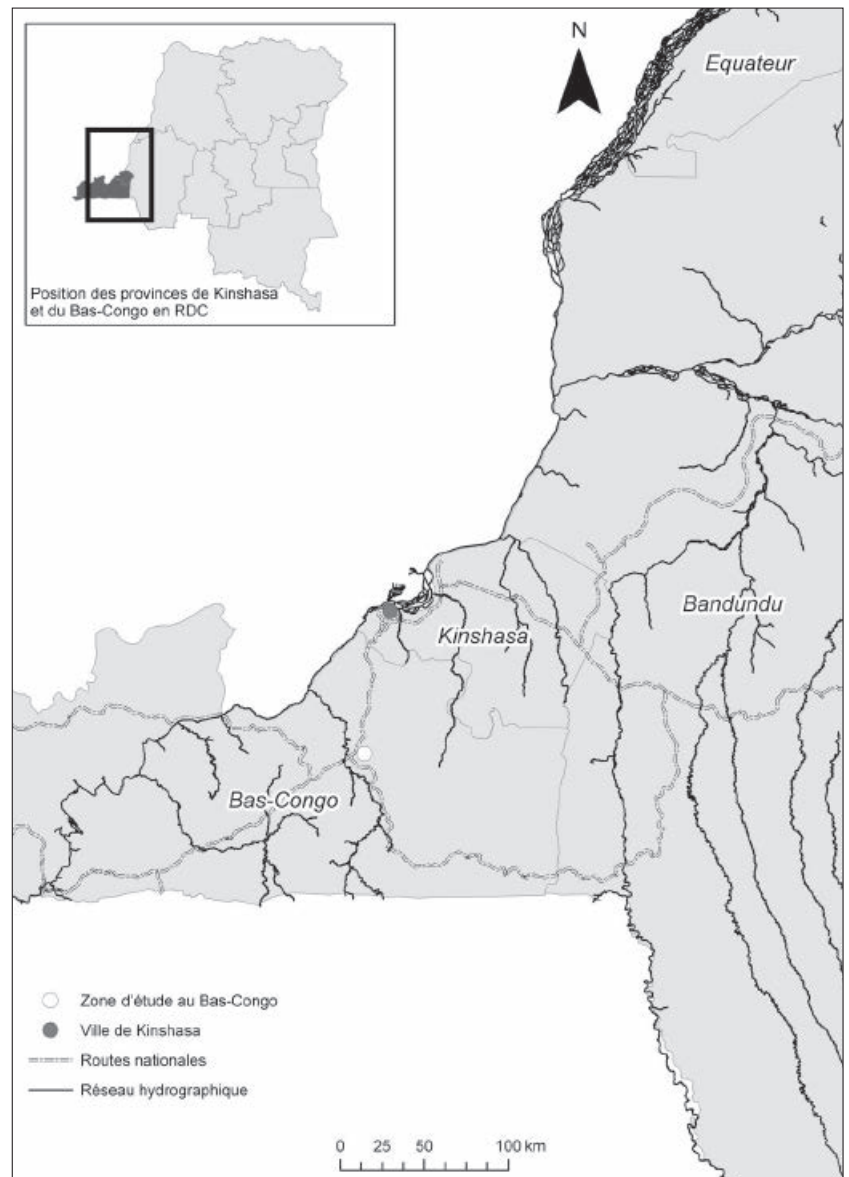


Figure 1.
Carte de localisation de la zone d'étude.

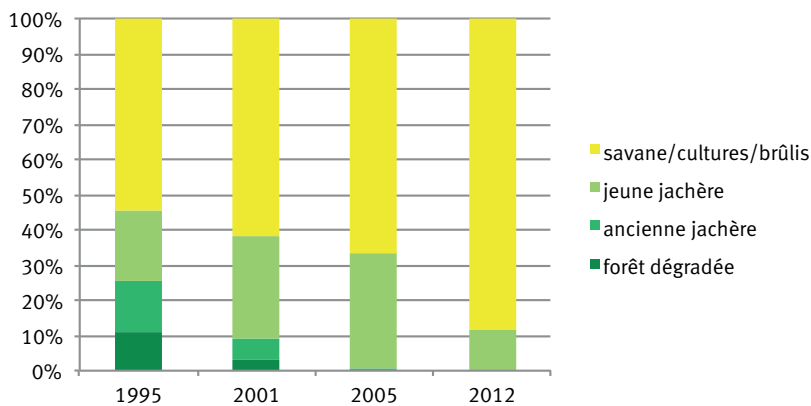


Figure 2.
Graphique présentant l'évolution des états de surface dans le finage du village de Kinduala entre 1995 et 2012 (BOULOGNE, 2012).

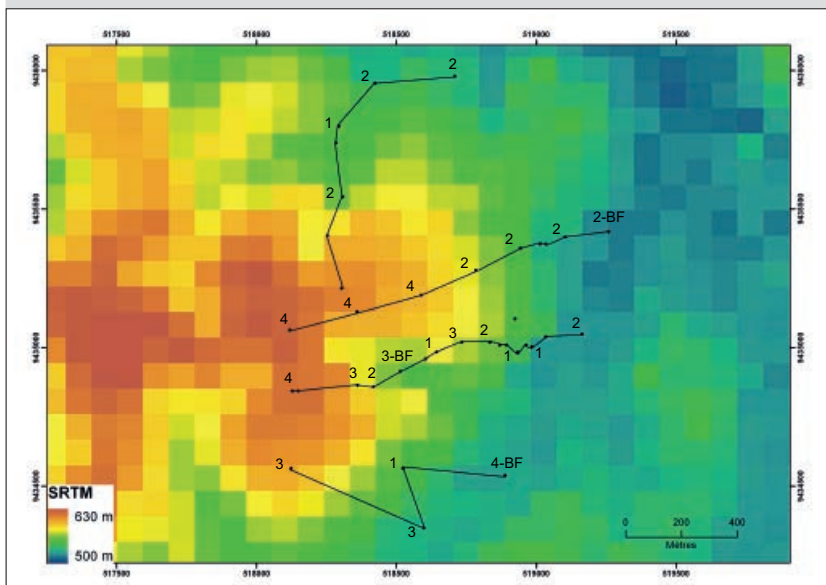


Figure 3.
Répartition des types d'horizons sur les transects. 1 = kanga ; 2 = kibuma ; 3 = kiniengi ; 4 = nzielo ; BF = bas-fonds. Les altitudes proviennent d'une image satellite radar SRTM à 90 m de résolution.

1 610 ± 190 mm (moyenne ± écart-type), et la température annuelle moyenne est de 25 °C (WAMUINI LUNKAYILAKIO, 2010). Le climat de la province du Bas-Congo est du type Aw4 suivant la classification de Köppen (BULTOT, 1950), c'est-à-dire un climat tropical humide, avec deux saisons : une saison sèche (mi-mai à mi-septembre) et une saison des pluies (mi-septembre à mi-mai).

La zone se trouve sur deux principales formations géologiques (LADMIRANT, 1971) :

- formation du soubassement, constituée de roches schisto-gréseuses du précambrien de la série de Inkisi-Mpioka (schistes, grès, quartzites) ;
- formation de couverture, constituée de sables de recouvrement du plio-pléistocène.

Les sols de la zone d'étude correspondent à des Haplic Acrisols et à des Ferralic Arenosols (JONES *et al.*, 2013).

La végétation est constituée de savanes (formations herbeuses et arbustives – ex. *Hymenocardia acida* - guinéo-congolaise), de cultures et d'espaces relictuels forestiers. Parmi ces espaces relictuels forestiers, se distinguent des sites d'anciens villages préservés (*Voka di mfinda*), des jachères forestières mises en défens (*Nkunku*) (NSIMUNDELE NKONDO *et al.*, 2010) et des ripisylves (*Tanga*). Depuis 17 ans, la répartition entre ces différentes formations a beaucoup évolué, avec comme tendance une quasi-disparition des espaces forestiers au profit du complexe « savanes, champs, brûlis ». Ce complexe occupait 55 % du terroir en 1995 et 91,3 % en 2012. Cette année, le reste de la superficie était occupé par les forêts dégradées (5,4 %) et les jeunes jachères (3,3 %) (LAVIS, 2012 ; BOULOGNE, 2012) (figure 2).

La population du village de Kinduala fait partie du groupe ethnolinguistique des *Batandu*. L'organisation sociale est structurée successivement autour des chefs de famille regroupés en lignées, et des lignées regroupées en clans qui forment une communauté de résidence (village administratif). La propriété du sol est collective et sous gestion du chef de lignée dans le terroir dont il est le garant. À Kinduala, il existe trois lignées, le finage étant divisé en terroirs entre ces lignées (VERMEULEN *et al.*, 2011).

L'agriculture constitue l'activité principale de la population. Les cultures principales sont le manioc, la patate douce, l'arachide, les haricots et le maïs, pratiquées en savane. Quelques champs sont installés dans les anciens villages à dominance de palmier (*Voka di maba*) pour rechercher de meilleurs rendements. En zone de bas-fond, on trouve des potagers constitués de tomates, d'oseille, de piments, d'aubergines... travaillés pendant la saison sèche. Ces cultures sont pratiquées en billons, sans rotation culturale, sur des superficies d'environ un hectare par ménage. La durée des jachères est généralement de 3 ans.

Perception locale des sols par des réunions villageoises

Deux réunions collectives ont été organisées avec chacune des deux premières lignées du village de Kinduala. La première réunion a eu lieu le premier jour, avec sept hommes de la première lignée et la seconde réunion le troisième jour, avec six hommes, et trois femmes de la deuxième lignée. Des questions ouvertes ont été posées aux participants afin de caractériser : la dénomination en *Kitandu* des grands types de sols présents sur le terroir ; la répartition spatiale des sols ; les cultures associées aux types de sols ; la perception par les villageois des processus d'évolution des sols au cours du temps.

Étude des sols sur le terrain et au laboratoire

Avec un ou deux villageois référents, c'est-à-dire reconnus par les membres des lignées pour bien connaître les sols, il a été parcouru trois transects dans le terroir de la première lignée et un transect dans le terroir de la deuxième lignée (figure 3). Sur ces transects, 36 arrêts ont été réalisés, le critère d'arrêt étant l'observation d'un sol différent de celui associé à l'arrêt précédent. À chaque arrêt, ont été relevés la position géographique, la position topographique, la pente, le type de végétation et le type de sol. En pratique, le type de sol a été identifié par le villageois référent et provenait d'une observation de la terre sur une couche d'environ 20 cm de profondeur, correspondant à la couche travaillée par un paysan avec sa houe. Suivant l'homogénéité de cette couche, le villageois a alors identifié, pour 25 arrêts, des profils de sol constitués d'un seul horizon et, pour 11 arrêts, des profils de sol constitués de la superposition de deux horizons (horizon de surface et horizon subsuperficiel). En parallèle, à chaque arrêt, a été prélevé un échantillon de sol de surface [0-20 cm] à l'aide d'une tarière, et sa couleur a été notée avec une charte Munsell.

Finalement, en se focalisant seulement sur les profils constitués d'un seul horizon, 25 échantillons de sol ont été analysés en laboratoire (Cirad, Montpellier) pour déterminer leur granulométrie, pH eau, teneur en carbone organique, en azote et en phosphore disponible (méthode Bray2) et leur complexe d'échange à pH 7 (méthode Metson) : capacité d'échange cationique, somme des bases échangeables et taux de saturation. Les moyennes et écarts-types ont été calculés pour ces paramètres physico-chimiques par type d'horizon. Par des régressions linéaires, ont été aussi étu-

diées les relations entre la teneur en carbone organique, qui joue un rôle central dans la fertilité du sol des agrosystèmes d'Afrique tropicale, et la teneur en « argile + limons fins » et la clarté (Value du code Munsell) de l'horizon. Enfin, on a creusé jusqu'à 1,40 m une fosse dont l'horizon de surface était considéré comme le plus fréquent sur le terroir. Elle a été ouverte dans une jachère sur savane (≤ 6 ans) qui a suivi d'anciennes cultures installées sur des billons parallèles à la pente. Sur le profil correspondant, le villageois référent de la première lignée a rattaché les horizons de ce profil aux horizons identifiés lors des transects.

Résultats

Perception locale des sols

Les grands types d'horizons

Les villageois ont distingué, en langue *Kitandu*, quatre grands types d'horizons : *kanga*, *kibuma*, *kiniengi* et *nzielo* (photo 2). Ils ont différencié ces horizons suivant la texture, la couleur et la facilité à être travaillé au cours des activités culturelles. Le *kanga*, dont la traduction est « argile », « lieu stérile » ou « désert », est un horizon dur à travailler en saison sèche et collant en saison des pluies. Il est caractérisé par une couleur jaune ou rouge. Le *kibuma*, signifiant « fertilité », est un horizon noir constitué de « petites boules un peu dures ». Il présente deux sous-types : le *kibuma* des *Voka* (ancien village forestier), une terre légère et facile à travailler à la fois en saison sèche et en saison des pluies, mais collant un peu en saison des pluies ; et le *kibuma* des bas-fonds, difficile à travailler, collant en saison des pluies et se fissurant en saison sèche. Le *nzielo*, terme sans traduction connue, est un horizon sableux de couleur beige sur les plateaux et blanche en bas-fonds. Le *kiniengi* est un horizon de « mélange, un peu de *nzielo*, un peu de *kibuma* », léger, ressemblant au sable, facile à travailler et ne collant pas à la houe. Il peut être de couleur blanche ou bien noir-chocolat.

La charte Munsell a permis de préciser la couleur des quatre horizons. Tous les échantillons de sol, quel que soit l'horizon, avaient la même teinte de base (Hue = 10YR), sauf un *kibuma* de bas-fonds (Hue = Gley1). Les trois horizons de bas-fonds se distinguent nettement de ceux des sols de terre ferme par leurs valeurs de clarté (Value) « extrêmes », noire pour le *kiniengi* (Value = 2) et le *kibuma* (Value = 2,5), ou blanche pour le *nzielo* (Value = 6). Pour les sols de terre ferme, la couleur a permis de bien distinguer le *kanga* (en majorité 10YR5/6, brun-jaune) des trois autres horizons. Le *kibuma* présente la plus grande gamme de couleurs, contrairement au *nzielo* qui a une couleur constante (10YR3/2, brun-gris très sombre) (tableau III).

Les profils de sols

En plus des quatre grands types d'horizons, les villageois ont identifié sur le terrain 6 profils de sol différents sur les 20 premiers centimètres constitués de la superposition d'un horizon de surface (supérieur) et d'un horizon subsuperficiel (inférieur). Toutes les superpositions d'horizons

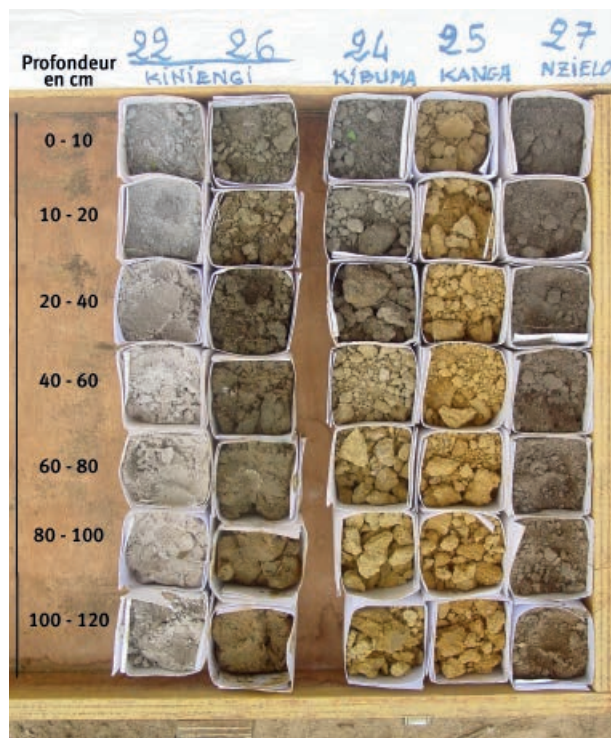


Photo 2.
Quatre grands types de sols identifiés par les *Batandus*.
Photo V. Freycon.

Tableau I.

Superpositions d'horizons trouvées le long des quatre transects.

	... au-dessous de ...	Horizon supérieur de surface			
		<i>kanga</i>	<i>kibuma</i>	<i>kiniengi</i>	<i>nziélo</i>
Horizon inférieur subsuperficiel	<i>kanga</i>		3	3	
	<i>kibuma</i>			1	2
	<i>kiniengi</i>				1
	<i>nziélo</i>			1	

Tableau II.Relation entre les horizons et les cultures décrites par deux des trois lignées du village de Kinduala (DUBIEZ *et al.*, 2013).

Type d'horizon Principales cultures	<i>kanga</i>		<i>kibuma</i>		<i>kiniengi</i>		<i>nzielo</i>	
	« Lignée » 1	« Lignée » 2	« Lignée » 1	« Lignée » 2	« Lignée » 1	« Lignée » 2	« Lignée » 1	« Lignée » 2
Arachide			✓	✓	✓	✓		✓
Haricot en grain			✓	✓	✓	✓		✓
Maïs			✓	✓	✓	✓		✓
Manioc	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Niébé		✓	✓	✓	✓	✓		✓
Patate douce	✓	✓	✓	✓				✓
Tomate		✓	✓	✓	✓	✓		✓

théoriquement possibles n'ont pas été trouvées (tableau I). Par exemple, le *kanga* ne se trouve jamais au-dessus d'un autre horizon. Il faut noter ici aussi que le *kiniengi* est toujours au-dessus d'un autre horizon. Le profil de sol étudié jusqu'à 1,40 m sur *a priori* le sol le plus répandu du terroir confirme ces superpositions d'horizons. Le villageois référence à identifié sur ce profil une superposition de trois horizons : *kiniengi*, *kibuma* puis *kanga* (photo 3). Il a été noté quelques caractéristiques de ces horizons. L'horizon de surface *kiniengi* a une épaisseur qui varie entre 3 cm (interbillon) et 20 cm (billon). Il est brun olive clair (2,5Y5/3), a une texture sableuse et est constitué d'un mélange de structures particulaire et agrégative. L'horizon *kibuma* (3/20 – 50 cm) est brun (10YR4/3) à brun-jaune sombre (10YR4/4), a une texture sablo-argileuse à argilo-sableuse et une structure agrégative. Au niveau de l'inter-billon, là où l'horizon sus-jacent *kiniengi* est peu épais (< 5 cm), la partie supérieure de l'horizon *kibuma* est dure et compacte. L'horizon *kanga* (50-140 cm) est brun fort (7,5YR5/6 à 7,5YR5/8), a une texture argilo-sableuse et une structure agrégative.

Répartition des horizons de surface par rapport à la topographie

Les observations montrent que la répartition spatiale des horizons de surface dépend de la topographie (données non montrées) et de la pente (figure 4). Dans les bas-fonds, le *kanga* est absent contrairement aux trois autres horizons. Sur les interfluves, le *kanga* est présent principalement à mi-versant (entre 20 % et 30 %). Le *kibuma* est présent du haut de versant jusqu'au bas de versant, sur les pentes faibles et moyennes, comprises entre 2 % et 20 %. Le *kiniengi* est aussi présent sur ces mêmes positions topographiques mais de préférence sur des pentes faibles inférieures à 10 %. Le *nziélo* a une répartition homogène puisqu'il est présent sur plateau sur des pentes faibles inférieures ou égales à 5 %.

Horizons et cultures

La mise en évidence des relations entre culture et horizon fait apparaître des sols pouvant accueillir toutes les cultures localement cultivées ou aux capacités plus réduites (tableau II).

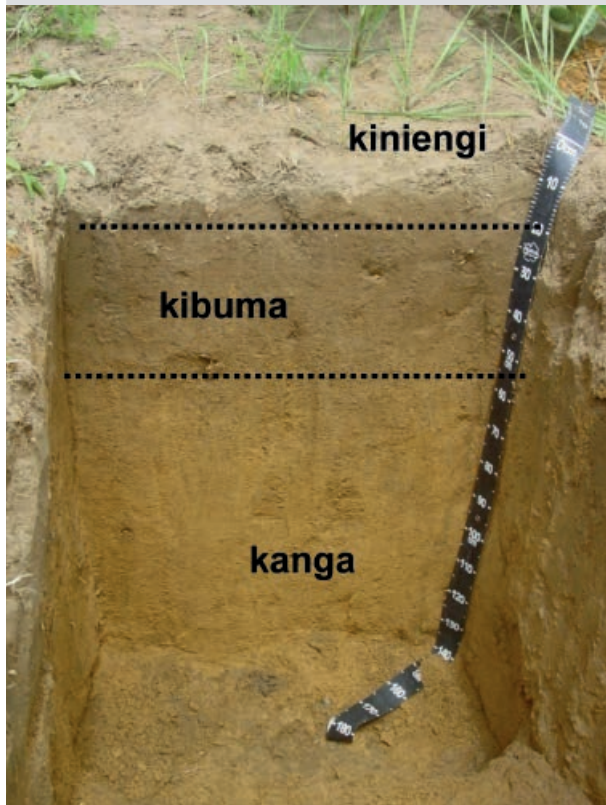


Photo 3.
Profil de sol kiniengi-kibuma-kanga.
Photo V. Freycon.

Les horizons préférés pour l'ensemble des cultures sont le *kibuma* et le *kiniengi*. Toutes les cultures peuvent être installées sur le *kibuma*. Sur le *kiniengi*, seule la culture des patates douces n'est pas pratiquée. Les horizons les moins valorisés sont le *kanga* et le *nziélo*. Les pratiques culturales peuvent être modifiées en fonction de la saison. En saison des pluies, les agriculteurs préfèrent installer leurs cultures sur les pentes ou le plateau présentant un bon drainage en raison de la texture plus sableuse des horizons *kiniengi* et *nziélo*. En saison sèche, les agriculteurs cultivent dans les bas-fonds pour de la production maraîchère.

Analyses physico-chimiques des grands types d'horizons

Les analyses granulométriques ont permis de classer les horizons en fonction de leur teneur en argile (tableau III) : le *kanga* est le plus argileux (22 %), le *kiniengi* et le *nziélo* sont les moins argileux (respectivement 11 % et 8 %), tandis que le *kibuma* est intermédiaire (16 %).

Les différents horizons ne se distinguent pas de manière significative pour la majorité de leurs caractéristiques chimiques (tableau III). Seul le *kibuma* a une somme des bases échangeables significativement plus élevée que les autres horizons.

Pour l'ensemble des horizons, il n'existe pas de relation entre carbone et « argile + limons fins » ($R^2 = 0,09$; figure 5), contrairement à ce que l'on observe classiquement

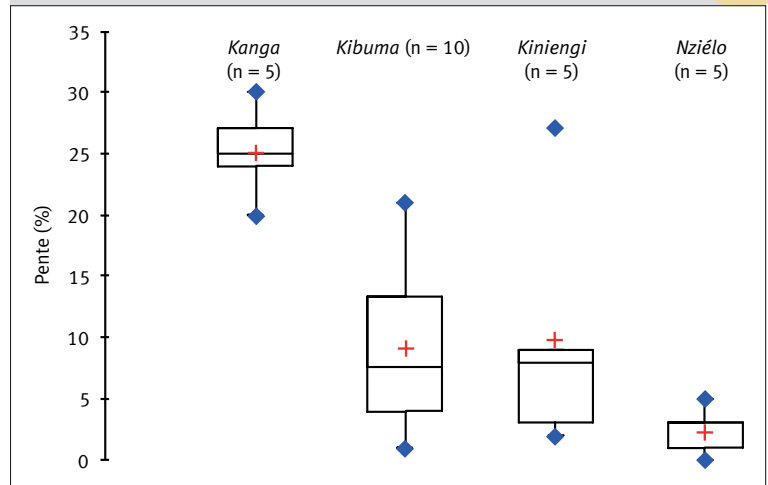


Figure 4.
Répartition des horizons de surface en fonction de la pente.

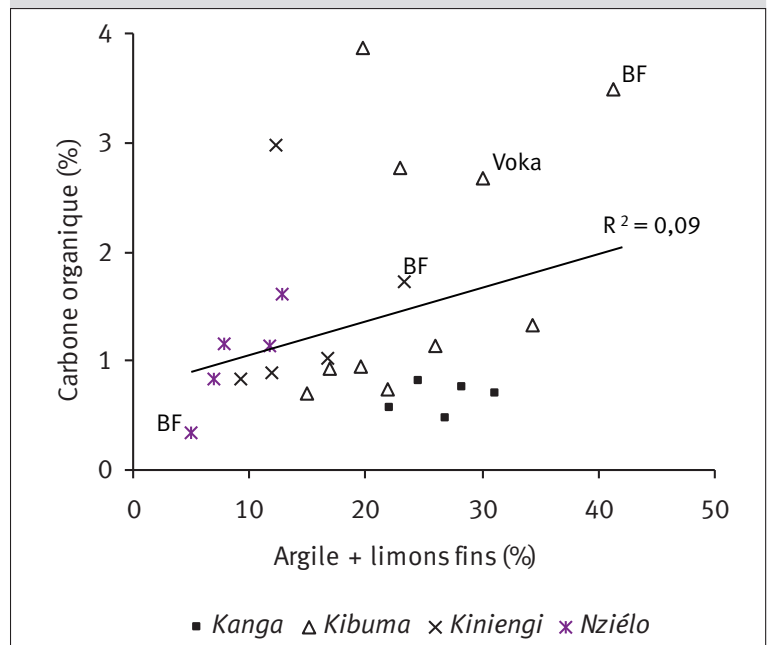


Figure 5.
Relation entre le carbone organique et les éléments fins minéraux (argile + limons fins) d'échantillons de surface [0-20 cm].

pour les horizons de surface (FELLER *et al.*, 1991). Ce résultat masque différents comportements entre horizons : le *kanga* a une faible teneur en carbone par rapport à sa teneur en argile, la relation entre ces deux paramètres étant quasi nulle ; le *kibuma* présente une grande variabilité ; les horizons de bas-fonds et celui du *voka* (ancien village forestier), quel que soit le type d'horizon, présentent une relation quasi parfaite. Pour l'ensemble des horizons, on observe une relation négative entre le carbone et la clarté ($R^2 = 0,24$) : la teneur en carbone diminue quand l'horizon s'éclaircit. Finalement, la combinaison de la texture et de la clarté permet d'expliquer 27 % (R^2 ajusté) de la variabilité de la teneur en carbone.

Tableau III.

Caractéristiques physico-chimiques des différents types d'horizons de surface [0-20 cm].

Type d'horizon	Nombre d'échantillons analysés	pH eau	Teneur en argile (%)	Teneur en carbone (%)	Teneur en azote (‰)	Phosphore disponible ^a (ppm)	CEC ^b (cmol ⁺ /kg)	S ^c (cmol ⁺ /kg)	TS (%)	Munsell clarté (Value)
<i>Kanga</i>	5	4,8 (± 0,1) a	22 (± 2) c	0,7 (± 0,1) a	0,4 (± 0,1) a	2,3 (± 0,4) a	2,8 (± 0,6) a	0,2 (± 0,1) a	7 (± 3) a	4,8 (± 0,4) b
<i>Kibuma</i>	10	5,1 (± 0,3) a	16 (± 4) b	1,9 (± 1,2) a	1,1 (± 0,7) a	9,7 (± 8,0) a	6,3 (± 3,8) a	1,3 (± 0,8) b	22 (± 12) a	3,2 (± 1,4) a
<i>Kiniengi</i>	5	4,9 (± 0,2) a	11 (± 5) a	1,5 (± 0,9) a	0,8 (± 0,7) a	8,7 (± 4,2) a	4,3 (± 2,5) a	0,5 (± 0,5) a	11 (± 5) a	3,0 (± 0,0) a
<i>Nziélo</i>	5	4,8 (± 0,2) a	8 (± 5) a	1,0 (± 0,5) a	0,5 (± 0,3) a	9,2 (± 5,3) a	3,2 (± 1,8) a	0,4 (± 0,2) a	19 (± 18) a	3,0 (± 0,0) a

^a Méthode Bray2. ^b Méthode Metson (acétate d'ammonium, pH 7). ^c Somme des bases échangeables (Ca + Mg + K + Na).

Les teneurs en matière organique (MO) peuvent être déduites de la teneur en carbone organique (C) par la relation MO = 1,72 x C.

Les trois échantillons de bas-fonds n'ont pas été inclus dans l'analyse de la teinte de base « Hue » de la couleur.



Photo 4.

Le sol est nu et les billons sont parallèles à la pente, deux facteurs qui favorisent l'érosion hydrique. Au premier plan, est observable une termitière dans un *kiniengi* révélant la présence du *kanga* en profondeur.

Photo V. Freycon.

Perception de l'évolution des horizons de surface et de l'environnement

Les villageois constatent que l'horizon de surface évolue au cours du temps sous l'influence des activités anthropiques et de la pluie : après avoir coupé la forêt, le *kibuma* devient plus léger et moins brun ; le *kibuma* cultivé trop longtemps se dégrade en *nziélo*. Au cours de fortes pluies, le *nziélo* du plateau peut être emporté et se déposer en aval sur un *kibuma*. Le *kanga*, suite à des travaux agricoles, peut devenir un *kiniengi*.

Des modifications ont également été observées en savane en l'absence d'activité pendant 5 à 10 ans, la terre jaune devenant noire surtout en l'absence de feu parcourant la savane.

Plus généralement, les villageois constatent que leur environnement évolue et affecte leur mode de vie : baisse des rendements des cultures, tarissement des sources au fond des vallons, érosion et creusement de la piste, etc. (photos 4 et 5).

Discussion

Critères utilisés dans la perception locale des sols

L'objectif de la présente étude était de caractériser la perception locale des sols par les villageois de Kinduala, qui font partie du groupe ethnolinguistique des *Batandu*. Ces villageois *Batandu* perçoivent le sol à travers la couche superficielle de terre d'environ 20 cm de profondeur travaillée à la houe pour réaliser leurs cultures sur billons. D'autres populations perçoivent aussi le sol à travers uniquement sa couche superficielle (NIEMEIJER, MAZZUCATO, 2003 ; BAUTISTA, ZINCK, 2010 ; NETHONONDA, ODHIAMBO, 2011). Cela rend alors illusoire de vouloir rattacher cette perception locale à une classification internationale qui est basée sur des profils de sols d'au moins 120 cm de profondeur (HABARUREMA, STEINER, 1997).

Les *Batandu* ont identifié quatre types d'horizons, *kibuma*, *kanga*, *kiniengi* et *nziélo*, en fonction de trois critères principaux : la couleur de l'horizon, sa texture et sa facilité à le travailler lors de la mise en culture. D'après la synthèse bibliographique de BARRERA-BASSOLS et ZINCK (2003) qui portait sur 62 groupes ethniques, la couleur et la texture sont des critères très utilisés (respectivement 100 % et 98 % des cas) pour caractériser différents sols, au contraire de la facilité de travail (environ 17 % des cas). Les populations *Batandu* ont aussi utilisé parfois deux autres critères cités par BARRERA-BASSOLS et ZINCK (2003) : la topographie (par exemple, le *nziélo* est présent principalement sur les plateaux) et la structure de l'horizon (par exemple, le *kibuma* est formé de « petites boules un peu dures », qui correspondent à des agrégats). Au final, les *Batandu* utilisent au maximum cinq critères pour différencier les horizons. C'est peu puisque BARRERA-BASSOLS et ZINCK (2003) indiquent que plus de 56 % des groupes ethniques utilisent entre 8 et 14 critères. Le faible nombre de critères utilisés par les *Batandu* pour caractériser les horizons pourrait s'expliquer par la faible variabilité des horizons présents dans ce terroir, d'une superficie de 590 hectares, qui est caractérisé par un modelé assez simple.



Photo 5.
Creusement de la piste, deux mètres en dessous
des champs, qui illustre l'érosion hydrique.
Photo V. Freycon.

Correspondance entre la typologie locale des horizons, leurs caractéristiques physico-chimiques et les cultures

En début d'étude, il avait été supposé qu'il existait une bonne correspondance entre la typologie locale des horizons et leurs caractéristiques physico-chimiques. Cette hypothèse n'est que partiellement vérifiée. En effet, les analyses granulométriques confirment bien les différences de texture perçues par les villageois entre les différents horizons, opposant par exemple le *kanga* argileux aux *nziélo* et *kiniengi* sableux (tableau III). Par contre, les analyses chimiques ne confirment pas que le *kibuma* et, à un degré moindre, le *kiniengi* ont de meilleures aptitudes pour les cultures que les autres horizons, comme cela a été perçu par les villageois (tableaux II et III). En effet, parmi tous les paramètres analysés (pH, carbone organique, azote, etc.), seule la somme des bases échangeables du *kibuma* est plus élevée que celle des autres horizons. Ce résultat est contradictoire avec celui de DAWOE *et al.* (2012) qui ont montré, au Ghana, une bonne correspondance entre la connaissance locale par des fermiers de leurs sols et leurs caractéristiques chimiques. En revanche, il est cohérent avec le fait que la fertilité et la productivité des cultures n'aient pas été des critères cités par les villageois pour identifier les quatre types d'horizons. Cela suggère que des critères tels que la texture, la couleur, la facilité à travailler le sol et/ou la réserve en eau d'un sol sont perçus comme plus importants que les caractéristiques chimiques pour définir la qualité d'un horizon et son aptitude aux cultures.

Ce point est confirmé par les associations entre horizons et cultures qui ont été citées par les villageois. Les horizons *kibuma* et *kiniengi*, décrits par les villageois comme de couleur sombre, donc ayant tendance à être plus riches en matière organique, sont préférentiellement associés à l'ensemble des cultures. De plus, les horizons *kibuma*

et *kanga*, d'une texture plus argileuse que les *kiniengi* et *nziélo*, ont été associés à la culture de la patate douce. Remarquons que ce résultat est contradictoire avec celui de NETHONONDA et ODHIAMBO (2011) puisque ces auteurs ont trouvé que la patate douce était préférentiellement cultivée sur les sols sableux plutôt qu'argileux.

Une évolution des sols perçue partiellement et non reliée à l'érosion

La seconde hypothèse était que les populations locales sont conscientes de l'évolution de leurs sols. Cette hypothèse est vérifiée partiellement puisque les villageois constatent que la couche superficielle du sol évolue avec le temps en fonction des activités anthropiques et des pluies. Cette évolution peut être modérée (par exemple, un *kibuma* change de couleur) ou plus importante (par exemple, un *kanga* se transforme en un *kiniengi*). Les villageois sont conscients de cette évolution parce que, en se focalisant sur la couche superficielle du sol, cela favorise une bonne compréhension de la dynamique d'un sol (NIEMEIJER, MAZZUCATO, 2003). Par contre, ils ne perçoivent pas clairement, d'une part, que leurs sols évoluent aussi avec le temps sur une plus grande profondeur et, d'autre part, que cette évolution est à relier avec les processus d'érosion qui sont en cours sur ce terroir : présence de rigoles d'érosion, transfert de terre de l'amont vers l'aval. Cet écueil provient certainement de la non-prise de conscience que l'on puisse retrouver à la surface du sol un *kanga*, un horizon que nous considérons comme étant typique d'un horizon de profondeur. En effet, les *kanga* présentent une très faible relation entre carbone organique et « argile + limons fins » (figure 5), ce qui est typique des horizons de profondeur (ZINN *et al.*, 2005). Cette « remontée » à la surface du sol d'un horizon de profondeur, observée préférentiellement sur les pentes fortes, les plus sujettes à l'érosion, nous conduit alors à relier l'évolution des sols du terroir de Kinduala avec les processus d'érosion en cours observés par les villageois.

Proposition d'un schéma d'érosion des sols

La répartition des horizons de surface en fonction des pentes, les superpositions d'horizons, leurs caractéristiques physico-chimiques et la « remontée » à la surface du *kibuma*, horizon de profondeur, donnent des pistes qui convergent sur la nature de ces horizons et leurs relations. Plus précisément, l'hypothèse est formulée que le *kibuma*, horizon à structure agrégative, est un horizon de surface typique. C'est un témoin de la présence d'une ancienne forêt. Il est encore présent sur les pentes moyennes à faibles, les moins sujettes à l'érosion hydrique ; le *kiniengi*, horizon sableux trouvé sur toutes les positions topographiques, provient de la transformation d'horizons plus argileux (*kibuma*, *kanga*) due à la pratique des billons. En effet YEMEFACK *et al.* (2004) avaient montré, au Cameroun, une perte des matières les plus fines (argile) lors des pratiques

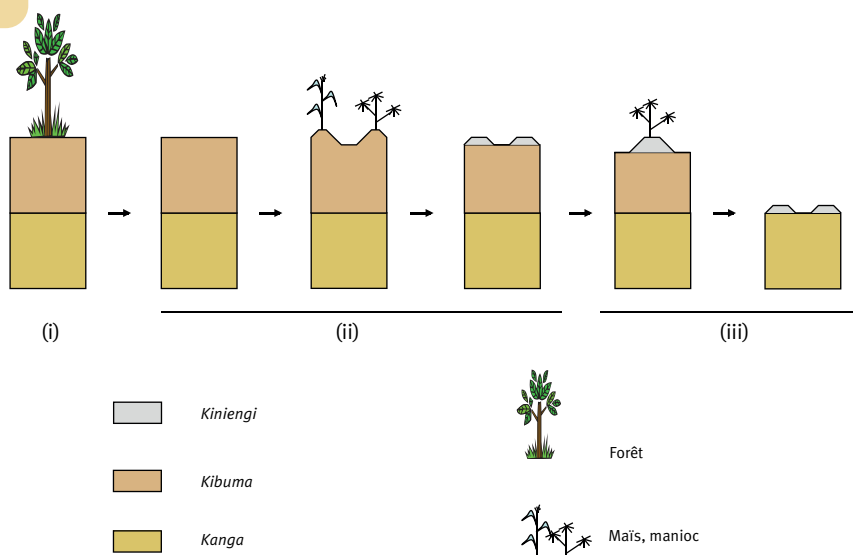


Figure 6.
Schéma illustrant le processus d'évolution des sols.



Photo 6.
Acacia auriculiformis plantés dans un champ de manioc.
Photo R. Peltier.

culturelles ; le *kanga*, horizon le plus argileux, est un horizon typique de profondeur, que l'on retrouve à la surface du sol sur les pentes les plus fortes, suite à un processus d'érosion complet de l'horizon *kibuma* ; le *nziélo*, horizon sableux trouvé principalement sur les plateaux, est associé à la formation géologique de couverture, constituée de sables.

Finalement, les résultats de l'étude permettent de proposer un schéma d'un processus d'érosion des sols qui relie les différents horizons de surface trouvés sur le terroir (figure 6). Ce schéma devra être validé par une étude ultérieure plus complète (description de profils de sols dans d'autres zones du terroir...).

Conclusion

Cette étude a mis en évidence que les populations *Batandu* du village de Kinduala distinguent dans leur terroir quatre horizons de surface suivant cinq critères, dont les principaux sont la couleur, la texture et la facilité de travailler le sol. L'étude révèle une bonne correspondance entre cette typologie locale des horizons de surface et leur granulométrie mais une mauvaise correspondance avec leurs caractéristiques chimiques. Ces populations perçoivent bien l'évolution de la couche superficielle de leurs sols en fonction des pratiques humaines (déforestation, réduction du temps de jachère). Par contre, elles ne perçoivent pas clairement l'évolution de leurs sols sur une plus grande profondeur et son lien avec les processus d'érosion des sols en cours. Il est recommandé que cette typologie locale des « sols » soit utilisée lors de l'actualisation des Plans simples de gestion pour intégrer la gestion de la fertilité des sols dans l'aménagement des terroirs villageois. Des activités complémentaires aux activités de boisement/reboisement devront être proposées (photo 6). L'association de plantes de couverture aux cultures et l'installation des billons dans le sens perpendiculaire de la pente sont des pratiques agricoles pouvant apporter des réponses simples et concrètes aux enjeux de gestion de la fertilité des sols. Avant de proposer des solutions techniques adéquates, il sera nécessaire de faire prendre conscience aux groupes cibles du processus d'érosion en cours dans leurs terroirs et de son impact sur les sols. Scientifiquement, il serait intéressant d'approfondir ce travail en étudiant le lien entre l'érosion des sols et la perte de la fertilité des sols pour renforcer la compréhension des processus et proposer des solutions adéquates.

Remerciements

L'étude a été réalisée au sein du projet UE « Makala – Gérer durablement la ressource bois énergie », EuropeAid DCI-ENV/2008-151-384 (<http://makala.cirad.fr>). Les auteurs remercient l'ensemble des habitants du village de Kinduala sans qui ce travail n'aurait pu aboutir, ainsi que deux relecteurs anonymes qui, par leurs commentaires pertinents, ont permis d'améliorer cet article, et N. Fauvet pour la réalisation de la figure 3.

Références bibliographiques

- BAMBA I., MAMA A., DANHO NEUBA J. R., KOUAO KOFFI J., RAORE D., VISSER M., SINSIN B., LEJOLY J., BOGAERT J., 2008. Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo (R.D. Congo). *Sciences & Nature*, 5 (1) : 49-60.
- BARRERA-BASSOLS N., ZINCK J. A., 2003. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. *Geoderma*, 111 (3-4): 171-195.
- BAUTISTA F., ZINCK J. A., 2010. Construction of an Yucatec Maya soil classification and comparison with the WRB framework. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2010, 6: 7.
- BOULOGNE M., 2012. Suivi de l'évolution temporelle des flux de carbone dans les formations forestières dégradées du bassin d'approvisionnement en bois énergie de la ville de Kinshasa (RDC). Rapport interne au projet Makala, 84 p.
- BULTOT F., 1950. Régimes normaux et cartes des précipitations dans l'Est du Congo belge (longitude 26° à 31° Est, latitude 4° Nord à 5° Sud), pour la période 1930 à 1946. Bruxelles, Belgique, Institut national pour l'étude agronomique du Congo belge, 51 p.
- DAWOE E. K., QUASHIE-SAM J., ISAAC M. E., OPPONG S. K., 2012. Exploring farmers' local knowledge and perceptions of soil fertility and management in the Ashanti Region of Ghana. *Geoderma*, 179: 96-103.
- DUBIEZ E., FREYCON V., YAMBA-YAMBA T., MVOLO B., LOUPPE D., 2013. Perception locale des sols et de leur évolution chez les populations Batandu. *In* : Marien J.-N., Dubiez E., Louppe D., Larzillière A. (éds). *Quand la ville mange la forêt. Les défis du bois-énergie en Afrique centrale*. Versailles, France, Éditions Quæ, p. 107-113.
- DUBIEZ E., VERMEULEN C., PELTIER R., INGRAM V., SCHURE J., MARIEN J.-N., 2012. Managing forest resources to secure wood energy supply for urban centers. The case of Kinshasa, Capital City of the Democratic Republic of Congo. *Nature & Faune*, 26 (2): 52-56.
- DUBIEZ E., VERMEULEN C., TONNEAU J.-P., YAMBA YAMBA T., MVOLO B., LARZILLIÈRE A., 2013. Le paysage comme outil d'aménagement des terroirs villageois. *Bois et Forêts des Tropiques*, 315 (1) : 11-20.
- FELLER C., FRITSCH E., POSS R., VALENTIN C., 1991. Effet de la texture sur le stockage et la dynamique des matières organiques dans quelques sols ferrugineux et ferrallitiques (Afrique de l'Ouest, en particulier). *Cahiers Orstom, série Pédologie*, 26 (1) : 25-36.
- HABARUREMA E., STEINER K. G., 1997. Soil suitability classification by farmers in southern Rwanda. *Geoderma*, 75 (1): 75-87.
- JONES A., BREUNING-MADSEN H., BROSSARD M., DAMPHA A., DECKERS J., DEWITTE O., GALLALI T., HALLETT S., JONES R., KILASARA M., LE ROUX P., MICHELI E., MONTANARELLA L., SPAARGAREN O., THIMBIANO L., VAN RANST E., YEMEFACK M., ZOUGMORE R., 2013. *Soil Atlas of Africa*. Luxembourg, Office des publications de l'Union européenne, 176 p.
- KRASILNIKOV P. V., TABOR J. A., 2003. Perspectives on utilitarian ethnopedology. *Geoderma*, 111: 197-215.
- LADMIRANT H., 1971. Notice explicative de la feuille Inkisi (S6/15 – SB. 33.10). Carte géologique à l'échelle de 1/200 000, République du Congo. Service géologique, 47 p.
- LAVIS B., 2012. Analyse et comparaison de deux méthodes d'identification paysagère dans la province du Bas-Congo en RDC. Master en Architecture du paysage, Université de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Belgique, 64 p.
- NETHONONDA L. O., ODHIAMBO J. J. O., 2011. Indigenous soil knowledge relevant to crop production of smallholder farmers at Rambuda irrigation scheme, Vhembe District South Africa. *African Journal of Agricultural Research*, 6 (11): 2576-2581.
- NIEMEIJER D., MAZZUCATO V., 2003. Moving beyond indigenous soil taxonomies: local theories of soils for sustainable development. *Geoderma*, 111: 403-424.
- NSIMUNDELE NKONDO L., DIANSAMBU MAKANUA I., DUBIEZ E., PROCES P., MARIEN J.-N., PELTIER R., VERMEULEN C., 2010. Conserver ou manger la forêt ? Le paradoxe des paysans en périphérie de Kinshasa, RDC. Aires protégées traditionnelles du Bas-Congo. *Le Flamboyant*, 66/67 : 33-37.
- VERMEULEN C., DUBIEZ E., PROCES P., DIOWO MUKUMARY S., YAMBA YAMBA T., MUTAMBWE S., PELTIER R., MARIEN J.-N., DOUCET J.-L., 2011. Enjeux fonciers, exploitation des ressources naturelles et Forêts des Communautés Locales en périphérie de Kinshasa, RDC. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 15 (4) : 535-544.
- WAMUINI LUNKAYILAKIO S., 2010. *Ichtyofaune de l'Inkisi (Bas-Congo/RDC) : diversité et écologie*. Thèse, Université de Liège, Belgique, 362 p.
- YEMEFACK M., NOUNAMO L., NJOMGANG R., BILONG P., 2004. Influence des pratiques agricoles sur la teneur en argile et autres propriétés agronomiques d'un sol ferrallitique au sud Cameroun. *Tropicultura*, 22 (1) : 3-10.
- ZINN Y. L., LAL R., RESCK D. V. S., 2005. Texture and organic carbon relations described by a profile pedotransfer function for Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 127: 168-173.