

## Apport de l'imagerie Landsat 8 dans la caractérisation des unités lithologiques du sous-bassin de l'Ouest Congolien : Cas de Kisantu et de ses environs, République Démocratique du Congo

### [ The contribution of Landsat 8 data in the characterization of lithological units of the West Congolian sub-basin : The Case of Kisantu and its surroundings, Democratic Republic of the Congo ]

Emmanuel L. Lokilo<sup>1</sup>, Daniella K. Kahindo<sup>2</sup>, K. Tondozi<sup>3</sup>, Kelly K. Nzambe<sup>2</sup>, Michael N. Yang'tshi<sup>2</sup>, Moïse L. Luemba<sup>2</sup>, Meshac B. Ngungu<sup>2</sup>, Ruphin D. Djolu<sup>1</sup>, Hervé Ndaye Mudumbi<sup>2</sup>, Colette Masengo Ashande<sup>1</sup>, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua<sup>1-3</sup>

<sup>1</sup>Faculté des Sciences, Université de Gbado-Lite, B.P 111 Gbado-Lite, RD Congo

<sup>2</sup>Faculté de Pétrole et Gaz, Université de Kinshasa, RD Congo

<sup>3</sup>Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P 190 Kinshasa IX, RD Congo

---

Copyright © 2018 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:** In order to better constrain the utility of multispectral datasets in the characterization of surface materials, Landsat 8 data were evaluated in the discrimination of geological classes in KISANTU and its vicinity. Ground-based measurements collected from the study area highlight the importance of limestone in that area. The spatial distribution of exposed lithologies in the study area was determined through an image resulting from a band ratio (band 7/band 6) that shows the distribution of clays coming from the alteration of the rocks below; and another image using a band ratio transform (band 6/band 7) to identify limestone. Despite some shortcomings coming from the unsupervised classification, the merging of band ratio and the principal component analyze gives an overall representation of the spatial distribution of exposed geological materials in the study area.

**KEYWORDS:** Band ratio; Principal component analyze; Lithology; Reflectance.

**RESUME:** Les analyses des images satellitaires Landsat 8 nous ont permis d'actualiser et compléter la cartographie lithologique de la cité de KISANTU et ses environs reposant sur les schisto-calcaires représentés d'une part par les faisceaux du Bangu et d'autre part par ceux de la Lukunga. Les rapports de bandes 7/6, 6/7 et les analyses en composantes principales des images originales, couplés à des données bibliographiques et de terrain ont d'une part permis d'avoir des cartographies monolithologiques de cette zone et d'autre part permis de valider les résultats obtenus après traitements des données satellitaires.

**MOTS-CLEFS:** Rapport de bandes, Analyse en composante principale, Lithologie, Reflectance.

## 1 INTRODUCTION

La cité de KISANTU et plusieurs autres contrées dans la province du Kongo Central en République Démocratique du Congo n'ont pas encore fait l'objet d'une étude multispectrale de télédétection ou de multiples études géologiques. Cependant, il est indéniable qu'une bonne et fiable cartographie de terrain demeure très importante pour des bonnes prises de décision en cas

d'une exploration pétrolière, minière, hydraulique et caetera. La dernière carte géologique qui ait la plus grande échelle, soit 1 : 50000 de cette zone date de 1959. Et depuis, aucune autre campagne de cartographie traditionnelle n'a été menée de manière systématique dans cette zone ; ce qui revient à dire qu'après plus de cinq décennies, une actualisation et quelques éléments complémentaires quant à la cartographie lithologique de cette région se font sentir. Il faut noter que la cartographie traditionnelle présente quelques limites dans la mesure où dans une zone géographiquement étendue, un géologue se voit obligé d'extrapoler les informations entre divers points d'observations, ce qui est générateur des omissions ou des erreurs. En sus de cela, la rareté, les inaccessibilités, les discontinuités des affleurements associées aux conditions climatiques parfois hostiles de terrain compliquent le travail du géologue, portant par la suite atteinte à la fiabilité des cartes résultantes [1].

Dans cette étude, il est question d'utiliser l'imagerie Landsat 8 pour compléter les données déjà obtenues en identifiant les différentes formations lithologiques dans la contrée de KISANTU et en mettant en évidence les contacts géologiques afin d'obtenir une carte lithologique télésanalytique actualisée de cette zone.

## 2 MILIEU, MATERIEL ET METHODES

### 2.1 MILIEU

Compris entre 5°6'00" et 5°15'00" de latitude Sud et 15°0'00" et 15°15'00" de longitude Est, notre zone d'étude est située dans la province du Kongo central à cheval entre les territoires de MBANZA NGUNGU et MADIMBA couvrant les localités ci-après : Kisantu, Inkisi, Ngongolo, Sumba, Sadi, Mayidi, Boko, Luvukano, Kimayala, Kimanga, Ngeba, Kindoma, Kinsuka, Kilemfu, Kinza mbuela. Cette zone est caractérisée par un climat tropical soudanien favorisant le développement des plantes herbeuse et des galeries forestières le long des cours d'eau [2].

Le sol des plaines calcaires se développe sur la partie orientale des formations mésozoïques, elle est plus spécialement localisée en contrebas du plateau du Kwango et grimpe jusqu'au niveau des "grès polymorphes". Les sols du Kongo Central [3], [4] comme la plupart des sols tropicaux, sont chimiquement pauvres ; leur acidité est prononcée.

Les reliefs sont constitués de collines douces avec des plateaux latéritiques pénéplanés. L'Inkisi et ses affluents principaux ont creusé des vallées de largeur moyenne dont le fond est occupé par une plaine alluviale généralement étroite et dont les versants montrent plusieurs niveaux de terrasses près de la localité d'Inkisi. [3], [4].

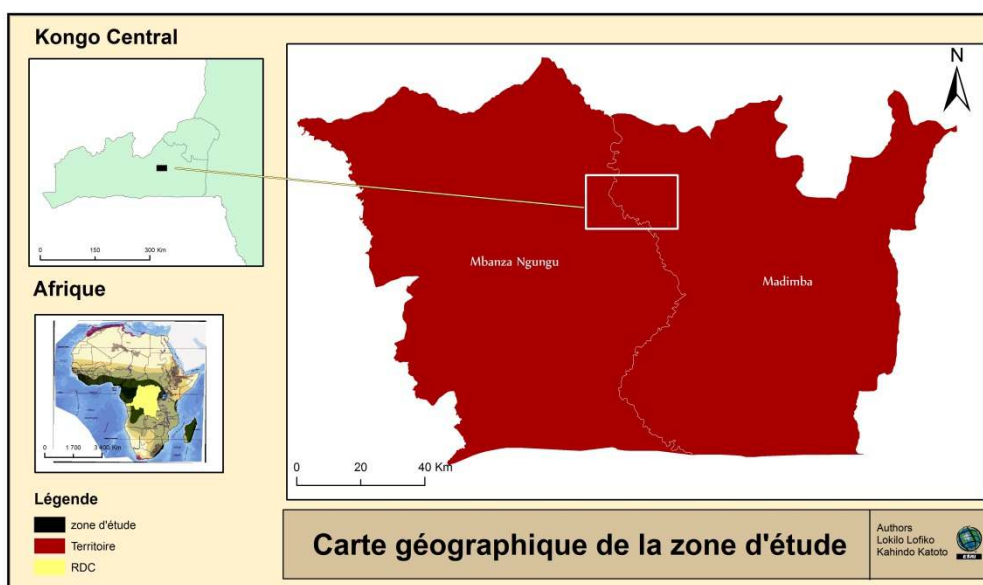


Fig. 1. Le cadre géographique de la zone d'étude

Dans la région ciblée par notre étude, le système Schisto-Calcaire est représenté par une partie des faisceaux du Bangu (CIII) et de la Lukunga (CII), anciennes subdivisions C5 et C4 [5], [6].

La limite entre les deux faisceaux est constituée par la formation C5a qui renferme les premiers niveaux de dolomies noires fétides caractéristiques du faisceau du Bangu et dont la base comporte des brèches calcaires [5], [6].

Les faisceaux CIII comporte trois subdivisions C5a, C5b (formation de l'oolithe de Kisantu) et C5 supérieur à b. ce dernier terme n'a pu être subdivisé, il correspond à toute la partie des formations supérieures à l'Oolithes de kisantu dans l'Ouest du Kongo Central [5], [6].

Le faisceau CII comporte trois subdivisions dont seules la supérieure et une partie de la moyenne sont représentées dans la région de la feuille d'Inkisi [5], [6].

La partie C5b (formation de l'Oolithe de Kisantu) renferme des calcschistes et schistes plus ou moins talqueux gris ou verdâtres avec intercalations régulières ou lenticulaires de bancs d'oolithes et pseudo-oolithes talqueuses, généralement grises et noires, sphériques, éllipsoïdales ou discoïdales. Ces bancs oolithiques, épais de 0,1 à 0,3 m, sont souvent silicifiés [5], [6].

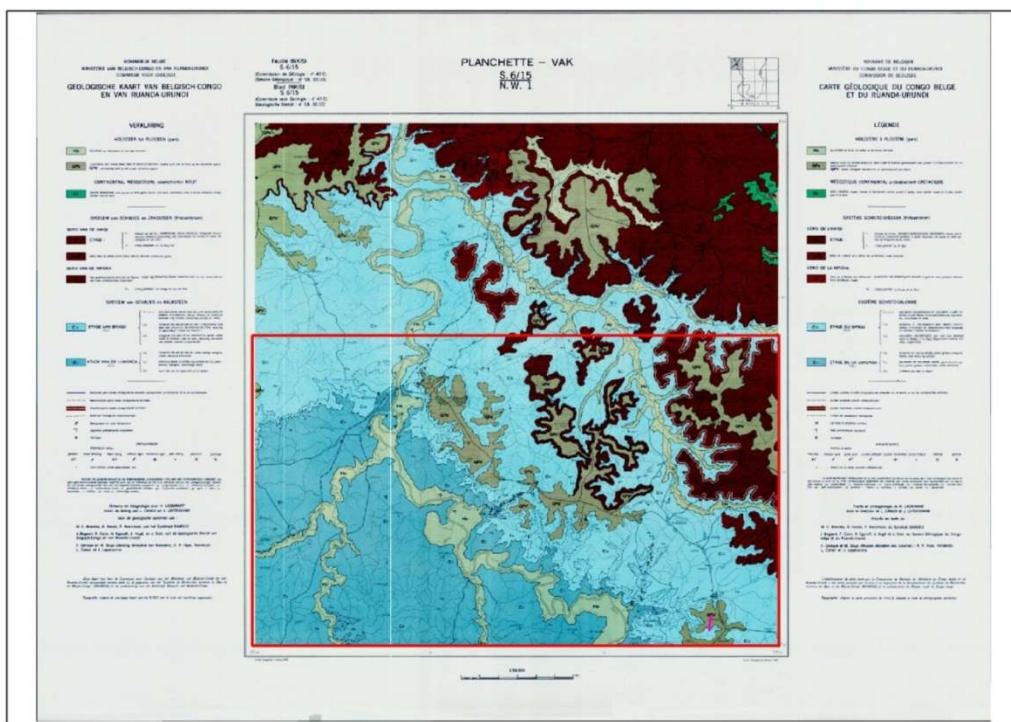
Cette formation généralement dure est responsable de chutes de faible importance que l'on trouve dans la plupart des affluents droits de l'Inkisi [5], [6].

La partie C5b est surmontée par des calcaires et calcaires argileux gris ou blanchâtres, cristallins, moyennement grenus, souvent dolomitiques et pyriteux ; minces lits de cherts [5], [6].

Quelques gros bancs de calcaires dolomitiques et dolomies cristallins, plus ou moins sombres et bitumeux, plus ou moins fétides. Vers le milieu calcaires et calcschistes écaillés (en partie construits) souvent onctueux [5], [6].

A plusieurs niveaux, on rencontre des calcaires gris clair, plus ou moins talqueux, à pseudo-oolithes claires.

Les calcaires argileux et calcaires dolomitiques gris clair, parfois verdâtres ou bleuâtres, souvent pyriteux, plus rarement noirs et fétides, calcschistes gris-noir cherts [5], [6].



**Fig. 2. La carte géologique de la zone d'étude, la zone d'étude est encadrée en rouge**

A la base, on rencontre fréquemment, en plus de travaux oolithiques, des conglomérats ou brèches calcaires : schistes et calcaires talqueux, à aspect broyé gris, verdâtres et rouges [5], [6].

L'épaisseur maximale est de 50 m. il semble que dans la région envisagée (le long de la rivière Inkisi). La formation C5a soit considérablement réduite ou prenne un faciès à dominante argileuse [5], [6].

Des stromalithes existent à différents niveaux du faisceau du Bangu. L'oolithe de Kisantu renferme des structures microscopiques conservées [7], à des algues schizophycées.

La surface supérieure du faisceau du Bangu porte des traces évidentes d'émersions et d'érosion karstiques. L'ensemble du faisceau paraît témoigner d'une sédimentation proche des côtes littorale et en milieu agité ou lagunaire. [7]

La limite entre les faisceaux du Bangu et de la Lukunga n'a plu, jusqu'à présent, être définie avec précision. Elle a été placée à la base de C5a en se basant sur les arguments suivants : apparition dans C5a des dolomies noires fétides caractéristiques du faisceau du Bangu, présence fréquente, à la base de brèches ou de poudingues calcaires parfois associés à des calcaires oolithiques. Le contact entre les deux faisceaux n'étant que très rarement observable, il n'est pas certain que la limite ainsi choisie correspond réellement à un changement important dans les conditions de sédimentation. Pour la même raison, le tracé de cette limite sur la carte est généralement imprécis [5], [6].

## 2.2 MATÉRIEL

Les images Landsat 8 (row 182, path 064 du 14 mai 2013) recouvrant cette zone serviront des données principales. La scène considérée centrée entre 13°30' et 15°30' de longitude Est et 4°46' et 6°46' de la latitude Sud, englobe une surface d'environ 49 800 Km<sup>2</sup> comprenant la région de KISANTU et de ses environs.

## 2.3 MÉTHODES

La méthodologie s'est essentiellement basée sur les rapports de bandes, les analyses en composantes principales ; les résultats issus de ces différents traitements ont été sujets à une classification non supervisée Isodata et des vectorisations pour produire des cartes monolithogiques.

## 3 RESULTATS ET DISCUSSION

### 3.1 TRAITEMENTS

- LA RECETTE 7/6

Nous appliquons ce rapport pour identifier les argiles (ou les matières contenant de l'argile). Les argiles présentent un aspect brillant dans cette recette (figure 3.a).

Nous ferons une classification non supervisée « Isodata » pour isoler les zones brillantes sur l'image.

- LA RECETTE 6/7

Cette recette permet de mettre en évidence les calcaires. Le module de traitement de l'image pour cette recette ne diffère pas de celui utilisé dans la précédente recette. Le calcaire est représenté par ce qui est brillant (figure 3.b)

Après avoir classifié, nous obtenons une différence chromatique entre les argiles d'une part et les calcaires de l'autre part des autres lithologies (figure 4a, 4b)

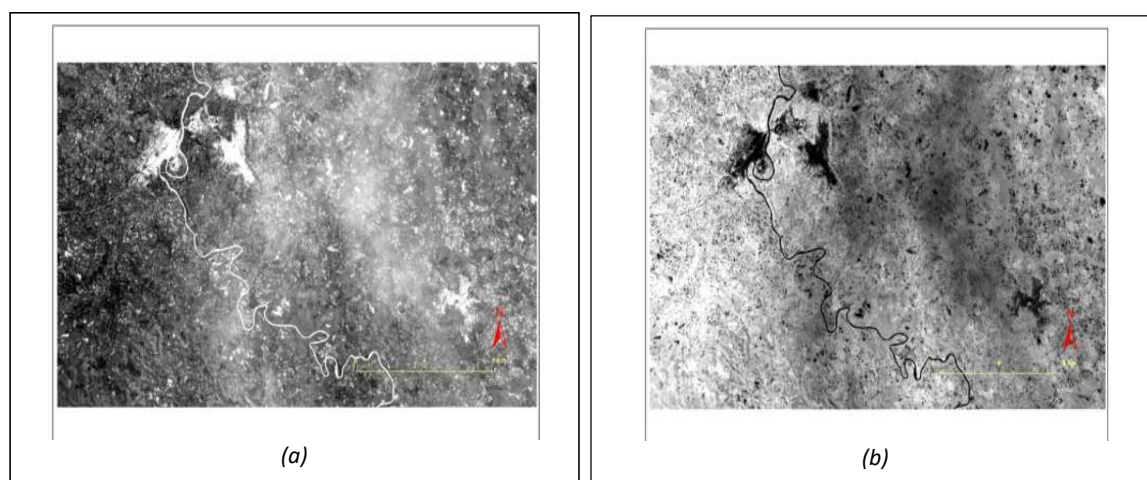


Fig. 3. Landsat 8 : (a) rapport de bandes (7/6) et (b) rapport de bandes (6/7)

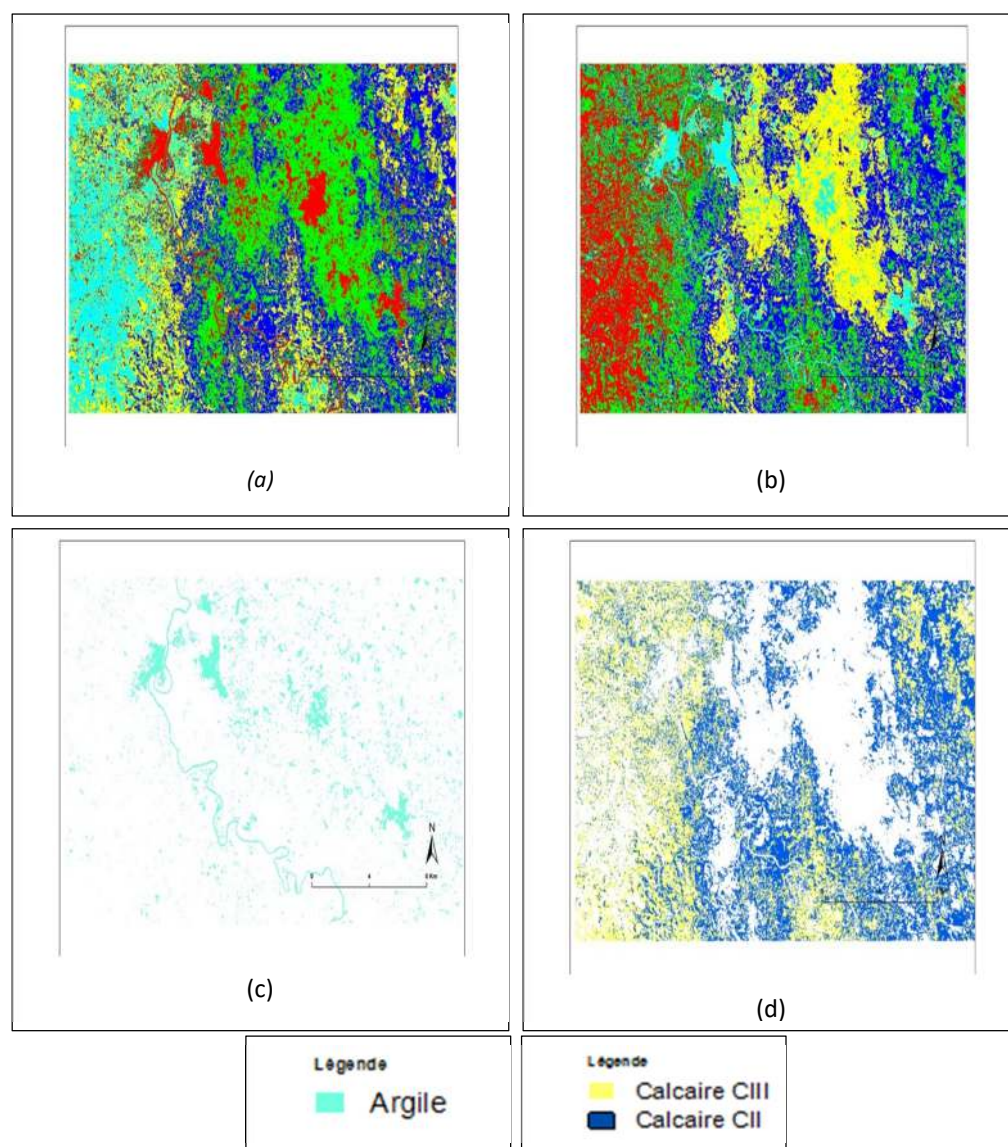
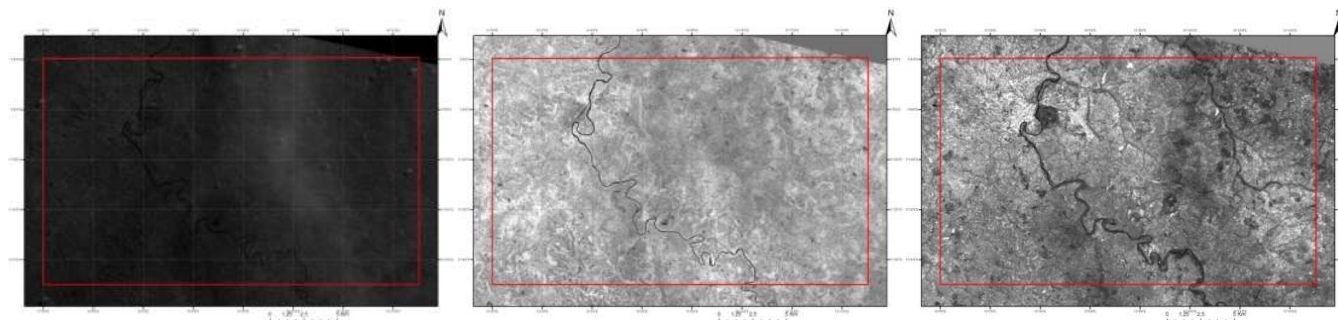


Fig. 4. (a) classification non-supervisée Isodata du rapport de bande 7/6, (b) classification non-supervisée Isodata du rapport de bande 6/7, (c) vectorisation de la lithologie « argile », (d) vectorisation de la lithologie « calcaire ».

- ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE

L'ACP est la compaction des données de différentes composantes en une seule, laquelle contient une gamme d'information intégrant une large proportion des données. L'ACP peut être utilisée pour identifier lesquelles de trois bandes contiendraient le plus d'informations réelles sur l'ensemble de toutes les bandes. En plus, à travers les ACPs, on peut savoir plus sur les caractéristiques des informations que rapportent les données Landsat.

Voici les trois premières composantes CP1, CP2, CP3 de gauche à droite.

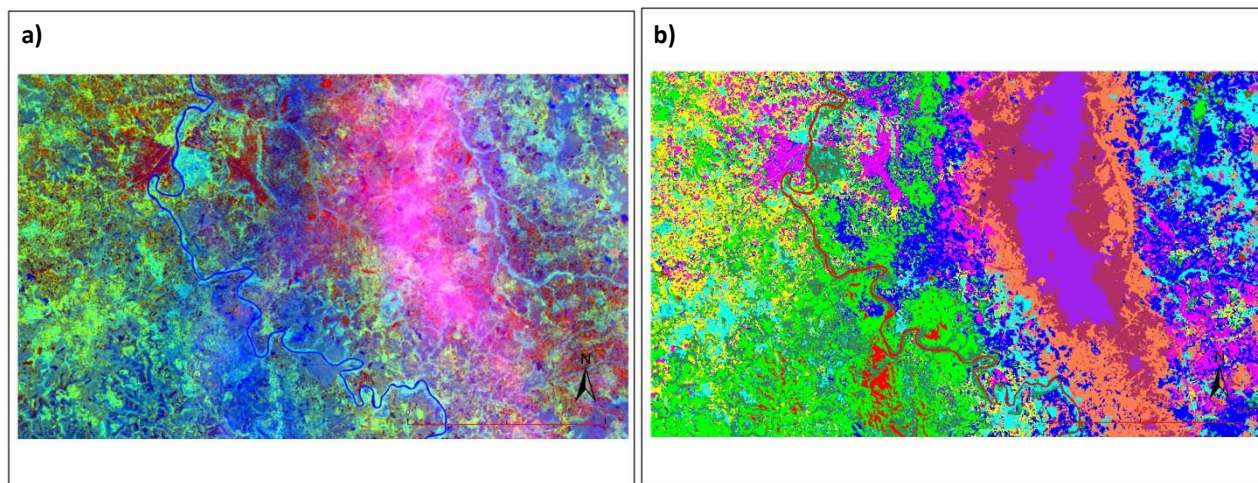


Composante 1 : 97.73 % ; Composante 2 : 1.36 % ; Composante 3 : 0.50 % ; Composantes 1+2 : 99.09 % ; Composantes 1+2+3 : 99.59 %

Toutes les sept bandes sont représentées à 99.59% par les trois premières composantes.

La recette CP1, CP2, CP3 en RVB (figure 5.a) est utilisée pour une discrimination lithologique.

Nous avons utilisé le module « Isodata » (figure 5.b) pour différencier chromatiquement une lithologie d'une autre.



**Fig. 5. (a) CP1CP2CP3-RGB, (b) classification non-supervisée Isodata de la composition colorée CP1CP2CP3.**

### 3.2 RESULTATS

Les différents traitements effectués sur les images originales ont abouti aux résultats suivants :

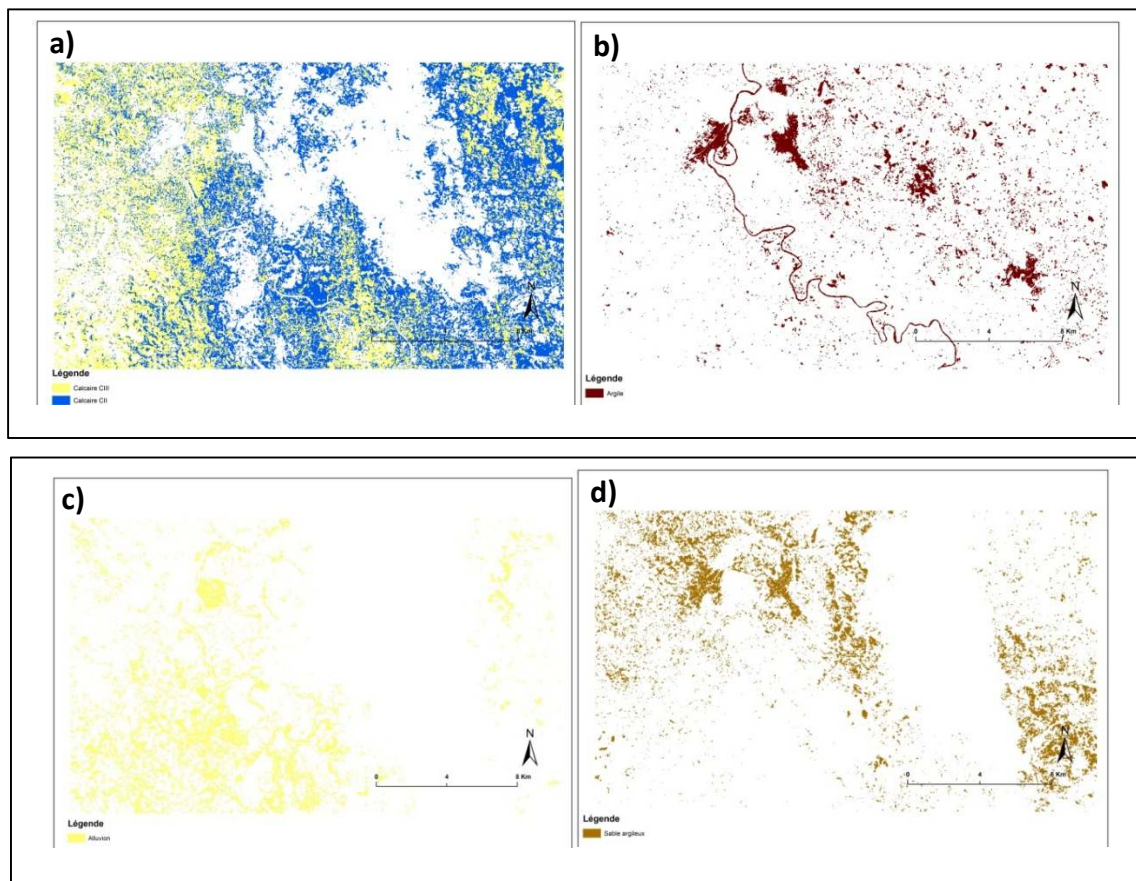


Fig. 6. Répartition des différentes lithologies (a) calcaire, (b) argiles(c) alluvion, (d) sable argileux.

Premièrement, Il sied de souligner que la télédétection n'identifie que les matières se retrouvant plus ou moins à la surface de la terre (et même si le spectre peut être modifié par une patine d'altération qui est chose fréquente pour les roches exposées aux agents atmosphériques, les formations géologiques demeurent toutefois identifiables). Elle ne peut pas par conséquent donner des informations sur des formations géologiques se retrouvant plus en profondeur.

Deuxièmement, les contours sont définis par la réflectance des roches, ce qui fait que l'on a souvent une forme de discontinuité ; cela diffère de la géologie traditionnelle où on extrapole parfois les informations sur la nature des roches comme sur leur contour géologique.

Troisièmement, les échantillons prélevés sur terrain n'ont pas fait l'objet d'une analyse microscopique, cela explique le conditionnel dans les paragraphes qui suivent. Néanmoins, une analyse macroscopique de la part d'un expert en exploration géologique combinée aux résultats des analyses de télédétection donne un caractère très vraisemblable aux écrits qui suivent.

Quatrièmement, la carte géologique existante date de 1959 tandis que l'image satellite est de 2013 ; 54 ans après, il est possible que l'altération ait fait un travail non négligeable et qu'il y ait un changement de suite sur la disposition de certains éléments lithologiques sur la zone d'étude.

Nous pouvons ainsi interpréter ces résultats de la suivante manière :

Notre zone d'étude semblerait être couverte en grande partie par le calcaire, ce calcaire serait d'une part diversifié du point de vue compositionnel et d'autre part sujet à une altération plus ou moins poussée dans certaines zones, ce qui explique la présence des argiles et/ou des sables argileux qui sont généralement les résultats d'une altération.

Sur la carte géologique existante, il s'agit de CII et de CIII (figure 7.a) comme type de calcaire dans cette zone. Le traitement que nous avons appliqué à l'image identifie rigoureusement ces deux calcaires et donne les limites lithologiques de chacun d'eux.

Outre les calcaires, les rivières qui serpentent de tout part notre zone d'étude jettent de part et d'autre de leurs cours des matériels sédimentaires appelés « alluvions » représentés par Ho (figure 7.c).

Outre cela, il y a le QPs et/ou le QPs' (figure 7.d) qui représente le sable argileux, produit de l'altération des formations calcaires sous-jacentes.

Nous présentons donc dans la figure 8, la carte géologique de la zone d'étude et dans la figure 9, la carte issue des différents traitements des images originales Landsat 8.



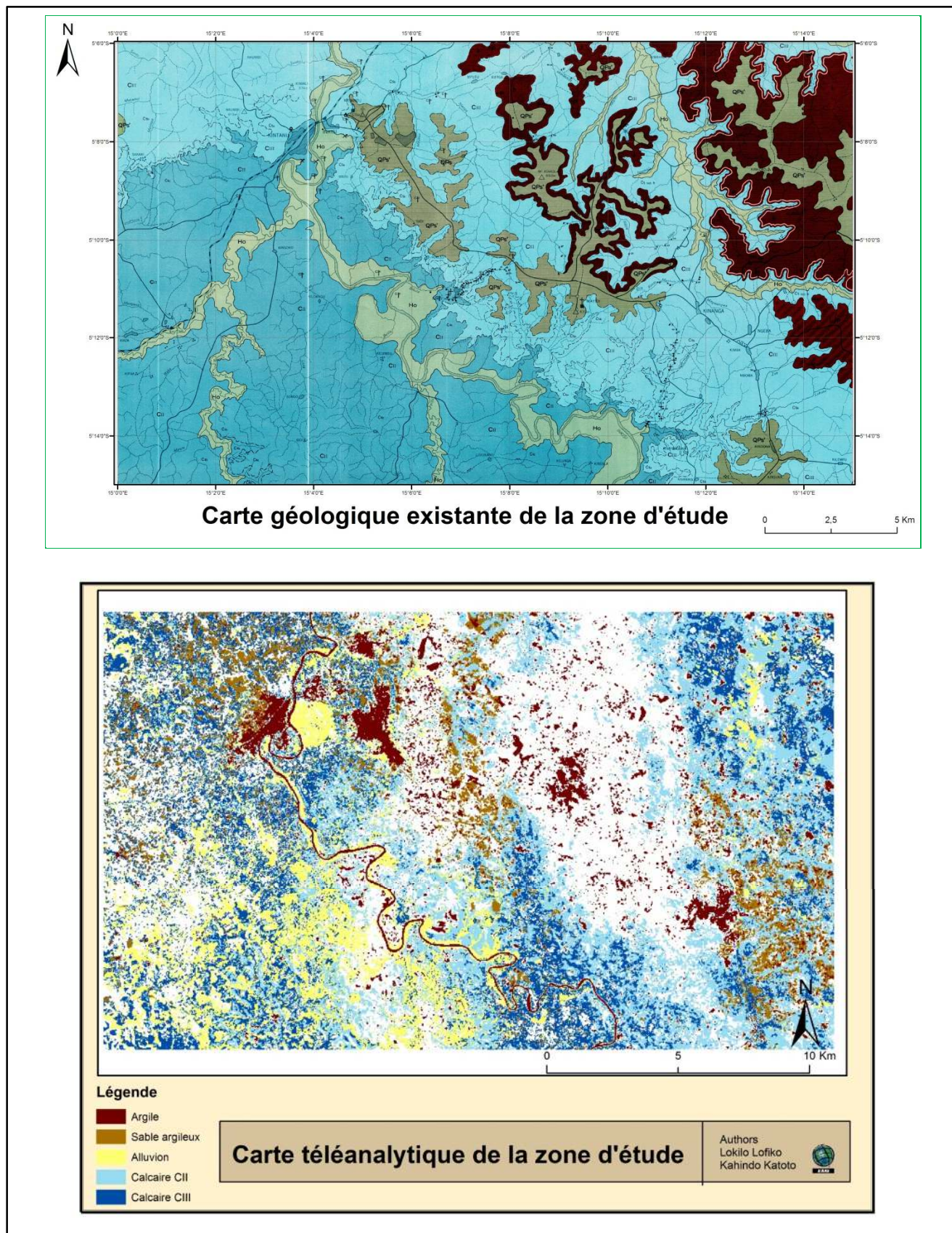


Fig. 7. (a) carte géologique de la zone d'étude (1959), (b) carte télanalytique de la zone d'étude

<p><b>Photo 2</b>                  Coordonnées géographiques                  Latitude : S 05°11'21,3"                  Longitude: E 15°06'52,8"                  Altitude : 532 m                  Éléments structuraux de la couche                  Direction: N 240°                  Pendage: 10 ° NW                  Description lithologique : Calcaire gris le long de la rivière MATENDI dans la localité de BOKO.</p>	<p><b>Photo 1</b>                  Coordonnées géographiques                  Latitude : S 05°9'54,1"                  Longitude: E 15°09'41,1"                  Altitude : 180 m                  Éléments structuraux de la couche                  Direction: N 110°                  Pendage: 10 ° WSW                  Description lithologique : Calcaire gris le long de la rivière MAYENGE dans la localité de ZUNZI.</p>
<p><b>Photo 3</b>                  Coordonnées géographiques                  Latitude : S 05°11'27,6"                  Longitude: E 15° 56' 50,6"                  Altitude : 550 m                  Description lithologique : Sol argileux de teinte brune dans la localité de BOKO.</p>	<p><b>Photo 4</b>                  Coordonnées géographiques                  Latitude : S 05°11'21,4"                  Longitude: E 15°06'45,1"                  Altitude : 530 m                  Éléments structuraux de la couche                  Direction: N 220°                  Pendage: 4 ° NW                  Description lithologique : Calcaire gris dans une carrière artisanale dans la localité de BOKO.</p>



**Fig. 8. Photographies de quelques points d'ancrage sur terrain**

#### 4 CONCLUSION

Seule une bonne et fiable cartographie peut attirer l'attention des décideurs dans n'importe quel domaine que ce soit. La géologie traditionnelle ne perd pas sa force mais se veut être combinée à des études de télédétection en vue de déboucher sur des résultats beaucoup plus complets.

L'image Landsat 8 choisie dans le cadre de ce travail a servi à identifier les roches et à améliorer plus ou moins les contours lithologiques de la carte géologique existante.

En effet, les différentes recettes de bandes suivies dans ce travail à savoir le rapport de bandes 7/6 pour le rehaussement des minéraux argileux, le rapport de bandes 6/7 pour le rehaussement des carbonates, l'analyse en composante principale pour ressortir les alluvions et sable argileux ont permis d'aboutir à la réalisation d'une carte lithologique améliorée de notre zone d'étude.

#### **REFERENCES**

- [1] L. Ahmed. Recherche par télédétection géologique des sites potentiels d'hydrocarbures dans l'Anti-Atlas Marocain, 1999
- [2] G. Delevoy. Le congo forestier in Encyclopédie du congo belge, t. II, Ed. Bielefeld, Bruxelles, 1951
- [3] J. Baeyens. Les sols de l'Afrique centrale, spécialement du congo belge, T.I. : le bas-congo. – I.N.E.A.C – vol, hors-série, 1938
- [4] J. BAEYENS. Notes sur la composition physico-chimique et le besoin en chaux des terres de Kisantu, Bull, agr. C.B., vol. XXV, 1934, pp 271-275.
- [5], [6] F. Delhay, M. sluys. Présentation d'une carte géologique originale du congo occidentale à l'échelle de 1 : 200 000, publiée sous le titre Esquisse géologique du congo occidental, Etude du système schisto-calcaire. Ann, soc. Geol. Belge, publ rel au congo belge, t. XLVIII, 1923-1924, pp. C 45-50
- [7] A.L. Hacquaert Ooliten Van Beneden. Natuurw. Tijdschr., Jg. 16, pp 2-5, blz. 37, 1934.
- [8] K. Zanter. Landsat 8:Data users handbook, 2015