

Caractérisation granulométrique de dépôts sableux des rivières de la région de Kinshasa

Jean-René B. KABAMBA¹, Charles K. MPIANA¹⁻², Valentin N. KANDA²⁻⁴, and Anselme B. MAVAMBOU³

¹Laboratoire de Sédimentologie et Géologie des terrains superficiels, Département des Géosciences, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

²Professeur à la Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

³Faculté de Pétrole & Gaz, Université de Kinshasa, RD Congo

⁴Centre de Recherches Géologiques et Minières (CRGM), 44 Av. de la Démocratie, Kinshasa, Gombe, 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: The Kinshasa region, drained by an important hydrographic network, contains stream beds made of sandpits for the supply of sand as building materials. This study has consisted of a granulometric characterization of these sandy materials. A single source of sediment is at the origin of these sandy deposits with medium sand as characteristic facies. With a moderately strong regular flow, a mesokurtic distribution of frequency curves, an asymmetry towards fine grains and a good to fairly good grading of grains, the sandy deposits of stream beds of Kinshasa have a fluvial character. The positive correlation observed between medium grain and the grading index certifies the gradual refinement and good ranking of grains observed in these sandy deposits. The dominant pink color of the sandy deposits of Kinshasa rivers indicates that these deposits are devoid of organic matter.

KEYWORDS: granulometry, sand, stream, Kinshasa.

RESUME: La région de Kinshasa drainée par un important réseau hydrographique, comporte des lits des rivières constitués en sablières pour l'approvisionnement en sables comme matériaux de construction. Cette étude a consisté en une caractérisation sur le plan granulométrique de ces matériaux sableux. Une seule source des sédiments est à l'origine de ces dépôts sableux avec un sable moyen comme faciès caractéristique. Avec un courant régulier modérément fort, une distribution mésokurtique de courbes de fréquence, une asymétrie vers les grains fins et un classement bon à assez bon des grains, les dépôts sableux de lits des rivières de Kinshasa accusent un caractère fluvial. La corrélation positive observée entre le grain moyen et l'indice de classement certifie l'affinement progressif et le bon classement des grains observés dans ces dépôts sableux. La couleur rose dominante des dépôts sableux de rivières de Kinshasa indique que ces dépôts sont dépourvus de matières organiques.

MOTS-CLEFS: granulométrie, sable, rivière, Kinshasa.

1 INTRODUCTION

Les caractéristiques des sols de la Ville-Province de Kinshasa sont fonction de la structure géomorphologique de l'endroit où l'on se trouve. Ainsi, elles sont différentes selon qu'on est sur le massif du Plateau de Bateke, sur les collines, dans les plaines ou dans les marécages. De manière générale, ces sols sont essentiellement sablonneux avec quelques éléments particuliers (Van Caillie, 1987).

La zone concernée par cette étude est la région de Kinshasa qui s'étend sur 9,965 Km², soit 0,42% de la superficie de la République Démocratique du Congo (Fig. 1). La région de Kinshasa est située à l'Ouest du pays entre 3,9 et 5,1 degrés de latitude Sud et entre 15,1 et 16,6 degrés de longitude Est (De Saint Moulin et Kalombo, 2005).

Cette zone est drainée par un important réseau hydrographique constitué par :

- le fleuve Congo qui s'étend sur plus de 20km de large au niveau du Pool Malebo, avant les rapides de Kinsuka à l'Ouest de la ville ;
- plusieurs rivières de vallées envasées, allogènes (N'djili, N'sele) ou non (Tshangu) et celles de vallées encaissées dites rivières locales (Lubudi, Funa, Bumbu, etc.). Ces rivières sont de gabarits différents mais de direction généralement Sud-Nord (Lelo, 2008 ; Ndembo, 2009 ; Kasongo et Yumba, 2009).

Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo n'est pas une ville à vocation minière mais elle regorge en son sein des matériaux de construction susceptibles de contribuer à son développement durable. Parmi ces matériaux nous retrouvons des roches (grès) et des minéraux industriels (sables et argiles) indispensables dans la construction, l'industrie du verre, la céramique, etc.

Les matériaux sableux de la Région de Kinshasa qui font l'objet de cette étude ont été prélevés dans les sablières dont la plupart se trouvent localisées dans les lits des rivières.

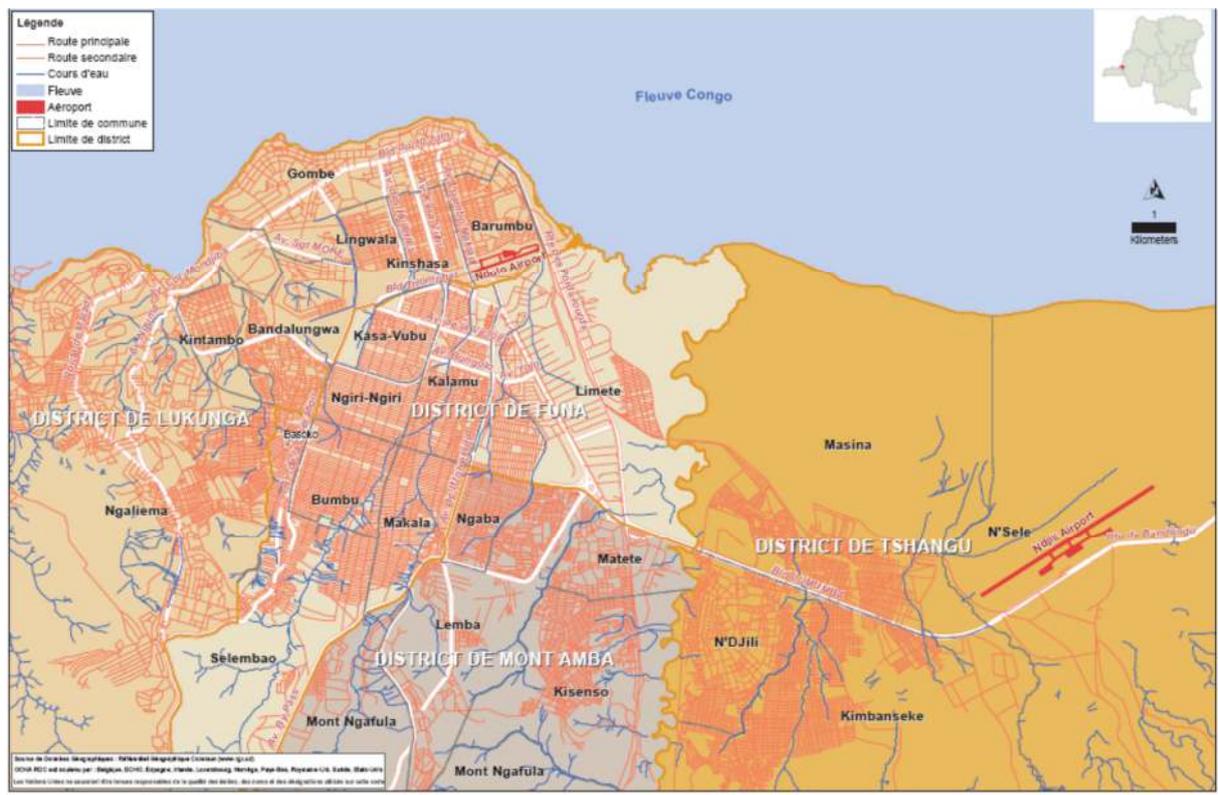


Fig. 1. Carte de la ville de Kinshasa

2 MATERIELS, METHODES ET MATERIAUX

2.1 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Pour l'effectivité de cette recherche, nous avons défini les étapes ci-après :

- la collecte des données bibliographiques auprès des Services et Institutions locales ou étrangères [Centre des Recherches Géologiques et Minières (CRGM), Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC), Université de Liège (ULG)];
- la campagne de terrain : observations macroscopiques, observations géoenvironnementales et échantillonnage ;

- les analyses en laboratoire : analyse granulométrique avec le logiciel « Easy Sieve » et la détermination de la teinte de sédiments sableux par le « Munsell Soil Color Charts » ;
- le traitement des données avec les logiciels : Gradistat, Sine qua non, Excel et Word ;
- l'interprétation des résultats.

L'infrastructure technique utilisée est le laboratoire de sédimentologie et géologie de terrains superficiels (Département des Géosciences/Université de Kinshasa).

Les principaux matériels et documents utilisés pour l'exécution des travaux de terrain et de laboratoire sont notamment :

- un GPS de marque Garmin « GPS MAP 62s » ;
- des pelles manuelles;
- une boussole et un marteau de géologue ;
- un tube PVC de 6 cm de diamètre ;
- un appareil photo numérique ;
- des sachets en plastique ;
- un double décimètre ;
- des réactifs dont l'acide chlorhydrique (HCl) dilué à 10% ;
- une carte géologique et une carte topographique de Kinshasa;
- une loupe monoculaire;
- une colonne de tamis et une tamiseuse « RETSCH AS 200 » couplée à l'ordinateur ;
- une étuve « MEMMERT » ;
- une centrifugeuse « EPPENDORF CENTRIFUGE 5810 » ;
- une ultrasonic cleaning « BRANSON 3510 »;
- une balance « OHAUS PIONEER™ & OHAUS RANGER™ »;
- une plaque chauffante « stuart digital hot plate SD 300 »;
- quelques réactifs chimiques et autres accessoires.

Deux techniques ont été mises en œuvre, à savoir le tamisage et la sédimentométrie. L'une ou l'autre de ces techniques est précédée d'une étape importante qui est la préparation de l'échantillon. Celle-ci a été réalisée suivant le protocole décrit ci-dessous :

- Peser 20-70gr de l'échantillon à analyser sur une balance ;
- Verser 200ml de HCl (1,5 N) dans le bécher contenant l'échantillon pour éliminer les carbonates qui peuvent s'y trouver et attendre jusqu'à ce que la solution se décante et devienne claire (24 heures maximum) puis renverser le liquide surnageant en prenant le soin de ne perdre aucun grain;
- Ajouter 10ml de H₂O₂ (30%) pour éliminer la matière organique, couvrir le bécher puis chauffer la solution à 60°C pendant 1heure ;
- Porter à ébullition jusqu'à l'échappement complet du H₂O₂ ;
- Après échappement du H₂O₂, diluer avec de l'eau déminéralisée et attendre jusqu'à ce que la solution se décante et devienne claire (24 heures maximum) puis renverser le liquide surnageant ;
- Ajouter 2 à 3 cuillerées ou 150ml d'acide oxalique (5%) + 1 barre d'aluminium pour réduire le Fer s'il y en a et porter le tout à ébullition pendant 20 minutes ;
- Placer la solution dans la centrifugeuse en veillant à ce que les flacons placés face à face aient un même poids (centrifuger au moins 2 fois);
- Renverser le liquide surnageant et récupérer le dépôt, le laver et le placer à nouveau dans un bécher ;
- Sécher au four à 60°C et peser l'échantillon pour avoir le G₀ (poids initial). Si l'on sèche à plus de 60°C, il sera difficile voire impossible de disperser les argiles par la suite ;
- Ajouter 20ml de peptisant pour disperser les minéraux argileux, et diluer jusqu'à 100ml puis porter à ébullition pendant une heure et placer la solution dans un « ultrasonic cleaning » pour disperser davantage les minéraux argileux qui peuvent encore être collés (pendant au moins 2 minutes);
- Tamiser la solution avec un tamis de 32µm. Les grains retenus sont lavés puis placés à nouveau dans l' « ultrasonic cleaning » pour éliminer les minéraux argileux qui peuvent encore être présents. La solution doit devenir claire, preuve qu'il n'y a plus d'argiles (si possible faire plusieurs fois jusqu'à ce que la solution devienne claire);
- Recueillir les grains retenus et les placer dans un bécher préalablement pesé et séché au four. On obtient ainsi le poids des grains >32µm, qui serviront à l'analyse par tamisage ;
- Placer la solution restante (contenant des grains<32µm) dans une colonne et la diluer jusqu'à 1000ml. Elle sera utilisée dans l'analyse par sédimentation. La solution doit rester en suspension stable pendant au moins 3 heures.

L'analyse par tamisage s'effectue à l'aide d'une tamiseuse couplée à un ordinateur qui traite automatiquement les données grâce au logiciel « Easy Sieve ».

L'analyse par sédimentation se fait en phase humide, il s'agit donc d'une décantation basée sur la pesanteur (Loi de Stokes).

2.2 MATÉRIAUX

Sur le terrain, les matériaux sableux étudiés ont été prélevés dans différents lits des rivières (Fig. 2 et Tab.1) et une étude macroscopique sommaire ainsi qu'une détermination des teintes selon le code utilisé dans le « Munsell Soil Color Charts » ont été réalisées. Les teintes furent déterminées à l'état frais et à l'état sec après 72 heures de séchage à l'air libre.

Les échantillons étudiés ont été prélevés dans les sites suivants : rivière Makelele, rivière Funa, Kinsuka, rivière N'djili et rivière N'sele.

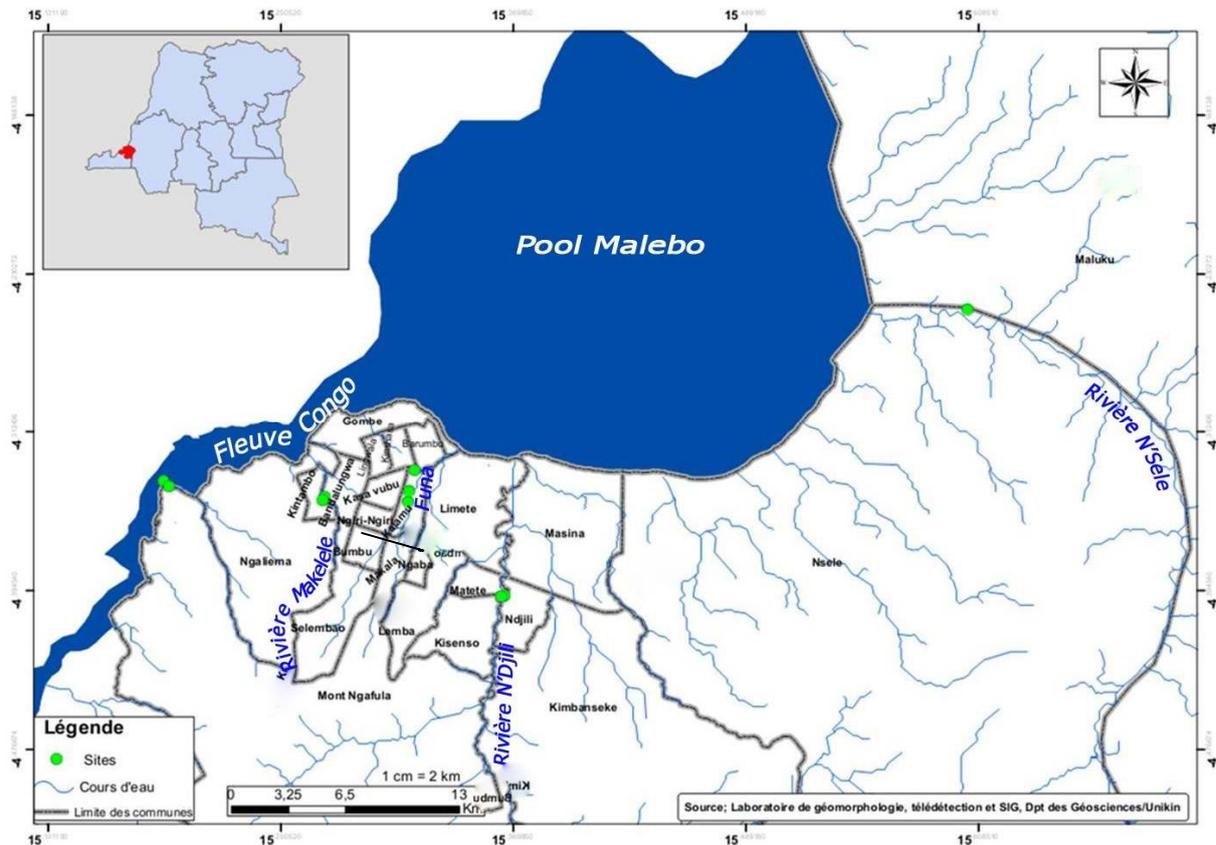


Fig. 2. Les principaux cours d'eau de la ville de Kinshasa et sites d'échantillonnage

SITE DE LA RIVIÈRE MAKELELE

Sous le pont Lunda Bululu, le prélèvement des échantillons s'est fait par décapage du lit de la rivière à l'aide d'une pelle. La profondeur de l'eau et celle de l'échantillonnage sont jaugées à l'aide d'un tube PVC gradué. La profondeur de l'eau est de ± 30 cm et celle de l'échantillonnage de ± 50 cm (Fig. 3).



Fig. 3. La rivière Makelele : (a)prélèvement de l'échantillon MK02 et (b) jaugeage de la profondeur de l'eau

SITE DE LA RIVIÈRE FUNA

La récolte des échantillons s'est faite par décapage du lit de la rivière à l'aide d'une pelle. Le prélèvement s'est effectué tout au long de la rivière entre les avenues Bongolo et Bokasa (Fig. 4). L'échantillon MB01 est prélevé à 15m en amont de l'avenue Bongolo à ± 41 cm de profondeur, et MB04 à 10m en amont de l'avenue Bokasa à ± 55 cm de profondeur.



Fig. 4. La rivière Funu : (a)dépôt des sables sur les berges de la rivière Funu et (b) jonction de la rivière Funu et l'avenue Bokasa

SITE KINSUKA

Le site d'échantillonnage est le lit majeur du fleuve Congo avec un point sur l'île Kiyudi à Kinsuka. L'échantillonnage a consisté au prélèvement des sables transportés par le fleuve Congo et déposés sur les berges. Le site fait l'objet d'une exploitation artisanale de sables. L'échantillon KINS01 est prélevé dans le lit majeur du fleuve (Fig. 5a) et KINS03 sur l'île Kiyudi (Fig. 5b).



Fig. 5. Points d'échantillonnage du site Kinsuka (a : lieu de prélèvement de l'échantillon KINS01 ; b : lieu de prélèvement de l'échantillon KINS03)

SITE DE LA RIVIÈRE N'DJILI

Le prélèvement des échantillons s'est opéré par décapage du fond du lit de la rivière à l'aide d'un seau (Fig. 6). La profondeur de l'eau et celle de l'échantillonnage sont jaugées à l'aide d'un tube PVC gradué. Les exploitants artisanaux plongent au fond de la rivière et utilisent un seau pour racler le fond du lit. Les échantillons ND01 et ND02 ont été prélevés aux profondeurs respectives de 1,6 m et 1,8 m.



Fig. 6. La rivière N'djili : (a) en route vers le lieu d'échantillonnage et (b) entreposage des échantillons dans la pirogue après échantillonnage

SITE DE LA RIVIÈRE N'SELE

A 200 m en amont du pont sur la Nationale n°1 (Kinshasa-Bandundu), le prélèvement des échantillons s'est fait par décapage du fond du lit de la rivière à l'aide d'un seau. Les exploitants artisanaux plongent au fond de la rivière et utilisent un seau pour racler le fond du lit afin de puiser les sables qu'ils ramènent à la surface. L'échantillon NSE01a été pris à 0,8 m de profondeur (Fig. 7).



Fig. 7. La rivière N'sele : (a) prélèvement des sables et (b) lieu d'entreposage des sables après prélèvement

Tableau 1. Sites d'échantillonnage

Sites	Code échantillons	Teinte (Code Munsell) à l'état respectivement frais et sec	Coordonnées Géographiques
RIVIERE MAKELELE	MK01	marron vif (7.5YR 5/8) - rose (7.5YR 7/3)	Long. : E 15° 16' 22,564" Lat. : S 4° 20' 15,873" Alt. : 277 m
	MK02	Jaune rougeâtre (7.5YR 6/6) - rose (7.5YR 7/3)	Long. : E 15° 16' 17,003" Lat. : S 4° 20' 21,434" Alt. : 277 m
	MK03	marron clair (7.5YR 6/4) - rose (7.5YR 7/3)	Long. : E 15° 16' 15,149" Lat. : S 4° 20' 26,994" Alt. : 278 m
	MK04	Jaune rougeâtre (7.5YR 6/6) - rose (7.5YR 7/4)	Long. : E 15° 16' 15,149" Lat. : S 4° 20' 32,555" Alt. : 278 m
	MK05	marron vif (7.5YR 5/6) - rose (7.5YR 7/4)	Long. : E 15° 16' 17,003" Lat. : S 4° 20' 39,969" Alt. : 278 m
RIVIERE FUNA/BONGOLO	MB02	marron jaunâtre clair (10YR 6/4) - marron pâle (10YR 6/3)	Long. : E 15° 19' 0,115" Lat. : S 4° 20' 36,262" Alt. : 290 m
	MB03	marron pâle (10YR 6/3) - gris marron clair (10YR 6/2)	Long. : E 15° 19' 13,09" Lat. : S 4° 20' 26,994" Alt. : 289 m
	MB04	marron pâle (10YR 6/3) - gris clair (10YR 7/2)	Long. : E 15° 19' 20,504" Lat. : S 4° 20' 2,898" Alt. : 289 m
CARRIERE KINSUKA	KINS01	marron clair (7.5YR 6/4) - rose (7.5YR 7/3)	Long. : E 15° 12' 6,774" Lat. : S 4° 20' 32,555" Alt. : 257 m
	KINS02	marron clair (7.5YR 6/4) - rose (7.5YR 7/3)	Long. : E 15° 11' 59,36" Lat. : S 4° 20' 28,848" Alt. : 257 m
	KINS03	rose (7.5YR 8/3) - rose (7.5YR 7/3)	Long. : E 15° 12' 12,335" Lat. : S 4° 19' 55,484" Alt. : 258 m
RIVIERE N'DJILI	ND01	rose (7.5YR 8/3) - rose (7.5YR 7/3)	Long. : E 15° 21' 52,495" Lat. : S 4° 23' 37,909" Alt. : 283 m

	ND02	rose (7.5YR 7/4) - rose (7.5YR 7/4)	Long. : E 15° 21' 50,641" Lat. : S 4° 23' 28,642" Alt. : 283 m
RIVIERE N'SELE	NSE01	rose (7.5YR 8/3) - blanc rosâtre (7.5YR 8/2)	Long. : E 15° 33' 33,135" Lat. : S 4° 15' 4,477" Alt. : 283 m

3 RESULTATS

3.1 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les résultats présentés ici se rapportent aux échantillons KINS01, MB01, MK01, ND01 et NSE01 (Fig. 8, 9, 10, 11 et 12 & Tab. 4, 5, 6, 7 et 8) qui ont été choisis en raison de la représentativité de chacun par rapport à son site.

Les coordonnées en abscisse des histogrammes de fréquence pour le tamisage et la sédimentométrie sont données en nombres représentant respectivement les ouvertures des tamis (Tab. 2) et les tailles de particules en rapport avec le niveau de prélèvement sur la colonne sédimentométrique (Tab.3).

Tableau 2. Les coordonnées en abscisse des histogrammes de fréquence pour le tamisage

N° Tamis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ouverture maille (µm)	2000	1000	710	500	355	250	180	125	90	63	45	32

Tableau 3. Les coordonnées en abscisse des histogrammes de fréquence pour la sédimentométrie

N° Tamis	1	2	3	4	5	6
Ouverture maille (µm)	32	25	20	10	5	2

ECHANTILLON KINS01 (FIG. 8 ET TAB. 4) :

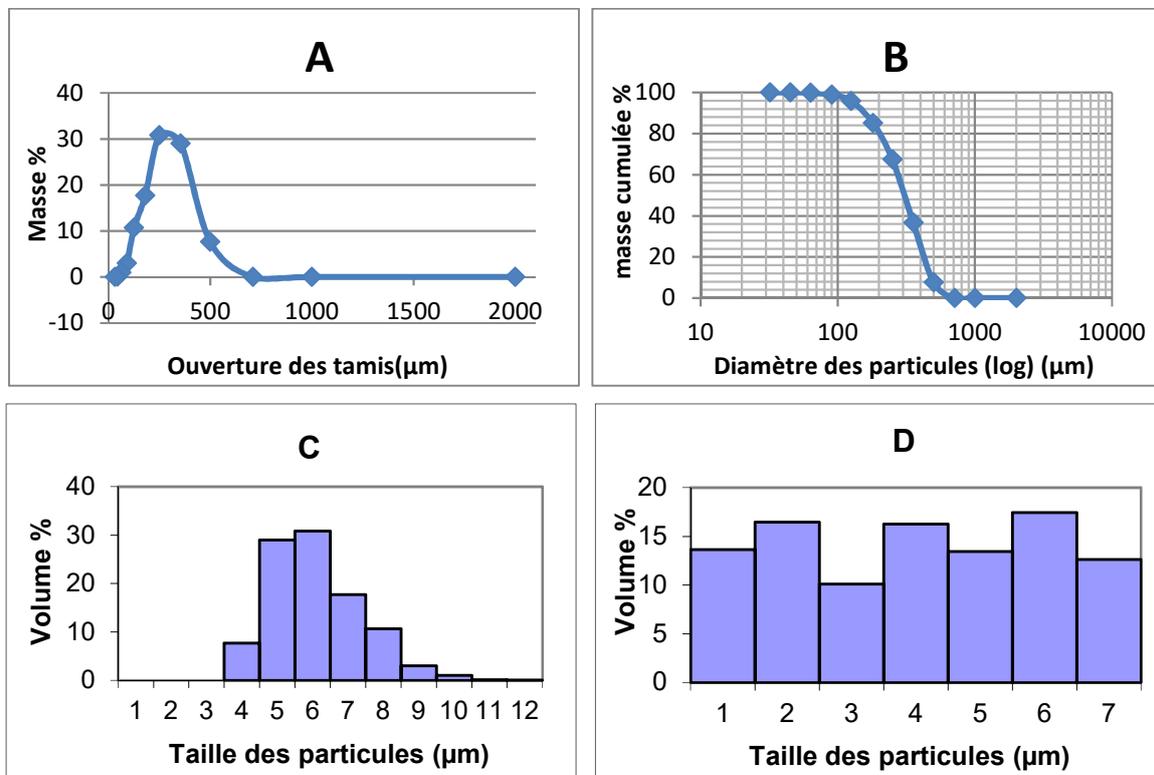


Fig. 8. Courbe des fréquences (A), courbe des fréquences cumulées (B) et histogramme de l'analyse par tamisage (C); histogramme de l'analyse par sédimentométrie (D) de l'échantillon KINS01

Tableau 4. Paramètres granulométriques de l'échantillon KINS01 (a : paramètres généraux et b : paramètres calculés par les méthodes des Moments et de Folk & Ward)

Paramètres (a)	μm	ϕ
Mode :	302,5	1,747
D ₁₀ :	152,7	1,040
Médiane ou D ₅₀ :	305,0	1,713
D ₉₀ :	486,3	2,712
(D ₉₀ / D ₁₀):	3,186	2,607
(D ₉₀ - D ₁₀):	333,7	1,672
(D ₇₅ / D ₂₅):	1,874	1,699
(D ₇₅ - D ₂₅):	190,0	0,906

Paramètres (b)	METHODE DES MOMENTS			METHODE DE FOLK & WARD	
	Arithmétique (μm)	Géométrique (μm)	Logarithmique (ϕ)	Géométrique (μm)	Logarithmique (ϕ)
Moyenne (\bar{x})	321,9	290,0	1,786	294,0	1,766
Classement (σ)	129,0	1,558	0,640	1,567	0,648
Asymétrie (Sk)	0,404	-0,622	0,622	-0,144	0,144
Angulosité (K)	2,688	3,206	3,206	0,965	0,965

ECHANTILLON MB01 (FIG. 9 ET TAB. 5) :

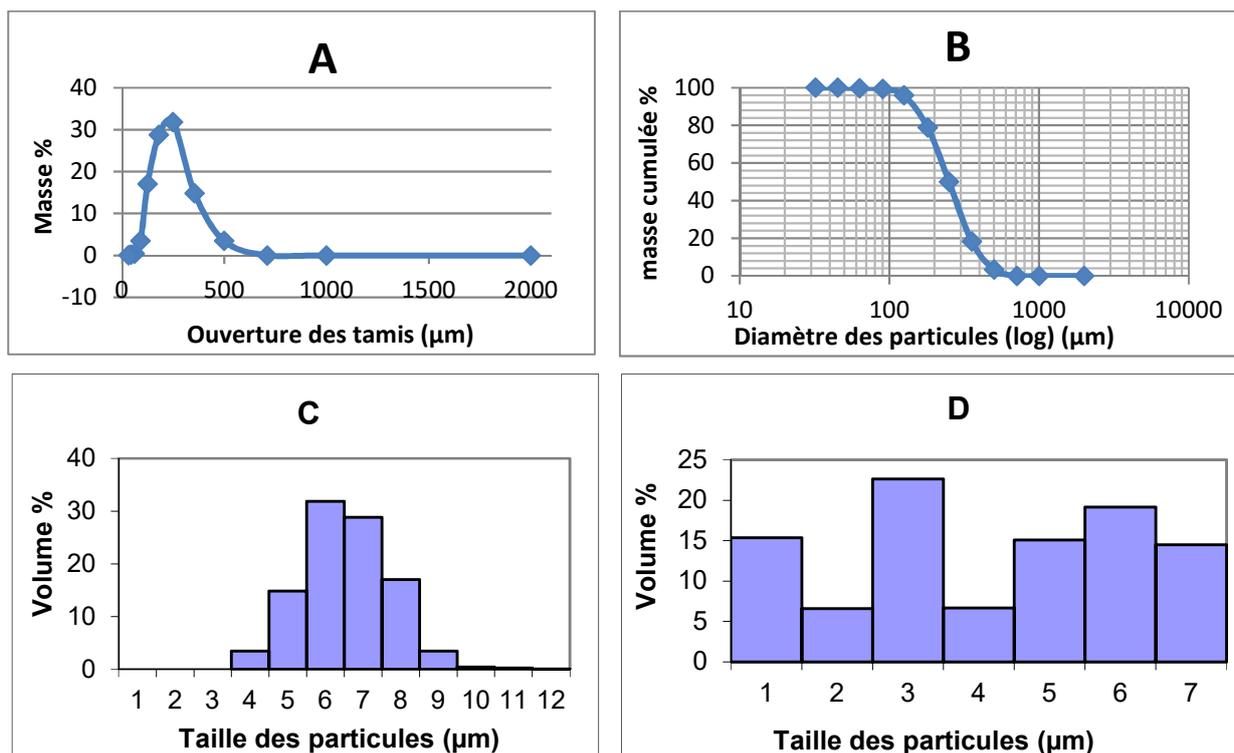


Fig. 9. Courbe des fréquences (A), courbe des fréquences cumulées (B) et histogramme de l'analyse par tamisage (C) ; histogramme de l'analyse par sédimentométrie (D) de l'échantillon MB01

Tableau 5. Paramètres granulométriques de l'échantillon MB01 (a : paramètres généraux et b : paramètres calculés par les méthodes des Moments et de Folk & Ward)

Paramètres (a)	μm	ϕ
Mode :	302,5	1,747
D ₁₀ :	141,9	1,219
Médiane ou D ₅₀ :	250,2	1,999
D ₉₀ :	429,7	2,817
(D ₉₀ / D ₁₀):	3,028	2,312
(D ₉₀ - D ₁₀):	287,8	1,598
(D ₇₅ / D ₂₅):	1,752	1,505
(D ₇₅ - D ₂₅):	141,4	0,809

Paramètres (b)	METHODE DES MOMENTS			METHODE DE FOLK & WARD	
	Arithmétique (μm)	Géométrique (μm)	Logarithmique (ϕ)	Géométrique (μm)	Logarithmique (ϕ)
Moyenne (\bar{x})	272,5	247,7	2,013	247,1	2,017
Classement (σ)	110,7	1,501	0,586	1,510	0,594
Asymétrie (Sk)	0,935	-0,173	0,173	-0,029	0,029
Angulosité (K)	3,874	3,060	3,060	0,973	0,973

ECHANTILLON MK01 (FIG. 10 ET TAB. 6) :

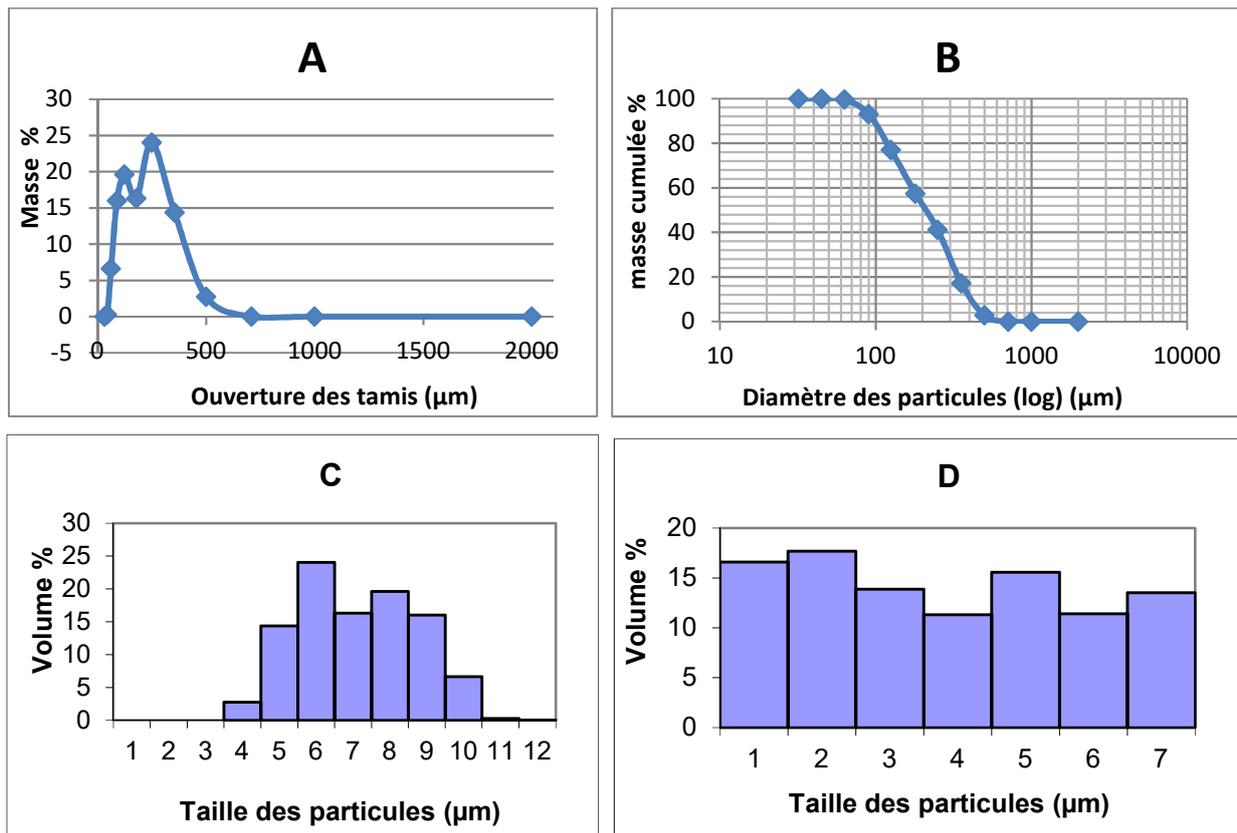


Fig. 10. Courbe des fréquences (A), courbe des fréquences cumulées (B) et histogramme de l'analyse par tamisage (C) ; histogramme de l'analyse par sédimentométrie (D) de l'échantillon MK01

Tableau 6. Paramètres granulométriques de l'échantillon MK01 (a : paramètres généraux et b : paramètres calculés par les méthodes des Moments et de Folk & Ward)

Paramètres (a)	μm	ϕ
Mode 1:	302,5	1,747
Mode 2:	152,5	2,737
D ₁₀ :	95,83	1,249
Médiane ou D ₅₀ :	209,1	2,258
D ₉₀ :	420,7	3,383
(D ₉₀ / D ₁₀):	4,390	2,709
(D ₉₀ - D ₁₀):	324,9	2,134
(D ₇₅ / D ₂₅):	2,437	1,774
(D ₇₅ - D ₂₅):	186,6	1,285

Paramètres (b)	METHODE DES MOMENTS			METHODE DE FOLK & WARD	
	Arithmétique (μm)	Géométrique (μm)	Logarithmique (ϕ)	Géométrique (μm)	Logarithmique (ϕ)
Moyenne (\bar{x})	238,1	203,1	2,300	202,2	2,306
Classement (σ)	126,3	1,730	0,791	1,770	0,824
Asymétrie (Sk)	0,803	-0,113	0,113	-0,078	0,078
Angulosité (K)	3,122	2,087	2,087	0,812	0,812

ECHANTILLON ND01 (FIG. 11 ET TAB. 7) :

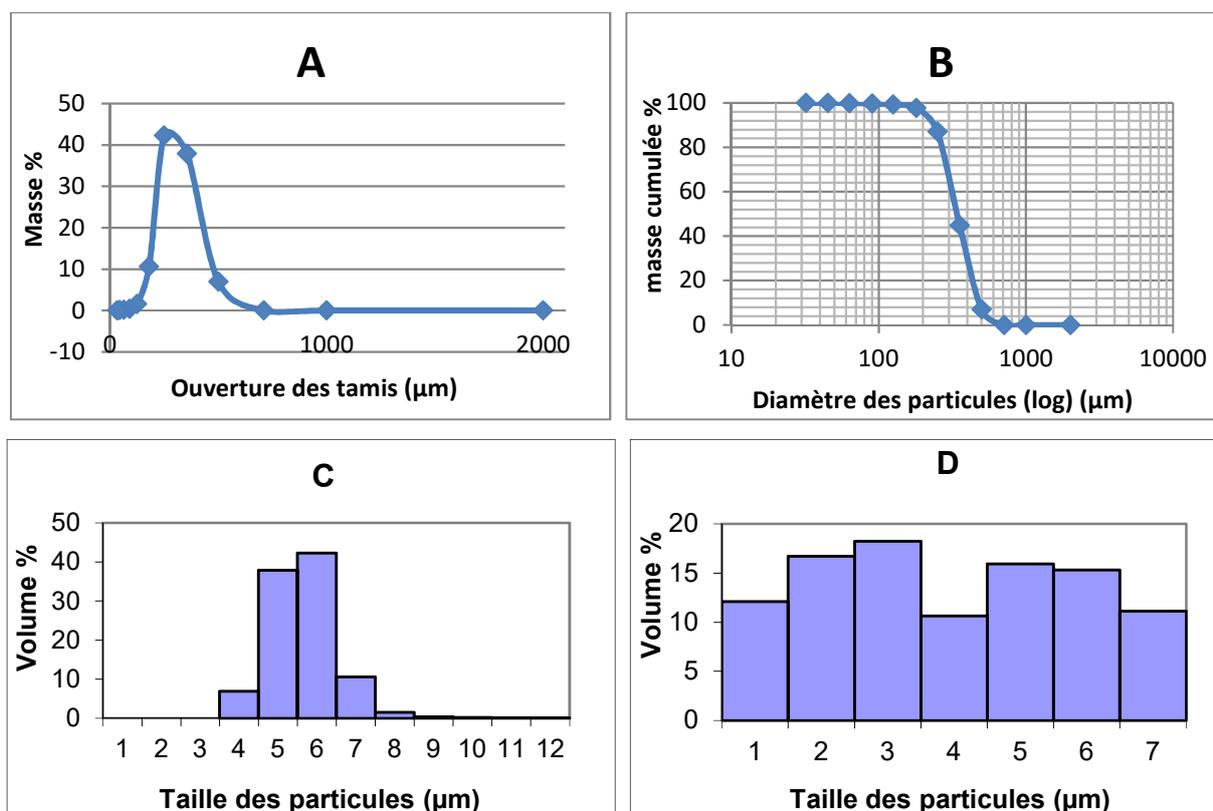


Fig. 11. Courbe des fréquences (A), courbe des fréquences cumulées (B) et histogramme de l'analyse par tamisage (C); histogramme de l'analyse par sédimentométrie (D) de l'échantillon ND01

Tableau 7. Paramètres granulométriques de l'échantillon ND01 (a : paramètres généraux et b : paramètres calculés par les méthodes des Moments et de Folk & Ward)

Paramètres (a)	μm	ϕ
Mode :	302,5	1,747
D ₁₀ :	228,7	1,040
Médiane ou D ₅₀ :	340,1	1,556
D ₉₀ :	486,4	2,128
(D ₉₀ / D ₁₀):	2,127	2,047
(D ₉₀ - D ₁₀):	257,7	1,089
(D ₇₅ / D ₂₅):	1,536	1,502
(D ₇₅ - D ₂₅):	148,3	0,620

Paramètres (b)	METHODE DES MOMENTS			METHODE DE FOLK & WARD	
	Arithmétique (μm)	Géométrique (μm)	Logarithmique (ϕ)	Géométrique (μm)	Logarithmique (ϕ)
Moyenne (\bar{x})	357,8	337,2	1,568	342,6	1,546
Classement (σ)	103,5	1,360	0,444	1,354	0,437
Asymétrie (Sk)	0,476	-0,804	0,804	-0,014	0,014
Angulosité (K)	3,331	5,876	5,876	0,988	0,988

ECHANTILLON NSE01 (FIG. 12 ET TAB. 8) :

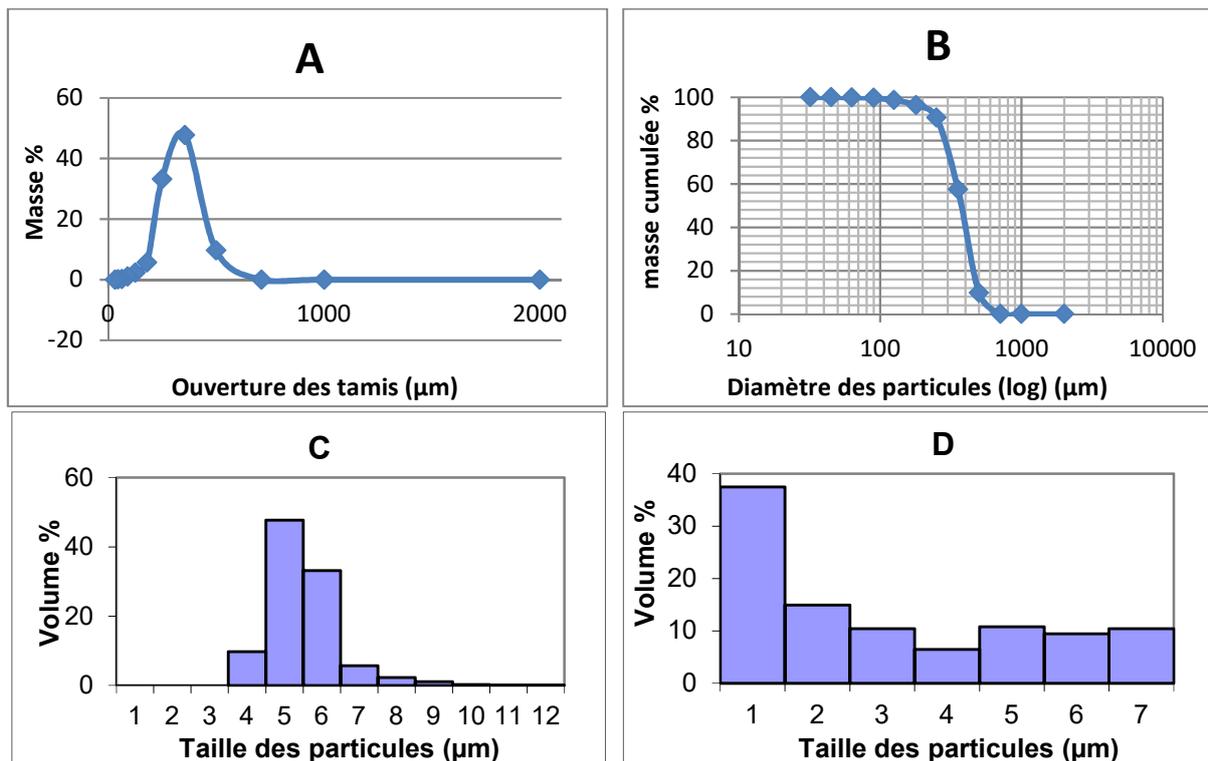


Fig. 12. Courbe des fréquences (A), courbe des fréquences cumulées (B) et histogramme de l'analyse par tamisage (C) ; histogramme de l'analyse par sédimentométrie (D) de l'échantillon NSE01

Tableau 8. Paramètres granulométriques de l'échantillon NSE01 (a : paramètres généraux et b : paramètres calculés par les méthodes des Moments et de Folk & Ward)

Paramètres (a)	μm	ϕ
Mode :	427,5	1,247
D ₁₀ :	251,7	1,003
Médiane ou D ₅₀ :	374,5	1,417
D ₉₀ :	499,0	1,990
(D ₉₀ / D ₁₀):	1,983	1,985
(D ₉₀ - D ₁₀):	247,3	0,988
(D ₇₅ / D ₂₅):	1,519	1,521
(D ₇₅ - D ₂₅):	153,2	0,603

Paramètres (b)	METHODE DES MOMENTS			METHODE DE FOLK & WARD	
	Arithmétique (μm)	Géométrique (μm)	Logarithmique (ϕ)	Géométrique (μm)	Logarithmique (ϕ)
Moyenne (\bar{x})	380,4	357,5	1,484	363,4	1,460
Classement (σ)	108,7	1,385	0,470	1,368	0,452
Asymétrie (Sk)	0,124	-1,259	1,259	-0,166	0,166
Angulosité (K)	3,251	6,485	6,485	1,093	1,093

Pour ces dépôts sableux, les courbes de fréquences et les paramètres granulométriques ont révélé les caractéristiques suivantes :

- Les courbes de fréquence (KINS01, MB01, ND01 et NSE01) (Fig. 8, 9, 10, 11, 12) sont unimodales et (MK01) (Fig. 8) bimodale.
- Le grain moyen (\bar{x}): les sables moyens sont le faciès le plus représenté.
- L'indice de classement suggère un classement bon et assez bon de grains.
- Le coefficient d'asymétrie : les courbes de fréquence sont, dans l'ensemble, symétriques à asymétriques vers les grains fins.
- L'angulosité de courbes de fréquence révèle une distribution mésokurtique, ce qui revient à dire que l'extrémité et la partie centrale de la courbe de fréquence ont le même classement.

3.2 ANALYSE CORRÉLATIVE DE PARAMÈTRES GRANULOMÉTRIQUES

En vue de confirmer la tendance générale dégagée par les paramètres granulométriques essentiels, il nous a paru utile d'effectuer une analyse corrélative de ces paramètres.

L'analyse corrélative de paramètres granulométriques nous révèle ce qui suit (Fig. 13) :

- les corrélations de la moyenne (\bar{x}) et de l'indice de classement (σ) ($r = 0,627034$), de la médiane (Md) et de l'indice de classement (σ) ($r = 0,559278$) et, de la médiane (Md) et de la moyenne (\bar{x}) ($r = 0,994365$) sont positives (Fig. 13a, b et c) ;
- la corrélation de la moyenne (\bar{x}) et du coefficient d'asymétrie (Sk) ($r = -0,915534$) est négative (Fig. 13d) ;
- la corrélation du coefficient d'asymétrie (Sk) et de l'indice de classement (σ) ($r = -0,363896$) est insignifiante (Fig. 13e).

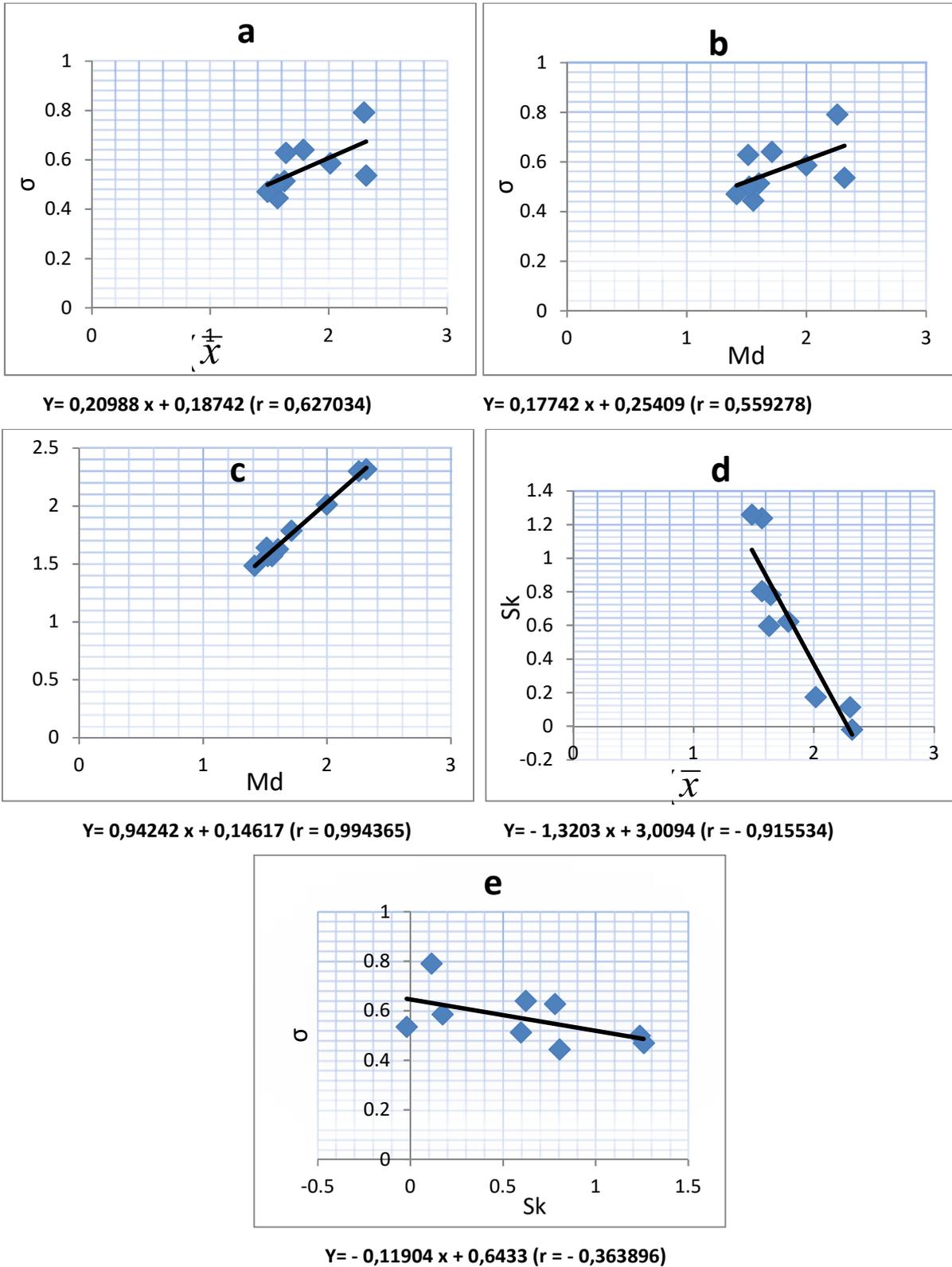


Fig. 13. Droites de corrélations (a : moyenne-indice de classement, b : médiane-indice de classement, c : médiane-moyenne, d : moyenne-coefficient d'asymétrie, e : coefficient d'asymétrie-indice de classement)

4 DISCUSSION

4.1 COLORATION DES DÉPÔTS SABLEUX DE KINSHASA

La couleur des roches sédimentaires peut avoir des origines diverses, complexes et être dans certains cas secondaires. Cependant, elle est souvent primaire et reflète des aspects importants de l'environnement de dépôts (conditions d'oxydo-réduction, taux de déposition de la matière organique, etc.) (Assale et al., 2012).

Le spectre de couleur gris-olive au noir est fonction de la teneur en matière organique total avec des couleurs plus foncées pour les teneurs plus élevées en carbone. La teneur en carbone organique est contrôlée par le taux d'accumulation de matière organique, le taux d'accumulation des sédiments, le taux de décomposition de la matière organique et le niveau d'oxygène. Les couleurs gris à noir sont associées à des fortes teneurs en carbone organique et des eaux de fonds dysaérobiques à anaérobiques (Devleeschouwer, 2009 ; Assale et al., 2012).

Sur base de la coloration à l'état sec, les dépôts sableux des lits des rivières de la région de Kinshasa se présentent comme suit : la couleur rose est dominante, donc ces dépôts sont dépourvus des matières organiques ; les colorations gris clair, marron pâle et gris marron clair relevées dans le lit de la rivière Bongolo indiquent la présence de la matière organique dans ces sédiments. Cette exception est due à sa proximité aux habitations, à sa petite taille et au fait qu'elle soit une décharge publique des riverains.

4.2 MOYENNE ET MÉDIANE

La moyenne et la médiane constituent les valeurs centrales d'une distribution statistique donnée (Kabamba, 2010). L'évolution spatiale de la taille de grains met en évidence un tri granulométrique. Ainsi, l'affinement du grain moyen ou du grain médian évoque un tri granulométrique dans la même direction et le même sens (Censier et Olivry, 1993 ; Saidi et al., 2004). Le grain moyen ou le grain médian renseigne également sur l'éloignement entre la source et le site de dépôt du sédiment, qui se traduit par une diminution de grain moyen ou grain médian avec la distance. De manière générale, le grain moyen exprime la force du courant à l'origine du transport des particules ; donc, on peut aussi dire que la diminution du grain médian marque un gradient énergétique décroissant dû à la diminution de la compétence de l'agent de transport (Moguedet, 1977 ; Losson et Corbonnois, 2006 ; Hichour et Essamoud, 2011 ; Boulvain, 2013).

Dans l'ensemble, les dépôts sableux de lits des rivières de Kinshasa et ses environs sont représentés par les sables moyens.

4.3 INDICE DE CLASSEMENT

La dispersion des valeurs de la distribution autour de la tendance centrale traduit le bon ou le mauvais classement des sédiments (Barusseau, 1984 ; Boulvain, 2013).

Un bon classement des sédiments suppose que le niveau énergétique de l'agent de transport est régulier ou constant au cours du transport des sédiments, donc un mauvais classement ferait penser à un niveau énergétique irrégulier et variable (Chamley, 2000 ; Losson et Corbonnois, 2006 ; Etche et al., 2010).

Les conditions de dépôt peuvent aussi influencer sur le classement des sédiments ; ainsi, dans un dépôt fluviatile, un dépôt de crue brusque infligerait un mauvais triage aux sédiments, et un dépôt de crue graduelle infligerait un bon triage.

Selon la loi de Sternberg (1875) in Censier (1996), les éléments transportés par un cours d'eau sont progressivement de plus en plus fins et tendent à être de mieux en mieux classés. Cette loi n'est respectée que s'il existe une seule zone-source de sédiments.

Dans les lits des rivières de la région de Kinshasa, les valeurs d'indice de classement dénotent de manière générale une régularité du courant, ceci est attesté par leurs courbes de fréquence unimodales et le bon classement de grains.

4.4 COEFFICIENT D'ASYMÉTRIE

Ce coefficient traduit le meilleur classement du côté de particules grossières (asymétrie négative) ou le meilleur classement du côté de particules fines (asymétrie positive) (Vatan, 1967).

L'asymétrie reflète davantage le milieu de dépôt que les conditions de transport. Ainsi, certains dépôts fluviatiles présentent une forte asymétrie positive, déterminée par un enrichissement en particules fines décantées à la fin d'une crue (Tissières, 1990 ; Chamley, 2000 ; Losson et Corbonnois, 2006).

Pour Arnaud – Fassetta (1998) in Losson et Corbonnois (2006), le coefficient d'asymétrie traduit le fonctionnement du milieu de sédimentation et la dynamique de fin d'accumulation.

Un sédiment est rarement asymétrique au cours de son dépôt. C'est un remaniement le privant d'une taille donnée qui entraîne son asymétrie (Vatan, 1967).

Dans les lits des rivières de la région de Kinshasa, les sédiments sont symétriques à asymétriques vers les grains fins, ce qui indique qu'il s'agit des dépôts récents ayant connu un léger remaniement et confirme leur caractère fluviatile.

4.5 ANGULOSITÉ

Ce coefficient évoque la relation entre le classement de la partie centrale de la courbe de fréquence et celui de ses extrémités. Un mélange en proportions égales, de deux populations, va engendrer une distribution platykurtique ; tandis qu'un mélange où prédomine l'une de deux populations va engendrer une distribution leptokurtique (Vatan, 1967 ; Chamley, 2000).

En parlant de mélange de populations, on sous-entend deux ou plusieurs pics sur la courbe de fréquence (Fall, 1986 ; Chamley, 2000). Donc, les courbes bimodales ont une distribution platykurtique; tandis que les courbes unimodales ont une distribution mésokurtique ou leptokurtique. En général, le mélange des sédiments apporte un mauvais classement au dépôt (Censier et al., 1993). Les courbes plurimodales qui en découlent, témoignent d'une hétérogénéité et d'un mélange de stocks sédimentaires (Chennaoui, 2004). Aussi, les courbes bimodales ont des extrémités mieux classées que la partie centrale ; et les courbes unimodales ont la partie centrale mieux classée que les extrémités.

Dans les lits des rivières de la région de Kinshasa, les courbes ont dans l'ensemble une distribution mésokurtique, ce qui témoigne de l'existence d'un seul stock sédimentaire à l'origine de ces dépôts (courbe unimodale) et aussi d'un classement en général assez bon à bon.

4.6 CORRÉLATION ENTRE LES PARAMÈTRES GRANULOMÉTRIQUES

La tendance générale dégagée par les paramètres granulométriques est confirmée par leur corrélation de plus en plus positive. C'est le cas de la moyenne et de la médiane (Fig. 13b), mais c'est aussi le cas de la moyenne et de l'indice de classement (Fig. 13a), ce dernier n'étant que la confirmation de la loi de Sternberg (Censier, 1996) qui stipule que les éléments transportés par un cours d'eau sont progressivement de plus en plus fins et tendent à être de mieux en mieux classés. Cette loi n'est respectée que s'il existe une seule zone-source de sédiments bien entendu.

Cependant une corrélation négative entre la moyenne et le coefficient d'asymétrie (Fig. 13d) est expliquée par le fait qu'un sédiment est rarement asymétrique au cours de son dépôt, c'est un remaniement ultérieur le privant d'une taille donnée qui entraîne son asymétrie. Ce remaniement peut être occasionné par un courant divergeant. Ce fait est relevé dans certaines rivières de Kinshasa qui fournissent de courbes asymétriques vers les grains fins au lieu de rester symétriques, donc le milieu de dépôt est perturbé au lieu d'être calme.

5 CONCLUSION

Tout au long de cette étude, nous avons essayé de caractériser sur le plan granulométrique les matériaux sableux exploités dans les lits des rivières de la ville de Kinshasa et ses environs immédiats en vue de leur valorisation optimale.

Pour l'essentiel, il y a lieu de noter que les dépôts sableux de lits des rivières de Kinshasa dénotent dans l'ensemble l'existence d'une seule source des sédiments à l'origine de ces dépôts et que le faciès caractéristique est représenté par le sable moyen.

Ces dépôts, de toute évidence récents, ont été mis en place par un courant régulier modérément fort et qui confère à ces dépôts le caractère fluviatile. Ce caractère fluviatile est attesté par une distribution mésokurtique de courbes de fréquence, une asymétrie vers les grains fins et un classement bon à assez bon des grains.

L'affinement progressif et le bon classement des grains sont vérifiés par la corrélation positive observée entre le grain moyen et l'indice de classement.

Dans l'ensemble, les dépôts sableux de rivières de Kinshasa ont une couleur rose dominante, donc ces dépôts sont dépourvus de matières organiques, à l'exception de ceux qui traversent les habitations, comme la rivière Bongolo.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les autorités du Département des Géosciences (Faculté des Sciences/Université de Kinshasa) pour avoir accepté la mise en œuvre de cette étude par l'utilisation du laboratoire de Sédimentologie et Géologie des terrains superficiels.

REFERENCES

- [1] ASSALE P., MONDE S. et AKA K. (2012), Caractérisation lithostratigraphique et pétro-sédimentologique des formations tertiaire-quaternaires de la Région de Bingerville (Côte d'Ivoire), Afrique SCIENCE, Université de Cocody, UER Sciences de la Terre et des Ressources Minières, Laboratoire de Géologie Marine et de Sédimentologie (GEOMARS), Abidjan, Côte d'Ivoire, pp.93-112.
- [2] BARUSSEAU J.P. (1984), Analyse sédimentologique des fonds marins de la « petite côte » (Sénégal), Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Dakar, Sénégal, pp.65-83.
- [3] BOULVAIN F. (2013), Une introduction aux processus sédimentaires (Pétrologie sédimentaire), Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université de Liège, Belgique, 137 P., cours inédits/ (15/09/2013).
- [4] CENSIER C. (1996), Caractérisation de processus d'érosion régressive par analyse sédimentologique comparée des sables du chenal et des barres du cours inférieur de l'Oubangui (République Centrafricaine, Congo, Zaïre), IAHS Publ. N°238, ORSTOM, République Centrafricaine, pp.289-303.
- [5] CENSIER C. et OLIVRY J.C. (1993), Distribution de la granulométrie et de la minéralogie de la charge de fond sableuse du Bassin de l'Oubangui (République centrafricaine, République du Congo, Zaïre) : Implications sur l'origine et la dynamique sédimentaire des alluvions de l'Oubangui, CNRS-INSU-ORSTOM, Colloque Grands Bassins Fluviaux Péri atlantiques (Congo, Niger, Amazone), Paris, pp.159-169.
- [6] CENSIER C., POYAUD B., LARAQUE A. et MAZIE ZOULA B. (1993), Analyse sédimentologique de la charge de fond sableuse de la likouala aux Herbes (République du Congo) : mise en évidence d'une dérive occidentale du cours inférieur de la Sangha, CNRS-INSU-ORSTOM, Colloque Grands Bassins Fluviaux Péri atlantiques (Congo, Niger, Amazone), Paris, pp.45-48.
- [7] CHAMLEY H. (2000), Bases de sédimentologie, Sciences Sup, cours de 2^e cycle/ Master, Ed. Dunod, Paris, 178 P.
- [8] CHENNAOUI K. (2004), Reconstitution des paléoenvironnements et paléoclimats préhistoriques à travers l'étude sédimentologique, complétée par une approche pluridisciplinaire : Exemple des sites paléolithiques de Soyons (Ardèche, France) et des sites néolithiques du littoral atlantique marocain (région d'Essaouira et de Rabat), Thèse en Géologie du Quaternaire (Sédimentologie), Faculté des Sciences de Meknes, Université Moulay Ismail, 154 P.
- [9] DE SAINT MOULIN L. et KALOMBO T. (2005), Atlas de l'organisation administrative de la République Démocratique du Congo, Centre d'Etudes Pour l'Action Sociale (CEPAS), Kinshasa, 234 P.
- [10] DEVLEESCHOUWER X. (2009), Cours de Sédimentologie (GEOL-F-204), Université Libre de Bruxelles/Université d'Europe, Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Belgique, 73 P.
- [11] ETCHE A., MONDE S., YAO N. et AKA K. (2010), Analyse sédimentologique et diffractométrique des sédiments superficiels de la lagune Digboué de San Pedro (Côte d'Ivoire), European Journal of Scientific Research, ISSN 1450-216X, Volume 44, N°4, pp. 527-540. <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm> (consulté en février 2013).
- [12] FALL M. (1986), Environnements sédimentaires quaternaires et actuels des tourbières des Niayes de la grande Côte du Sénégal, Thèse en Sédimentologie, Faculté des Sciences, Université de Dakar, 136 P.
- [13] HICHOUR S. et ESSAMOUD R. (2011), Distribution des sédiments en milieu côtier de la région de Casablanca-Dar Bou Azza (Maroc), Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime, Edition 2, Tanger, Maroc, pp.185-188/ <http://www.paralia.fr> (consulté en février 2013).
- [14] KABAMBA BALUDIKAY (2010), Les techniques d'analyses granulométriques, Rapport de stage, K.U. Leuven, Belgique, 29 P.
- [15] KASONGO L. et YUMBA K. (2009), Rapport d'étude sur l'agriculture périurbaine (maraichage) de Kinshasa, Action contre la faim (ACF Internationale), Kinshasa, RDC, 79 P.
- [16] LELO NZUNZI (2008), Kinshasa : Ville & Environnement, Edition L'Harmattan, Paris, 284P.
- [17] LOSSON B. et CORBONNOIS J. (2006), Les modes de sédimentation détritique (nouvelle méthode de détermination appliquée à des remplissages endokarstiques), Geologica Belgica, Centre d'Etudes Géographiques de l'Université de Metz, Ile du Sauley, France, pp.257-265.
- [18] MOGUEDET G. (1977), Etude sédimentologique du plateau continental de la Guyane française, Revue des travaux de l'Institut de Pêches Maritimes, Laboratoire de Géologie Marine, Nantes, pp.389-402.
- [19] NDEMBO LONGO JEAN (2009), Apport des outils hydrogéochimiques et isotopiques à la gestion de l'aquifère du Mont Amba, Thèse, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, RDC, 203 P.

- [20] SAIDI H., BRAHIM M. et GUEDDARI M. (2004), Caractérisation granulométrique et minéralogique des sédiments de surface de la frange littorale Sidi Bou Saïd - la Goulette, Volume 31, Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la mer de Salambô, Tunisie, pp.97-106.
- [21] TISSIERES P. (1990), Etude sédimentologique et géotechnique des dépôts deltaïques de Grandes-près-Marnand, Thèse, Département de Génie civil, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 259 P.
- [22] VAN CAILLIE X. (1987), Notice de présentation de la carte géomorphologique et géotechnique de Kinshasa au 1/20000, Bureau d'Etudes d'Aménagements Urbains (BEAU), Kinshasa, RDC, 17 P.
- [23] VATAN A. (1967), Manuel de sédimentologie, Edition Technip, Paris, 373 P.