

Histoire sédimentaire de la formation de couverture dans les plateaux Batéké (République du Congo) à partir de la morphoscopie et l'exoscopie des grains de quartz: Implications paléoclimatiques

[Sedimentary history of the cover formation in the Batéké plateaus (Republic of Congo) based on morphoscopy and exoscopy of quartz grains: Paleoclimatic implications]

Otongo Judicaël¹⁻²⁻³, Gatsé Ebotehouna Chesther¹, and Elenga Hilaire³

¹Laboratoire des Géosciences, Département de la Formation Doctorale, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Republic of the Congo

²Parcours des Sciences Naturelles, Ecole Normale Supérieure, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, Republic of the Congo

³Centre de Recherches Géologiques et Minières, Brazzaville, Republic of the Congo

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to determine the paleoenvironments and paleoclimates of the cover formation in the Batéké plateaus. The methodology adopted consists of carrying out the morphoscopic and exoscopic study of the quartz grains of the sands of this formation. After washing the samples, drying and dry sieving on a column of 6 sieves, the grains were selected for observations. The morphoscopic study reveals the presence of clean matte round quartz grains and shiny blunt grains. These results show that these sands have undergone double transport, aeolian and aqueous. The exoscopic study shows the existence of traces of mechanical and chemical actions on the surface of the two types of quartz grains. Mechanical traces of aeolian and fluvial types including certain aeolian traces have been polished in the fluvial environment. The superposition of these microstructures makes it possible to paleoenvironments and reconstruct to deduce paleoclimates. These sands experienced two phases of sedimentary deposition and two phases of immobilization in pedological environments. The first phase of deposition is aeolian, then immobilization in the soil environment undersaturated with silica marked by the dissolution figures. The second phase of deposition is the resumption of aeolian deposition in a low-energy fluvial environment, then the environment evolved into a podzolic soil environment supersaturated in silica. This study shows that the arid period of the Holocene, around 3,000 BP, to which the age of this formation is attributed, experienced variations, the climate experienced a humid phase marked by the fluvial evolution of the sediments.

KEYWORDS: Grain surface, microstructures, paleoenvironments, paleoclimates, Batéké plateaus.

RESUME: Cette étude a pour but de déterminer les paléoenvironnements et les paléoclimats de la formation de couverture dans les plateaux Batéké. La méthodologie adoptée consiste à mener l'étude morphoscopique et exoscopique des grains de quartz des sables de cette formation. Après divers traitements, les grains ont été observés à la loupe binoculaire pour l'étude morphoscopique, parmi lesquels, les grains ronds mats propres et émoussés luisants ont été sélectionnés pour l'exoscopie. L'étude morphoscopique révèle la présence des grains de quartz ronds mats propres et des grains émoussés luisants. Ces résultats montrent que ces sables ont subi un double transport, éolien et aqueux. L'étude exoscopique montre l'existence des traces d'actions mécaniques et chimiques sur la surface des deux types de grains de quartz. Les traces mécaniques de types éoliens et fluviaux dont certaines traces éoliennes ont été polies dans le milieu fluvial. La superposition de ces microstructures permet de reconstituer les paléoenvironnements et en déduire les paléoclimats. Ces sables ont connu deux

phases de dépôt sédimentaire et deux phases d'immobilisation dans les milieux pédologiques. La première phase de dépôt est éolienne, puis immobilisation dans le milieu pédologique sous-saturé en silice marqué par les figures de dissolution. La deuxième phase de dépôt est la reprise dépôt éolien dans un milieu fluviatile à faible énergie, puis l'environnement a évolué en un milieu pédologique podzolique sursaturé en silice. Cette étude montre que la période aride de l'holocène, vers 3.000 BP, dont est attribué l'âge de cette formation, a connu des variations, le climat a connu une phase humide marquée l'évolution fluviatile des sédiments.

MOTS-CLEFS: Surface des grains, microstructures, paléoenvironnements, paléoclimats, plateaux Batéké.

1 INTRODUCTION

Les plateaux Batéké constituent un ensemble géomorphologique, situés au centre de la République du Congo, au Nord de Brazzaville. Au niveau de ces plateaux, on trouve des sables ocres, anciennement appelés Ba2, et actuellement formation de couverture [1]. Cette formation surmonte la plupart des formations géologiques d'âges différents au Congo, est présente à l'échelle sous régionale, et couvre une bonne partie de l'Afrique équatoriale atlantique, Gabon, Cameroun, République Centrafricaine, République Démocratique du Congo et la République du Congo [2], [3]. Les questions de l'environnement de dépôt et de l'âge de cette formation sont discutées. Au Congo et dans les plateaux Batéké, plusieurs études ont réalisé sur le cadre environnemental de cette formation. Certaines études, très anciennes, telles que, [4], [5], [6], accordent une origine éolienne, rien que par similitude des formations géologiques de part et d'autre du fleuve Congo en adoptant les conclusions des auteurs belges en République Démocratique du Congo, qui assimilent la formation de couverture au Kalahari de l'Afrique Australe ([4], [5]). L'auteur [7] est en faveur d'un double façonnement de ses sables, par le vent puis par l'eau. Les études récentes, [1], [8], [9], [10] sont pour une origine éolienne à l'exception de [11] qui ont en déterminé une origine fluviatile. De ces travaux antérieurs et de ce qui est des plateaux Batéké, seul [7] a réalisé l'étude morphoscopique et aucune étude exoscopique a été faite. L'âge holocène, ca 3000 BP, de la formation de couverture a été déterminé au Gabon par [12]. Cet âge correspond à la crise climatique qui ait connue le Bassin du Congo [13], période marquée par un climat aride. La stabilité du climat à l'holocène supérieur a été mise en cause par rapport à un nombre croissant d'archives marines, terrestres et glaciaires qui témoignent des changements brusques du climat [14]. Dans le bassin du Congo, selon [15], les données de la dynamique fluvio-morphologique du quaternaire supérieur, encore peu datées et dispersées, montrent avec évidence que les changements de climat et de végétation survenus au Dernier Maximum Glaciaire (LGM) et post-LGM ont une influence sur l'écoulement, la charge en sédiments, les processus d'érosion et de la sédimentation des fleuves. Ainsi, les traces d'actions mécaniques et chimiques sur la surface des grains, résultant de la dynamique de mise en place des sédiments, doivent être prises en compte car ces traces sont des archives des changements climatiques. L'exoscopie consiste à identifier les microcaractères dus aux actions mécaniques et chimiques qui ont pu modifier le relief des grains de quartz au cours des temps géologiques [16]. La présente étude a pour objectif de déterminer l'histoire sédimentaire à partir de la forme et aspect des grains de quartz des sables de la formation de couverture dans les plateaux Batékés et par l'identification des traces d'actions mécaniques et chimiques sur la surface des grains permettant reconstituer le paléoenvironnement et en déduire les paléoclimats.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ZONE D'ÉTUDE

Les plateaux Batéké constituent une unité géomorphologique situé entre le 2^e et 4^e degré de latitude Sud, au nord de Brazzaville, et occupe le centre du pays (Congo). L'ensemble est constitué de quatre (4) plateaux: le plateau Koukouya, le plateau de Djambala, le plateau de Ngo-Nsa et le plateau de Mbé. Les différents plateaux sont séparés par des incisions très profondes, occupées par des rivières de direction NE-SW. Les plateaux Batéké couvrent environ 13.000 km² et le plateau de Mbé est le plus vaste avec 7.500 km². L'ensemble présente une légère inclinaison du NW-SE ([4], [5], [7]). La formation de couverture (ancien Ba2), constituée de sables ocre, constitue la formation géologique ultime de ces plateaux. Ce sont donc ces sables qui constituent le matériel de notre présente étude.

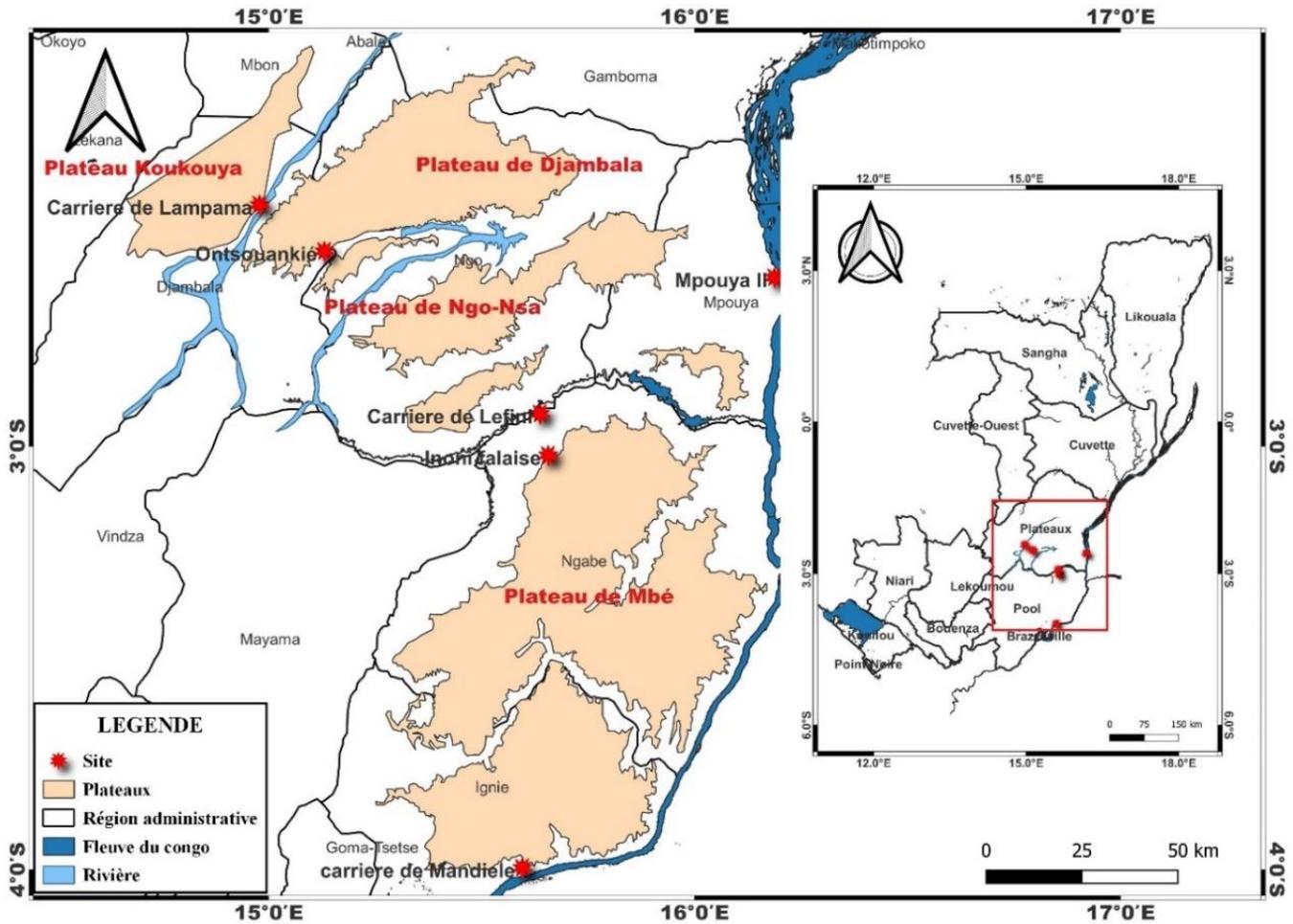


Fig. 1. Carte de la zone d'étude et localisation des sites d'échantillonnage ([1], [10])

2.2 MÉTHODES

2.2.1 METHODE D'ÉCHANTILLONNAGE ET PRETRAITEMENT AU LABORATOIRE

Les coupes ont été élaborées au niveau des rebords des plateaux ou des carrières d'exploitation des sables de la formation de couverture comme géomatériaux, endroits montrant des bels affleurements. Au total 42 prélèvements d'échantillons de sables ont été effectués sur les quatre unités géomorphologiques, dont trois sites sur le plateau de Mbé en raison de son étendue. Le traitement au laboratoire a consisté à peser 200g de l'échantillon et lavage à l'eau courante à l'aide d'un tamis de 0,63 μm , puis séchage à l'étuve. Ensuite, 100 g de sédiment sec est déversé au sommet de la colonne de 6 tamis, dont la progression est celle d'Udden-Wentworth (US Standard), pour laquelle chaque classe principale correspond à un diamètre du double ou de la moitié de la classe voisine dont la classe de base est de 2 mm. La fraction de 250 μm a été choisie pour les études morphoscopique et exoscopique.

2.2.2 ASPECT ET FORME DES GRAINS DE QUARTZ

La morphoscopie est l'étude de la forme et de l'aspect des grains de quartz ([17], [18]). Cette étude se fait à la loupe binoculaire et permet de connaître l'origine et le mode de transport des grains de quartz [16]. L'étude morphoscopique s'est basée sur les méthodes de Pettijohn (1975), in: [19] et de [17]:

- La méthode de Pettijohn (1975) in: [19] tient compte de la forme des grains de quartz (fig.2). Elle définit six types de grains. Il s'agit des grains très anguleux, anguleux, subanguleux, subarrondis, arrondis et très arrondis;
- La méthode de [17] propose quatre aspects de l'état de surface des grains qui sont les non usés, les émoussés luisants, les ronds mats propres et les ronds mats salis.

Les grains sont observés à la loupe binoculaire, à sec, sur fond noir, par réflexion, source lumineuse ponctuelle. L'œil à l'oculaire, on a observé 25 grains de quartz de taille 250µm, en même temps, en choisissant les gros grains, on enregistre le nombre de différents types observés [17].

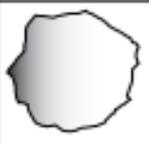
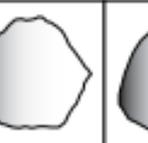
Sphéricité	forte						
	faible						
		0	1	2	3	4	5
		très anguleux	anguleux	subanguleux	subémoussé	émoussé	très émoussé

Fig. 2. Chartre de détermination visuelle de la sphéricité et de l'émoussé des grains (d'après Pettijohn, 1975, in: [18])

2.2.3 ETAT DE LA SURFACE DES GRAINS DE QUARTZ

L'exoscopie est l'étude, au microscope électronique à balayage (MEB), des traces d'actions d'origine mécanique, chimique et biologique qui apparaissent la surface des grains de quartz. L'exoscopie permet de déterminer le mécanisme de transport et les différentes phases de l'histoire sédimentaire des grains de quartz. Les grains de quartz des formations sédimentaires portent à leur surface des traces qui sont le témoignage de leur histoire. Ces traces sont l'héritage des diverses actions auxquelles ils ont été soumis au cours de leur transport et de leur mise en place ([16], [20], [21], [22]). Sur la base des traces d'actions mécaniques et chimiques, [16], [20], [21], identifient six catégories de quartz: quartz non-évolués, quartz d'altérites et pédologiques, quartz glaciaires, quartz fluviatiles, quartz marins et quartz éoliens. Cette étude est pratiquée préférentiellement sur les grains moyens de 250 à 400 µm, la taille pour laquelle les actions chimiques et mécaniques agissent simultanément [23]. Cette analyse a été effectuée au Centre d'Analyses et de Recherche (C.A.R) de la PETROCI. L'appareil utilisé est le MEB-EDS, microscope électronique à balayage de type FEG, couplé à la Spectrométrie par dispersion d'Energie (EDS). Les grains soumis à l'étude exoscopique ont été sélectionnés à loupe binoculaire afin de trier les grains suivant leur aspect, qu'ils soient émoussés luisants ou ronds mats. Au total, sept grains de quartz provenant des sites d'Itoni, Léfini et Ontsouankié ont été sélectionnés pour cette étude.

3 PRÉPARATION DU MANUSCRIT

3.1 ASPECT ET FORME DES GRAINS DE QUARTZ

L'étude de la forme et de l'aspect des grains de quartz des sables de la formation de couverture a révélé différents types de grains de quartz: des grains émoussés luisants (EL), des grains ronds luisants (RL), des grains ronds mats propres (RM), des grains ronds mats sales (RS) et des grains non usés (NU) (fig.3). Les grains ronds mats propres (RM), les grains ronds mats sales (RS) et grains ronds luisants (RL) sont une sphéricité élevée, ils sont arrondis. Ces grains présentent plusieurs marques de choc.

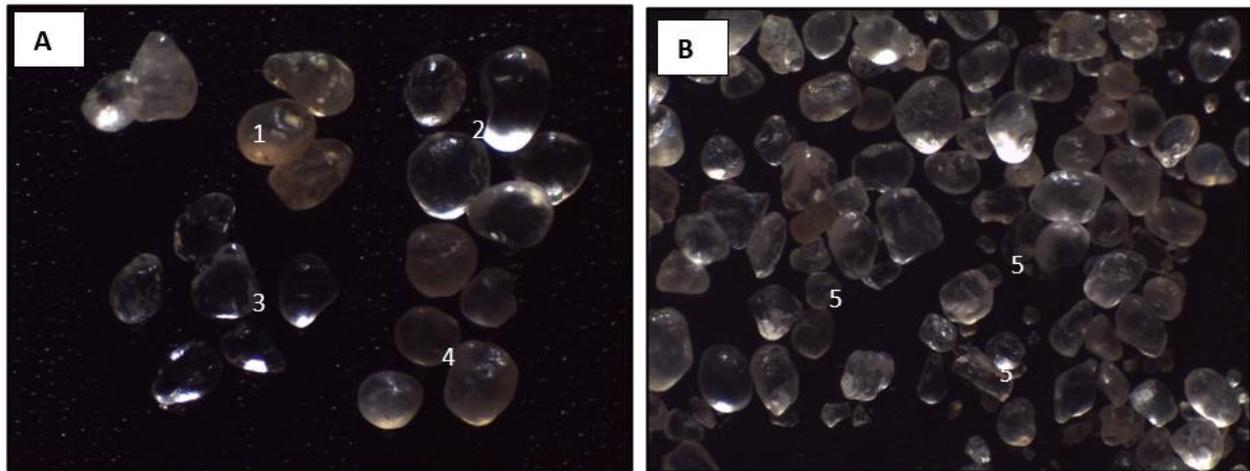
G : 250 μ m x 25

Fig. 3. Morphoscopie des grains. A: 1- grains ronds mats sales (RS); 2- grains ronds luisants (RL); 3- grains émoussés luisants (EL); 4- grains ronds mats propres (RM). B: 5- grains cassés

Pour ce qui est de la forme des grains, la majorité des grains sont arrondis, à sphéricité forte. En ce qui concerne l'aspect de la surface des grains de quartz, les résultats montrent que la majorité des grains sont ronds mats propres. On note la présence de plusieurs grains de quartz cassés. Les grains ronds mats sales portent en leur surface un ciment ferrugineux.

Les grains émoussés luisants (EL) sont subarrondis et les non usés sont très rares. Sur un total de 1050 grains observés dans les détails à la loupe, 484 sont ronds mats propres, 300 ronds mats sales, 131 émoussés luisants et 131 ronds luisants et 4 non usés (tableau 1).

Tableau 1. Répartition des différents types de grains par sites d'étude

Sites d'étude	Différents types de grains					Total
	Non usés (NU)	Emoussés luisants (EL)	Ronds luisants (RL)	Ronds mats propres (RM)	Ronds mats sales (RS)	
Mandiélé	00	15	48	110	102	275
Inoni	01	08	10	139	17	175
Léfini	00	33	14	62	41	150
Ontsouankié	00	33	32	69	41	175
Lampama	00	22	16	49	38	125
Mpouya II	03	20	11	55	61	150
Total	04	131	131	484	300	1050

3.2 ETAT DE LA SURFACE DES GRAINS DE QUARTZ

3.2.1 ÉTUDE EXOSCOPIQUE DES GRAINS DE QUARTZ DE LA LOCALITE D'INONI

Deux grains de quartz ont été étudiés à Inoni: un grain émoussé luisant et un autre rond mat propre. Ces grains sont très arrondis. Le grain de quartz émoussé luisant montre sur sa surface des cassures conchoïdales (fig. 4 A) et des V de chocs bien polis (fig.4, B).

Les traces d'actions chimiques présentes sur ces grains sont: les figures de dissolutions recouvertes d'importants dépôts globuleux de silice (fig.4, D). Cette silice se dépose également dans les V de chocs (fig. 4, C). Ces traces d'actions mécaniques et chimiques sont camouflées pour la plupart par des dépôts de silices (fig.1).

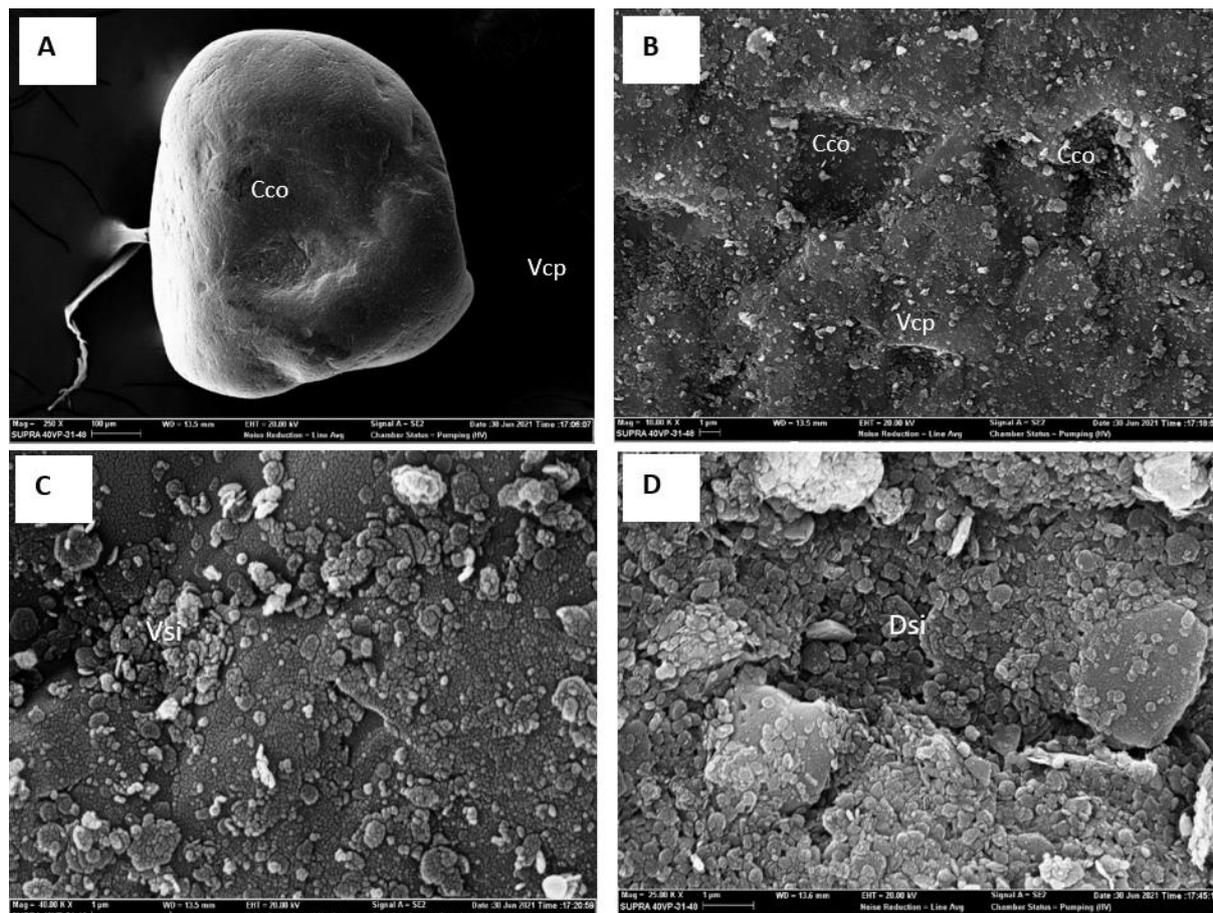


Fig. 4. A - Quartz émoussé luisant d'Inoni. B - Cassures conchoïdales (Cco); V de chocs polis (Vcp); C - V de choc à moitié rempli par un dépôt de silice (Vsi). D - Dépôts de silice comblant des cavités (Dsi)

Le grain rond mat propre présente sur sa surface comme traces d'actions mécaniques, des croissants de chocs (fig. 5, B) sans aucune trace de polissage digne d'un milieu éolien antérieur. Les traces d'actions chimiques sont des cavités dues à la dissolution de quartz dans le milieu pédologiques (fig. 5, C). Ces cavités sont remplies par la silice (fig. 5, C et D). Les traces mécaniques et chimiques sont aussi camouflées par des dépôts de silices (fig. 5).

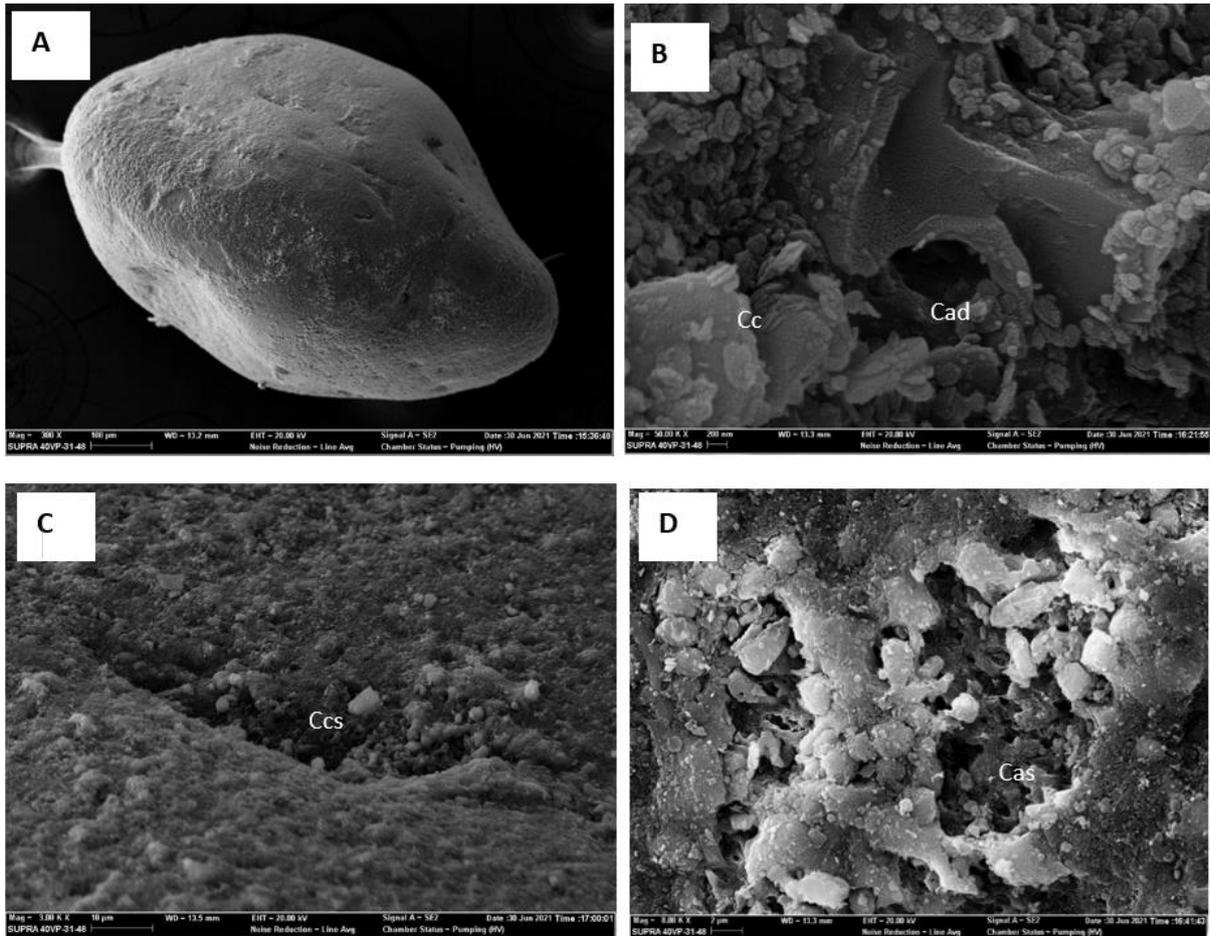


Fig. 5. *A - Quartz rond mat propre d’Inoni. B - Croissant de chocs sans polissage (Cc); cavité due à des solutions dissolvantes (Cad); C - croissant de choc comblé par des dépôts de silice (Ccs); D.- Cavité remplie par la silice (Cas)*

3.2.2 ÉTUDE EXOSCOPIQUE DES GRAINS DE QUARTZ DE LA LOCALITE DE LEFINI

A Léfini, trois grains de quartz ont été sélectionnés pour l’étude exoscopique: deux grains ronds mats propres et un grain émoussé luisant. Les grains ronds mats présentent comme traces d’actions mécaniques, des traces de chocs (fig. 6, A et B) et des cupules de chocs éoliens (fig. 6, C), qui se sont transformées en cavités par l’action des solutions dissolvantes et remplies de dépôt de silice (fig. 6).

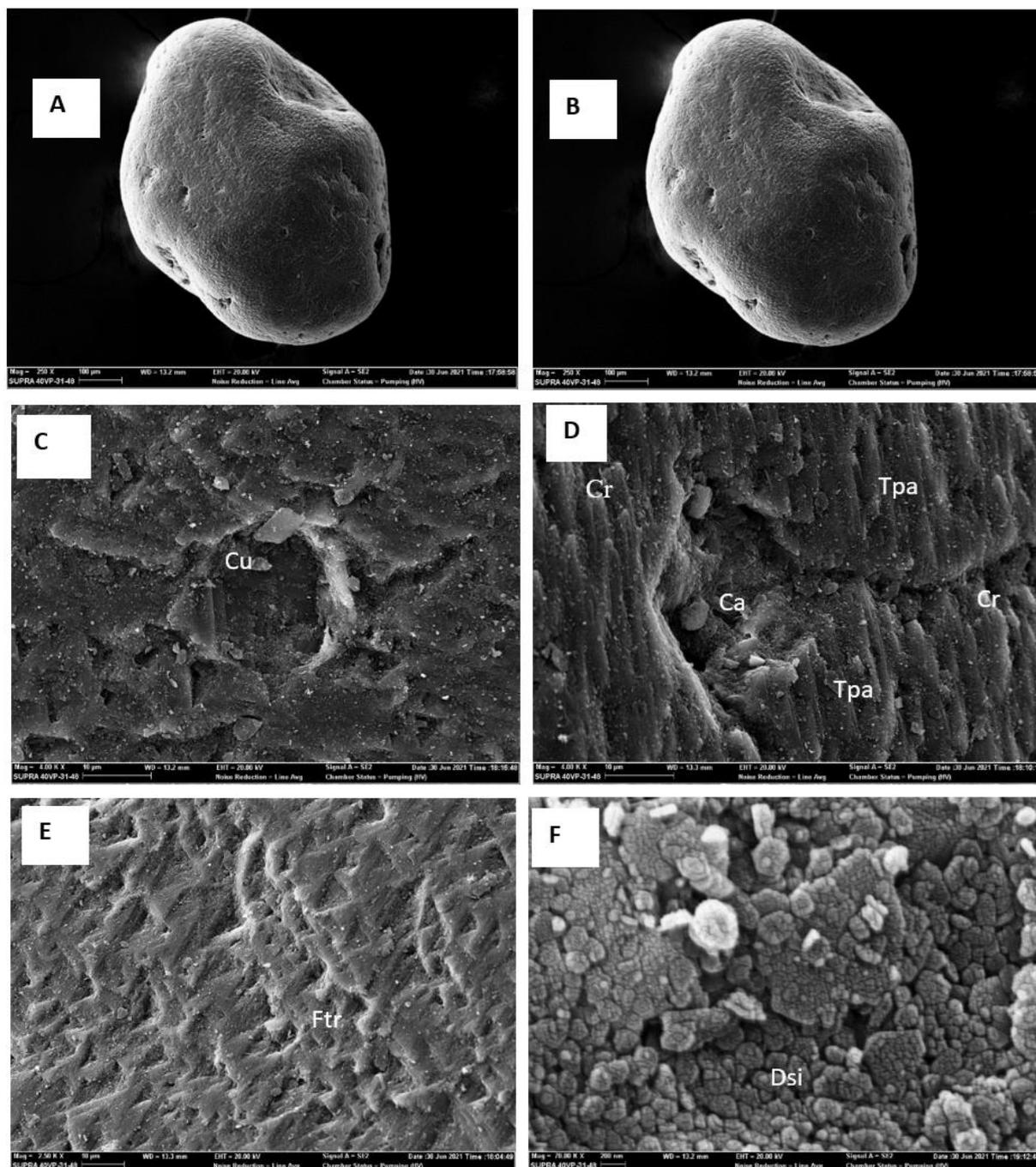


Fig. 6. A et B - Grains ronds mats propres à traces de chocs mécaniques; C- cupule de chocs (Cu); D – Cavité (Ca) recoupée par les traits parallèles (Tpa) dont les extrémités présentes des crêtes (Cr); E - s triangulaires issues d'actions chimiques (Ftr); F - Dépôts de silice (Dsi)

Les traces d'actions chimiques sont ici composées de traits parallèles et de figures triangulaires (fig. 6, C et D). Les traits parallèles forment des crêtes à leurs extrémités. Ces traces chimiques sont postérieures aux traces mécaniques vues qu'elles recoupent ces dernières.

Le quartz émoissé luisant montre sur sa surface des traces de chocs mécaniques polies (fig. 7, A) et des traces d'actions chimiques telles que les cavités de dissolution, les traits parallèles, les figures triangulaires (fig. 7, B et C) et des dépôts de fleurs de silices (fig. 7, D). Les figures triangulaires sont pour la plupart camouflées par les dépôts de silices (fleurs de silice).

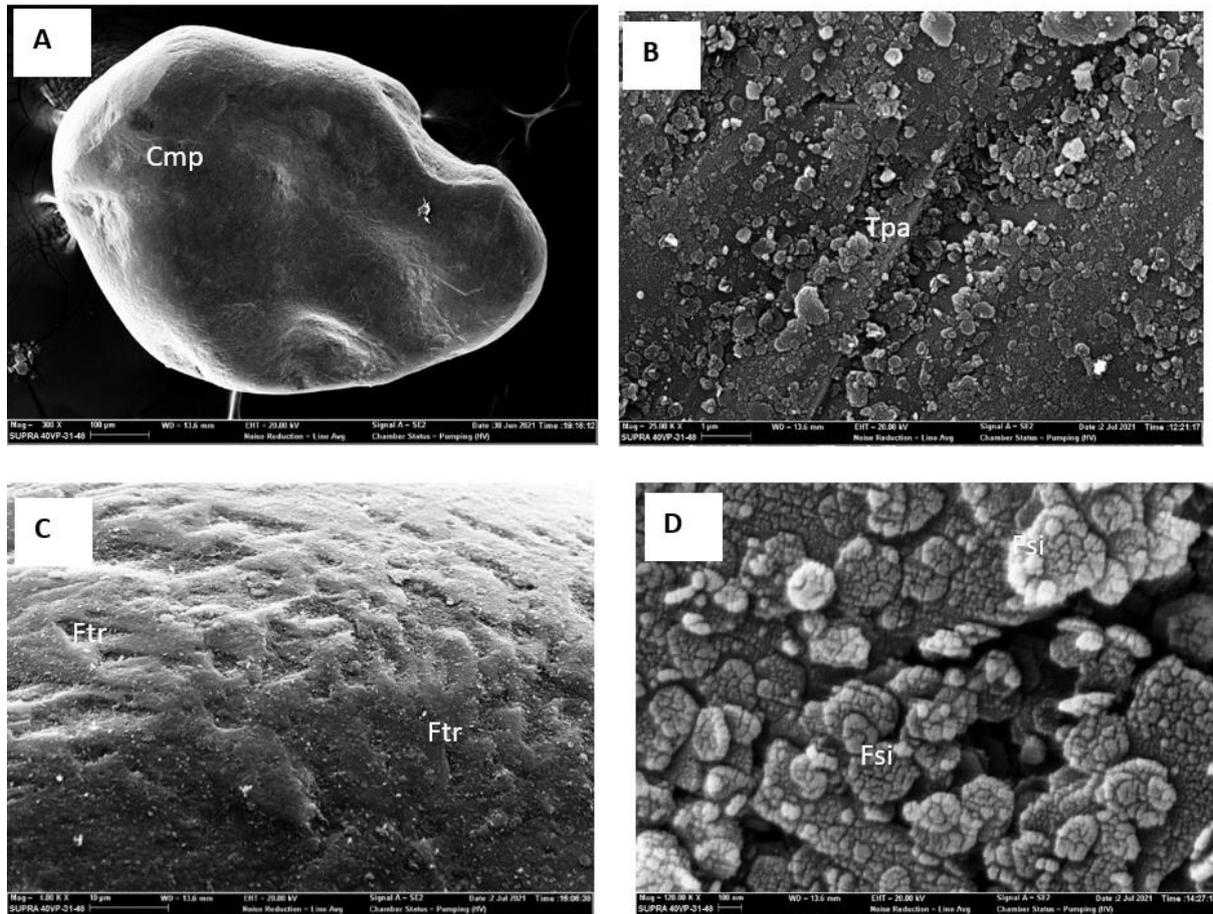


Fig. 7. *A - quartz émoussé luisant à chocs mécanique polis (Cmp); B - traits parallèles avec des dépôts de silice (Tpa); C - figures triangulaires (Ftr); D - dépôts de silices (Dsi), fleurs de silice, (Fsi) dans une cavité de dissolution*

3.2.3 ÉTUDE EXOSCOPIQUE DES GRAINS DE QUARTZ DE LA LOCALITE D'ONTSOUANKIE

Les grains de quartz choisis pour l'étude exoscopique sont des grains ronds mats au nombre de deux (fig. 8, A et B). Parmi ces deux grains, l'un est très bien arrondi et l'autre subarrondi. Ils présentent sur leurs surfaces des traces mécaniques de chocs dont certaines ont été polies dans le milieu fluvial. Le grain A (fig. 8, A) montre une grande cavité sur sa surface due aux chocs mécaniques. Le grain B (fig.8, B) montre des traces de chocs polies. Les traces d'actions chimiques sont composées de traits parallèles et de figures triangulaires ainsi que de cavités dues aux solutions dissolvantes (fig. 8; C, D et E). La majorité de la surface des grains est recouverte par des dépôts de silice et parfois d'argile.

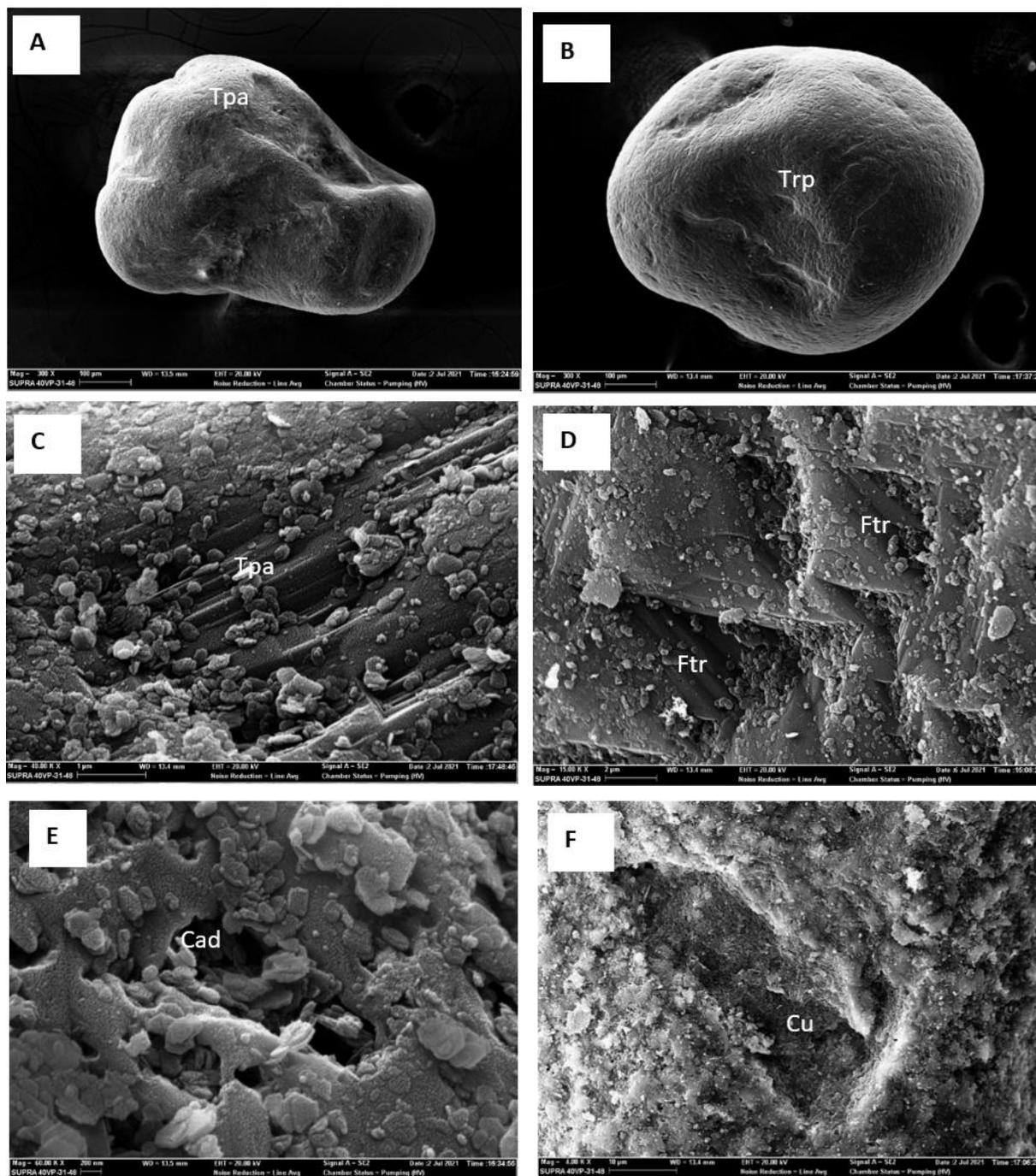


Fig. 8. A - Quartz rond mat propre subarrondi à cavité de choc polie (Cap); B - quartz rond mat propre très bien arrondi avec quelques traces mécaniques polies (Trp); C - traits parallèles (Tpa) développés dans une trace mécanique recouverte partiellement de dépôts de silice; D - figures triangulaires (Ftr) avec des dépôts d'argiles; E - Cavités de dissolution (Cad) à dépôts de silice et d'argile; F - cupule de choc (Cu) éolien recouverte d'argile

4 DISCUSSION

L'étude morphoscopique des sables de la formation de couverture révèle la présence des différents types de grains: des grains émoussés luisants (EL), des grains ronds luisants (RL), des grains ronds mats propres (RM), des grains ronds mats sales (RS) et des grains non usés (NU). Les grains ronds mats propres (RM), les grains ronds mats sales (RS) et grains ronds luisants (RL) sont une sphéricité élevée, ils sont arrondis. Les grains ronds mats sont les plus nombreux que les luisants, tandis que les non usés (NU) sont très rares dans les sédiments. Les grains émoussés luisants sont subarrondis. Les grains ronds mats

présentent plusieurs marques de chocs. Ces résultats sont comparables avec ceux de [7]. Les grains ronds mats sales (RS) portent un ciment ferrugineux sur leur surface. Cette caractéristique, selon [18], [24], [25], suggère que ces sables ont été remaniés. Ces résultats montrent que ces sables ont subis un transport en deux phases, la première phase éolienne et la seconde fluviatile. Les proportions non négligeables des grains ronds luisants (RL) et des grains émoussés luisants (EL), montrent que ces dépôts éoliens ont été remaniés par une phase humide. Ce résultat est proche de ceux obtenus par [26] sur les formations superficielles de la cuvette congolaise en République du Congo.

Selon [18], il peut arriver que des grains déposés par l'eau ou par le vent à une époque ancienne, puis inclus dans des grès ou, restés meubles, aient été ensuite, du fait de l'érosion, incorporés à des dépôts plus récents, quaternaires ou actuels, et mélangés dans ceux-ci à des apports neufs. Quoi qu'il en soit, les sables de la formation de couverture dans les Plateaux Batéké sont des sables remaniés. Ainsi, ces sables mis en place par le vent ont été repris par l'eau, donc ont subi deux types de transports, par le vent (environnement éolien) et par l'eau (environnement fluviatile).

L'étude exoscopique montre que la surface des grains de quartz sont marquées par des microstructures résultant des actions mécaniques et chimiques. Les traces d'actions mécaniques sont représentées par des croissants de chocs, cupules de chocs, cassures conchoïdales, des « V » de chocs, des croissants de chocs. Les traces d'actions chimiques sont caractérisées par les figures de dissolution, les figures triangulaires, les traits parallèles, surface des grains recouverte des dépôts de silice, fleurs de silice et parfois des dépôts d'argile. Les traces d'actions mécaniques et chimiques sont camouflées pour la plupart des dépôts de silice. Les grains de quartz ronds et mats présentent des croissants de chocs sans polissage, des traces de chocs sans polissage, et des cupules de chocs. Ces marques montrent que ces grains ont été transportés et déposés par le vent, milieu éolien ([20], [21], [22], [27]). Les traits parallèles traduisent une circulation dirigée des solutions dissolvantes dans les horizons pédologiques où il y a corrosion du quartz ([16], [20], [21]). Ces dissolutions témoignent d'une circulation des solutions sous-saturées en silice dissoute et riche en éléments dissolvants [20]. Les traits parallèles de même orientation traduisent une seule phase d'immobilisation dans l'environnement pédologique [21].

Les grains de quartz émoussés luisants présentent des cassures conchoïdales, traces de chocs et des V de chocs polis. Ces marques suggèrent un caractère aqueux, milieu fluviatile ([16], [20], [21], [22], [27]). Certaines traces de chocs et V de chocs bien polis sont héritées du milieu éolien. Mais ce passage s'est fait après une phase d'immobilisation dans le milieu pédologique marquée par des traits parallèles. Ceci traduit le passage des sédiments (quartz) dans le milieu fluviatile, par remobilisation par l'eau dans le milieu pédologique, dans lequel ces sédiments ont connu une nouvelle évolution ([16], [20], [21]). Ces résultats sont proches de ceux de [28], en République Démocratique du Congo qui, ont trouvé au MEB, certains grains de sables des sables ocres subarrondis à subangulaires qu'arrondis (comme attendu pour les sables éoliens) et des grains en partie corrodés par des dissolutions dans l'eau.

Les traces d'actions chimiques telles que, la silice en se déposant non seulement dans les cavités mais aussi sur les faces planes, et les figures de dissolutions recouvertes d'importants dépôts de silice et la majorité des traces de chocs hérités d'évolution antérieure (éolienne), ces critères font preuve d'une évolution dans un milieu aquatique de faible énergie, postérieure à la dissolution pédologique [20]. La présence remarquable les fleurs de silice à la surface des grains, de telles structures (fleurs de silice), selon ([16], [20]), traduisent une immobilisation du grain dans un environnement sursaturé en silice, milieu pédologique podzolique ([21], [24]). Les fleurs de silice marquent une deuxième phase d'immobilisation, dans le milieu pédologique (podzolique) sursaturée en silice, après altération pédologique [24].

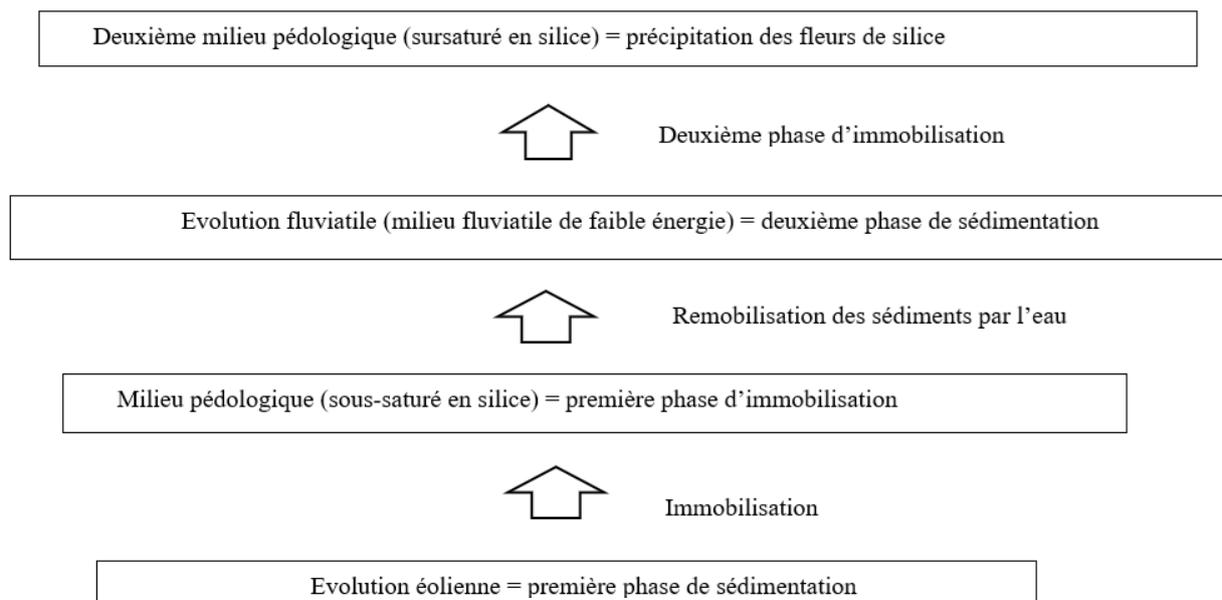


Fig. 9. Etapes de l'évolution sédimentaire des grains de quartz

Ces grains de quartz ont connu deux phases d'immobilisation dans les milieux pédologiques, la première après le façonnement éolien, milieu pédologique sous-saturé en silice marqué par les solutions dissolvantes et la seconde, après le façonnement dans le milieu fluviale, environnement pédologique podzolique marqué par la précipitation des fleurs de silice.

Les résultats l'étude exoscopique confirment les résultats de l'étude morphoscopique par l'existence des traces d'actions mécaniques et chimiques sur la surface des grains. Ces traces permettent de spécifier le milieu où ces actions se sont produites (aérien ou fluviale). Ils permettent de déduire les paléoenvironnements et par conséquent les paléoclimats ayant régné lors de la mise en place du dépôt des sables de la formation de couverture dans les plateaux Batéké. Le premier dépôt, de nature éolienne s'est effectué pendant une phase climatique sèche, donc aride. Tandis que le deuxième dépôt, dans le milieu fluviale, a eu lieu pendant une phase climatique humide. Les deux phases climatiques seraient séparées par un épisode climatique chaud et humide marquant la première immobilisation dans le milieu pédologique.

Au regard de ces résultats, la période climatique aride à l'holocène, vers ca 3.000 BP, à laquelle est rattaché l'âge de la formation de couverture déterminé au Gabon ([12]), ne serait pas totalement sèche. Il a eu variation du climat en évoluant en phase humide, de courte durée, pendant laquelle s'est effectué le dépôt fluviale. Le caractère stable du climat à l'holocène supérieur est appelé à la révision par rapport un nombre croissant d'archives qui témoignent des changements brusques du climat [14]. Certains auteurs tels que, [29], affirment que les données paléoenvironnementales indiquent que le bloc forestier de l'Afrique centrale a été affecté par la crise climatique au cours de l'holocène, d'abord en sa périphérie vers 4.000 BP et plus tard en son centre vers 2500 BP. En plus, l'existence des refuges forestiers a été signalée pendant la phase aride ca 3.000 BP ([30], [31]). Ces indices sont en faveur des variations climatiques pendant la crise climatique holocène et que l'intensité de cette aridité n'a pas été homogène sur l'ensemble du Bassin du Congo.

5 CONCLUSION

Les études morphoscopique et exoscopique des grains de sables de la formation de couverture dans les plateaux Batéké mettent en évidence plusieurs épisodes de sédiments. Les grains de quartz ronds mats traduisent d'abord une évolution dans un milieu éolien où ils ont été sédimentés. Par la suite, ce dépôt éolien a été repris par l'eau, en évoluant dans le milieu fluviale, donnant les grains émoussés luisants. Ces différentes assertions sont soutenues par les traces mécaniques de types éoliens et fluviales dont certaines traces éoliennes ont été polies dans le milieu fluviale. Les traces chimiques telles que les figures triangulaires, les cavités dissoutes et les traits parallèles traduisent en occurrence un milieu pédologique sous-saturé en silice. Cet environnement sous-saturé en silice a évolué, au cours des temps géologiques, en environnement pédologique sursaturé en silice qui a permis la précipitation de fleurs de silice sur la plupart des grains de quartz. L'histoire sédimentaire de ces sables montre que la crise climatique holocène, vers de 3.000 BP, période aride, à laquelle est rattachée l'âge de la formation de

couverture, n'a pas été totalement sèche. Le climat a connu une variation en évoluant en phase humide matérialisée par l'évolution fluviatile des sédiments.

REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leur reconnaissance au Dr ASSALE FORI Yao Paul et son équipe de recherche, Laboratoire de Géologie, Ressources Minérales et Energétiques, Filière Géosciences des Environnements Sédimentaires et des Energies, UFR-STRM-Université Félix Houphouët Boigny de Cocody, Abidjan- Côte d'Ivoire, pour avoir nous accompagner dans les travaux d'analyses aboutissant à ce présent travail.

REFERENCES

- [1] H. Bauer, Y Callec, F. Prognon, B. Issautier, J.-M. Schroette, D. Thiéblemont: Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo à 1/200.000, Feuille Mbé-Ngabé. Éditions BRGM, 113p, 2015.
- [2] B. Linol: Sedimentology and sequence stratigraphy of the Congo and Kalahari Basins of southcentral Africa and their evolution during the formation and break-up of West Gondwana. Unpublished PhD Thesis, Nelson Mandela Metropolitan University, 394p, 2012.
- [3] P. Segalen, «Le remaniement des sols et mise en place de la stone – line en Afrique». Cah. ORSTOM, sér. Pédol. Vol VII, n°1. pp113-127. 1969.
- [4] J. Cosson: Notice explicative sur la carte explicative de Pointe-Noire et Brazzaville. Carte géologique de reconnaissance à l'échelle de 1/100.000. Paris-France, 56p, 1955.
- [5] P. Dadet: Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo au 1/500.000 (zone comprise entre les parallèles 2è et 5è Sud). Mémoires du BRGM, Paris-France, 107p, 1969.
- [6] F., Desthieux, F. Boudzoumou, F. Mompassa, E. Akiaoue, A. Missamou, Malera: Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo au 1/100.000. Ministère des mines et de l'énergie, 27p, 1993.
- [7] A. Le Maréchal: Contribution à l'étude des plateaux Batéké (Géologie, Géomorphologie, Hydrogéologie). ORSTOM Brazzaville, 43p, 1966.
- [8] T. Miyouna, D. M. Malounguila-Nganga, O. F. Essouli, A. J. Ndembe-Ndembe, J. Moussiessie, Kinga-Mouzeo, et al., «Etude Paléoenvironnementale des dépôts détritiques de la Formation de couverture du bassin côtier du Congo». Rev. CAMES, Vol. 04 (1), pp.35 -44, 2016.
- [9] T. Miyouna, H. Elenga, F. Boudzoumou, O.F Essouli, A.I. Gnianga, «Dynamique sédimentaire de la formation de couverture de Pointe Noire à Brazzaville, Sud de la République du Congo». Afrique Science, vol.15 (4), pp.134-155, 2019.
- [10] Y. Callec, H. Bauer, F. Paquet, F. Prognon, B. Issautier, J-M. Schroetter et al.: Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo à 1/100.000, Feuille Brazzaville. Éditions BRGM, 126p, 2015.
- [11] Ngakosso Ngolo, J.N., Elenga, H., Malounguila Ganga, D., Miyouna, T., Mambou, J.R., & Malanda, E. «Sedimentology and Mineralogy of Surface Formations of the Mossendjo Area (Republic of Congo): Paleoenvironmental and Paleoclimatic Implications». Open Journal of Geology, vol. 11, pp.471-493, 2021.
- [12] D. Thiéblemont «Evidence for an aeolian origin of the holocene lateritic surface cover of Gabon (central Africa) ». Quaternary international 296, pp 176-197, 2013.
- [13] D. Schwartz: Changements climatiques holocènes en Afrique centrale. Relation avec le peuplement humain: Quoi de neuf ? Actes du séminaire-atelier, Orléans (France), 15 et 16 /10/1998. Groupe Ecofit. IRD éditions, colloques et séminaires, Paris (France), pp. 157-168, 2003.
- [14] F. Marret, J. Maley, J. Scourse, «Climatic instability in west equatorial Africa during the Mid-and late holocene». Quaternary International, 150, pp. 71-81, 2006. DOI: 10.1016/j. quaint.2006-01.008.
- [15] J. Runge, «Des déserts et des forêts, histoire du paysage et du climat de l'Afrique Centrale au Quaternaire supérieur». Géo-Eco-Trop, 31, pp. 1-18, 2007.
- [16] L. Le Ribault: L'exoscopie des quartz. Techniques et méthodes sédimentologiques. Masson, Paris (France), 150p. 1977.
- [17] A. Cailleux, «Distinction des sables marins et fluviatiles». Bull. Soc. Géol. Fr, 5ème série XV, pp. 375-404, 1947.
- [18] G. Ritchot et A. Cailleux, «Taxonomie, géomorphologie et morphologie des sables du Québec méridional». Cahiers de géographie du Québec, vol 15 (36), pp.423-438, 1971. DOI: 10.7212/020980ar.
- [19] H. Chamley et J-F. Deconinck: Les bases de la sédimentologie. Dunod, 3ème édition, Paris (France), 213p, 2011.
- [20] L. Le Ribault: Exoscopie: Méthodes et applications. Compagnie française des pétroles, Notes et Mémoires, 218 p. 1975.
- [21] L. Le Ribault, « Exoscopie et endoscopie des quartz d'origine détritique». Soc. Itatliano Mineralogia e petrographia, Milano, Vol. XXX, (1), pp.373-416, 1974.

- [22] R. Clocchatti, L. Le Ribault et L. A. Rodrigo, «Endoscopie et exoscopie des grains de quartz des formations pliocène et du quaternaire de la PAZ (Bolivie) ». Cah. ORSTOM., Sér. Géol., Vol. X, (1), pp.127-143, 1978.
- [23] E. Debard, «Exoscopie des grains de quartz». In: Nouvelles archives du muséum d'histoire naturelle de Lyon, tome 25, pp. 97-100, 1987.
- [24] F. Girolimetto, «Aspects de la sédimentologie des sables tertiaires à l'ouest de la Meuse de Dinant». Annales de la société géologique de Belgique, T.105, pp. 249-257, 1982.
- [25] A. Guilcher, «L'étude morphologique des sables et cailloux». In: Annales de Géographie, Tomme. 54, n°294, pp. 116-117, 1945. Doi: <https://doi.org/10.3406/geo.1945.12902>.
- [26] J.N. Ngakosso Ngolo: Apport de l'étude des formations superficielles aux reconstitutions paléoenvironnementales et paléoclimatiques: Application aux séries alluvionnaires du massif du Chaillu et de la Cuvette congolaise (République du Congo). Thèse de doctorat unique, Faculté des Sciences et Techniques, Université Marien Ngouabi, Brazzaville, République du Congo, 277 p, 2022.
- [27] K. Vos, N. Vandenberghe, et J. Elsen, «Surface textural analysis of quartz by scanning electron microscopy (SEM): From sample preparation to environmental interpretation». Earth-science reviews 128, pp. 93-104, 2014.
- [28] F., Guillocheau, R., Chelalou, B. Linol, O. Dauteuil, C. Robin, F. Mvondo: Cenozoic Landscape Evolution in and Around the Congo Basin: Constraints from Sediments and planation Surface. In MJ. De Wit et al. (Eds), Geology and resource potentiel of the Congo bassin, Regional Geology Reviews, pp. 271-313, 2015. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-29482-2_14.
- [29] K. Bostoen, B. Clist, C. Doumenge, R. Grollemund, J.M. Hombert, J. Koni Muluwa: «Middle to Late Holocene Paleoclimatic Change and the Early Bantau Expansion in The Rain Forst of Western Central Africa». Current Antropology, Vol. 56 (3), 354- 384, 2015.
- [30] J. Maley, «Fragmentation de la forêt dense humide africaine et extension des biotopes montagnards au Quaternaire recent: nouvelles données polliniques et chronologiques. Implications paléoclimatiques, chronologiques et biogéographiques». Paleoecology of Africa, 18, pp.307-334, 1987.
- [31] A. Vincens, «Diagramme pollinique d'un sondage pléistocène-Holocène du lac Bogoria (Kenya) ». Rev. Pleobot. Palynol., 47, pp.169-192, 1986.