

ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE ET PALEOENVIRONNEMENTALE DES FORMATIONS QUATERNAIRES ALLUVIONNAIRES DE L'OUED BIRZGUEL, EL MA EL ABIOD, WILAYA DE TEBESSA. ALGERIE

N. DEFAFLIA¹, S. ABDESSADOK², A. DJERRAB³, A. CHOUABBI⁴.

¹Université de Tébessa, Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie.

²Département de préhistoire. Muséum National d'Histoire Naturelle, 1 rue René Panhard 75013 Paris

³Université 08 Mai 1945 de Guelma Département d'Histoire et d'Archéologie.

⁴Université de Badji MOKHTAR Annaba, Faculté des sciences de la terre
defaflianabil@yahoo.fr

RESUME

Les dépôts quaternaires dans la région de Tébessa (Algérie) ont fait l'objet de nombreuses recherches. Notre étude (stratigraphique, sédimentologique et magnétique) concerne les dépôts particulièrement des terrasses fluviales de l'oued Birzguel se trouve au sud de la ville de Tébessa en Algérie orientale. Nous avons privilégié des méthodes (sédimentologie, minéralogie, paléomagnétisme environnemental, datation) permettant d'obtenir des informations sur le milieu de dépôt et la chronologie des événements

Les variations des valeurs des paramètres granulométriques nous renseignent sur la régularité du niveau énergétique de l'agent de transport. L'exoscopie a permis de différencier l'histoire sédimentaire du quartz (altération, transport continental aquatique). L'examen au MEB des surfaces des grains de quartz a permis l'identification de figures variées en rapport soit avec le réseau cristallin primitif des quartzs soit avec les actions corrosives propres au milieu d'altération. L'étude des minéraux argileux permet de conclure que l'origine des sédiments à smectite, kaolinite et illite des trois niveaux stratigraphiques doit être recherchée dans le bassin versant de la région étudiée. Les données du magnétisme environnemental mettent en évidence des variations significatives dans les conditions d'oxygénation (aérobie/anaérobie), ce qui permet de déduire que les sédiments des niveaux stratigraphiques supérieurs ont été déposés par le vent et se sont formés pendant un climat sec. Au contraire, les sédiments des niveaux stratigraphiques moyens et inférieure ont pris naissance sous un climat peu humide.

En conclusion, nous proposons une reconstitution des conditions d'environnement au cours de la formation de la terrasse.

MOTS CLÉS: el ma el abiod, processus sédimentologique, minéralogie des argiles, exoscopie, paléoclimats.

ABSTRACT

Quaternary deposits in the region of Tébessa (Algeria) have been the subject of much research. Our study (stratigraphic sedimentological and magnetic) for deposits particularly Fluvial terraces of the river Birzguel lies south of the city of Tébessa in Eastern Algeria. We preferred methods (sedimentology, mineralogy, environmental paleomagnetic dating) to obtain information on the depositional environment and the chronology of events. Changes in values of size parameters provide information about the regularity of the energy level of the transport agent. The exoscopy helped differentiate the sedimentary history of the quartz (alteration, continental water transport). The SEM examination of the surfaces of quartz grains has allowed the identification of various figures in connection with either the original crystalline quartz or with corrosive own shares alteration network environment. Study of clay minerals can be concluded the origin of sediments smectite, kaolinite and illite three stratigraphic levels must be sought in the watershed of the study area. Environmental magnetism data highlight significant variations in (anaerobic / aerobic) oxygenation conditions, which allows us to deduce that the sediments were higher stratigraphic levels deposited by wind and formed during a dry climate. Instead, sediment resources and lower stratigraphic levels arose in a little humid. In conclusion, we propose a reconstruction of environmental conditions during the formation of the terrace.

KEYS-WORDS: Birzgane, river terraces, Quaternary, Magnetic susceptibility, Late Pleistocene Holocene

1 INTRODUCTION

Le site de Birzguel se localise au Sud de la plaine d'El Ma Labiod (au Sud-Ouest de la Ville de Tébessa), situé à l'intérieur des terres, à 250 kilomètres de la mer Méditerranée. Il est bordé au Nord par une chaîne de montagnes de moyennes à hautes altitudes (Djebels Doukkane, Anoual et Bouroumane) (fig. 1).

Le présent travail consiste à faire une étude stratigraphique, sédimentologique et magnétique (susceptibilité magnétique) des formations sédimentaires quaternaires des terrasses alluviales de oued de Birzguel dans le but de mieux caractériser les paléoenvironnements, en particulier le climat de la période préhistorique s'étendant de l'Atérien au Néolithique.

La région d'El Ma El Abiod, est située à la limite de la frontière algéro-tunisienne et fait partie de l'Atlas Saharien. Les reliefs y sont contrastés, constitués essentiellement par des Calcaires du Maastrichtien allongés selon un axe SW-NE, et séparés par une dépression (plaine cultivée d'El Ma El Abiod) mio-quaternaire.

Cette structure est due aux jeux de deux phases tectoniques ayant affectées la région (la phase atlasique, entre le Lutétien supérieur et le Miocène inférieur, et la phase datée du Miocène). La plaine d'El Ma El Abiod n'a pas fait l'objet d'une étude géologique précise, mais elle est intégrée dans un ensemble géologique un peu mieux connu. Seuls ont été réalisés à partir des années 1970, et dans le but de rechercher de l'eau et du pétrole, des forages et une étude géophysique.

La plaine a une pente douce, ayant pour limites Nord et Sud des plis d'axes SW-NE. La limite Nord constitue une ligne de partage des eaux entre deux grands bassins versants; celui de la Medjradha qui s'écoule vers le Nord et celui de Chott Melhrir qui s'écoule vers le Sud.

La couverture sédimentaire du sous-bassin versant d'El Ma El Abiod est constituée de:

- dépôts de type épicontinental avec variation de faciès et d'épaisseur ayant une direction SW-NE (Aptien jusqu'au Maastrichtien).

- grès et argiles bariolées de base miocène.
- Trias de type germanique sous forme diapirique.

La stratigraphie et la lithologie à la région d'étude permet de distinguer deux grands ensembles :

- les affleurements de bordure de la plaine, d'âge Crétacé, constituent le premier ensemble.
- les formations d'âge Miocène et Quaternaire, qui occupent toute la superficie de la plaine, et qui constituent le second ensemble.

Ces deux ensembles constituent une série stratigraphique incomplète.

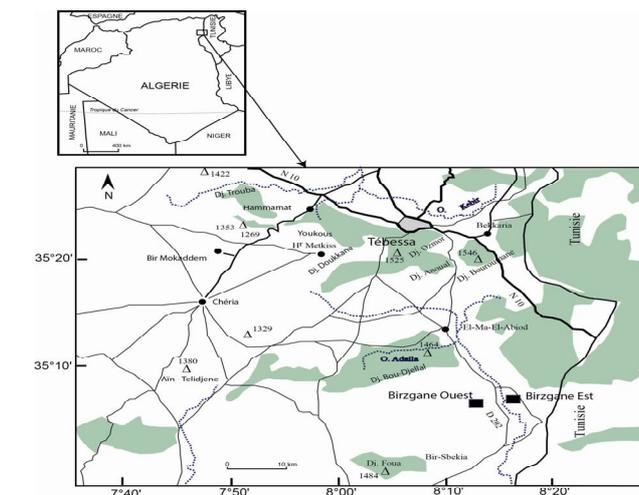


Figure 1: Situation géographique de site de oued Birzguel (El Ma Labiod, Tébessa, Algérie).

L'observation macroscopique sur le terrain a permis la subdivision de la coupe géologique en douze niveaux stratigraphiques différents, indexés de A à L (fig. 2). Avec une épaisseur de 580 cm

Niveau A : (-0et -40cm) ce niveau est de couleur brunâtre et formé de graviers et de cailloux, matrice fine avec l'existence des racines et des débris des animaux fousseurs, absence des coquilles d'escargot (traces d'activités animales) et des outils préhistoriques (silex taillés).

Niveau B : (-40et -95cm) dans ce niveau, la matrice fine prédomine. la fraction granulométrique et d'apparence poudreuse, de couleur plus foncée que le niveau précédent, ainsi que la fraction grossière. La présence des racines et de matière organique est modérée. les traces d'activités animales sont presque nulles.

Niveau C : (-95cm et -130cm) de même couleur que la précédente (brunâtre), avec l'abondance des graviers et des cailloux, présence de matrice fine, pas de silex ni des coquilles, présence de racines et de matière organique.

Niveau D : (-130cm et -155cm) ce niveau se caractérise par une bande de graviers et des cailloux d'ordre centimétrique, et une matrice fine, avec des racines dispersées et de la matière organique moins abondantes. La présence de coquilles brisées est bien remarquée dans ce niveau.

Niveau E : (-155cm et -185cm) il se caractérise par l'alternance de deux faciès lithologiques d'ordre centimétrique, débutant par des graviers et cailloux puis une bande de matrice fine incluant aussi la présence de graviers et des cailloux. Les racines plantaires dispersées, les matières organiques et l'activité des animaux fousseurs sont moins abondant.

Niveau F : (-185cm et -255cm) il est formé essentiellement de la matrice fine de couleur brunâtre peu clair avec présence modérée de racines. les coquilles et les silex ne sont pas remarqués. Le reste du contenu et représenter par

des graviers et peu de blocs de couleur blanchâtre.

Niveau G : (-255cm et-300cm) au contraire du précédent, ce niveau montre une prédominance de graviers et des cailloux avec l'absence des racines, de matière organique, d'escargots et de silex. La matrice fine représente le reste du contenu.

Niveau H : (-300cm et-390cm) dans ce niveau, l'activité humaine bien remarquée par l'existence des blocs de couleur grisâtre avec d'abondantes coquilles brisées. La matrice fine est de couleur noirâtre, la présence de charbon est bien remarquée. On note aussi la présence de la fraction grossière et aussi la matrice fine.

Niveau I : (-390cm et-460cm) il est formé essentiellement de graviers et cailloux de nature calcareuses, et aussi de matrice fine, de couleur clair, pauvre en matière organique. Il n'y pas de trace d'activité humaine, mais l'existence des débris des coquilles peut être remarquée.

Niveau J : (-460cm et-520cm) il se caractérise par des graviers et des cailloux, les blocs et les galets de nature calcareuse rares, des éclats de silex taillés bien remarquables.

Niveau K : (-520cm et-550cm) il est représenté par des graviers, des cailloux et de la matrice fine de couleur claire. Les racines et les coquilles manquent; leur substratum est formé par des calcaires maastrichtiens avec des traces d'incérâmes.

Niveau L : (-550cm et-585cm) ce niveau représente la partie inférieure de la coupe. La matrice fine, de couleur rougeâtre et de texture poudreuse, y prédomine. On observe également des graviers et cailloux, mais pas de racines ni d'escargots. La matière organique semble presque absente.

Des datations radiométriques (U/Th) ont été effectuées par DEFAFLIA dans le cadre de sa thèse (travail en cours). Celles-ci ont donné un âge de 120 000 ans BP pour le niveau archéologique atérien, de 90 000 ans BP pour la base des niveaux supérieurs et 60 000 ans BP pour la base des niveaux inférieure.

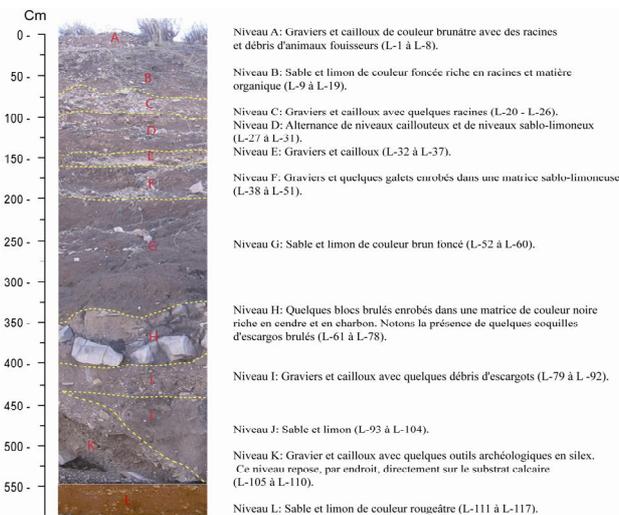


Figure 2: Log stratigraphique de la terrasse étudiée

2 METHODOLOGIE

Au laboratoire, deux types d'analyses ont été entreprises :

2.1 Les analyses sédimentologiques

Elles comportent les analyses granulométriques, le dosage des carbonates, l'étude morphoscopique et exoscopique des grains de quartz ainsi que la minéralogie des argiles.

Préalablement à toute analyse, l'échantillon brut, tamisé à 2 mm, a été séché dans un four à une température de 40 °C, la granulométrie des éléments fins a été effectuée au granulomètre Mastersizer 2000 à diffraction Laser. Les sources sont un Laser rouge He-Ne à 632 nm pour la détection des grosses particules et une Diode bleue à 466 nm pour la détection des particules fines. Chaque échantillon a été analysé simultanément par voie humide et par voie sèche d'abord sur fraction brute puis sur la même fraction décalcifiée. Pour le calcul des paramètres et les indices des sables, nous avons eu recours au manuel du granulomètre (Mastersizer 2000®) et pour l'interprétation des résultats aux ouvrages de Folk et Ward (1957), Verger (1963), Rivière (1977), Pye et Blott (2004), Anderson (2007) et Miskovsky (2002). Les différents indices retenus sont ceux les plus utilisés pendant cette dernière décennie.

La moyenne : On appelle moyenne d'une distribution la moyenne logarithmique ou arithmétique (suivant la nature de l'échelle des abscisses) des valeurs de la variable indépendante. Ce paramètre nous renseigne sur la dimension moyenne de l'échantillon et par conséquent sur l'énergie du milieu et la distance du transport. Il est défini par la formule suivante : $Mz = (Q16 + Q50 + Q84) / 3$, Mz la taille Moyenne de Folk and Ward

Skewness, Sk : Ce coefficient d'asymétrie caractérise le degré de distorsion de la symétrie de la distribution. Quand le Skewness est égal à zéro, cela signifie que l'asymétrie est parfaite (la médiane, le mode et la moyenne coïncident). Quand il présente des valeurs négatives, ce sont les grains fins qui sont bien classés; les valeurs positives correspondent à un bon classement des grains grossiers. Ce paramètre reflète davantage le milieu de dépôt que les conditions de transport.

Le Kurtosis : est représentatif de la finesse du pic (sa largeur), quand il est égal à zéro, la courbe est dite mésokurtique, ou moyennement classé, quand il est supérieur à 0, la courbe est dite leptokurtique, cela signifie que la distribution est bien classée, ce qui est un marqueur de mode de transport à puissance constante. Si le Kurtosis est négatif, cela signifie que la distribution est mal classée (platykurtique).

L'étude morphoscopique quant à elle, mise au point par Cailleux et Tricart (1963), est appliquée aux grains de quartz, décarbonatés à froid, de la fraction comprise entre 0.5 et 0.25 mm. Elle est réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire et son principe consiste à examiner la forme et l'aspect des grains de quartz, dans le but d'apporter des renseignements sur le mode de transport de ces grains.

La calcimétrie a été mesurée de façon systématique. Son principe est de déterminer le pourcentage en carbonate de calcium sur 0,5 g de sédiment broyé et séché, de taille inférieure à 2 mm, en utilisant le calcimètre de Bernard.

Les grains de quartz destinés à l'étude exoscopique ont été sélectionnés à la loupe binoculaire et la méthode utilisée à l'identification est celle préconisée par Le Ribault (1977). Les observations ont été effectuées au Microscope Electronique à Balayage Environnemental Philips XL 30 équipé d'une microsonde EDAX, pour chaque échantillon, une dizaine de grains de quartz ont été traités.

Pour la *minéralogie des argiles*, nous avons utilisé la méthode mise au point par Holtzapffel (1985). Les analyses ont été faites par diffraction X sur agrégats orientés. L'étude de la minéralogie des argiles a été effectuée au moyen d'un diffractomètre muni d'une anticathode en cuivre. Les réglages de l'appareil sont optimisés pour travailler dans les petits angles de (30°) où diffractent principalement les minéraux argileux.

Pour la détermination des minéraux argileux, les ouvrages suivants ont été consultés : Millot (1964), Pedro (1965), Robert (1975), Caillère et al, (1982) et Larqué (2002).

2.2 Les analyses magnétiques

Les méthodes magnétiques permettent 1)- de révéler des variations, notamment dans le mode de dépôt, qui ne sont pas forcément évidentes à l'œil nu, 2)- de classer les différents types de matériaux, 3)- d'identifier les processus de transport et de formation des grains magnétiques, 4)- de proposer une interprétation paléoclimatique (Djerrab et Aïfa, 2010a ; Djerrab et Hedley, 2010b).

Toutes les mesures magnétiques ont été réalisées sur des échantillons non orientés, séchés et consolidés par une solution aqueuse de sodium silicaté, et ce afin d'empêcher tout mouvement des grains pendant les manipulations. Les propriétés magnétiques suivantes ont été mesurées :

- la *susceptibilité magnétique massique* (χ) à basse fréquence (0,46 kHz) et haute fréquence (4,65 kHz) a été mesurée avec un susceptibilimètre Bartington MS2 connecté à une sonde MS2B,
- la *dépendance* en fréquence de la susceptibilité magnétique (χ_{fd}) est calculée à partir du paramètre précédent selon la formule : $\chi_{fd} = ((\chi_{bf} - \chi_{hf}) / \chi_{bf}) \times 100 \%$ (Maher et al. 1986 ; Maher 1988 ; Mullins 1977). Ce paramètre permet en particulier de détecter la présence de petits grains magnétiques (< 0.03 μm) qui montrent un comportement super-paramagnétique.
- la *procédure proposée* par Lowrie (1990) a également été appliquée à certains échantillons. Cette procédure est basée sur l'analyse de la désaimantation thermique de trois ARI induites au laboratoire selon trois axes orthogonaux. Nous avons choisi un champ de 2.5 T selon l'axe Z, de 300mT selon l'axe X et de 20 mT selon l'axe Y. Cette procédure permet de mettre en

évidence l'existence de plusieurs populations de grains magnétiques qui diffèrent par leur chimisme ou leur taille (Lowrie 1990, et Westphal et al, 1998).

3 RESULTATS ET INTERPRETATIONS

3.1 Etude sédimentologique

L'étude sédimentologique a été réalisée sur 50 échantillons prélevés systématiquement du sommet vers la base de la coupe stratigraphique.

L'étude de la composition granulométrique brute de la fraction inférieure à 2 mm (fig. 3) a permis d'individualiser douze niveaux stratigraphiques, certains riches en fraction grossière (gravier et cailloux) alternant avec des niveaux riches en limon. Le pourcentage de la fraction argileuse est très faible et reste à peu près constant pratiquement tout le long de la coupe stratigraphique.

La granulométrie de la fraction fine (fig. 3) montre un sédiment relativement uniforme, avec très peu d'argile (0,39 % en moyenne), un taux de silt élevé (79 %), ainsi que des pourcentages de sables fins et grossiers modérés (respectivement 15 et 20 %). Ces derniers connaissent une évolution parallèle à celles des graviers et des cailloux. Le niveau B, au sein duquel la fraction silteuse augmente au détriment de la fraction grossière (sable grossier et fin), fait cependant exception. Dans les niveaux E, F et H, la proportion en sables grossiers augmente au détriment du silt.

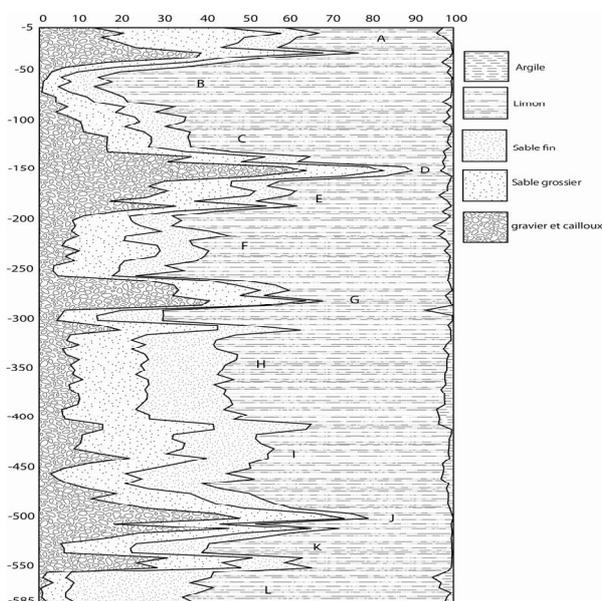


Figure 3: Granulométrie du sédiment fin.

3.2 Caractéristiques granulométriques

Les courbes granulométriques cumulatives des fractions sableuses brutes ont une allure variable. Quelques courbes cumulatives sont tournées vers le haut et ont un faciès dit

« parabolique » (fig. 4). Cela concerne la partie supérieure de la terrasse et correspond aux sédiments immatures, qui n'ont pas évolués dans le temps et ont subi un remaniement par transport (Miskovsky, 2002).

Les courbes cumulatives tournées vers le bas (faciès hyperbolique) (fig. 4) sont aussi présentes et témoignent d'un milieu calme, sédimentation par décantation. Ce type de sédimentation concerne presque tous les échantillons de la partie médiane et inférieure de la terrasse.

Quelques échantillons présentent des courbes cumulatives logarithmiques à sub-logarithmique 3, 35 et 41 et 47 (fig. 5). Il s'agit de sédiments à dominance limoneuse qui caractérisent un milieu calme, qui se sont déposés par excès de charge lors de la diminution de la vitesse de transport.

Après décarbonatation, les courbes de la majorité des échantillons ne changent pas leurs allures et désignent un sable mal classé (fig.6).

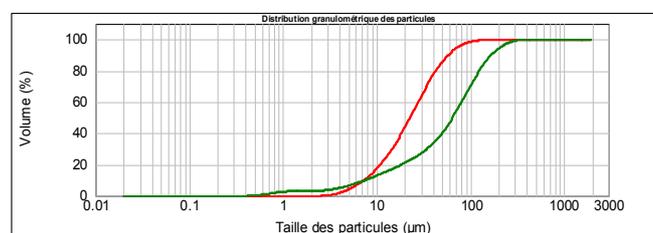


Figure 4: Courbes cumulative des échantillons 1 et 26

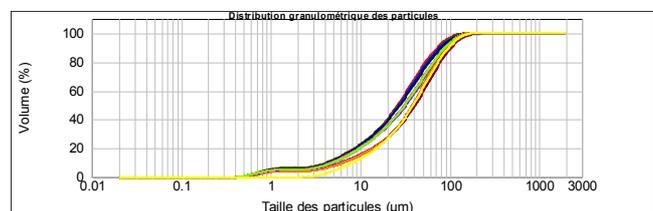


Figure 5: Courbes cumulatives des échantillons 3, 56 et 57.

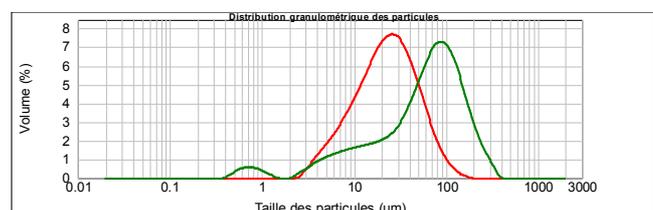


Figure 6: Courbes de fréquence de l'échantillon n° 1 (brut et décarbonaté).

Les valeurs de la moyenne varient entre 0,44 et 1 (fig. 7) et relativement faibles à moyennes (< 50 µm) dans toutes les couches. Ces faibles valeurs sont dues à la prépondérance de la fraction silto-sableuse. Le dépôt de la fraction relativement fine est ainsi en relation avec une élévation du plan d'eau.

Les valeurs du Kurtosis s'étalent entre -0,32 et -0,92 (fig.

7); les histogrammes de fréquences sont de type platykurtique à mésokurtique et parfois leptokurtique. Cette évolution montre ainsi la présence de niveaux de sédiments à mauvais classement et d'autres à classement moyen à bon. En effet, quand le Coulter indique qu'une courbe est platykurtique, il arrive que certains modes de sables fins soient leptokurtiques mais indiqués comme platykurtiques car associés à des limons et des argiles très mal classés.

Les valeurs du Skewness sont négatives ou proches de zéro (fig. 7), ils montrent que l'étalement de l'histogramme se fait du côté de la fraction fine. Autrement dit, le classement est meilleur du coté des éléments grossiers que du coté des fins.

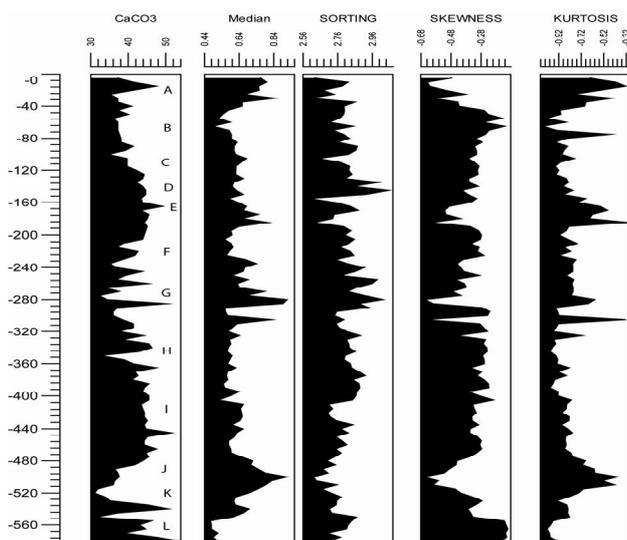


Figure 7: Résultats de différents indices granulométriques.

Le diagramme montre que les sédiments sont essentiellement composés de limon et de sable, avec du silt dominant dans la partie supérieure (fig. 8).

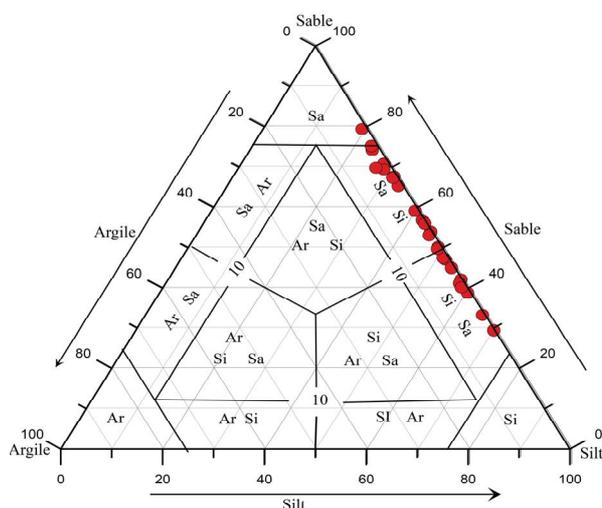


Figure 8: Diagramme ternaire de la dénomination granulométrique du sédiment fin (coupe nord).

L'examen morphoscopique des grains de quartz montre l'omniprésence des grains émoussés ou sub-émoussés, au niveau de toute la terrasse fluviatile (60,05 %) (fig. 9), ce qui met en évidence l'influence du transport par l'eau et de la dynamique fluviatile sur grains qui proviennent à partir des affleurements calcaires crétacés. Les ronds-mats (RM) sont présents dans le deuxième niveau ; leur pourcentage est (20,75 %). Ces grains de quartz, pourraient avoir comme origine le sable miocène, très présent dans la région. La présence d'un enduit ferrugineux sur quelques grains indique le début d'une pédogenèse. Les non usés (NU) présentent un faible pourcentage (15,75 %). La présence de ces grains refléterait une source d'apport proche, avec des sédiments peu évolués.

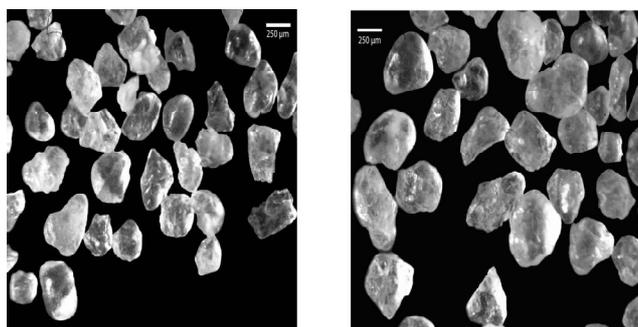


Figure 9: morphoscopique des grains de quartz

L'analyse des grains de quartz en exoscopie (fig. 10) confirme les constatations déjà faites par l'étude morphoscopique et révèle la dominance des émoussés.

En général, les grains de quartz ont été transportés par l'eau. Les ronds-mats, présents surtout dans la partie médiane de la coupe stratigraphique, sont charriés à partir du sable miocène. Pendant la précipitation, l'eau piégée dans les dépressions devient très concentrée en silice et du fait de l'évaporation (température importante), les précipitations siliceuses de différentes formes se mettent en place (cristaux dispersés, globule ou fleurs de silice).

L'échantillon n° 28 C : Les faces sont lisses et elles sont criblées de multiples petites cavités en forme de V très ouvert ou en forme de triangles ; l'orientation constante de ces figures permet de les distinguer aisément des figures d'aspect assez similaire qui, présentes sur des quartz remaniés (LE RIBAUT, 1973).

L'échantillon n° 29 A: Grain de quartz bipyramidé très polis d'origine triasique

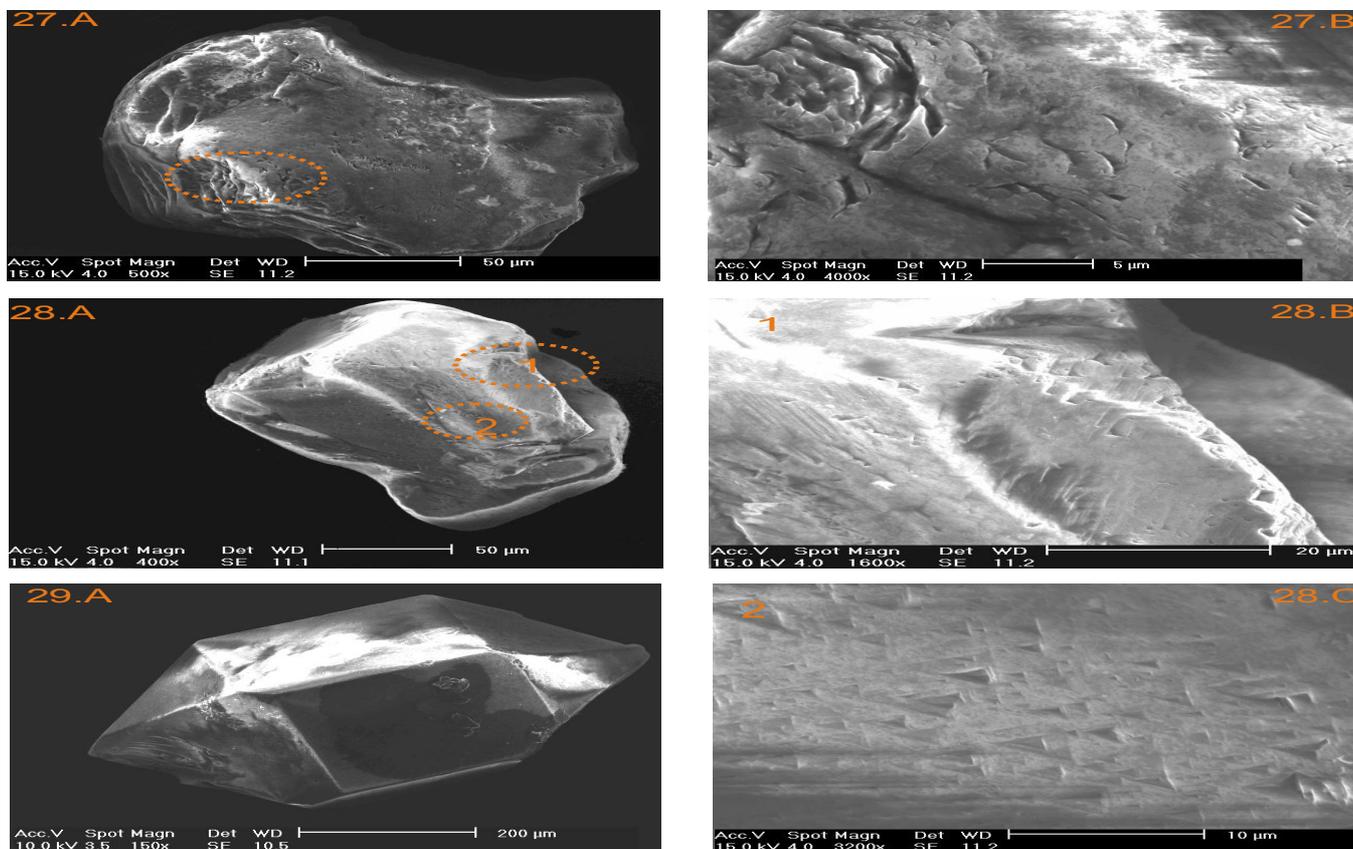


Figure 10: Exoscopie de grains de quartz.

3.3 Etude minéralogique

L'association des minéraux argileux est constituée de smectite 77,32 %, de kaolinite 18,92 %, d'illite 2,79 % et de sépiolite 0,97 % sur toute la terrasse fluviale de Birzguel (fig. 11).

La smectite est en général le minéral dominant. Elle présente des pics indiquant pour la plupart une médiocre cristallinité.

L'origine et les conditions de formation des argiles sont diverses. Ainsi, l'illite se forme sous des climats froids et/ou secs (Millot, 1964 ; Paquet, 1969 ; Chameley, 1971). Elle provient de l'altération des roches silicatées.

La smectite se forme en grande quantité sous l'action d'un climat chaud caractérisé par une alternance de phases humides et sèches (Chamley, 1971).

La smectite est un minéral assez répandu dans les systèmes sédimentaires ce qui rend son interprétation difficile. En Méditerranée, elle est principalement apportée par les fleuves et les oueds.

La kaolinite est la plus abondante sous un climat chaud et humide, le ruissellement ou le drainage assure ainsi l'évacuation des ions.

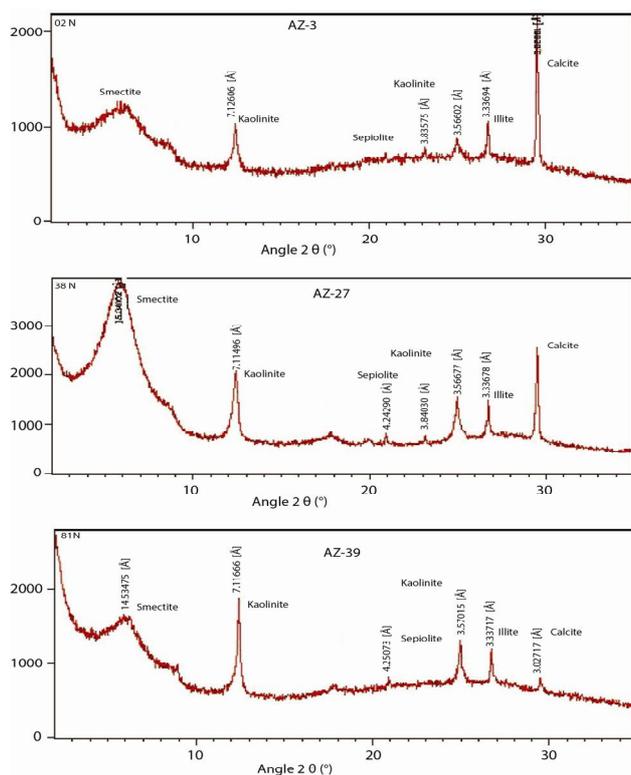


Figure 11: Diffractogrammes de XRD des niveaux (1, 2 et 3).

3.4 Etude magnétique

Les valeurs de la susceptibilité magnétiques sont fortes dans la partie médiane de la coupe stratigraphique juste au-

dessus du niveau archéologique (fig. 12) et diminuent légèrement dans la partie supérieure. Les plus faibles valeurs sont enregistrées dans la partie inférieure. Les valeurs de la dépendance en fréquence de la susceptibilité magnétique (χ_{fd}) sont fortes tout le long de la coupe stratigraphique et témoignent de la présence d'un mélange de grains de taille MD, PMD et SP (avec une prédominance des grains SP). La forte concentration de grains de taille SP révèle la présence d'une pédogenèse importante lors de la mise en place des sédiments.

Les résultats de la calcimétrie sont assez homogènes (fig. 12), avec une teneur moyenne en carbonates de 28 % (de 12 à 44 %). Cependant, leurs pourcentages sont en augmentation dans les mêmes niveaux où la fraction grossière (graviers et cailloux) et le sable grossier enregistrent des proportions modérées. Il est donc envisageable de penser que ces trois fractions aient une même origine. Nous pensons qu'une partie de ces calcaires serait synsédimentaires et a pu précipiter à partir de la dissolution des reliefs calcaires avoisinants (calcaire maastrichtien).

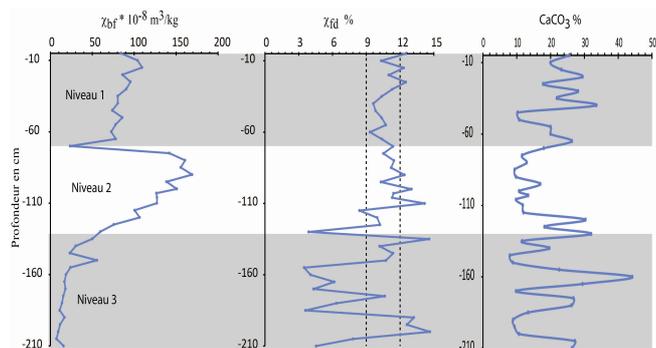


Figure 12: A : Susceptibilité magnétique. B : la dépendance en fréquence de la susceptibilité magnétique %. C : Pourcentage des carbonates de calcium

Le test de Lowrie (1990) permet d'étudier les différentes familles de coercivité présentes dans le remplissage. Un échantillon (n° 3) y a été soumis (fig. 12). Le principe de ce test est la désaimantation thermique en champ nul, jusqu'à 700 °C, de l'échantillon selon trois composantes de coercivité. L'étude des familles de faible coercivité est réalisée selon l'axe X, celles de moyenne coercivité selon l'axe Y et celles de forte coercivité selon l'axe Z. Ce test permet de déterminer les températures de Curie pour différentes populations en même temps. Ces températures de déblocage sont représentées par des ruptures de pente correspondant aux pertes de rémanence magnétique des minéraux.

La présence de l'hématite (680 °C) et de la goéthite (entre 80 et 120°C) (fig. 13) a permis d'estimer la température moyenne annuelle et l'humidité du sol à 17°C et entre 500 et 600 mm (milieu humide et chaud). Ceci indique que le climat était beaucoup plus humide qu'actuellement (15,6 °C et 270 mm) dans la région de Tébessa.

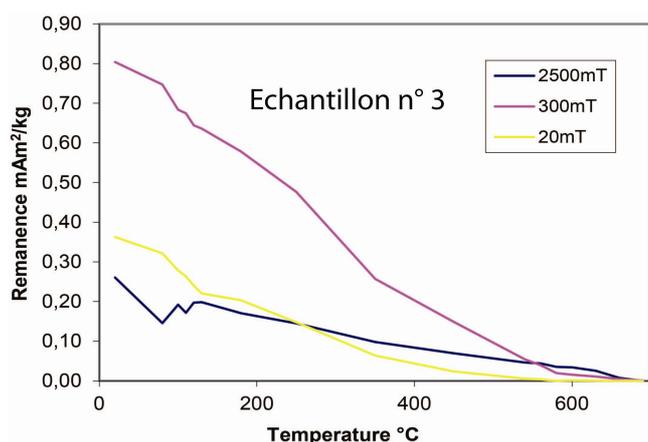


Figure 13: Diagramme de Lowrie de l'échantillon n° 3.

4 CONCLUSION

Les paramètres obtenus à partir de ces résultats (granulométrie, magnétisme des roches, minéralogie des argiles et morphoscopie et exoscopie de grains de quartz) permettent de subdiviser la terrasse d'oued Birzuel en 12 niveaux stratigraphiques.

Les résultats granulométriques révèlent que les sédiments ont une moyenne faible (inférieur à 50 μm), ce qui est dû à leur enrichissement en silt et en sable fin. Les courbes de fréquence sont de type platykurtique à mésokurtique et parfois leptokurtique. Cette évolution indique le mauvais classement des sédiments analysés. Les valeurs de K_G (kurtosis) sont négatives ou proches de zéro et montrent que l'étalement de la courbe se fait du côté de la fraction fine. Les valeurs du Sorting index montrent que le classement est mauvais, très mauvais à extrêmement mauvais et par conséquent, elles relatent l'irrégularité du niveau énergétique de l'agent de transport et plus particulièrement dans le niveau H très riche en gravier.

Les sédiments du niveau C et D montrent un seul stock (courbes de fréquences uni-modales) représenté par les silts (> 75 %), au contraire ceux de la partie médiane et inférieure (niveaux G et J) sont bi à tri-modales, traduisant un mélange de deux à trois populations (sable et silt).

L'observation morphoscopique des grains de quartz à la loupe binoculaire a permis de proposer une évolution plus ou moins importante, puisqu'ils sont souvent émoussés ou sub-émoussés. L'abondance de ces familles de grains de quartz induit un mode de transport aquatique (l'importance du remaniement fluvial). L'étude exoscopique des grains de quartz confirme ces derniers résultats et atteste la dominance des émoussés. Certains grains ont une histoire plus complexe. Dans un premier temps, ces grains ont connu un transport par le vent, puis ont séjourné dans un milieu aquatique (grains émoussés avec un effacement total ou partiel des cupules et des traces de choc par le vent).

L'étude magnétique ne va pas à l'encontre de ces résultats. Les paramètres magnétiques ont des valeurs élevées dans la partie médiane et supérieure, et faibles dans la partie

inférieure. La diminution des valeurs de la SM dans cette partie de la terrasse est liée essentiellement à la dominance de gravier et de sable (matière diamagnétique), déposés sous un régime hydrodynamique fort. Les valeurs de la dépendance en fréquence de la susceptibilité magnétique (χ_{fd}) sont fortes tout le long de la coupe stratigraphique (excepté dans la partie inférieure) et témoignent de la présence d'un mélange de grains de taille MD, PMD et SP (avec une prédominance des grains SP). Le fort pourcentage de grains SP est lié à l'évolution biogéochimique post-dépositionnelle des sédiments (pédogenèse importante).

Le dépôt sédimentaire de cette coupe s'est mis en place pendant la fin du Pléistocène moyen, le Pléistocène supérieur et la fin du Pléistocène supérieur et l'Holocène sous des conditions climatiques plus clémentes que l'actuel. Les variations observées sur les courbes de la granulométrie globale sont le résultat de l'alternance d'un milieu calme favorisant la pédogenèse, avec un régime dynamique caractérisé par la dominance de la fraction grossière (gravier et galet).

RÉFÉRENCES

- [1] CAILLÈRE S., HENIN S. ET RAUTUREAU M. (1982) - *Minéralogie des argiles. 1. Structures et propriétés physico-chimiques*. INRA, Actualités scientifiques et agronomiques, 8, Masson édition, 2e éd., Paris, 184 p
- [2] CAILLEUX A. ET TRICART J. (1963) - *Initiation à l'étude des sables et des galets*. Centre de Documentation Universitaire, Paris, 369 p.
- [3] CHAMELY H. (1979) - North Atlantic clay sedimentation and paleoenvironment since the late Jurassic. En: Deep Drilling Research Atlantic Ocean: Continental Margins and paleoenvironment (Talwani, M., Hay, W. and Ryan, W.B.F (Eds.). *American Geophysical Union. Maurice Ewing Ser*, 3, pp. 342-361.
- [4] DJERRAB A., CAMPS P. ET CHELLIH F. (2008) - Etude paléoenvironnementale des dépôts quaternaires de l'oued Youkous (région de Tébessa, Algérie) : approche magnétique et sédimentologique. Publication de la Faculté des Sciences d'Oujda, Maroc. *RQM4*, pp. 75-89.
- [5] DJERRAB A. ET AÏFA T. (2010a) - Stratigraphy and Palaeoenvironment of the Karain Cave Infill, Antalya, Turkey. *Rock Magnetic Investigations. Studia Geophysica et Geodaetica*, 54, pp. 49-76.
- [6] DJERRAB A. ET HEDLEY I. (2010b) - Etude des minéraux magnétiques du site préhistorique de la Caverna delle Fate (Finale Ligurie, Savona, Italie). *Quaternaire*, 21, 2, pp. 265-280
- [7] FOLK P.L. ET WARD W.C. (1957) - Brazos river bar : a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, pp. 3-26.
- [8] GOBERT E. (1910) - Balles polyédriques à facettes convexes du Paléolithique nord-africain. *Bulletin de la Société préhistorique française*. 7, 8, pp. 417-419.

- [9] HOLTZAPFFEL. T. (1985) - les minéraux argileux ; préparation, analyse diffractométrique et détermination. *Société géologique du nord*, 12, 136 p.
- [10] ANDERSON. J.-R. (2007) - *Sand Sieve Analysis*. In Pamela J. W. Gore "Historical Geology Online Laboratory Manual". Department of Geology. Georgia Perimeter College. 278 p.
- [11] LARQUÉ P. (2002) - Diffraction. Minéralogie de la fraction argileuse. In : *Géologie de la Préhistoire*, GEOPRE éditeur, pp. 601-613.
- [12] LE RIBAULT. L. (1977) - *L'exoscopie des quartz*. Edition Masson. 141 p.
- [13] LOWRIE. W. (1990) - Identification of ferromagnetic minerals in a rock by coercivity and unblocking temperature properties. *Geophys. Res. Lett.* 17, 2, pp. 159-162.
- [14] MAHER B. -A. ET THOMPSON R. (1986) - Paleoclimatic significance of the mineral magnetic record of the Chinese loess and paleosols. *Quaternary Research*. 37, pp. 155-170.
- [15] MAHER B.-A. (1988) - Magnetic properties of some synthetic submicron magnetites. *Geophys. J.* 94, pp. 83-96.
- [16] MASTERSIZER (2000) - Initiation au développement de méthode pour les poudres et les suspensions.
- [17] MILLOT G. (1964) - *Géologie des argiles*. Masson, Paris, 499 p.
- [18] MISKOVSKY J.-C. (2002) - *Géologie de la Préhistoire, méthodes, techniques, applications*. Association pour l'étude de l'environnement géologique de la Préhistoire. Paris, GéoPré, Presses universitaires de Perpignan. 1519 p.
- [19] MULLINS C.-E. (1977) - Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science – a review. *J. Soil Sci.* 28, pp. 223-246.
- [20] PAQUET H. (1969) - *Evolution géochimique des minéraux argileux dans l'altération et les sols des climats méditerranéens et tropicaux à saisons contrastées*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Strasbourg, 348 p.
- [21] PEDRO G. (1965) - La classification des minéraux argileux (Phyllosilicates). Étude historique et considérations critiques. Institut National de la Recherche Agronomique. *Annales Agronomiques*. 16, 1, 108 p.
- [22] PYE K. ET BLOTT S.-J. (2004) - Particle size analysis of sediments, soils and related particulate materials for forensic purposes using laser granulometry. *Forensic Science International*. 144, pp. 19-27.
- [23] RIVIERE A. (1977) - *Méthodes granulométriques. Techniques et interprétations*. Coll. *Techniques et méthodes granulométriques*. Masson édition, Paris, 170 p.
- [24] RIVIERE A. (1977) - *Méthodes granulométriques, technique et interprétation*. Édition Masson. 170 p.
- [25] ROBERT M. (1975) - Principes de détermination qualitative des minéraux argileux à l'aide de rayons X. *Annales Agronomiques*. 26, 4, pp. 363-399.
- [26] VERGER F. (1963) - *Les techniques d'analyse granulométrique*. Mémoires et documents, tome IX, fasc. 1, CNRS, 64 p.
- [27] WESTPHAL W., GUREVITCH E.-L., SAMSONOV B.-V., FEINBERG H., POZZI J.-P. (1998) - Magnetostratigraphy of the lower Triassic volcanics from deep drill SG6 in western Siberia: evidence for long-lasting Permo-Triassic volcanic activity. *Geophys. J. Int.* 134, pp. 254-266.