

ORIGINE ET DISTRIBUTION DES MINÉRAUX LOURDS ET DES MINÉRAUX ARGILEUX MARINS DANS LA ZONE LITTORALE DE BOUMERDES.

Mohamed BOUHMADOUCHE* et Makhlouf BOUTIBA*

RÉSUMÉ

La connaissance des minéraux lourds et argileux et leurs répartitions dans les sédiments superficiels du plateau continental de la partie ouest de la baie de Zemmouri a été réalisée à partir de l'étude de 173 échantillons, prélevés dans la bande côtière (136) et au large (37). L'étude des assemblages de minéraux lourds a été opérée sur trois fractions granulométriques de sables (80-160 μm), (160-400 μm) et (400-800 μm), à l'aide d'un microscope pétrographique après séparation au bromoforme. Les résultats obtenus montrent la présence d'une fraction lourde comprenant tourmaline, hématite, biotite, sphène et zircon et une fraction légère englobant quartz, muscovite, orthose, calcite et une phase biogène. La distribution de ces assemblages de minéraux lourds au débouché de l'oued Boumerdes et de l'oued Boudouaou indique que, ces minéraux proviendraient du complexe éruptif de Thénia drainés par l'oued Boumerdes et du démantèlement du promontoire cristallophyllien du "Rocher Noir". Les minéraux argileux présents dans cette zone, sont caractérisés essentiellement par l'association de la kaolinite, de l'illite et de la chlorite.

A l'origine, cette étude a été initiée dans le but de déterminer d'abord, la cartographie superficielle sédimentaire fine (argiles) de la baie de Zemmouri et enfin, pour permettre de suivre l'évolution quantitative et qualitative des apports fluviaux depuis le domaine continental jusqu'à leur distribution dans le domaine marin, en considérant les facteurs hydrodynamiques ayant participé à cette évolution, ceci, grâce à la traçabilité par les minéraux lourds.

Mots-clés - Minéraux lourds - Minéraux argileux - Sources - Dynamique sédimentaire - Classement - Plateau continental.

ORIGIN AND DISTRIBUTION OF HEAVY AND CLAY MINERALS IN THE MARINE COASTAL AREA OF BOUMERDES.

ABSTRACT

A knowledge of heavy and clay minerals and their distribution in the surface sediments of the Zemmouri Western Bay continental shelf was carried out from the study of 173 samples, taken from the coastal strip (136) and from the open (37). The study of heavy mineral assemblage was performed on three size of fractions of sand ((80-160 μm), (160-400 μm) and (400-800 μm), using a petrographic microscope after separation in Bromoform. The obtained results show the

*Faculté des Sciences de la Terre, de la Géologie et de l'Aménagement du Territoire, Université Houari Boumediène, BP. 32 El-Alia - Alger, Algérie.

E-mail : mbouhamadouche@gmail.com; mboutiba61@yahoo.fr

- Manuscrit déposé le 31 Mai 2011, accepté après révision le 04 Mars 2012.

presence of a heavy fraction comprising Tourmaline, Hematite, Biotite, Sphene and Zircon. A light fraction comprises Quartz, Calcite, Muscovite, Orthoclase and biogenic phase.

The distribution of these two heavy mineral assemblages at the mouth of the Boumerdes Wadi and the Boudouaou Wadi indicates that these minerals are probably derived from the metamorphic complexe of Thenia and drained by the Boumerdes Wadi and from the dismantling of the cristallophyllian promontory of "Rocher Noir".

The clay minerals present in this area are mainly characterized by the association of Kaolinite, Illite and Chlorite.

Originally, this study has been made in order to determinate first, the mapping surface of fine marine sediments and finally to follow the quantitative and qualitative changes in time and in space of the fluvial sediment contribution from the continental domain until their distribution to marine field by considering the hydrodynamic factors involved in this development in favor for traceability by heavy minerals.

Keywords - Heavy minerals - Clay minerals - Sources - Sedimentary Dynamics - Rating - Continental Shelf.

INTRODUCTION

Ce travail constitue une contribution à un thème de recherche orienté vers la détermination des phénomènes géomorphologiques et sédimentologique en zone côtière. Il s'inscrit dans le cadre d'un vaste programme d'étude du plateau continental algérien.

En effet, cette portion de côte qui s'étend de Boudouaou El Bahri jusqu'à Boumerdes, est menacée par de nombreux phénomènes anthropiques et naturels (ruissellement des eaux et infiltrations en falaises littorales, élévation du niveau marin due aux tempêtes, etc.). Parmi ces menaces, l'érosion et la modification du milieu côtier sont lourdes de conséquences. À l'heure actuelle, la prédiction de l'évolution de ces zones littorales devient indispensable.

Afin de répondre à cette problématique et prévoir cette évolution, il serait nécessaire de connaître la dynamique sédimentaire côtière et de comprendre les interactions entre les facteurs qui la contrôlent.

La dynamique côtière est contrôlée par de nombreux facteurs qui agissent à différentes échelles

de temps et d'espace. Sur le court terme, l'évolution d'un système côtier microtidal est influencée par l'action de la houle, des tempêtes, des interactions houle/courant et par la morphodynamique des corps sédimentaires littoraux (barres sableuses, cordons littoraux etc.). À plus long terme, la dynamique côtière dépend des variations du niveau marin, de la morphologie héritée et de l'hydrodynamique globale du système

L'objectif de cette étude est, dans un premier temps, de compléter les connaissances des systèmes littoraux de la grande baie de Zemmouri qui s'étend en termes d'entité géomorphologique du cap Matifou jusqu'au cap Djinet.

Nous nous sommes, dans le cadre de cet article, plus particulièrement attachés à caractériser les cortèges sédimentaires et minéralogiques (minéraux lourds et légers) transitant par les différents oueds et aboutissant en dépôts marins littoraux.

Les fluctuations de la concentration des minéraux lourds dans les sédiments superficiels terrigènes de la plate forme continentale, peuvent être dues à plusieurs facteurs tels que, la source d'apport, les processus sédimentaires d'altéra-

ORIGINE ET DISTRIBUTION DES MINÉRAUX LOURDS ET DES MINÉRAUX ARGILEUX MARINS
DANS LA ZONE LITTORALE DE BOUMERDES

tion et de transport (Mange et Maurer, 1992; Morton et Hallsworth, 1999).

Parallèlement à ces minéraux lourds et pour une étude minéralogique complète de la fraction fine (inférieure à $40 \mu\text{m}$), nous avons également déterminé la nature et établi la cartographie des différents minéraux argileux présents dans les fonds marins littoraux de cette région.

1. CADRE PHYSIQUE RÉGIONAL

Le site de Boumerdes situé à une quarantaine de kilomètres d'Alger, se trouve au centre de la grande baie de Zemmouri (fig. 1). L'ensemble de la zone est limité à l'ouest par l'estuaire de Réghaia à la côte et par l'îlot Bounettah en mer, à l'est par le massif éruptif de Thénia qui forme

en sa partie septentrionale, le promontoire du "Rocher Noir" où aboutit l'oued Boumerdes. Sur les cartes topographiques de Thénia et d'Alger, il correspond au rectangle situé entre les longitudes $3^{\circ} 21'$ et $3^{\circ} 29'E$ et $36^{\circ} 46'$ et $36^{\circ} 50'N$.

Les apports solides qui débouchent dans la baie sont charriés par les différents oueds pendant les périodes de crues. Les sédiments sont déposés suivant le schéma classique de la granulométrie décroissante de la côte vers le large. Les principaux bassins versants qui alimentent la côte en sédiment sont ceux de l'oued Corso (avec un volume de $0.11 \text{ Mm}^3/\text{an}$) et l'oued Boudouaou (avec un volume de $0.23 \text{ Mm}^3/\text{an}$ de sédiments transportés vers la mer) (ANRH). Dans ces bassins versants affleurent de larges étendues de roches métamorphiques (socle) et de roches ignées tels que le granite, granodiorite, rhyolite et dolérite.



Fig. 1 - Réseau hydrographique de la zone ouest de la baie de Zemmouri
Hydrographic system of Western Zemmouri Bay area

1.1. Contexte géologique

La région de Thénia-Boumerdes appartient aux zones internes des maghrébides qui constituent la branche sud de l’orogène alpin périméditerranéen (Durand Delga et Fontboté, 1980). Structuralement, les Maghrébides se subdivisent en une zone interne (socle et dorsale kabyles) et une zone externe constituée par des nappes de flyschs (Maurétanien, Massylien) et nappes telliennes. Le socle kabyle de nature métamorphique, constitue les massifs anciens formant le pointement du "Rocher noir" à Boumerdes mais aussi à Bordj-El-Bahri et à Alger (fig. 2).

A Boumerdes, le socle métamorphique littoral qui affleure au nord du massif granodioritique (volcanisme néogène) est constitué par deux séries : une série formée de schistes satinés et des schistes à biotite, et une autre composée des schistes à deux micas avec des gneiss ocellés (Belanteur, 1989).

Entre Cap Matifou à l’ouest et Aïn Taya, les affleurements rocheux sont constitués de roches

métamorphiques (schistes et micaschistes appartenant au socle) et des intrusions magmatiques englobant des andésites quartzitiques du Burdigalien et des rhyolites du Vindobonien. Ces dernières se rencontrent au niveau de La Marsa et Aïn Taya.

La zone littorale est formée de roches magmatiques sous forme de petits pointements dans le socle cristallophyllien, à la limite socle- Miocène et dans le Miocène (fig. 2). On y trouve les granites leucocrates, les pegmatites ainsi que le granodiorite de Thénia (Belanteur, 1989).

Les faciès mio-plio-quaternaires constituent la majeure partie du terrain d’étude. Les formations post-nappes du Miocène, les sédiments d’âge pliocène et quaternaire résultant des apports provenant du Tell septentrional s’étendent de la faille dite de "Thénia" jusqu’à Bordj-El-Bahri. Ainsi, entre les promontoires de Bordj-El-Bahri et celui de Boumerdes une partie de la côte est-algéroise limitée par les caps suscités serait effondrée (terminaison du bassin néogène de la

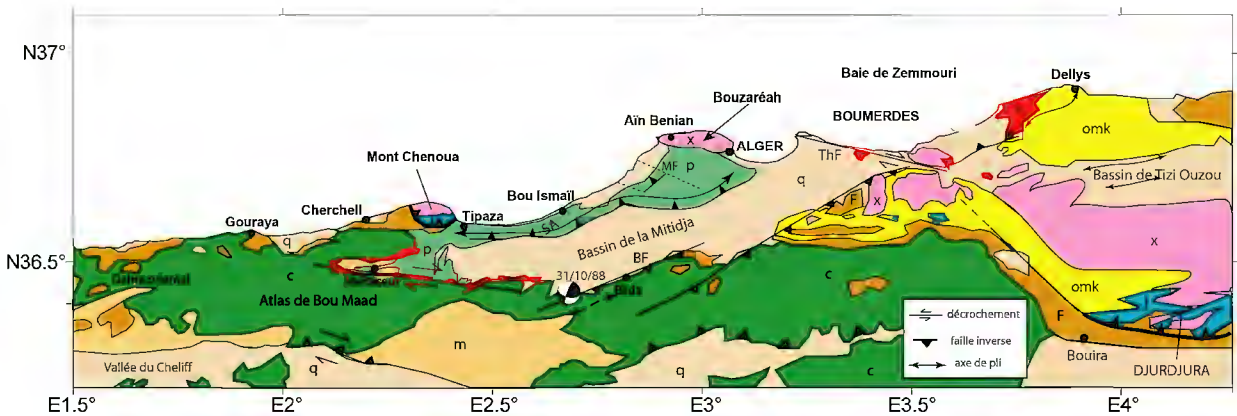


Fig. 2 - Carte géologique et structurale simplifiée de la zone d’étude

Simplified geological and structural map of study area

(modifiée d’après Yelles et al., 2006; Kieken, 1962; Wildi, 1983 et Boudiaf, 1996 in : Domzig, 2006).

(Modified by Yelles and al., 2006; Kieken, 1962; Wildi, 1983 and Boudiaf, 1996 in : Domzig, 2006).

SA : anticlinal du Sahel (**Sahel anticline**), **BF:** faille de Blida (**Blida fault**), **ThF:** faille de Thénia (**Thénia fault**), **MF:** faille de Mahelma (**Mahelma fault**), **X:** socle métamorphique kabyle (**Kabyle metamorphic basement**), **Zi:** zones internes (**internal areas**), **F:** flyschs (**Flyshs**), **omk:** Oligo-Miocène Kabyle (**Kabyle Oligo-Miocene**), **c:** Crétacé (**Cretaceous**), **m:** Miocène (**Miocene**), **q:** Quaternaire (**Quaternary**), **p:** Pliocène (**Pliocen**), **v:** volcanisme (**Volcanism**).

Mitidja orientale). La zone étudiée intéresse une portion de la marge algérienne localisée dans la partie occidentale de la grande baie de Zemmouri.

1.2. Processus océanographiques

Les données de vents et de houles exploitées dans ce travail, proviennent des séries statistiques recueillies sur dix ans (1994-2004), dans le cadre du projet européen « MEDATLAS », et publiées à la fin de ce projet en avril 2004 dans le « WIND AND WAVES ATLAS OF THE MEDITERRANEAN SEA ».

Le littoral de la zone centrale d'Algérie est caractérisé par deux régimes fondamentaux du vent, générés par la position relative de l'anticyclone des Açores sur l'Atlantique Nord. Durant l'automne et l'hiver, l'anticyclone des Açores occupe relativement une position vers le sud. En conséquence, les cellules de basses pressions et les fronts associés se trouvant sur l'Atlantique pénètrent en Méditerranée et se déplacent vers l'est. Cette situation engendre le développement de vents dominants de directions ouest et nord-ouest avec des fréquences respectives de 27% et 14%. Aussi, durant cette période les vents sont forts avec des vitesses supérieures à 12m/s. Durant le printemps et l'été, la remontée vers le nord de l'anticyclone des Açores engendre le développement d'un régime de vents dominants de directions est et nord-est avec des fréquences respectives de 36% et 26%. Également, pendant cette période les vents restent particulièrement constants, les vitesses enregistrées n'excèdent pas les 9m/s.

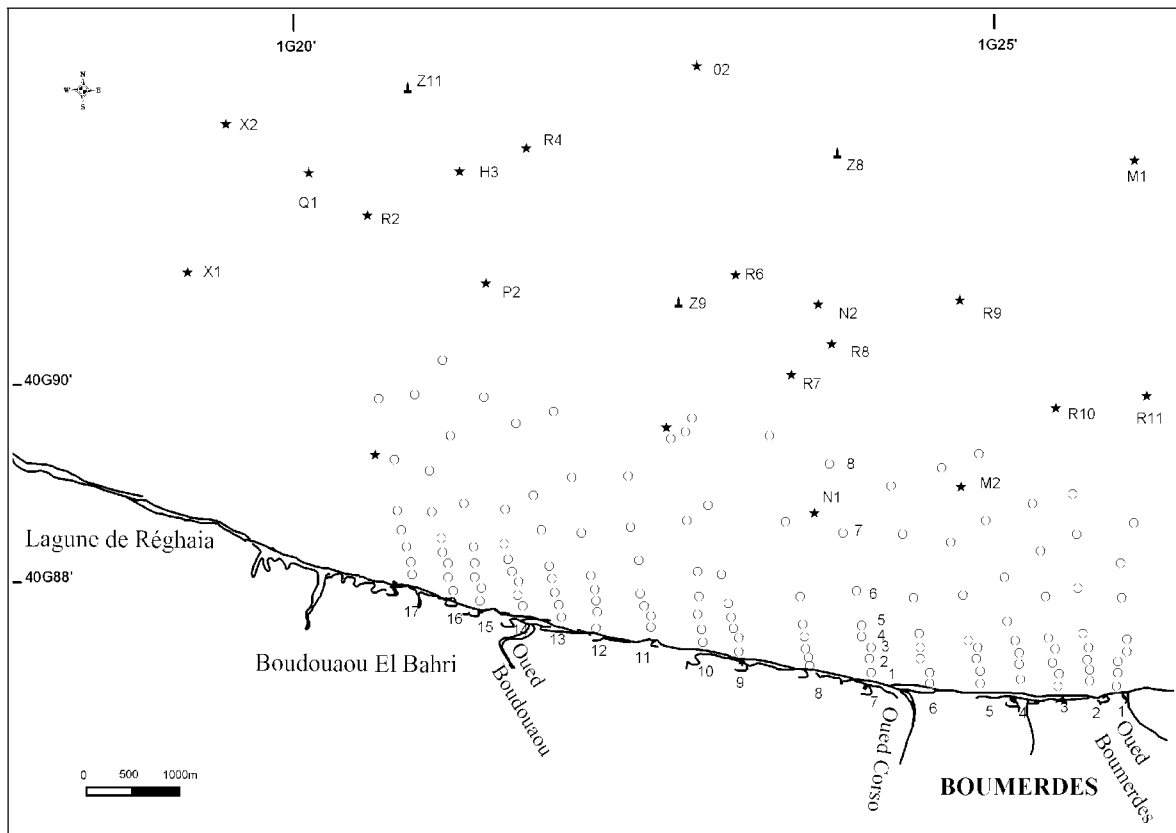
Le régime hydrodynamique général de la côte algéroise est caractérisé par les houles qui proviennent des secteurs ouest, nord-ouest, nord et nord-est. Les houles deferlantes sont les premières responsables du transport sédimentaire et constituent l'agent d'érosion le plus important dans la dynamique littorale. Les analyses effectuées sur les données de houles, ont montré que les houles les plus fréquentes sont issues des secteurs ouest

(N270°) et nord-est (N60°) avec des fréquences respectives de 12% et 19.8% et des amplitudes maximales <1.5m. Les fortes agitations avec des amplitudes supérieures à 3 m sont moins fréquentes et proviennent essentiellement des secteurs ouest et nord-ouest. Les hauteurs significatives (Hs) des houles enregistrées varient entre 0,25m à 4m et exceptionnellement 6m. Les houles qui ont une hauteur significative comprise entre 0,25 m et 1m représentent plus de 57,46 %, ce qui équivaut à plus de 210 jours/an. La classe des houles qui ont des amplitudes qui oscillent entre 1 et 1,75 m représentent 27,32 %, soit 100 jours/an. Les fortes houles dont l'amplitude est supérieure à 1.75m représentent 15,23 % soit 56 jours/an. Les périodes de houles dominantes varient entre 5.03s et 8.1s avec une fréquence de 54,3% soit 202 jours/an.

Nous constatons que les deux directions dominantes des houles ouest et nord-est assurent l'essentiel de la dynamique sédimentaire littorale. Nous notons quelquefois, certains vents côtiers opposés à ces directions dominantes mais cela n'influe guère sur les directions dites majeures de la côte est-algéroise.

2. MÉTHODOLOGIE

La présente étude est basée sur l'analyse de 173 échantillons, prélevés au niveau de la couverture superficielle meuble de la partie occidentale du plateau continental de la baie de Zemmouri. L'échantillonnage du plateau continental a été effectué en deux étapes : les prélèvements côtiers localisés dans la bande côtière qui s'étale de la ligne de rivage jusqu'à 2500 m de celle-ci (fig.3). Ces prélèvements ont été effectués à l'aide d'une benne preneuse de type Van-Veen à partir d'une embarcation pneumatique, suivant une maille de 500 * 500 m et ceci jusqu'à une profondeur de 30 m. Les prélèvements du large ont été effectués à l'aide d'une benne Shipeck et un carottier à gravité Kullenberg, à bord du navire océanographique M.S. Benyahia, nécessitant un support nautique



Les carottes sont représentées par les figures * et z.

Les prélèvements superficiels sont représentés par des ronds numérotés de 1 à 8 de la côte vers le large ; les radiales sont numérotées de 1 à 17.

Fig.3 - Positionnement des prélèvements superficiels et des carottes sédimentaires

Positioning surface samples and sediment cores

plus élaboré, en raison de l'approche plus régionale de l'étude. Ainsi, 37 prélèvements (des 180 prélevés à des fins sédimentologiques) ont été réalisés jusqu'à des profondeurs de l'ordre de 200 mètres.

Le positionnement des prélèvements de surface dans la bande côtière a été construit par la méthode dite de triangulation. Au large, le positionnement des prélèvements et l'échantillonnage ont été effectués à bord du navire "M.S. Benyahia".

Les échantillons ont été traités suivant le protocole classique sédimentologique de laboratoire. La fraction sableuse obtenue, est séchée et tamisée pour obtenir les 03 classes granulométriques

(800-400 μ m), (400-160 μ m) et (160-80 μ m) qui statistiquement recèlent les plus importants taux en minéraux lourds. Les minéraux lourds présents dans ces trois classes granulométriques ont été séparés au bromoforme de densité $d=2.7$. Les minéraux ainsi récupérés, ont été fixés sur lames minces puis étudiés sur microscope pétrographique.

Les résultats du comptage microscopique sont par la suite traduits en pourcentage. Le pourcentage des minéraux lourds d'une fraction donnée est obtenu en faisant le rapport en poids des minéraux lourds de cette fraction par rapport à la fraction détritque totale. Le pourcentage de la totalité des minéraux lourds est calculé par rapport à la fraction détritque grossière totale.

ORIGINE ET DISTRIBUTION DES MINÉRAUX LOURDS ET DES MINÉRAUX ARGILEUX MARINS
DANS LA ZONE LITTORALE DE BOUMERDES

Concernant les minéraux argileux, après tout le protocole de séparation des argiles de l'échantillon brut nous avons établi pour chaque échantillon argileux la méthode classique de 3 lames minces (naturelle, glycolée et chauffée) passées au RX.

3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Nature et répartition des minéraux lourds

De manière générale, le cortège minéralogique lourd-léger des sables de Boumerdes présente une certaine monotonie, que ce soit du point de vue qualitatif que quantitatif. En effet, l'uniformité observée ne nous permet pas d'élaborer des cartes d'iso-teneurs de tel ou tel minéral. Cependant, dans le cas des 2 auréoles de Boumerdes et de Boudouaou, nous donnerons les cortèges minéralogiques particuliers à ces deux zones.

Tourmaline, biotite, hématite, sphène et zircon sont les composants majeurs du spectre des minéraux lourds. L'olivine, l'épidote, l'orthopyroxène et le clinopyroxène sont très rares.

Tableau I - Distribution de la fraction minérale "lourde et légère" devant l'oued Boudouaou, l'oued Boumerdes et de la zone centrale (pourcentage en poids).

Distribution of the "heavy and light" mineral fraction in front of the Boudouaou Wadi, Boumerdes Wadi and the central area (weight percentage).

Minéraux lourds	Oued Boudouaou	Zone centrale	Oued Boumerdes
Tourmaline	15	3	20
Hématite	12	2	10
Biotite	5	4	7
Sphène	1	0	1
Zircon	0-1	0	0-1
Minéraux légers			
Quartz	40	60	30
Muscovite	10	10	1
Orthose	1	1	2
Calcite	8	10	5
Phase biogène	8	10	10

La tourmaline est le minéral le plus caractéristique du cortège minéralogique lourd et représente à elle seule 20 à 60 % des 3 fractions étudiées. Elle est de couleur verte essentiellement mais apparaît parfois brune. L'hématite représente 20 à 40 %, la biotite représente 10 à 30 % de la fraction lourde. Les minéraux accessoires sont représentés par le sphène (1 à 8 %) et le zircon (1 à 5 %) (tabl. I).

Les minéraux légers sont représentés par un cortège varié de minéraux où le quartz occupe près de 60 % de la fraction détritique, ces minéraux se retrouvent très fréquents dans les falaises côtières du Corso. Les feldspaths sont représentés par l'orthose et les micas par de la muscovite très abondante (20 à 30 %) et présente dans tous les échantillons prélevés à Boumerdes. La phase biogène caractérise l'essentiel de la fraction carbonatée de la région d'étude.

3.1.1. Distribution de la fraction minérale lourde totale

La répartition des minéraux lourds (fig.4) montre des teneurs variant en moyenne entre 1 et 20 % avec 2 maxima de 28 % aux embouchures de l'oued Boumerdes et de l'oued Boudouaou. Ces teneurs importantes sont en fait localisées exclusivement aux alentours immédiats des embouchures de ces 2 oueds, traduisant ainsi une origine des apports et un transit côtier résultant depuis la source jusqu'au milieu de dépôt.

A. Distribution de la fraction lourde 800-400 μm

La faible représentativité de cette fraction ne nous permet pas d'évaluer qualitativement les valeurs obtenues. Il est à souligner également, que cette fraction granulométrique est elle même assez peu représentée à l'échelle régionale. Néanmoins, nous remarquons que les teneurs supérieures à 5 % ne montrent qu'une auréole collée à l'est de la région d'étude, à l'embouchure de l'oued Boumerdes.

Hormis cette auréole, la totalité de la région montre des teneurs très faibles oscillant autour de 1% de minéraux lourds dans la fraction 800-400 μ m.

B. Distribution de la fraction lourde 400-160 μ m

Les teneurs en minéraux lourds de cette fraction sont sensiblement plus élevées avec des valeurs maximales de 12%.

Mais le même cas de figure que celui décrit ci-dessus est observable, ne montrant qu'une seule province où les teneurs dépassent 5% à l'embouchure de l'oued Boumerdes.

C. Distribution de la fraction lourde 160-80 μ m

La fraction granulométrique 160-80 μ m est caractérisée par des teneurs nettement supérieures aux 2 fractions précédentes; c'est la plus riche en minéraux lourds du sédiment détritique grossier (fig.5).

En effet, les plus grandes teneurs s'observent au droit de l'oued Boudouaou (27.5 %), ainsi qu'au débouché de l'oued Boumerdes où la teneur maximale est de 23.5%. Ces dernières s'atténuent vers l'ouest d'où une marque de transit côtier à résultante vers l'ouest. Mis à part ces 2 domaines, les teneurs restent très faibles au centre et au nord de la zone de Boumerdes où elles varient de 0 à 4% .

En résumé de l'observation de ces 3 fractions, nous pourrions déduire que plus la taille des grains diminue, plus la teneur en minéraux lourds augmente contrairement à d'autres régions où l'inverse a été constaté (Golfe de Gascogne, Lapierre et Klingebiel, 1966).

Cette importance en minéraux lourds dans la fraction la plus fine s'explique logiquement avec les résultats de l'étude en lames minces, qui a montré des minéraux dont la taille est réduite dans la roche mère (granite de Thénia, mica-schistes du "Rocher Noir").

3.2. Minéralogie des argiles

«L'héritage des minéraux depuis les terres émergées est le phénomène essentiel responsable de la sédimentation marine» (Chamley, 1971). En effet, les argiles observées en mer proviennent en fait, des altérations et érosions continentales par l'intermédiaire des grands fleuves et dans une moindre mesure par les vents, puis dispersés principalement par les différents courants marins.

Ces minéraux peuvent être transformés lors des changements du milieu continental (fluviale) vers le milieu marin.

Ce sont soit des cicatrisations cristallines, soit des cicatrisations (néoformation de la smectite à partir des cendres volcaniques), soit enfin, une transformation de minéraux argileux sous l'effet des ions en solution.

En Méditerranée, suivant les domaines étudiés et pour de nombreux auteurs on retrouve généralement le même groupe de minéraux à savoir la kaolinite, la chlorite et l'illite.

En Méditerranée occidentale, la prédominance de l'illite et son origine détritique sont confirmées par Nesteroff et Biscaye, ainsi que par Ratéev et Kheirov (*in* : Chamley; 1995).

Sur les côtes algériennes, l'augmentation de la kaolinite par rapport aux autres argiles est nette et correspond à l'érosion des sols et paléosols continentaux surtout le miocène post-nappe très riche en argile de ce type.

ORIGINE ET DISTRIBUTION DES MINÉRAUX LOURDS ET DES MINÉRAUX ARGILEUX MARINS
DANS LA ZONE LITTORALE DE BOUMERDES

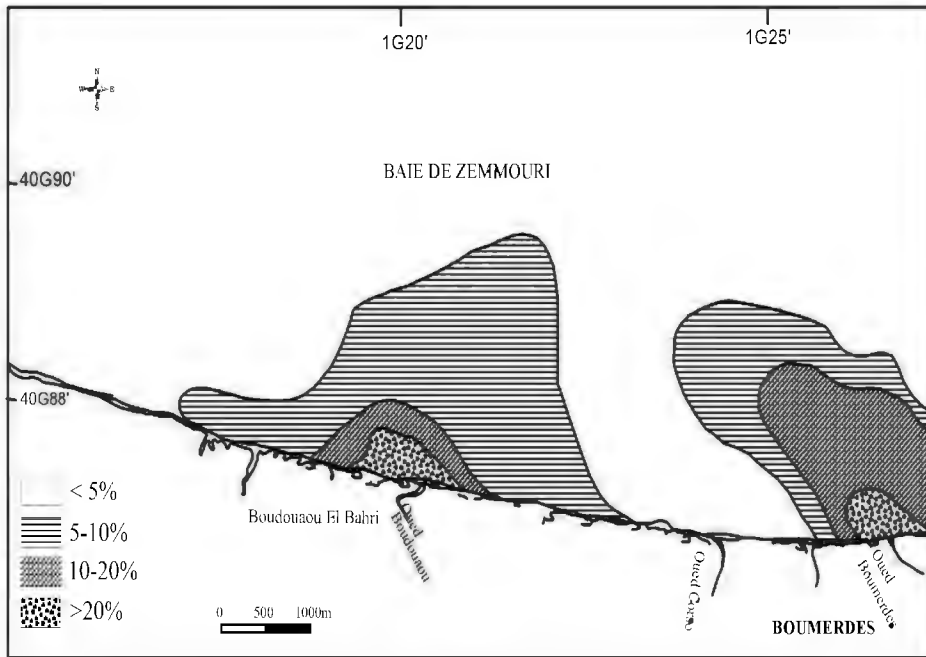


Fig. 4 - Répartition de la fraction totale des minéraux lourds
Distribution of the heavy minerals total fraction

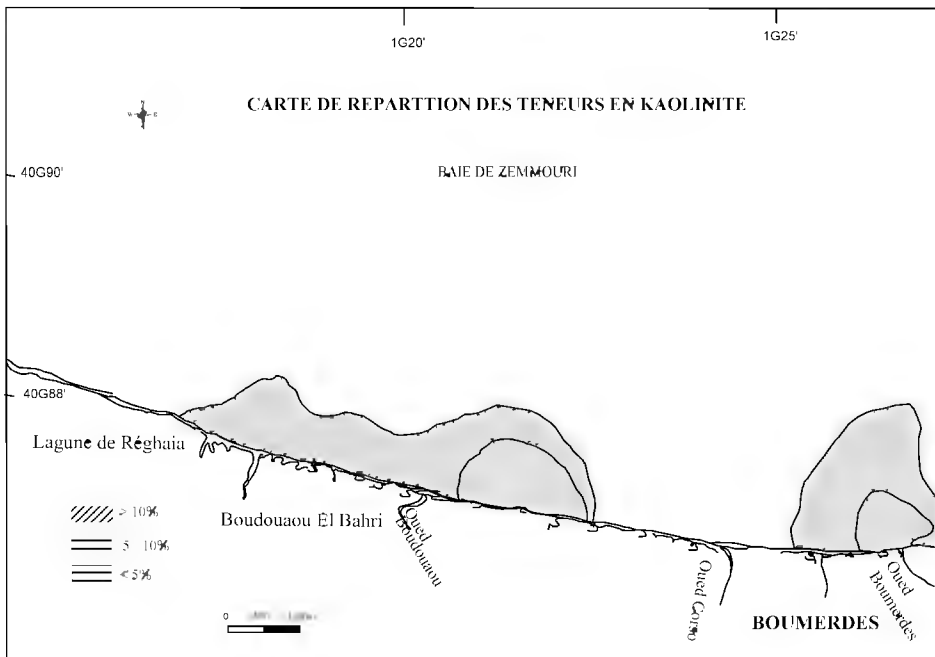


Fig. 5 - Répartition de la fraction minérale lourde 160-80µm
Distribution of the heavy mineral fraction 160-80µm

Dans une étude régionale plus détaillée dans la minéralogie du matériel en suspension et en concordance avec l'étude faite par H. Chamley (1971); et H. Pauc (1991) dresse un tableau montrant la composition minéralogique des suspensions de crues des principaux oueds en Algérie (pour la crue générale de février 1982, tabl. II). En ce sens, il décrit une province potentiellement kaolinique à l'ouest et au centre (Chélif et Isser), et une province "illitique" à l'est (Sebaou, Soummam). La smectite n'a pas pu être prise en considération pour des raisons purement techniques de l'appareillage de diffraction des RX.

Notre étude sur la minéralogie des argiles nous a permis, à l'échelle régionale, de cartographier ces argiles, de déterminer leur nature, leur origine et enfin leur évolution spatiale.

3.2.1. Analyse minéralogique de la fraction argileuse

L'analyse minéralogique de la fraction inférieure à $2\mu\text{m}$ a donné les résultats suivants: les teneurs en minéraux argileux (kaolinite, illite, chlorite et smectite) ont été estimées à partir des surfaces des pics de diffraction de chaque espèce minéralogique par rapport à la fraction inférieure à $2\mu\text{m}$ totale contenant les teneurs en quartz, en interstratifiés et enfin en calcite résiduelle (bien

Tableau II - Composition minéralogique des suspensions des principaux oueds d'Algérie (Pauc, 1991).

Mineralogical composition of the suspensions of the main wadis in Algeria (Pauc, 1991).

argile	oued	Chelif	Mazafran	Isser	Sébaou	Soummam
kaolinite		36%	38	36	15	23
chlorite		16	3	14	13	19
smectite		21	29	24	38	22
illite		27	30	26	34	36
argiles		74	68	50	76	49
détritiques		18	22	41	20	38
calcite		7	9	7	3	11

que les échantillons soient bien décalcifiés il reste toujours de la calcite «résiduelle»). Le tout étant considéré à 100%.

Pour obtenir les pourcentages relatifs des minéraux argileux entre eux, on considère le total des surfaces des pics de l'illite (5 A°), de la kaolinite (3.63 A°) et de la chlorite (3.56 A°), comme équivalent à 100%. Ensuite on rapporte chacune des surfaces à ce total, ce qui donne le pourcentage relatif de chacune des argiles du mélange.

3.2.2. Caractères minéralogiques

L'ensemble des pourcentages a été déterminé sur les 3 essais. En ce qui concerne les facteurs de correction, on a corrigé la surface du quartz résiduel en la multipliant par le coefficient 5 et celle de l'illite en multipliant par 1,35 (facteur de correction expérimentale de l'appareil, (Philips de type PW 1316)).

La précision de cette méthode reste très relative en fonction de l'état cristallin des minéraux. Sur l'ensemble des dépôts, on a estimé les quantités relatives des minéraux argileux suivant :

- la kaolinite, représentée par son pic à $3,63\text{ A}^\circ$ interférant généralement avec le pic de la chlorite;

- la chlorite, représenté par son pic à $3,54\text{ A}^\circ$ (son 2^{ème} pic à 7 A° interfère avec celui de la kaolinite);

- l'illite caractérisée par son pic à 5 A° .

On retrouve ces 3 minéraux souvent associés à une faible proportion d'interstratifiés (pics de $10\text{ à }14\text{ A}^\circ$), au quartz résiduelle (pic à $3,33\text{ A}^\circ$) et à la calcite résiduelle (pic à $3,07\text{ A}^\circ$). Notons enfin, que ces minéraux argileux sont généralement bien cristallisés en comparaison avec le feldspath avec une teneur faible, et les interstra-

ORIGINE ET DISTRIBUTION DES MINÉRAUX LOURDS ET DES MINÉRAUX ARGILEUX MARINS
DANS LA ZONE LITTORALE DE BOUMERDES

tifiés, ainsi que, la smectite en trace dans les échantillons argileux.

3.2.3. Distribution des minéraux argileux dans le sédiment superficiel

La répartition des minéraux argileux dans la fraction détritique inférieure à $2\mu\text{m}$ (fig. 6) montre des variations des pourcentages entre 13 et 72%. Les taux les plus élevés sont observables dans la partie orientale de la zone d'étude en face des oueds Boumerdes et Corso.

Une polarité visible des teneurs paraît croissante de l'est vers l'ouest. Cette concentration maximale indique que les apports argileux proviennent des trois oueds Corso, Tatareg et Boumerdes, chenalisés vers l'est jusqu'au droit de l'oued Boumerdes puis piégés dans un chenal orienté sud-nord (fig. 1) et évacués vers le large.

Par ailleurs, la ligne des 50% semble se rapprocher de la côte au droit de l'oued Boudouaou ce qui explique la concentration des minéraux argileux à cet endroit (supérieure à 50%). Ces argiles proviendraient des terrains miocènes du bassin versant de l'oued Boudouaou et drainés par ce dernier vers la mer.

A. La kaolinite

La kaolinite qui est le minéral cardinal est très largement distribuée dans les sédiments fins superficiels (fig. 7). Ses teneurs dépassent en moyenne celles de l'illite, elles sont comprises entre 20 et 52%. Avec ceux de l'illite, ce sont les 2 plus importants taux (70 à 80%) de la fraction minérale argileuse.

C'est dans le secteur central de la région de Boumerdes et au droit de l'oued Boudouaou que

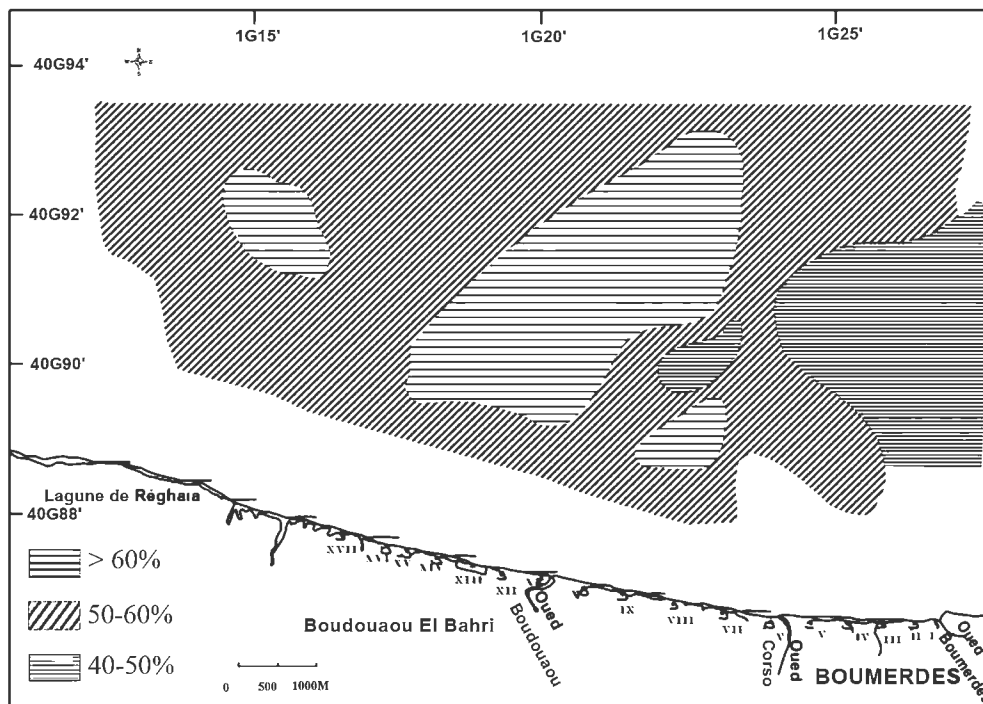


Fig.6 - Carte de répartition des teneurs en argiles ($<2\mu\text{m}$) dans les sédiments superficiels

Distribution map of clay content ($<2\mu\text{m}$) in surface sediments

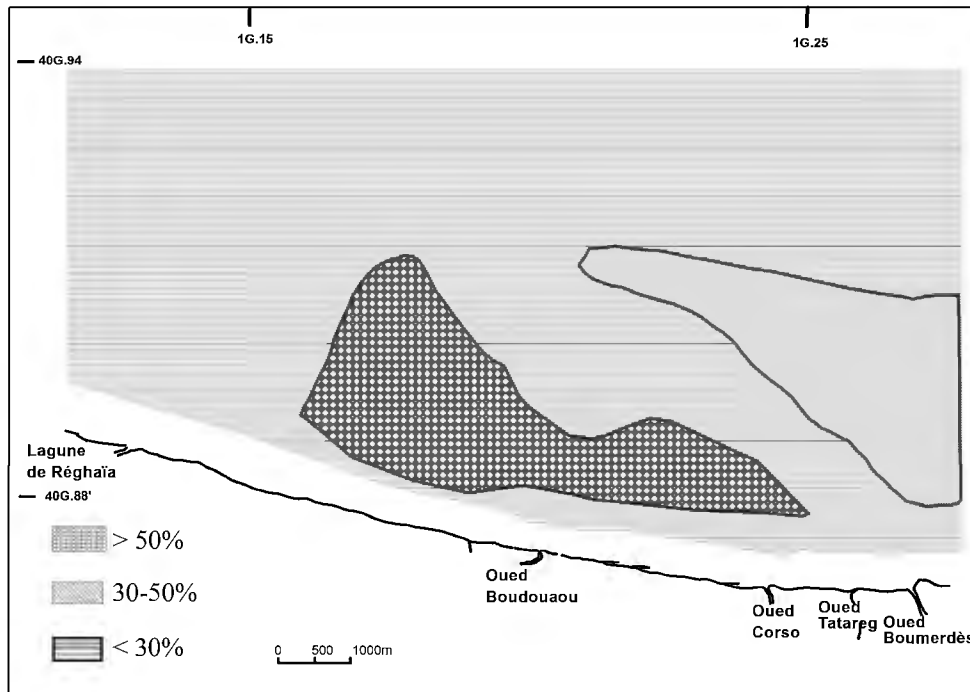


Fig. 7 - Distribution de la kaolinite dans les sédiments superficiels

Kaolinite distribution in surface sediments

l'on retrouve les plus grandes concentrations (plus de 50 %), ceci à des profondeurs comprises entre -25 et -50 mètres (zone du début de l'envasement).

Vu la répartition "très côtière", mais pourtant décollée de cette dernière et dirigée d'est en ouest, il est possible que les apports en kaolinite seraient attribués à l'oued Isser sous l'effet du courant de dérive littorale avec des houles du secteur NE, par l'extension de la tache turbide de ce dernier en surface

Il est à noter qu'en période de crue, la tache turbide de l'oued Isser arrive jusqu'aux alentours de l'îlot Bounettah (ou îlot Aguelli suivant les cartes) (crue d'avril, 1971, février, 1982 et mars, 1991).

B. L'illite

L'illite présente des teneurs peu variables, elle suit la répartition générale de la marge algérienne. C'est le minéral dominant avec la kaoli-

nite. Ses teneurs oscillent entre 23 et 50% du total des 3 minéraux argileux. Dans la région de Boumerdès (fig.8), la répartition de l'illite montre l'existence de 2 zones en noyaux notamment en face des oueds Boumerdès et Corso où se trouvent les plus fortes teneurs (51%). De l'oued Corso vers l'ouest, les teneurs restent relativement les plus faibles (20 à 30%).

Dans le reste de la région, les teneurs sont très homogènes avec des teneurs variant entre 30 et 40%. Cette homogénéité concorde bien avec la "sédimentation générale illitique de la marge algérienne, perturbée par les conditions locales" (Chamley, 1971; Pauc, 1991).

C. La chlorite

La chlorite (fig.9) est également homogène sur le plateau continental. Elle occupe 20 à 25% du cortège argileux, mais montre des pourcentages qui augmentent sensiblement (> 25%) dans

ORIGINE ET DISTRIBUTION DES MINÉRAUX LOURDS ET DES MINÉRAUX ARGILEUX MARINS
DANS LA ZONE LITTORALE DE BOUMERDÈS

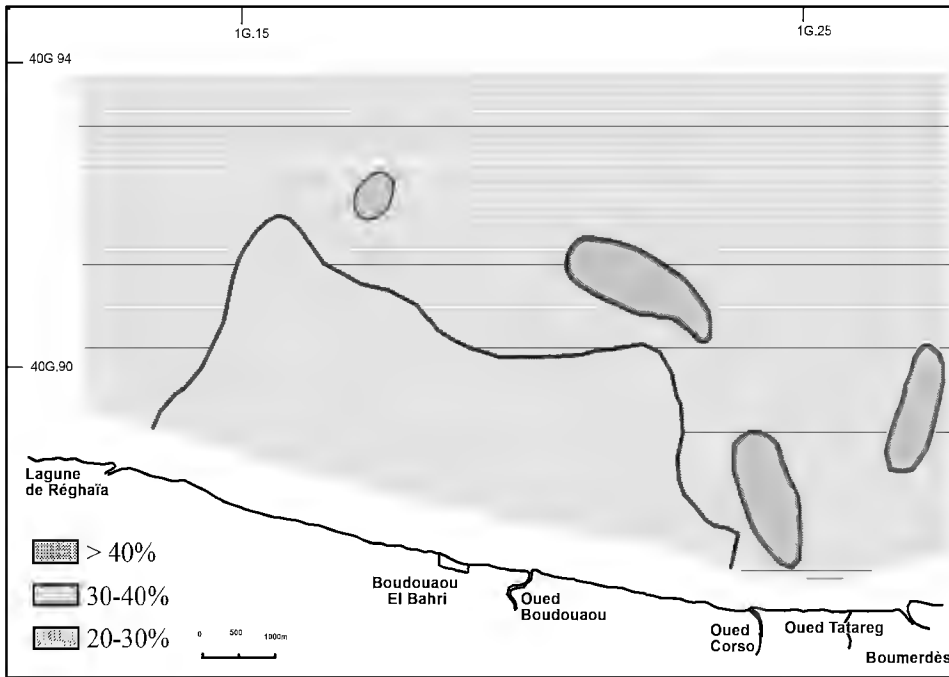


Fig. 8 - Distribution de l'illite dans les sédiments superficiels
Illite distribution in surface sediments

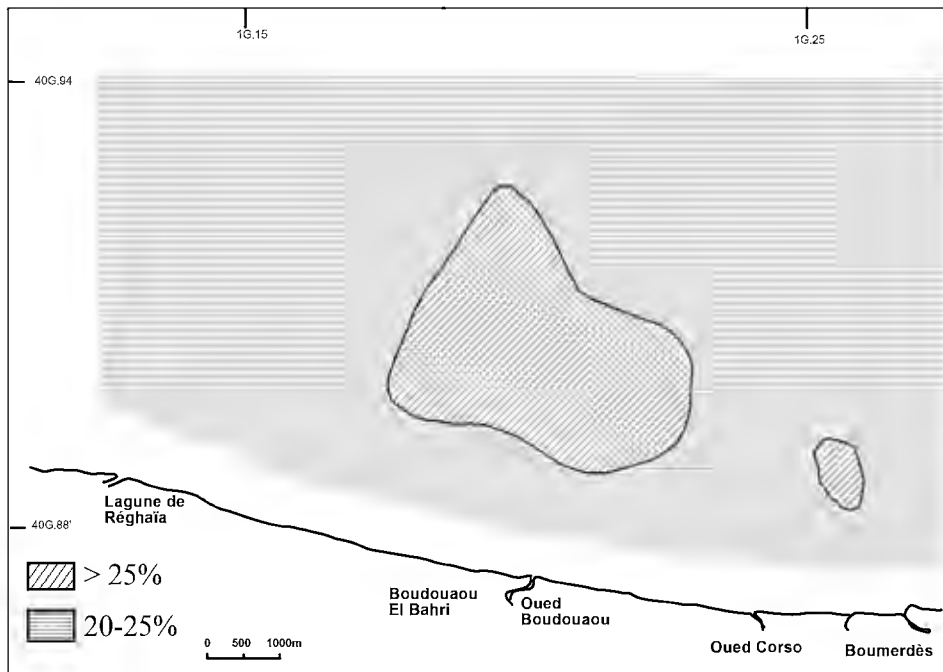


Fig. 9 - Distribution de la chlorite dans les sédiments superficiels
Chlorite distribution in surface sediments

les zones des silts grossiers où elle semble en relation directe avec la granulométrie de ces derniers. C'est dans cette même zone que l'on trouve l'essentiel de la fraction silteuse grossière.

En effet, la grande taille de la chlorite lui permet de se déposer aux alentours immédiats des sources d'apports (origine détritique), d'où les fortes concentrations devant les embouchures de l'oued Boumerdes - qui draine les minéraux des faciès métamorphiques et éruptifs de Thénia - et de l'oued Boudouaou.

L'importante auréole située face à ce dernier est sans doute due, à la concentration de la chlorite issue des formations éruptives et métamorphiques affleurant à l'Ouest de Boudouaou-El-Bahri.

4. CONCLUSION

Origine des minéraux lourds

La distribution des minéraux lourds au débouché de l'oued Boumerdes et de l'oued Boudouaou, montre que ces minéraux proviennent probablement du complexe éruptif Néogène de Thénia, drainés par l'oued Boumerdes et par le démantèlement du promontoire cristallophyllien du "Rocher Noir" comme l'a attestée l'étude des minéraux en lames minces de ces régions.

Les minéraux présents dans l'auréole "lourde" au débouché de l'oued Boudouaou ne peuvent provenir que des terrains métamorphiques et éruptifs affleurant au Sud-ouest de Boudouaou - El-Bahri.

Dans la fraction minérale légère, L'étude des échantillons prélevés dans les falaises littorales actives du Corso ont montré une similitude parfaite avec le cortège minéralogique en milieu marin (Bouhmadouche, 1988). Il semblerait donc, que l'essentiel des minéraux résultent d'apports fluviaux et de ruissellements littoraux locaux.

Origine des minéraux argileux

Les dépôts argileux de la zone de Boumerdes sont caractérisés essentiellement par l'association de la kaolinite, de l'illite, de la chlorite et de la smectite.

La kaolinite, minéral le plus répandu, se dépose près de la côte en larges surfaces dans des domaines en ligne orientée est-ouest impliquant ainsi, l'influence de la dérive littorale

Le chlorite qui est le minéral de plus grande taille, se dépose aux alentours des émissaires, avec peu de déplacements, induisant ainsi une origine locale quoique son transport se fait par suspension mais elle reste relativement plus lourde que les autres minéraux argileux donc logiquement plus proche de la côte.

Les dépôts d'illite se présentent en noyaux à fortes concentrations.

L'origine de ces minéraux est à rechercher dans les terrains mio-pliocènes de l'arrière pays. De l'analyse minéralogique dans les marnes plai-sanciennes affleurant au niveau de l'oued Boudouaou dans l'arrière-pays est-algérois, nous avons noté que la kaolinite est beaucoup moins représentée que l'illite et la chlorite, d'où sa provenance probable de l'oued Isser.

Les minéraux de ces terrains sont drainés par les différents oueds côtiers (Isser, Boudouaou, Corso, Tatareg et Boumerdes).

L'origine de ces minéraux (notamment la chlorite) provient des formations éruptives et métamorphiques du massif de Thénia, drainés par l'oued Boumerdes, dont les crues bien que rares, ne sont pas négligeables à l'échelle locale.

Ainsi donc, de l'observation des cartes et à partir de la distribution des différents minéraux argileux, on pourrait déduire que les oueds cités auparavant assurent l'essentiel de l'alimentation en argile de cette région.

ORIGINE ET DISTRIBUTION DES MINÉRAUX LOURDS ET DES MINÉRAUX ARGILEUX MARINS
DANS LA ZONE LITTORALE DE BOUMERDES

BIBLIOGRAPHIE

- BELANTEUR, O. 1989.** Pétrologie des roches magmatiques néogènes de Thénia. *Thèse de Magistère, IST/USTHB*, 121p.
- BOUDIAF, A. 1996.** Etude sismotectonique de la région d'Alger et de la Kabylie (Algérie). Utilisation des modèles numériques de terrain (MNT) et de la télédétection pour la reconnaissance des structures tectoniques actives: contribution à l'évaluation de l'aléa sismique. *Thèse de doctorat, Université de Montpellier II*, 274 p.
- BOUHMADOUCHE, M. 1988.** Impact de l'action anthropique et l'action de la mer sur le recul des falaises côtières de Boumerdes. *1^{er} Sem. International sur l'Envir. en Algérie, Constantine*, 18p.
- CHAMLEY, H. 1971.** Recherche sur la sédimentation argileuse en Méditerranée. *Thèse Doc. Paris*, 401p.
- CHAMLEY, H. 1995.** Les milieux de sédimentation. *Editions BRGM, TEC et DOC, ISBN 97827 15903999*.
- CUI, B. AND KOMAR, P. 1984.** Size measures and the ellipsoidal form of clastic sediment particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 54 (3), pp. 783-797.
- DOMZIG, A. 2006.** Déformation active et récente et structuration tectono-sédimentaire de la marge sous-marine algérienne. *Thèse de Doctorat, Université Bretagne Occidentale*, 319p.
- DURAND-DELGA, M. ET FONTBOTE, J.M. 1980.** Le cadre structural de la Méditerranée occidentale. *26^{ème} Congrès Géol. Inters, Paris. Colloque 5, Mém. B.R.G.M., n° 115, Orléans*, pp. 67-85.
- KIEKEN, M. 1962.** Esquisse tectonique de l'Algérie. Exposé sur les connaissances actuelles de la structure de l'Algérie et présentation d'une carte tectonique. *Publ. Serv. Carte Géol. de L'Algérie*, 31, 16p.
- KOMAR, P.D. 2007.** The entrainment, transport and sorting of heavy minerals by waves and currents. Heavy minerals in Earth Application, edited by M. Mange and D. Wright, *Elsevier*, pp. 3-48.
- LAPIERRE, F. ET KLINGEBIEL, A. 1966.** Sur la répartition des sables recouvrant le plateau continental du golfe de Gascogne : intérêt des minéraux lourds, *Paris : Gauthier-Vilars*, 263, pp.1044-1047.
- MANGE, M.-A. AND MAURER, H.F.W. 1992.** Heavy minerals in colours. *Eds. Chapman and Hall, London*, 147p.
- MORTON, A.C. AND HALLSWORTH, C.R. 1999.** Processes controlling the composition of heavy minerals assemblages in sandstones. *Sedimentary Geology*, vol. 124, pp. 3-29.
- PAUC, H. 1991.** La nature minéralogique des apports en suspension sur la marge algérienne et leur relations avec les sédiments; *3^{ème} Congrès français de Sédimentologie, Brest* 18, 19, 20 Nov0, 1991, pp. 229-231.
- SLINGERLAND, R.L. 1977.** The effects of entrainment on the hydraulic relationships of light and heavy minerals in sands. *Journal of Sedimentary Petrology*, 47, pp. 753-770.
- WILDI, W. 1983.** La chaîne tello-rifaine (Algérie - Maroc- Tunisie). Structure, stratigraphie et évolution du Trias au Miocène. *Rev. Géol. Dyn. Géogr. Phys.*, 24, pp. 201-297.
- WIND AND WAVES ATLAS OF MEDITERRANEAN SEA. 2004.** Edited by Main Sciences Institut, *ISMAR, Italia*.