

Etude du remplissage sédimentaire d'une sebkha côtière tunisienne au cours du Quaternaire récent: la Sebkha Bou Zid (Nord-Est du Cap Bon)

Study of the sedimentological filling in of a tunisian coastal sebkha in recent Quaternary: The Bou Zid Sebkha (North - East of Cap Bon)

B. FARHAT* & A. BEN MAMMOU

Abstract: Sedimentological and mineralogical studies concerning borings made in the Bou Zid Sebkha, N.E. of Cap Bon (Tunisia) allow to differentiate three areas in that one:

- A coastal zone characterized by dominant sandy-facies with shell fragments;
- A central zone showing a dominant clayey-silty facies;
- A back zone, in fact the majority of the Sebkha, characterized by a silty-clayey facies with quartzo-calcitic detritic elements and rare shell fragments.

The spatial-temporal distribution of shells indicates that the area had evolved from an open marine environment with an abundant fauna proliferation to a close one where evaporites are in spread. That progressive system is to be seen in other coastal areas of Tunisia.

Key-words: Bou Zid Sebkha, Sedimentology, Mineralogy, Evolution.

Résumé: Des analyses sédimentologiques et minéralogiques ont été effectuées sur des sédiments carottés de la sebkha Bou Zid dans le N.-E. du Cap Bon (Tunisie). Les résultats obtenus ont permis de distinguer trois zones dans la sebkha :

- Une zone littorale caractérisée par un faciès sableux dominant composé de grains de quartz et de débris de coquilles ;
- Une zone centrale dont le faciès est dominé par des argiles silteuses ;
- Une zone couvrant la majeure partie de la Sebkha à faciès silto-argileux, formée d'éléments détritiques quartzo-calcitiques avec de rares fragments de coquilles.

La répartition spatio-temporelle des faciès et de la faune marine permet de reconstituer l'évolution récente de ce système : d'un milieu ouvert à la mer à un milieu fermé qui évolue progressivement vers un pôle évaporitique.

Ce système évolutif a été observé dans d'autres zones côtières de Tunisie.

Mots-clés: Sebkha Bou Zid, Sédimentologie, Minéralogie, Evolution.

INTRODUCTION

Le littoral de la péninsule du Cap Bon présente la concentration la plus importante et la plus complexe de toute la Tunisie en milieux humides et lagunaires. Les plus importants sont : la Sebkha Bou Zid au nord de Kélibia, les sebkhas de la côte orientale du Cap Bon (Klibia, Tegdimane, Tafekhsite, B. El Henchir, Bit El Assa, Dar Rebiah, Bou Jemil, Lebna, El Bkir, les Chotts Ech Chergui, Korba et Sidi Ahmed Ben Daoued) (OUESLATI, 1984 ; 1993). Les sebkhas sont effilées, disposées parallèlement au rivage et sont sujettes à des variations hydrologiques saisonnières très nettes. Elles ne communiquent avec la mer et ne sont envahies par ses eaux qu'au cours de la saison pluvieuse et lors de tempêtes. En été, par contre, elles s'assèchent et sont le siège d'une déflation éolienne parfois notable (GROSSE, 1969 ; PERTHUISOT, 1975 ; SASSI, 1969).

Laboratoire des Ressources Minérales et Environnement. Département de géologie, Faculté des Sciences de Tunis. 2093 El Menzeh. TUNISIE

*Corresponding author: Tel (+) 216 22788591; Fax (+) 216 71885408 E-mail: boutheina.farhat@laposte.net

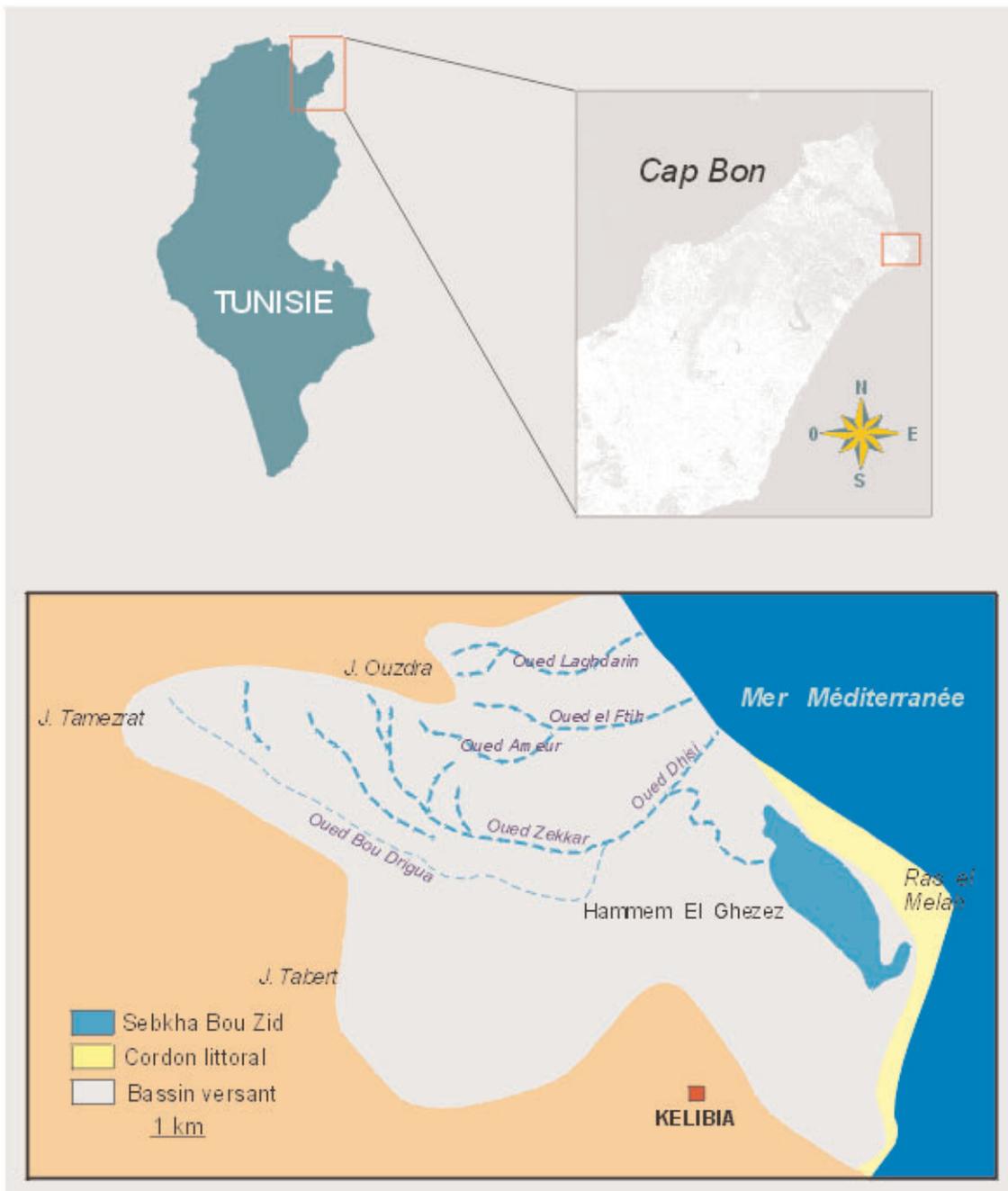
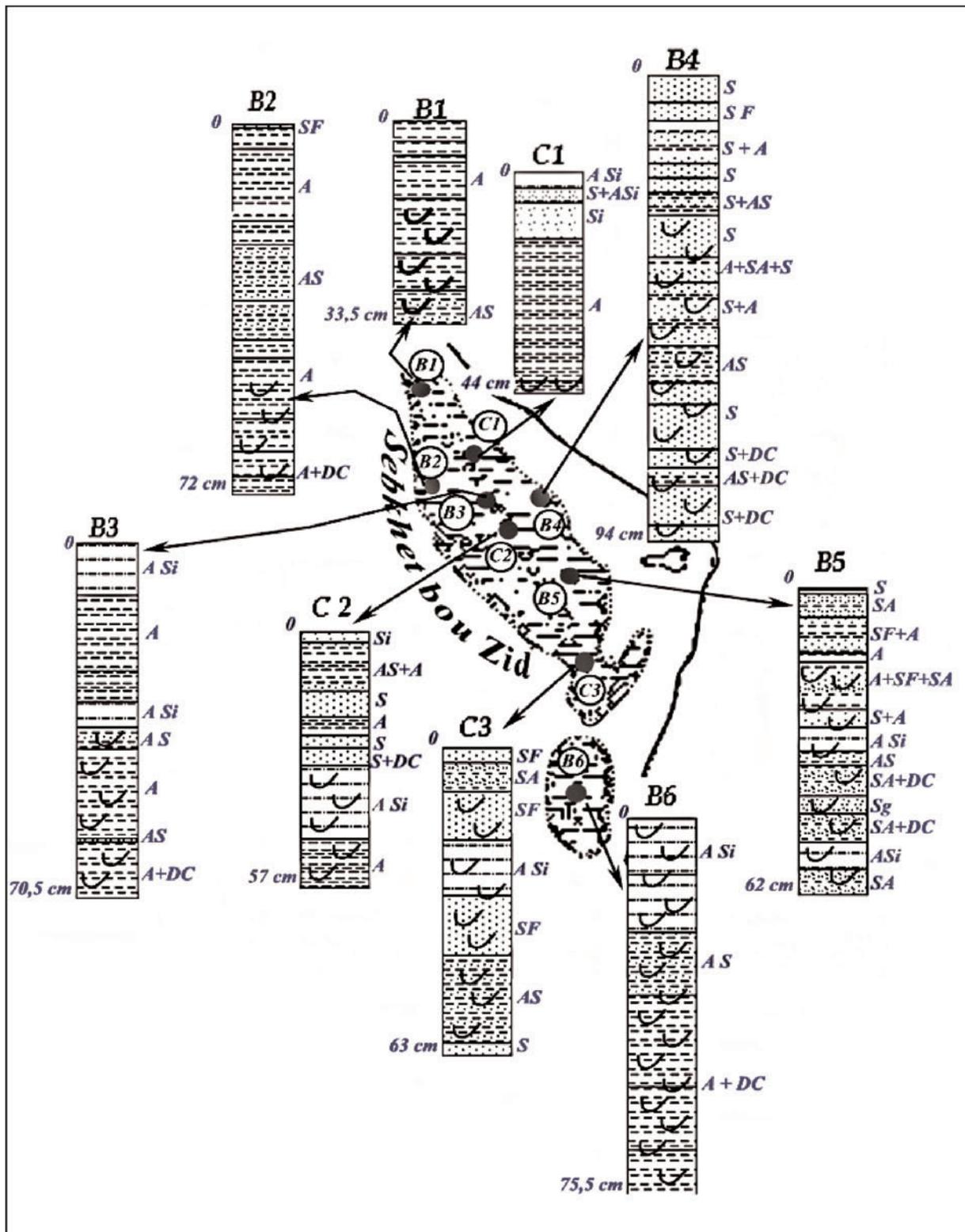


Figure 1: Cartes de situation



Légende:

-
-
-

Figure 2: Localisation des stations de prélèvements et lithologie des sédiments carottés.

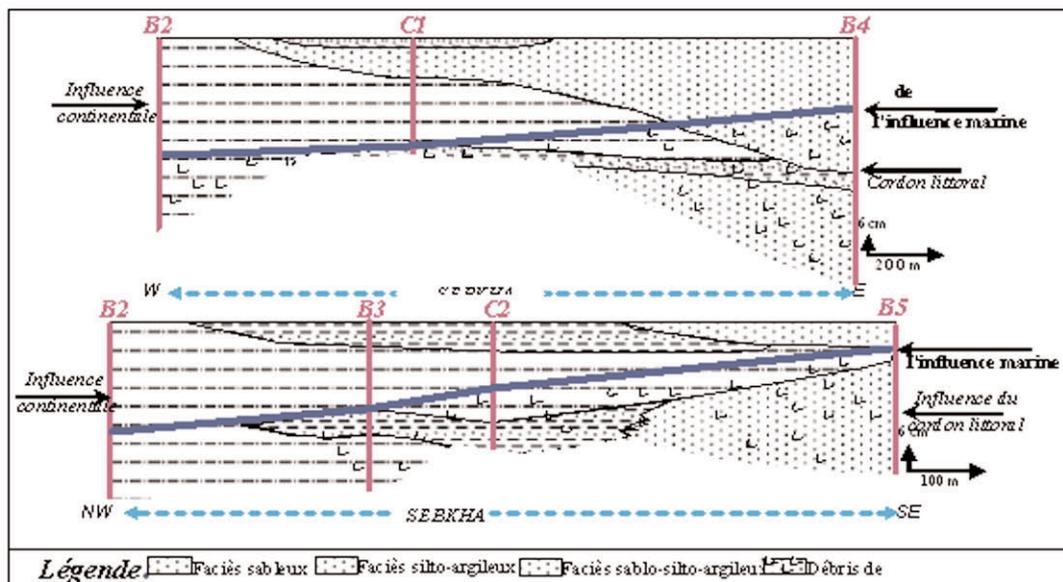


Figure 3 : Corrélation lithologique des carottes de la Sebkhah B ou Zid.

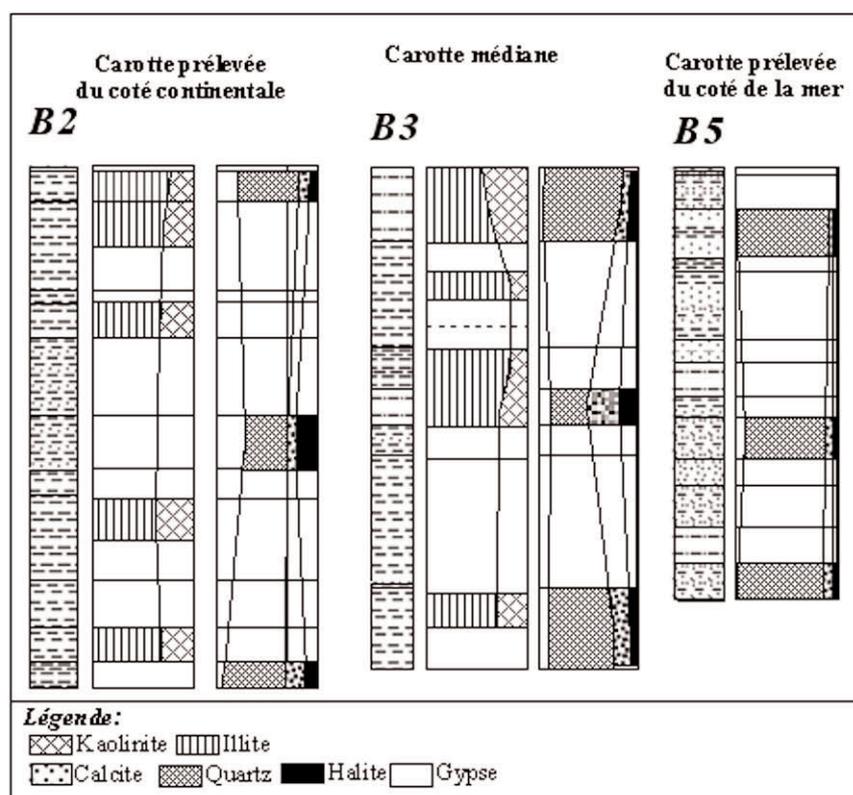


Figure 4 : Distribution verticale des minéraux dans les carottes B2, B3 et B5.

La plupart de ces lagunes saisonnières sont restées très peu connues, comme c'est le cas de la Sebkha Bou Zid, objet de cette étude. Cette dernière, d'une superficie d'environ 3,75 km², est située au promontoire de Ras El Melah, à 4 km environ au nord de Kélibia (Figure.1). C'est une dépression coincée entre un cordon littoral sableux actuel, interrompu par d'étroites passes, qui la sépare de la mer et un cordon littoral grésifié (Formation Réjiche) du dernier interglaciaire (ALLEMAND MARTIN, 1923 ; BEN SALEM, 1992) qui, par sa continuité, sa proximité et son parallélisme par rapport au rivage actuel, constitue une unité morphologique remarquable dans le paysage côtier (BOURGOU & OUESLATI, 1994 ; NOURI, 1979 ; OUESLATI, 1984 ; PASKOFF & SANLAVILLE, 1983). Les dunes meubles sont réduites à une simple bande bordière très linéaire ; il s'agit en fait d'un cordon littoral dunifié associé à une lunette (dune d'argile) qui sépare la sebkha de la mer (BOURGOU, 1982).

La Sebkha Bou Zid représente un système particulièrement intéressant pour l'étude sédimentologique et minéralogique des dépôts dans le but de mieux comprendre le remplissage sédimentaire du bassin, en relation avec son évolution récente.

ETUDE DES SEDIMENTS DE LA SEBKHA

Méthodologie

Pour l'étude sédimentologique, neuf carottes, réparties sur l'ensemble du site, ont été prélevées. Le carottage a été effectué à l'aide de tubes en PVC ($\varnothing=75\text{mm}$) sur une profondeur moyenne de 1m. Au laboratoire, chaque carotte a été coupée longitudinalement en deux moitiés. La première moitié a fait l'objet d'une description lithologique macroscopique (la composition globale, la texture, la structure et la couleur des sédiments) et la seconde moitié, d'une analyse granulométrique, d'une détermination de la teneur en CaCO₃ et d'une identification minéralogique.

Le fractionnement granulométrique des sédiments en fraction grossière ($>63\mu\text{m}$) et fraction fine ($<63\mu\text{m}$) a été réalisé par voie humide.

Les subdivisions de la fraction sableuse obtenues par tamisage à sec, sur une série de tamis de type AFNOR, ont été exprimées sous forme de courbes cumulatives semi-logarithmiques (RIVIERE, 1977) permettant le calcul des indices granulométriques (M_z , S_{ki} et σ) (FOLK & WARD, 1957 ; RIVERE, 1977 ; CHAMLEY, 1988, 2000).

L'analyse morphoscopique a été appliquée aux dépôts sableux de la colonne sédimentaire ; l'observation des grains de quartz étant réalisée sous loupe binoculaire.

Les carbonates ont été déterminés par calcimétrie et la minéralogie par diffraction des rayons X sur les sédiments bruts et sur la fraction argileuse.

Résultats et interprétations

Lithologie des carottes

Les carottes se subdivisent en quatre lots distincts en fonction de leur répartition géographique (Figure.2):

- Lot 1 : les carottes prélevées du côté de la mer, à l'est de la sebkha (B4, B5 et C3) ;
- Lot 2 : les carottes médianes (C1, C2 et B3) ;
- Lot 3 : les carottes prélevées du côté continental, à l'ouest de la sebkha (B1 et B2) ;
- Lot 4 : la carotte B6, située dans la partie isolée de la sebkha.

La description des lithofaciès basée sur la nature lithologique, la granulométrie ainsi que la variation de la couleur montre que ces carottes sont composées de trois types de faciès détritiques: un faciès fin argileux à argilo-silteux, un faciès sableux fin à grossier et un faciès mixte sablo-argileux et argilo-sableux. Les faciès mixtes : sablo-argileux, argilo-sableux et argilo-silteux sont accessoires, comme constaté au lac Ichkeul (OUAKAD, 1982) et à la lagune de Ghar El Melah (SEKRI, 1993).

Les faciès sableux caractérisent surtout les sédiments des carottes C3, B4 et B5. Par contre, dans les carottes C2, C1 et B3, la fraction sableuse diminue au profit des silts et des argiles. La fraction silto-argileuse devient dominante (jusqu'à 100%) dans les carottes B1 et B2. La carotte B6 présente une composition comparable à celle des carottes B1 et B2 (FARHAT & BEN MAMMOU, 2004). Ces résultats traduisent la présence d'un granoclassement décroissant au fur et à mesure qu'on se déplace des parties exposées à la mer vers les parties continentales.

Granulométrie

L'analyse granulométrique permet de suivre la dynamique sédimentaire de la sebkha. La forme d'un « S » assez régulier des courbes cumulatives énonce que le sable est assez homogène à prédominance d'éléments fins ($2 < Mz < 3$), modérément bien classés ($0,35 < \sigma < 0,5$) (LEWIS & Mc CONCHIE, 1994 ; CHAMLEY, 2000). Cet indice de classement (σ), qui donne une idée sur le niveau d'énergie du milieu, montre que la sédimentation s'est faite dans un milieu calme (FOLK, 1980 ; REINECK & SING, 1980).

Etude de la répartition des débris de coquilles

La répartition des débris de coquilles, d'origine marine, parvenant à la sebkha à travers les passes et/ou par déflation éolienne, n'est pas uniforme dans les différentes carottes et à différents niveaux ; elle traduit grossièrement une zonation verticale et horizontale (figure3).

Pour les carottes prélevées du côté de la mer, les Gastéropodes et les Lamellibranches (à l'état de débris ou entiers) existent surtout à la base de ces carottes et leur abondance diminue progressivement vers la tranche superficielle jusqu'à disparition totale.

Pour les carottes prélevées du côté continental, les débris de coquilles sont très peu abondants et n'existent qu'à la base de la colonne sédimentaire. Mais on note parfois l'absence presque totale de la faune le long de la colonne sédimentaire ; c'est le cas pour la carotte C1, par exemple (FARHAT, 2001).

Morphoscopie des grains de quartz

L'analyse morphoscopique des grains de quartz a mis en évidence la prédominance des grains sub-arrondis mats ; cependant, on ne peut pas négliger les émoussés mats. Ces résultats suggèrent une origine éolienne du sable avec une contribution aquatique assez faible. Ce sable vient du cordon littoral qui sépare la sebkha du large et lors des grandes tempêtes il est réparti sur toute la surface de la sebkha.

Analyse de la fraction carbonatée

Le centre de la sebkha est caractérisé par les teneurs en CaCO_3 les plus faibles (0 à 7%) ; alors que les teneurs comprises entre 2 et 17% constituent une bande parallèle à la côte caractérisée par l'abondance des débris de coquilles. Les pourcentages relativement élevés, au niveau des carottes B1 et B2 (entre 6% et 22%), seraient dus aux eaux chargées en carbonates par suite du lessivage des terrains comportant des niveaux carbonatés du Tyrrhénien. Les sédiments de la carotte B6 doivent leurs teneurs importantes en CaCO_3 (20% à 67%) vraisemblablement à leur richesse en débris de coquilles (FARHAT & BEN MAMMOU, 2004).

Donc, dans la fraction grossière du sédiment, les carbonates seraient formés par les débris de coquilles et dans la fraction fine ils seraient plutôt d'origine chimique due à l'évaporation.

Etude minéralogique

Minéraux non argileux

Les minéraux non argileux présents dans la sebkha sont: le quartz, la calcite, le gypse et la halite (FARHAT, 2001). Notre étude a permis de distinguer une zone exposée à la mer, là où le quartz est très fréquent (de 60% à 94%) et où le gypse et la halite sont présents en faibles quantités ; les teneurs variant de 0 à 12% pour le gypse et de 0 à 10% pour la halite et une zone exposée au continent, là où, au contraire, le quartz est présent avec des teneurs plus faibles (de 17% à 60%) et le gypse et la halite sont beaucoup plus fréquents. Les pourcentages de ces derniers s'y échelonnent entre 10 et 28% pour le gypse et entre 10 et 19% pour la halite. La calcite est aussi plus abondante dans la deuxième zone que dans la première (figure 4).

L'origine de la calcite est mixte. Elle peut être soit authigène résultant de la décomposition des coquilles ou d'une évaporation, soit terrigène ; alors que le gypse et la halite sont authigènes et prennent naissance au sein même de la sebkha. La présence du gypse et de la halite témoignent de la forte salinité des eaux interstitielles montrant l'évolution du milieu vers un pôle évaporitique.

Minéraux argileux

Les phyllithes sont représentés par deux minéraux : la kaolinite et l'illite. L'illite est l'argile prépondérante, représentant parfois 80% de la fraction argileuse. Ces teneurs ont tendance à décroître de la bordure vers le centre. Les teneurs en kaolinite varient de 18% à 41% ; les pourcentages les plus élevés se localisent sur la bordure la plus continentale de la sebkha (figure 4).

Généralement l'origine des argiles se limite à trois sources : l'héritage, la transformation et la néogénèse (BROWN, 1961 ; CAILLERE & HENIN, 1963 ; MILLOT, 1964 ; GRIM, 1968 ; CHAMLEY, 1971 ; CAILLERE et al. 1982 ; NAIDU et al., 1995). Dans la Sebkha Bou Zid, les argiles identifiées dans les sédiments sont le reflet d'un héritage sédimentaire résultant de l'érosion des formations formant le bassin versant (FARHAT & BEN MAMMOU, 2004).

SYNTHESE ET CONCLUSION

La description lithologique des sédiments, leurs granulométries, leurs contenus faunistiques et la morphoscopie permettent de dégager les points suivants:

Toutes les carottes sont formées par une succession d'horizons détritiques composés de sables, de silts et d'argiles.

L'évolution des zones exposées à la mer vers les zones continentales de la sebkha se traduit par une diminution progressive du pourcentage des sables et une augmentation des argiles. Ceci atteste l'existence d'un granoclassement décroissant dans la distribution latérale des matériaux détritiques.

Les couches traversées dénotent un dépôt effectué dans un environnement continental et marin. Certains niveaux des carottes prélevées du côté de la mer ont montré un indice faunistique (lamellibranches à l'état de débris ou entiers) permettant l'attribution d'un caractère de dépôt marin. Par ailleurs, dans le reste des carottes, surtout dans la carotte C1 prélevée du côté continental, les débris de coquilles sont très rares.

La répartition des débris de coquilles permet de montrer qu'il y a eu un changement dans les conditions physico-chimiques du milieu. Ce changement se traduit par le passage d'un milieu ouvert, soumis naturellement à une double influence marine et continentale à un milieu fermé qui a évolué progressivement vers un pôle évaporitique où les conditions vitales des espèces marines se réduisent, voire disparaissent. Comme c'est d'ailleurs le cas d'autres sebkhas côtières de Tunisie : Boujmal (LAKHDAR, 1987), Ariana (MANSOURI, 1979 ;

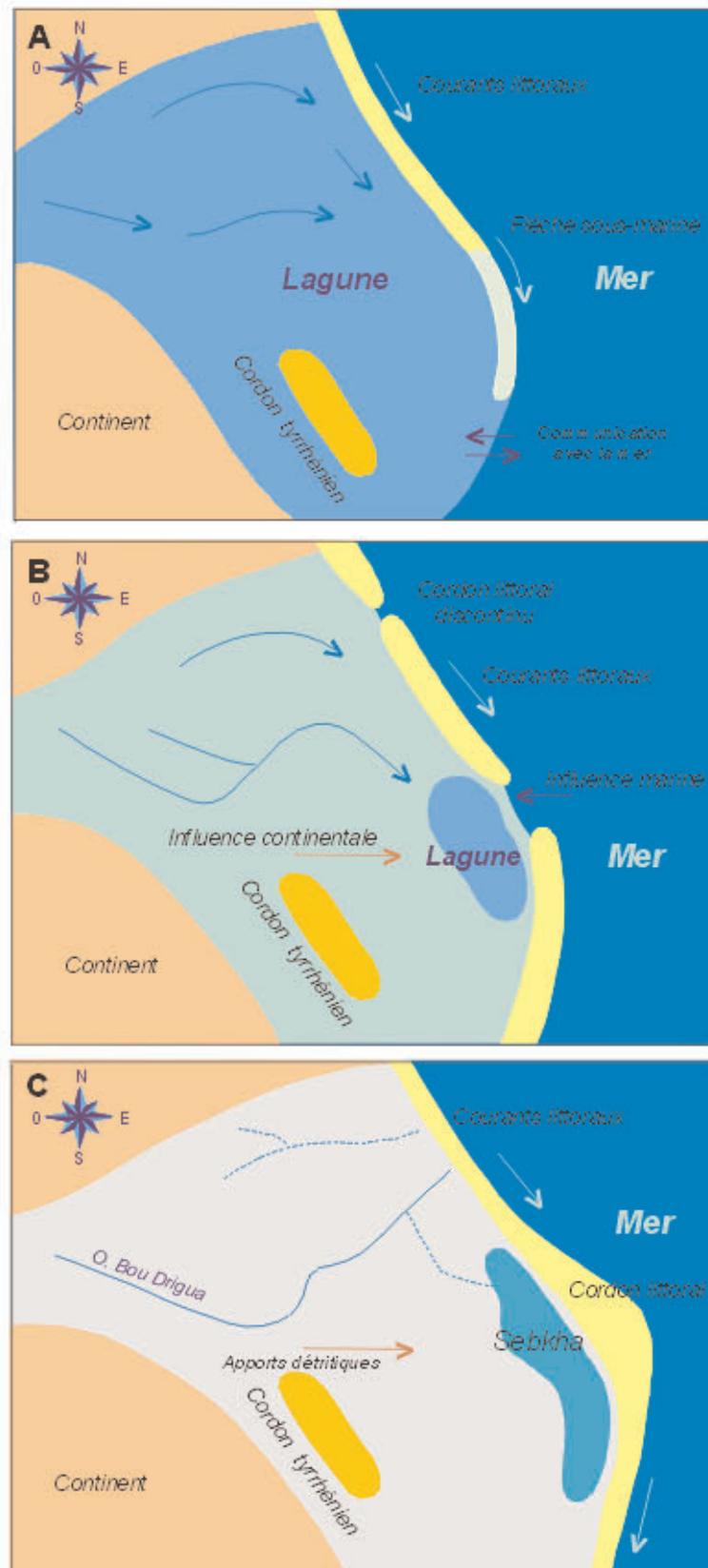


Figure 5: Reconstitution de l'évolution du milieu côtier aboutissant à la formation de la Sebkha Bou Zid

- A. Milieu ouvert à la mer: Formation et progression d'une flèche littorale
- B. Diminution de la communication avec la mer: milieu lagunaire avec des passes dans un cordon littoral discontinu
- C. Engraissement du cordon littoral et formation d'un milieu fermé (Sebkha)

MOUELHI, 2000), Tegdimane (SASSI, 1969) où les dépôts ont enregistré l'influence marine suivie de la fermeture du bassin. Par contre, pour les sebkhas de Moknine (CHAIRI, 2004 et 2005), El Kelbia (KHEDIRI, 1998) et Sijoumie, aucun indice marin n'est signalé dans la colonne étudiée qui puisse renseigner sur la période de l'isolement de la sebkha de la mer.

A partir de ces résultats on peut retracer l'évolution de la lagune dans le temps (Figure 5). Au départ, la communication avec la mer était assez importante. Au cours du temps, elle a diminué du fait de la formation d'une ride sous marine qui évolue rapidement en une flèche littorale sous l'effet de courants du nord-ouest et qui progresse le long de la côte alimentée par les apports sableux (SASSI, 1969). Dans sa progression la flèche littorale isole un bras de mer qui, à l'abri de toute agitation, joue le rôle d'un piège soumis à une double influence continentale et marine ; par les apports détritiques du bassin versant et par la prolifération d'une abondante faune marine. Ce régime ne dure pas car la côte est fortement exposée au vent ; la flèche sableuse continue à s'engraisser du côté de la mer et les oueds comblent le milieu en éléments détritiques du côté continental. Ainsi, le milieu connaît un passage progressif et irréversible d'un environnement ouvert à la mer à un milieu fermé (FARHAT & BEN MAMMOU, 2001).

A la suite de l'isolement, le milieu évolue vers un pôle évaporitique où les espèces marines n'arrivent plus à supporter les nouvelles conditions physico-chimiques agressives et disparaissent complètement. Ceci est confirmé par certains repères: précipitation du gypse, concentration des sels et surtout, l'absence de coquilles.

La sebkha atteint actuellement le stade d'un bassin où le gypse ainsi que la halite n'en sont qu'à leur début de concentration (FARHAT & BEN MAMMOU, 2001). Pendant l'été, les vents du NO enlèvent par déflation des agrégats d'argiles et de sels sur le fond de la sebkha asséchée. Une partie des produits de déflation est arrêtée et plaquée contre le cordon littoral sableux pour former un bourrelet argileux que les pluies d'hiver vont lessiver d'une grande partie de ses sels (GROSSE, 1969 ; SASSI, 1969). De tels phénomènes de déflation ont été décrits par TRICART (1954) pour les sebkhas littorales mauritaniennes, par BOULAINÉ (1954) pour la sebkha Ben Zaine, et par JAUZEIN (1958) pour d'autres sites similaires tunisiens.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEMAND MARTIN. A, 1923. Géologie quaternaire de la péninsule du Cap Bon, *C.R Acad. Sci*, Paris : 177.
- BEN SALEM. H, 1992. Contribution à la connaissance de la géologie du Cap Bon: stratigraphie, tectonique et sédimentologie, Thèse 3e cycle Géol, Université de Tunis II, 203 p.
- BOULAINÉ. J. 1954. La Sebkha de Ben Zaine et sa lunette ou bourrelet, exemple de complexe morphologique formé par la dégradation éolienne des sols salés, *Rev. Géomorph. dynam.* 3 :102-103.
- BOURGOU. M, 1982. Contribution à l'étude géomorphologique des accumulations dunaires de la péninsule du Cap Bon (Tunisie). Thèse Doct 3e cycle Géogr, Université de Tunis, Fac Lettres et Sci. Humaines, 245 p.
- BOURGOU. M & OUESLATI. A, 1994. Les constructions éoliennes des bordures des Sebkhas et dépressions fermées de la Tunisie Nord Orientale. *Rev. Tun. Géogr*, 25 p.
- BROWN. G, 1961. The X-ray identification and crystal structure of clay minerals. Mineralogy Society, London.
- CAILLERE. S & HENIN. S, 1963. Minéralogie des argiles 1. Structure, Masson et Cie, 210p.
- CAILLERE. S, HENIN. S & RAUTUREAU. M, 1982. Minéralogie des argiles 2. Classification et nomenclature. Masson et Cie, 324p.
- CHAIRI. R, 2004. Etude du remplissage sédimentaire récent et de la matière organique associée dans la Sebkha de Moknine, Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de Tunis, Univ. Tunis, 260p +2 annexes.
- CHAIRI. R, 2005. Etude du remplissage sédimentaire d'un système hyper salin de la Tunisie orientale au cours du Quaternaire récent : la Sebkha de Moknine. *Quaternaire*, 16, (2) : 107- 117.

- CHAMLEY. H, 1971. Destruction d'argile dans les sapropels de Méditerranée orientale, *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 274 : 2837-2840.
- CHAMLEY. H, 1988. Les milieux de sédimentation. Ed. Tec & Doc et BRGM. Paris et Orléans, 168p.
- CHAMLEY. H, 2000. Bases de sédimentologie. Dunod 2ème Ed, 178p.
- FARHAT. B, 2001. Evolution récente de la Sebkhet Bou Zid (Nord Est du Cap Bon). Etude sédimentologique, hydrogéologique et hydrochimique, Mèm. D.E.A. Géol, Faculté des Sciences de Tunis, Univ. Tunis, 107p.
- FARHAT. B & BEN MAMMOU. A, 2001. Evolution récente de la Sebkhet Bou Zid (Nord Est du Cap Bon). IVème Congrès Maghrébin des Sciences de la Mer. Tunisie.
- FARHAT. B & BEN MAMMOU. A, 2004. Contribution à l'étude spatiale et verticale des sédiments de la Sebkhet Bou Zid (Nord-Est du Cap Bon). IVème Colloque Sciences et Environnement, Bizerte, Tunisie.
- FOLK. R. L, 1980. Petrology of sedimentary rocks, Hemphills, Austin, 182p.
- FOLK. R.L & WARD W.C., 1957. Brazors rivers bars, a study in the significance of grains size parameters. *Journal of Sedimentology and Petrology*, 27: 3-27.
- GRIM. R. E, 1968. Clay mineralogy. Mac Grow- Hill Book Company.
- GROSSE. M, 1969. Recherches géomorphologiques dans la péninsule du Cap Bon (Tunisie). Publ. Univ. Tunis, 3esérie, vol.10, 358p.
- JAUZEIN. A, 1958. Les formes d'accumulation éoliennes liées à des zones inondables en Tunisie septentrionale, *C.R. Acad. Sc. Tunis*, 247p.
- KHEDIRI. S, 1998. L'écosystème de la Sebkha El Kelbia : Caractérisation géochimique des eaux et des sédiments superficiels, Mèm. D.E.A., Faculté des Sciences de Tunis, Uni. Tunis II, 115p.
- LAKHDHAR. R, 1987. Contribution à l'étude sédimentologique et géochimique des sédiments superficiels de sebkhet Bou Jmel (Sud- Est de la Tunisie) ,Mèm. D.E.A., Faculté des Sciences de Tunis, Uni. Tunis, 178p.
- LEWIS. D. G. & MC CONCHIE. D, 1994. Analytical sedimentology, Chapman & Hall, London, 360p.
- MANSOURI MENOVAR. R, 1979. Contribution à l'étude de sédimentation littorale, historique et actuelle au voisinage du Delta de la Medjerda (Etude du lac de Ghar El Melah et ce la Sebkha d'Ariana), Thèse de Doctorat, Univ. Bordeaux, 175p.
- MILLOT. G, 1964. Géologie des argiles, Masson et Cie, 320p.
- MOUELHI, 2000. Impact des facteurs anthropiques sur l'évolution de la Sebkha d'Ariana Tunisie septentrionale), Mèm. D.E.A. Géologie., Faculté des Sciences de Tunis, Univ. Tunis, 92p.
- NAIDU .A.S, HAN. M.W, MOWA. T.C & WADJA.W, 1995. Clay minerals as indicators of sources of terrigenous sediments, their transportation and deposition: Bering Bassin, Russian-Alaskan, *Artic Marine Geology*, 125: 87-104.
- NOURI.Y, 1979. Aspects géomorphologiques et évolution récente de la côte du golfe de Tunis, Mèm. de C.A.R, Fac. Lettres, Univ. de Tunis, 106p
- OUAKAD. M, 1982. Evolution sédimentologique et caractère géochimique des dépôts récents du lac Ichkeul (Tunisie septentrionale), Doct de spéc, Perpignan, 166p.
- OUESLATI. A, 1984. Côte à lagunes de la presqu'île du Cap Bon, étude géomorphologique, *Revue Tunisienne de Géographie*, 12 : 183-185.
- OUESLATI. A, 1993. Les côtes de la Tunisie. Géomorphologie environnement et aptitude à l'aménagement. Serie2: géographie, Fac. Sci. Humaines et Sociales, Tunisie, Vol 34 : 387 p.
- PASKOFF. R & SANLAVILLE. P, 1983. Les Côtes de la Tunisie : variation du niveau marin depuis le Tyrrhénien. Maison de l'Orient Méditerr., Lyon14, 192p.
- PERTHUISOT, J.P, 1975. La Sebkha El Melah de Zarzis. Genèse et évolution d'un bassin salin paralique. Trav. Lab. Géol. Ec. Norm. Supér., Paris 9, 252 p.
- RENEICK. H.E & SING. I.B, 1980. Depositional sedimentary environment. Springer-Verlag, Berlin, 549p.
- RIVIERE. A, 1977. Méthodes granuométriques : techniques et interprétation, Masson, Paris, 167p.
- SASSI. S, 1969. Contribution à l'étude de la Sebkha Tegdimane et du Chott El Guettar. D.E.A, Géol, Faculté des Sciences de Tunis, 107p.
- SEKRI. M, 1993. Etude géochimique et sédimentologique de la lagune de Ghar el Melah. Mem. D.E.A., Faculté des Sciences de Tunis, 101p.
- TRICART. J, 1954. Une forme de relief climatique : Les Sebkhas, *Rev. Géomorph .Dynam*, 3 : 19