

LES METAUX TRACES (Cd, Pb, Hg) ET LES HYDROCARBURES TOTAUX DANS LES SEDIMENTS SUPERFICIELS DE LA FRANGE COTIERE DU GOLFE DE GABES

Lassaad CHOUBA* et N. MZOUGH-AGUIR

Laboratoire Milieu Marin, Institut National des Sciences et Technologies de la Mer,

28 Rue 2 Mars 1934, Salammbô, 2025 Tunisie

* Lassaad.chouba@instm.rnrt.tn

ملخص

الكاديوم (Cd)، الرصاص (Pb) والزنك (Hg) والهيدروكربون بالمنطقة الساحلية لخليج قابس: الخاصيات المناخية، والبحرية لخليج قابس تجعله من المناطق التي تتميز بثروات بحرية ذات قيمة تجارية هامة مثل رأسيات الأرجل والقشريات، الخ....

في السنوات الأخيرة التطور الاقتصادي والصناعي في هذه المنطقة جعلت من خليج قابس مصبا للنفايات العضوية و الصناعية. في هذا الإطار قمنا بدراسة لتقييم التلوث الكيميائي (الكاديوم (Cd)، الرصاص (Pb) و الزنك (Hg) والهيدروكربون) بالمنطقة الساحلية لخليج قابس للمساعدة في أخذ القرارات المناسبة للحفاظ على هذه المنظومة البيئية.

لقد تم أخذ عينات. الرواسب السطحية الساحلية بألة (benne Van Veen) من ستة خطوط مركزية (صفاقس، تينة، المحرس، الكنايس، الصخيرة و قابس) كل واحدة تحتوي من ثلاث إلى ستة محطات.

أجريت التحاليل باستعمال آلة الإمتصاص الذري بالنسبة للمعادن الثقيلة و spectrofluorescence بالنسبة للهيدروكربون .

و تبين النتائج أن نسبة تركيز الكاديوم تتراوح بين 0,1 و 26,340 ميكروجرام / جرام من الوزن الجاف. المنطقتين الأكثر تلوث هما صفاقس و قابس، أما بالنسبة للكميات الهامة للرصاص فقد سجلت بمنطقتي صفاقس والصخيرة . أخيراً بالنسبة للزنك، فالكمية تتراوح من 0,110 الى 2,120 ميكروجرام / جرام من الوزن الجاف. بالمقارنة للحد الأدنى للتلوث ، نستطيع أن نقول أن المنطقة الساحلية لخليج قابس وصلت الى الحد الأقصى من التلوث بهذا المعدن الكيميائي.

أما بالنسبة لكميات الهيدروكربون ذا نوات فهي تتراوح بين 0.5 و 95 ميكروغرام/ غرام، وأهمها موجودة بميناء قابس وبمنطقة المحرص.

كلمات مفاتيح : خليج قابس، الرواسب، الكاديوم، الرصاص، الزنك، الهيدروكربون ذا نوات

RESUME

Dans l'objectif de déterminer l'état de la contamination organique et inorganique des sédiments superficiels de la frange côtière du golfe de Gabès, nous avons évalué les concentrations en hydrocarbures aromatiques totaux, en cadmium (Cd), en plomb (Pb) et en mercure (Hg).

L'échantillonnage a été effectué à bord d'une barque motorisée, à l'aide d'une benne Van Veen au niveau de 25 stations. Les concentrations du Cadmium et du Plomb ont été déterminées par Spectrométrie d'Absorption Atomique à Four Graphite (Varian 220Z) alors que pour le Mercure les analyses ont été réalisées par Spectrométrie d'Absorption Atomique à vapeur froide. Les hydrocarbures totaux ont été analysés par UV-Fluorescence (UV-F).

Les concentrations du Cadmium et du Mercure dans la fraction inférieure à 63 µm, varient respectivement de 0,10 à 26,34 mg/kg et de 0,11 à 2,12 mg/kg par rapport au poids sec, la zone la plus touchée par ces deux éléments se situe au Sud de la ville de Gabès (à proximité du centre industriel de Ghannouche). Pour le Plomb les teneurs sont comprises entre 7,64 et 106,53 mg/kg par rapport au poids sec, la concentration la plus élevée est décelée au niveau de la région de Skhira. Les résultats d'analyses des hydrocarbures aromatiques totaux montrent que les concentrations varient entre 0,5 et 95 mg/kg par rapport au poids sec. Les teneurs les plus élevées sont observées au niveau du port de Gabès et dans la région de Mahrès.

Mots clés : cadmium, plomb, mercure, hydrocarbures totaux, sédiments marins, Golfe de Gabès

ABSTRACT

Trace metals (Cd,Pb,Hg) and total hydrocarbons in superficial sediments from the coast of Gabes gulf : The main objective of this study is to investigate the state of pollution of the superficial sediments from the coast of Gabes gulf by analysing total aromatic hydrocarbons, cadmium (Cadmium); lead (Pb) and mercury (Hg). Sampling of sediment was carried out in 25 stations by a Van Veen grabs. Cadmium and Pb

concentrations were determined by Atomic Absorption Spectrometry with graphite furnace (AAS Varian 220Z). Hg and total aromatic hydrocarbons were analysed by AAS with Cold Vapour and UV fluorescence, respectively.

Concentrations of Cadmium and Hg varied between 0.10 – 26.34 and between 0,11 – 2.12 mg/kg dry weight, respectively, the most polluted area by these two elements is in the South of Gabes. The concentration of Pb varied between 7.64 and 106.53 mg/kg dry weight, the region of Skhira the most contaminated area by this element. Results showed that concentrations of total aromatic hydrocarbons varied between 0.5 and 95 mg/kg dry weight. The higher concentrations are observed in the harbour of Gabes and in the Mahres area.

Key-words: Cadmium, Lead, Mercury, Total hydrocarbon, Sediment, Gabes gulf

INTRODUCTION

Le golfe de Gabès est le siège d'une importante activité halieutique et industrielle. Il est considéré comme le principal pôle pour la pêche et l'industrie tunisienne (Ben Othman, 1973). Ces différentes activités sont très développées vu les conditions climatiques, topographiques, géomorphologiques et océanographiques favorables (CNT, 1992 ; Hattour et al. 1995). Cette situation est à l'origine d'importantes nuisances environnementales, y compris le milieu marin.

En effet, durant ces dernières années, l'écosystème côtier de la région sud a subi des modifications sous l'effet des plusieurs types de rejets (Ammar et al. 1991 ; Ben Mustapha et Hattour 1995) principalement des rejets industriels (plus de 1200 unités). Ces rejets riches en polluants organiques et inorganiques tels que les métaux traces (cadmium, zinc, plomb, mercure...) et les hydrocarbures aromatiques peuvent être très toxiques vis-à-vis de la faune et de la flore marine.

Les travaux effectués dans cette région sont bien localisés au niveau des zones des rejets (Ammar et al. 1991, Chouba et al. 1996, Illou, 1999, Anonyme, 1996) ce qui a rendu difficile l'analyse général de la répartition spatiale des concentrations des polluants en fonction des paramètres hydrodynamiques.

Dans le but d'avoir une vue synoptique de la distribution spatiale des principaux polluants organiques et inorganiques, nous avons jugé nécessaire de réaliser une étude de la contamination de sédiment superficiel de la frange côtière s'étendant de 1 à 20 mètres de la côte. Ce travail a porté sur l'analyses des métaux traces (Cadmium, Pb et Hg) et des hydrocarbures aromatiques totaux qui ont tendance à s'accumuler dans l'environnement marin.

PRESENTATION DU SITE D'ETUDE

Le golfe de Gabès est limité au Nord par l'Archipel de Kerkennah, à l'Ouest par les hauts fonds des îles Kerkennah et au Sud par le continent. Il présente un plateau continental très large marqué par une pente relativement douce avec un réseau de canaux et

d'oueds plus aux moins importants. Les fonds sont généralement sableux à vaseux, composés essentiellement de sédiments carbonatés d'origine biogène avec un apport clastique terrigène à proximité immédiate du littoral (Burolet et al., 1979). La région est caractérisée aussi par un climat aride à semi aride, une faible pluviométrie dont la moyenne annuelle est de 200 mm, une température moyenne annuelle peu élevée avec des pics maximums quotidiens de (41 à 48°C). Les marées sont semi diurnes avec des amplitudes importantes (1,45 mètre). Les courants généraux sont représentés par deux dynamiques orientées vers le sud-ouest au Nord des îles de Kerkennah et un courant dirigé vers la partie sud du golfe (Sammari, 2004). Le secteur sud est sous l'effet de plusieurs actions anthropiques, ce qui a entraîné une large modification des paramètres biotiques et abiotiques de ce milieu et par conséquent une variabilité de la biodiversité marine littorale (Ben Mustapha et al., 1999).

MATERIEL ET METHODES

Deux campagnes d'échantillonnage ont été réalisées à bord d'une barque motorisée en février et en octobre 2004. 23 échantillons de sédiments de surface ont été prélevés par une benne Van Veen. (Fig 1).

A l'arrivée au laboratoire les échantillons sont lyophilisés, puis homogénéisés et tamisés, la fraction fine inférieure à 63 µm a été analysée. Cette fraction est minéralisée selon la méthode de Loring et al. (1990) qui consiste à la destruction de la matière organique et la libération des métaux sous forme ionique par des acides forts. Pour l'assurance et le contrôle qualité des résultats un blanc et un échantillon de référence de sédiment (Sed. IAEA, 405) sont utilisés avec chaque série d'analyses. L'erreur sur les valeurs trouvées n'a pas dépassé le 10% de la valeur de référence.

Le dosage du Cadmium et du Plomb est réalisé par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique Electrothermique (SAAE) en utilisant un four en graphite et un correcteur de fond continu à effet Zeeman (Varian 220 Z) suivant la méthode de l'UNEP/IAEA/FAO (1996). Pour le Mercure le

dosage est effectué par spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA) à vapeur froide (Varian AA 10) selon la méthode de l'UNEP/IAEA/FAO (1984).

L'analyse des hydrocarbures aromatiques totaux est réalisée par un spectrofluorophotomètre de marque

Shimadzu modèle RF-5301PC entre les longueurs d'ondes 230 nm et 500 nm. La concentration des hydrocarbures totaux dans un échantillon est déterminée en utilisant le standard chrysène comme solution de référence (UNEP/IOC/IAEA 1992 ; UNEP/FAO/IAEA/IOC 1996).

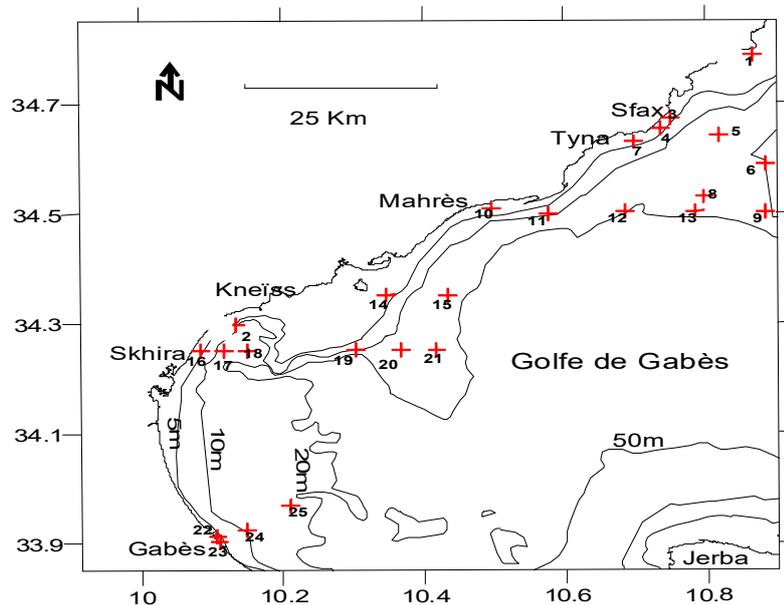


Figure 1 : Positions géographiques des stations d'échantillonnage de sédiment (A)

Tableau I : coordonnées des stations

Station	Radiale	Longitude (°)	Latitude (°)
St3	Port Sidi Mansour	10,8	34,788
St4	Sfax1	10,750	34,672
St5	Sfax1'	10,737	34,653
St6	Sfax2	10,819	34,641
St7	Sfax3	10,883	34,589
St8	Tyna1	10,698	34,629
St9	Tyna2	10,798	34,529
St10	Tyna3	10,884	34,502
St11	Mahres1	10,497	34,507
St12	Mahres2	10,577	34,498
St13	Mahres3	10,685	34,502
St14	Mahres4	10,785	34,503
St15	Kneïss1	10,347	34,352
St16	Kneïss3	10,435	34,350
St17	Skhira1	10,085	34,250
St18	Skhira2	10,118	34,251
St19	Skhira3	10,150	34,250
St20	Skhira4	10,304	34,251
St21	Skhira5	10,368	34,251
St22	Skhira6	10,418	34,251
St23	Gabès1	10,110	33,903
St24	Port de Gabès2	10,148	33,925
St25	Gabès3	10,211	33,968

RESULTATS ET DISCUSSION

1- Granulométrie

L'analyse granulométrique a permis d'identifier que la région d'étude montre une hétérogénéité dans la distribution spatiale des pourcentages de la fraction fine et grossière, en effet, leurs pourcentages varient respectivement entre 1 et 40 % et entre 60 et 99 % (figure 2).

2- Le cadmium (Cd)

Les concentrations de Cadmium dans les fractions inférieures à 63 µm des sédiments de surface sont comprises entre 0,11 (stations 6 et 21) et 26,34 mg/kg au niveau du port de Gabès (station 22) avec une moyenne de 2,96 mg/kg. Le sédiment superficiel est considéré comme étant la zone critique où s'effectuent des transferts d'éléments entre le sédiment et l'eau.

Les teneurs observées au sud de la radiale de Tyna et de Mahrès sont inférieures à 1 mg/kg, la zone est considérée comme zone non contaminée. Une deuxième zone a été identifiée non contaminée, elle est située au niveau de la frange littorale Nord de la Skhira, en face de l'île Kneïss et elle se prolonge vers le large n'atteignant pas la grande profondeur. Ces résultats sont confirmés par les observations enregistrées sur le terrain lors de notre échantillonnage. En effet, ces zones présentent un substrat recouvert par des algues essentiellement de *Posidonia oceanica* et un peuplement macrobenthique important, ce qui nous a empêché de

récupérer facilement des sédiments par la benne Van Veen.

Les concentrations les plus élevées sont au niveau des ports de la ville de Sfax et de Gabès, elles sont égales respectivement à 10,42 mg/kg et 26,34 mg/kg. Ces concentrations dans les sédiments fins sont probablement dues au dépôt des rejets industriels et anthropiques et au rejet actuel dans les deux ports.

L'histogramme de répartition du Cadmium (figure 3) nous a permis de dégager une zone, à degré de contamination élevé le long du littoral en allant de Ghannouche vers le Sud de Gabès. Cette zone est soumise directement aux déversements des effluents rejetés en mer par le complexe industriel chimique de Ghannouche. Elle est considérée comme la principale source de pollution de cette région en plus des rejets telluriques.

Les travaux d'El Kihel (1995) ont montré que la pollution par le cadmium est localisée et que l'enrichissement des sédiments superficiels de la région de Gabès par ce métal résulte du rejet de phosphogypse dont la teneur en cadmium est de l'ordre de 30 mg/Kg. De plus, la distribution du cadmium dans les sédiments superficiels du golfe de Gabès peut être due à la nature du substrat et au phénomène de la courantologie dont le sens est de direction Nord-Sud ainsi que les courants de marées qui sont parallèles à la côte ce qui favorise donc l'accumulation des rejets au niveau de la frange littorale.

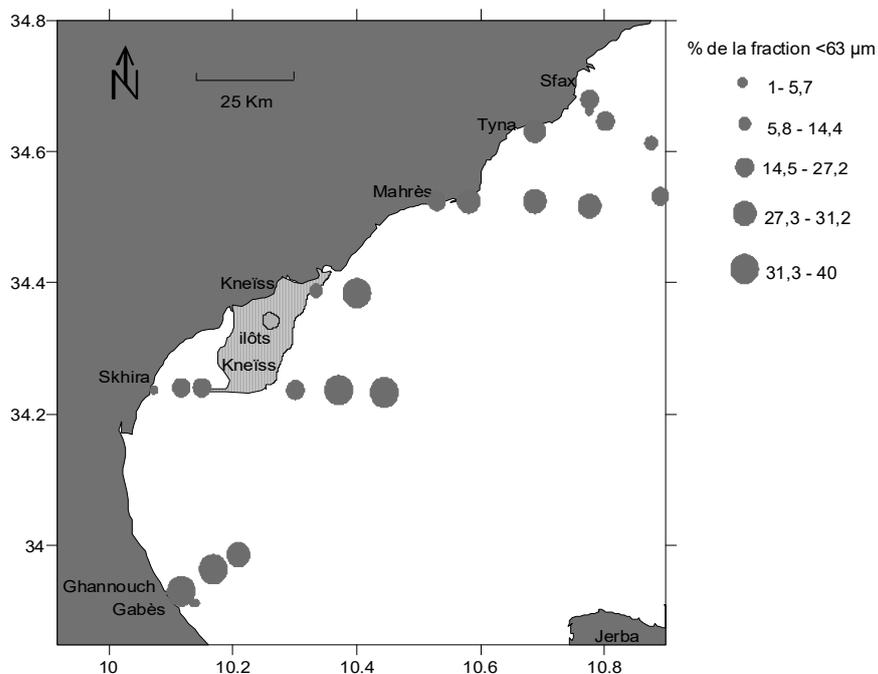


Figure 2 : Distribution spatiale de la fraction granulométrique fine (<63µm) de la frange littorale du golfe de Gabès

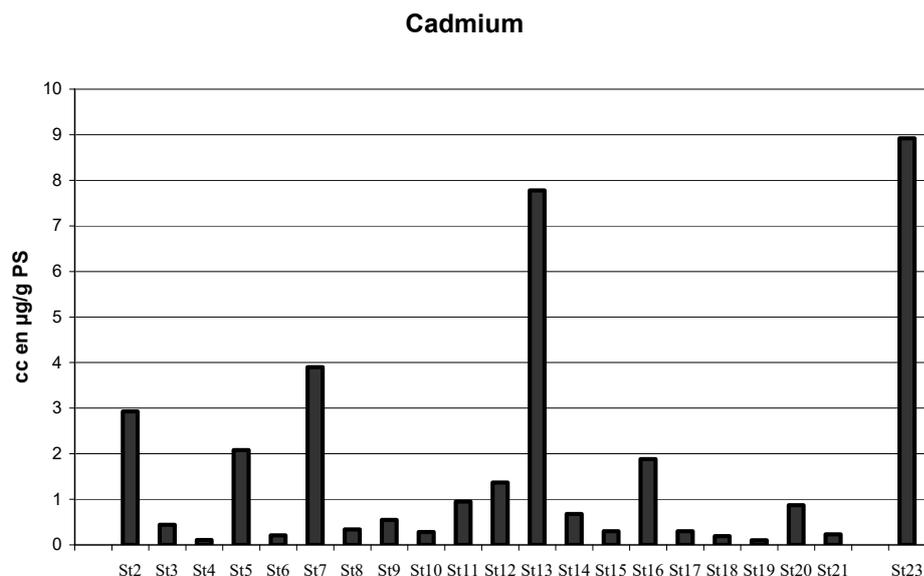


Figure 3 : Répartition du cadmium dans les sédiments superficiels de la frange côtière du golfe de Gabès

En effet, les travaux de Mzoughi et Chouba (2005) sur la contamination des sédiments superficiels du large du golfe de Gabès ont mis en évidence une nette diminution de la contamination par le cadmium de la côte vers le large.

D'après les résultats trouvés par El kihel (1995) et le Centre National de Télédétection (CNT, 1992), la concentration la plus élevée en cadmium a été trouvée dans les sédiments superficiels de la région de Skhira à Gabès. Elle est de l'ordre de 11 mg/kg. Cette valeur est largement inférieure aux valeurs enregistrées dans la présente étude.

3- Le plomb (Pb)

Les teneurs en Plomb dans les sédiments superficiels de la frange côtière du golfe de Gabès montrent une variation importante d'une station à une autre. Les concentrations sont comprises entre 7,64 et 106,53 mg/kg par rapport au poids sec avec une moyenne de 26,62 mg/kg. L'histogramme de la Figure 4, montre deux zones dont la teneur ne dépasse pas 30 mg/kg. Une première zone qui s'étend du Sud de la ville de Sfax à l'îlot de Kneïss atteignant l'isobathe 50 m et une deuxième qui prend son origine au niveau du Sud de la Skhira et se prolonge vers la partie méridionale du golfe de Gabès.

D'autres zones caractérisées par des teneurs en plomb dépassant 30 mg/kg, peuvent être considérées comme zones contaminées par ce métal. Elles sont situées dans la partie nord de la ville de Sfax et tout le long de la radiale de la Skhira. Les concentrations enregistrées dans ces régions dépassent le seuil fixé

par la convention d'OSPAR, (1997) et qui est de 30 mg/Kg .

Les concentrations du plomb dans les sédiments des trois ports de la région sud sont élevées par rapport au seuil fixé pour les sédiments non pollués qui est de 30 mg/Kg (OSPAR, 1997). En effet, les sédiments du port de Sidi Mansour sont trop chargés par le plomb, la concentration est de l'ordre de 325,61 mg/kg, par contre elle est de 72,42 mg/kg dans le port de Suissi et 41,53 mg/kg dans port de Gabès. Ces concentrations considérées comme élevées, peuvent être dues essentiellement à l'activité portuaire à travers la large utilisation du plomb dans les filets de pêcheurs et la forte consommation du carburant par les barques à moteur ainsi qu'à la nature des peintures de coque des différentes embarcations.

Par comparaison à d'autres ports situés au nord de la Tunisie, on remarque que les ports de Tunis, de Radès et de la Goulette présentent respectivement des concentrations en plomb de 430 mg/kg, 190 mg/kg et 80 mg/kg. A part le port de Tunis les deux autres ports présentent des teneurs inférieures à celle du port de Sidi Mansour (El Abed *et al.*, 1998). Les résultats trouvés dans cette étude sont similaires à d'autres régions de la Méditerranée, comme la baie d'Izmir (Kucuksezgin *et al.* 2006) et le golfe de Oristano (Sardaigne) (Magni *et al.* 2006).

Dans toutes les stations de la région de Sfax et de la radiale de la Skhira (sauf la station 16 où la concentration du plomb est de l'ordre de 12,29 mg/kg), on note l'absence de l'herbier de posidonies et la couleur gris clair des sédiments.

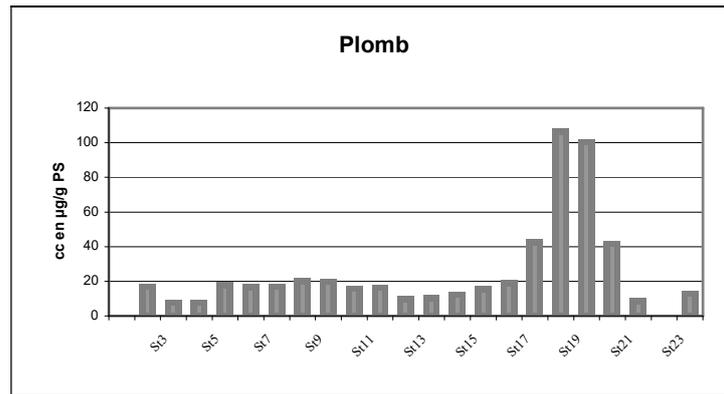


Figure 4 : Répartition du plomb dans les sédiments superficiels de la frange côtière du golfe de Gabès

Le Mercure (Hg)

Les concentrations du Mercure varient de 0,11 (station 1) à 2,1 mg/kg (station 23) avec une moyenne de 0,607 mg/kg. L’histogramme de la figure 5, montre des teneurs relativement élevées au niveau de certaines zones du golfe de Gabès. Les sédiments qui ont des concentrations supérieures à 0,5 mg/kg de Mercure sont considérés comme contaminés par rapport aux normes fixées par la convention d’OSPAR (1997). Les sites présentant des concentrations inférieures à cette norme sont situés au Nord de Sfax, entre Tyna et Mahrès ainsi qu’au Nord de la Skhira et en face de l’île Kneïss.

Les concentrations les plus élevées ont été enregistrées au Sud de Gabès et s’étendent jusqu’à l’île de Jerba (station 23). Elles sont dues aux rejets riches en Mercure générés par le centre industriel de Ghannouche. En effet, le phosphogypse contient des teneurs élevées en Mercure de l’ordre de 14,5 mg/Kg (El Kihel., 1995).

La propagation de cette pollution vers le Sud-Est (région de Gabès) est due en partie à l’action des courants dominants dans cette région de direction Nord-Sud, ce qui prouve que les effluents

domestiques et industriels (SIAPE I) générés par la ville de Sfax qui présentent des concentrations élevées en mercure se propagent vers la partie Sud de la ville. Les rejets déversés par la SIAPE II (située au Nord de la Skhira) peuvent contribuer à l’accumulation de ce métal dans la région méridionale de la Skhira

Les hydrocarbures aromatiques totaux

Les spectres de fluorescence de tous les échantillons analysés ne montrent pas une pollution significative par les hydrocarbures aromatiques totaux sauf dans les stations 22 et 23 où on note une prépondérance des composés à 3 noyaux et plus. La figure 6 montre les concentrations des hydrocarbures aromatiques totaux dans les différentes stations de prélèvement de sédiment. Ces valeurs permettent de prévoir la répartition des hydrocarbures aromatiques totaux sur la côte allant de la région de Sfax à Gabès. Les concentrations en hydrocarbures aromatiques totaux varient de 0,5 à 95 mg/kg par rapport au poids sec, la teneur la plus élevée étant observée au niveau du port de Gabès station 22

Mercure

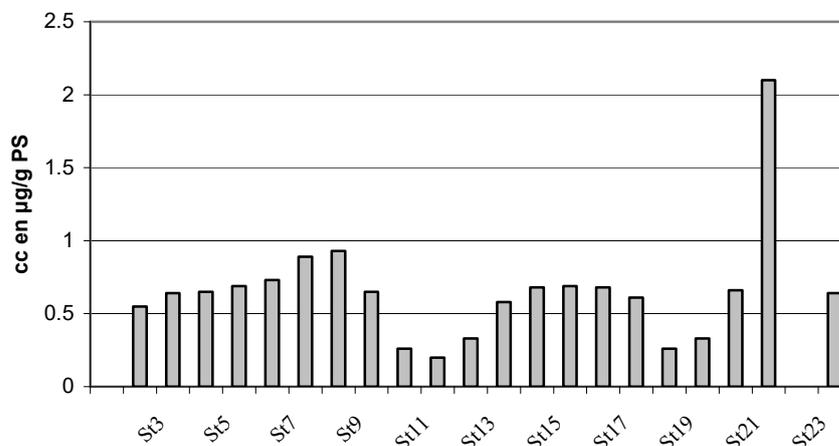


Figure 5 : Répartition du mercure dans les sédiments superficiels de la frange côtière du golfe de Gabès

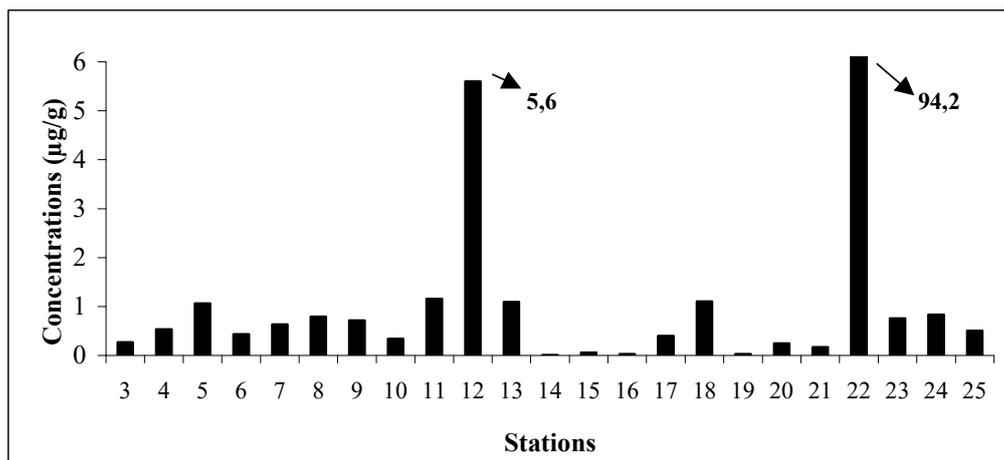


Figure 6 : Concentrations des hydrocarbures aromatiques totaux dans les différentes stations de prélèvement de sédiments

La moyenne des concentrations des hydrocarbures totaux dans les 23 stations d'études est égale à 4,82 µg/g par rapport au poids sec. La teneur élevée enregistrée dans le port de Gabès est essentiellement due au trafic maritime des bateaux de pêche. Cette teneur est corrélée avec les concentrations trouvées pour l'élément plomb dans ce port. Ceci peut être expliqué par la possibilité d'existence du complexe hydrocarbure-plomb dans le pétrole.

Si les études menées au large du golfe de Gabès ne montrent pas une forte pollution par les hydrocarbures, en revanche, une pollution inorganique a été identifiée suite au déversement des rejets du phosphogypse des unités industrielles susceptibles d'altérer l'écosystème marin (Mzoughi et Chouba, 2005).

Les concentrations trouvées dans la région d'étude sont faibles par comparaison au taux des hydrocarbures aromatiques totaux trouvés dans les sédiments superficiels modérément contaminés d'autres régions : zone côtière FOS/mer- Monaco (21 – 1500 µgg⁻¹) (Mille et al. 1982), baie de New York (2 – 1200 µgg⁻¹) (Farrington et Tripp 1977), Golfe de Mexique 44 - 232 µgg⁻¹ (Gearing et al. 1976) et baie de Californie (45 - 730 µgg⁻¹) (Wakeham et al. 1980 a, 1980 b).

CONCLUSION

Les résultats acquis au terme de cette étude ont permis de conclure que les concentrations des métaux traces - cadmium, plomb et mercure - dans les sédiments superficiels du golfe de Gabès présentent une grande hétérogénéité. Les teneurs les plus élevées en cadmium et en mercure ont été enregistrées au niveau du Sud de la ville de Gabès et plus précisément à proximité du centre industriel de Ghannouche (source de contamination minérale).

Alors que pour le plomb, les concentrations les plus élevées (supérieurs à 30 mg/kg), ont été observées tout au long de la radiale de la Skhira ainsi qu'au niveau des ports de Sidi Mansour, de Suissi et de Gabès.

En face des deux villes Mahrès et Skhira les concentrations en Cadmium sont faibles. Les sédiments superficiels sont donc considérés comme non contaminés (concentrations inférieures à la norme) par ce métal. Pour le plomb, les zones non contaminées longent presque la totalité du littoral à l'exception du Nord de Sfax, le Nord de Tyna, le port de Gabès ainsi qu'au plein centre du golfe (zone des rejets des eaux de ballast).

Quatre zones non contaminées par le mercure ont été identifiées : près des côtes Nord de la ville de Sfax, à l'Est de Mahrès, au Nord de la Skhira et au Nord-Est de Ghannouche.

La comparaison de nos résultats avec ceux de Ben Moussa (1992) a montré qu'il y a une augmentation de la concentration du cadmium dans la frange littorale de la ville de Gabès. Ceci semble être dû au rejet déversé depuis cette date et à la persistance de ce polluant dans les sédiments superficiels de cette région.

Ce travail a permis de déterminer un bilan spatial de la contamination du littoral du golfe de Gabès par les micropolluants organiques et inorganiques. Ceux-ci sont d'excellents traceurs de la pollution urbaine et industrielle et ils font partie des composés les plus toxiques étant donné leur faible biodégradation. Leur présence nécessite une surveillance régulière, des mesures préventives et une interdiction totale de ces rejets tout au long du littoral sud.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme., 1996. Rapport interne Etude sur les impacts des polluants de la société « SIAPE » sur Sfax. *Rapport interne*. 23 P.
- Ammar, E., Sassadate, K., Bouzid, J., Charif, M., Ben Jemaa, M & Medhioub, K., 1991. "Impact des rejets industriels du complexe chimique de Ghannouch sur la qualité des eaux marines du golfe de Gabès". *Rapport réalisé à la demande de l'agence nationale de la protection de l'environnement*.
- Ben Mustapha, K., Hattour, A., 1992. "Les herbiers de posidonies du littoral tunisien. 1. Le golfe de Hammamet". *Notes Inst. Nat. Scien. Tech. Oceanog. Pêches, Salammbô*, 2-42p.
- Ben Othman, S., 1973. Le Sud tunisien (golfe de Gabès) : hydrologie sédimentologie, flore et faune. *Thèse de 3^{ème} cycle. Faculté des Sciences de Tunis*, 166p.
- Burollet P.F., Clairefond P. Winnock E., 1979. La mer pélagienne (étude sédimentologique et écologique du plateau tunisien et du golfe de Gabès). *Géol. Médit. Ann. Univ. Provence, Marseille*, 6(1) 345p, cartes.
- Chouba, L., Mastouri A., EL Abed A. 1996. Etude de la contamination des écosystèmes du large des îles Kerkennah par les métaux traces. *Bull. Inst. Nat. Scien. Tech. Mer Salammbô, Vol. (23) N, 139-146p*.
- CNT et collab., 1992. Etude de la pollution du golfe de Gabès. *CNT rapport interne final*, 39p.
- EL Abed, A., Chouba, L., Zammouri, N., Mzoughi, N., 1998. Etat actuel de la pollution dans les ports de pêche et de commerce de la région Nord. Effets de sa propagation sur l'écosystème littoral. *Rapports et documents Inst. Nat. Scien. Tech. Mer Salammbô*, 33p
- EL Kihel, B., 1995. Impact des rejets du phosphogypse dans le golfe de Gabès : géochimie des métaux lourds dans les sédiments. *DEA de la faculté des Sciences de Tunis*, 81p.
- Farrington J.W., Tripp B.W., Hydrocarbons in western north Atlantic surface sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 41(1977) 1627-1641.
- Gearing P., Gearing J. N., Lytle T. F., Lytle J. S., 1976. Hydrocarbons in 60 northeast gulf of Mexico shelf sediments: a preliminary survey. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 40 (1976) 1005-1017.
- Hattour A., Ben Mustapha K., Turki B., Mhetli M. et Tritar B., 1995. L'écosystème du golfe de Gabès. *Rapport. Com.Int.Mer Médit.*, 34, 33p
- Kucuksezgin F., Kontas A., Altay O., Uluturhan E., Darilmaz E., 2006. Assessment of marine pollution in Izmir Bay : Nutrient, heavy metal and total hydrocarbon concentrations. *Environment International* 32, 41-51.
- Loring, D-H., Rantala, R-T-T., 1990. Sediment and suspended particulate matter: total and partial methods of digestion ICE Tech. *Mar. Environ. Sci. 9 int. Explor. Mer*. 14p.
- Magni P., De Falco, G., Falugi C., Franzoni M., Monteverde M., Perrone E., Sgro M., Bolognesi C., 2006. Genotoxicity biomarkers and acetylcholinesterase activity in natural populations of *Mytilus galloprovincialis* along a pollution gradient in the gulf of Oristano (Sardinia, western Mediterranean). *Environmental pollution*, 142, issue 1. 65-72.
- Mille G., Chen Y.Y., Dou H., 1982. Vies journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée. *CIESM, Cannes 2-4 Décembre 1982*.
- Mzoughi, N., Chouba, L., 2005. Etude des micropolluants organiques et inorganiques dans les sédiments et les organismes marins du large du Golfe de Gabès (Tunisie). *Physical and chemical New, vol. 20 : 1-7p*
- OSPAR 1997. Compte rendu de la Convention d'OSLO et de PARIS pour la prévention de la pollution marine. *ASMO 97/16/Annexe19*.
- Sammari, C., 2004. Rapport interne de mi-parcours, *laboratoire milieu marin de l'Inst. Natn. Scien. Tech. Mer Salammbô*, 32p.
- UNEP/IAEA/IOC., 1984. Reference Methods for Marine Pollution Studies. *N°7 Rev 2 UNEP*.
- UNEP/IAEA/FAO., 1996. Reference Methods for Marine Pollution Studies. *N°71. UNEP*.
- UNEP/FAO/IAEA/IOC, 1996. Reference Methods for Marine Pollution Studies *N°71 (1996) UNEP*.
- UNEP/IOC/IAEA, 1992. Reference Methods for Marine Pollution Studies *N°20. Rev2 (1992) UNEP*.
- Wakeham S. G., Schaffner C., Giger W., 1980a. Polycyclic aromatic hydrocarbons in recent lake sediments-I. Compounds having anthropogenic origins. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44 (1980 a) 403-413.
- Wakeham S. G., Schaffner C., Giger W., 1980b. Polycyclic aromatic hydrocarbons in recent lake sediments-I. Compounds derived from biogenic precursors during early diagenesis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 44 (1980 b) 415-429.