

## ÉTUDE DE LA POLLUTION MARINE PAR LES HYDROCARBURES ET DÉTERMINATION DE LEURS ORIGINES (RÉGION GOLFE DE TUNIS)

Cyrine BELHADJ<sup>1\*</sup>, Anis BELHADJ MOHAMED<sup>2</sup>, Mouna RIFI<sup>3,4</sup>

<sup>(1)</sup> Unité de recherche : Ecosystèmes et Ressources Aquatiques, <sup>(3)</sup> Institut National Agronomique de Tunisie (INAT), 1082, Avenue Charles Nicolle, Tunis-Tunisie, <sup>(4)</sup> Laboratoire Biodiversité, Biotechnologies et Changement Climatique, Faculté des Sciences de Tunis, Université Tunis El Manar, Tunis, Tunisie

<sup>(2)</sup> Laboratoire de Géochimie Organique, Centre de Recherche et de Développement Pétrolier, Entreprise Tunisienne d'Activités Pétrolières, 2035, Charguia II, Ariana-Tunisie.

\*Cyrine.ing.inat@gmail.com

### RESUMÉ

Un suivi de la contamination du sud de la mer Méditerranée par les hydrocarbures a été effectué en ayant recours à plusieurs méthodes (cartographie, chromatographie et écologique). L'origine de la contamination du golfe de Tunis serait du brut avec deux sources potentielles notamment le trafic maritime pour le nord et l'industrie pétrochimique de Radès pour le sud du golfe. Un état de dégradation de l'écosystème environnant (eutrophisation et mortalités des organismes benthiques) a été noté.

**Mots clés :** pollution pétrolière, mer Méditerranée, golfe de Tunis, sources potentielles.

### ABSTRACT

A monitoring of the contamination of the southern Mediterranean sea by hydrocarbons was carried out using several methods (mapping, chromatography and ecological). The origin of the contamination of the Gulf of Tunis is believed to be crude oil with two potential sources, notably maritime traffic for the north and the petrochemical industry of Rades for the south of the Gulf. A state of degradation of the surrounding ecosystem (eutrophication and benthic mortalities) was noted.

**Key words:** oil pollution, Mediterranean sea, Gulf of Tunis, potential sources.

### INTRODUCTION

Il est admis que les activités pétrolières et en particulier la production et le transport du pétrole engendrent des pressions anthropiques sérieuses sur l'environnement marin (IPIECA, 2015). La Tunisie, pays exportateur et importateur des produits pétroliers, fait ses échanges commerciaux à travers sa chaîne portuaire ouverte au trafic international principalement le port de Menzel Bourguiba (Bizerte) et les ports installés au golfe de Tunis (Rades et la Goulette). Ce dernier est situé au nord-est de la Tunisie (36 ° 44'N-10 ° 15'E, 37 ° N-11 ° 05'E). Il s'étend sur environ 150 kilomètres entre le cap Farina et le cap Ras Adar (ou cap Bon) et couvre une superficie d'environ 2000 km<sup>2</sup> (figure 1) (Zarrad, 2007). Plusieurs chercheurs (Ben Hassine, 1998 ; Louati, 2013) ont démontré que le golfe de Tunis est très vulnérable à la contamination pétrolière. Notons l'exemple de l'accident de la fuite de pétrole par la STIR (Société Tunisienne des industries de raffinage) qui a eu lieu le 04 octobre 2018 à Zarzouna (Bizerte)

à l'origine d'une contamination significative de l'eau et du sédiment avec des impacts éco systémiques et socio-économiques régionales (Colombano et al. 2018). Dans ce contexte, nous avons identifié une contamination de la côte nord du golfe de Tunis (Cap Zebib) par les hydrocarbures d'une source inconnue.

### MATÉRIEL ET MÉTHODES

Afin d'évaluer la situation environnementale, nous avons prélevé bimensuellement des échantillons d'eau et de sédiments en fonction de l'emplacement des sources de contamination à Cap Zebib, Rades et la Goulette (figure 1 : b). Le cap Zebib est situé près de la ville de Metline, à 20 km de Bizerte, au nord de la Tunisie. Ce promontoire est très vulnérable à la contamination par le pétrole puisqu'il est proche du STIR (Société Tunisienne d'Industries de Raffinage).

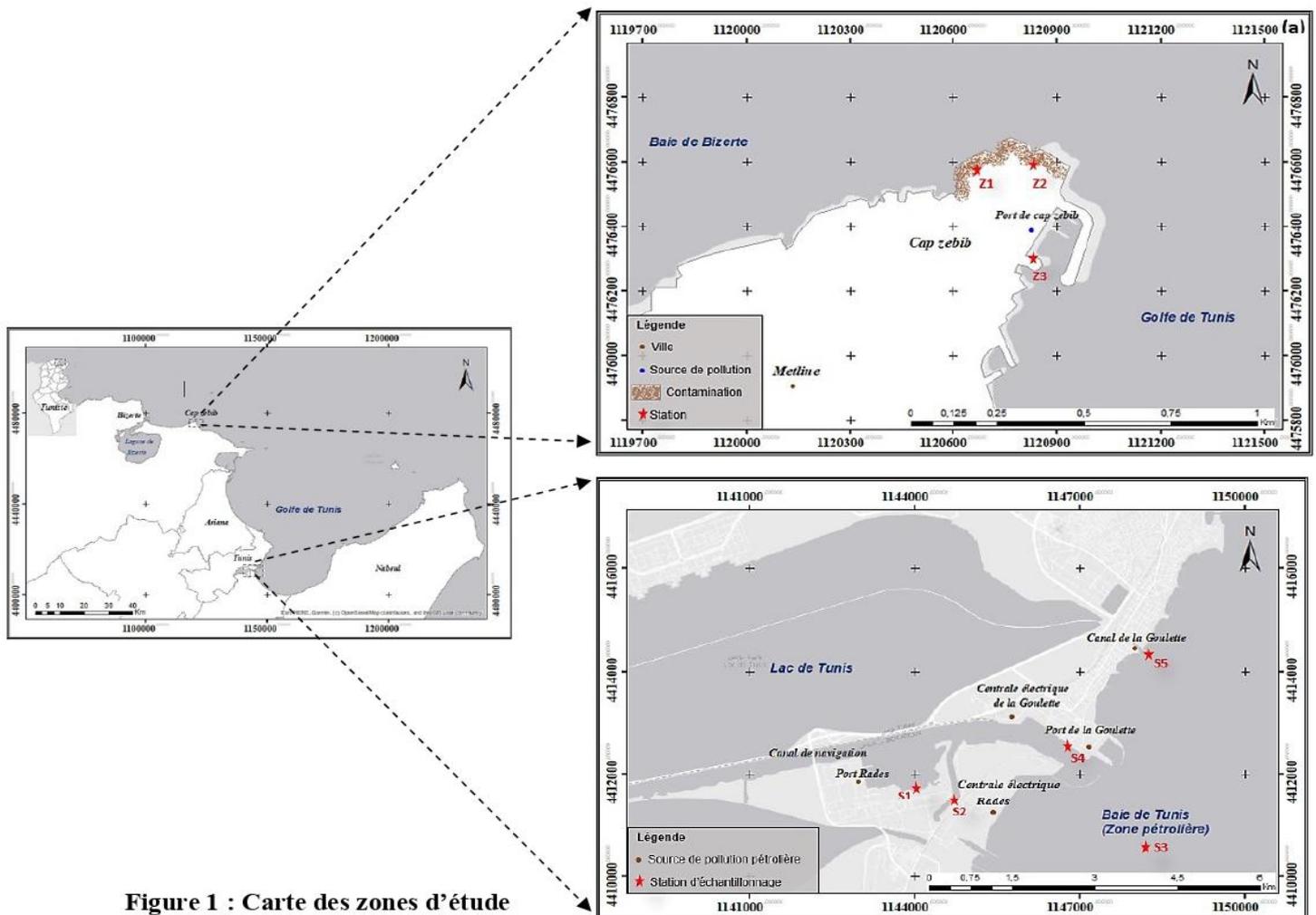


Figure 1 : Carte des zones d'étude

#### ▪ Prélèvements de sédiments

Le prélèvement des sédiments est effectué bimestriellement au niveau des sources potentielles responsables à la pollution de Cap zebib et de la baie de Tunis (Port et centrale électrique de Rades, zone pétrolière de Rades (à 10 m de profondeur), port et canal de la goulette) (Figure 1 : a, b).

#### ▪ Cartographie

Nous avons analysé des cartes satellitaires avec Sentinel 2 illustrant l'évolution spatiale de la contamination par les hydrocarbures de Cap zebib avec un accident de fuite de fioul par l'industrie pétrochimique (STIR) à partir d'un bac de stockage. Nous avons utilisé un logiciel d'information géographique ArcGis 10.7. Toutes les images satellitaires utilisés sont du 06 octobre 2018.

#### ▪ Approche de laboratoire

Après avoir recueilli les échantillons d'eau et de sédiments, nous avons effectué une série d'analyses physico-chimiques (Matières en suspension MES, carbone organique total COT, fractions lipidiques :

hydrocarbures totaux HCT, fractions saturées SAT, fractions aromatiques HA et résines et asphaltènes NSO) afin de procéder à une caractérisation quantitative et qualitative des hydrocarbures des échantillons.

#### ▪ Analyses statistique

Pour estimer le degré de similitudes entre les différentes sources de contamination, nous avons utilisé un logiciel de calcul statistique 'PAST' pour tracer les dendrogrammes illustrant le degré de filiation (les différentes familles) des sources de pollution étudiées.

#### ▪ Analyse du Macro-benthos

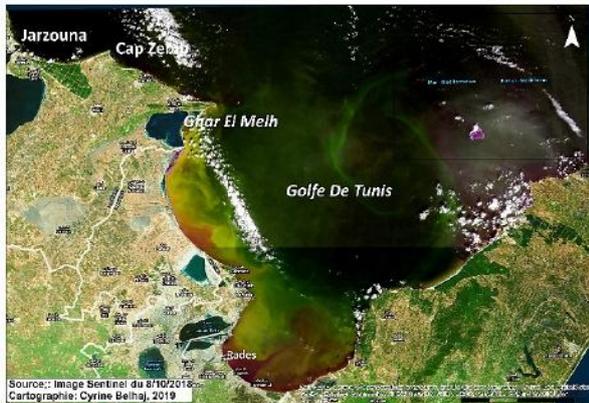
Des échantillons de macro-benthos ont été pris de la baie de Tunis (plongée sous-marine) à 10 m de profondeur. L'échantillonnage a été fait en utilisant un quadra (50cm x 50cm).

## RESULTATS ET DISCUSSIONS

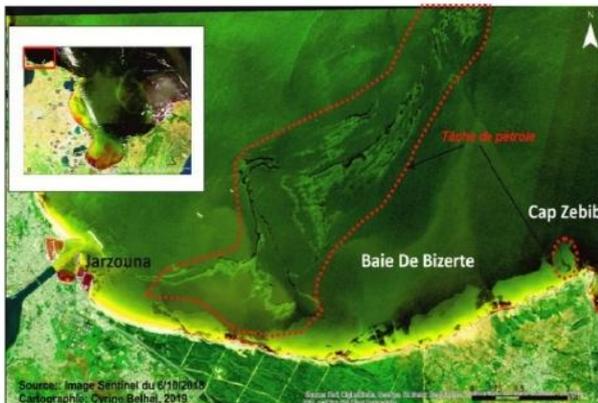
### 1-Cartographie

Les images satellitaires Sentinel 2 prises à la période de l'accident de STIR ainsi la cartographie de la distribution spatiale de la contamination de Cap Zebib montre :

- L'identification des tâches de pétrole sur le long du golfe de Tunis (Figure 2).
- La présence probablement du pétrole du STIR dans notre site d'étude (Figure 3, 4).



**Figure 2 :** Distribution spatiale générale de la contamination du golfe par les hydrocarbures



**Figure 3 :** Zoom sur l'évolution spatiale de la fuite de pétrole par l'industrie pétrochimique (STIR)



**Figure 4 :** Zoom sur l'évolution spatiale de la contamination de Cap Zebib par le pétrole



**Figure 5 :** Zoom sur l'évolution spatiale de la pollution pétrolière sur le long du golfe



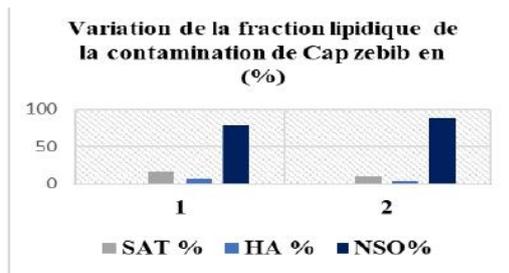
**Figure 6 :** Zoom sur l'évolution spatiale de la pollution pétrolière sur la baie de Tunis

## 2- Analyse de sédiment

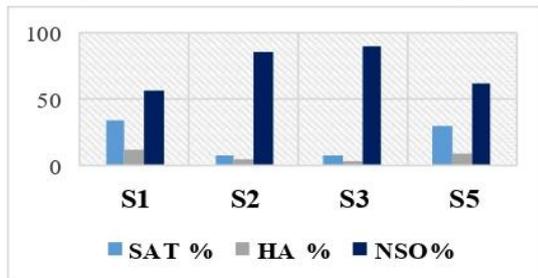
La comparaison des résultats de la chromatographie liquide pour les sédiments de Cap Zebib collectés bimensuellement montre une teneur élevée en hydrocarbures, de l'ordre de 4,6 mg/g et 7,23 mg/g, par rapport à la norme tunisienne NT109, 14 (1 g/g de sédiments). Cela prouve que le milieu est très pollué et qu'il peut sérieusement perturber l'écosystème marin.

A la baie de Tunis, Nous avons enregistré des teneurs en hydrocarbures totaux HCT à quatre stations (1,6 mg/g ; 1,4 mg/g ; 7,4mg/g ; 3,2mg/g) largement supérieures à la norme tunisienne (NT 109.04). Ces résultats témoignent d'une forte contamination par le pétrole. Cependant, nous avons noté l'absence des hydrocarbures pour la station 4 relative au port de la goulette.

L'analyse des pourcentages pondéraux des échantillons de sédiments de cap zebib (Figure 7) et de la baie de Tunis (Figure 8) montre la prépondérance des fractions lourdes par rapport aux fractions saturées et aromatiques. Ces tendances traduisent une détérioration de la qualité des huiles contaminant ces régions. Bodennec (1979) explique l'augmentation de la fraction lourde NSO traduit l'altération de pétrole. Ceci nous permet de qualifier les huiles contaminant les sédiments comme étant des huiles biodégradés.



**Figure 7 :** Variation des teneurs en fraction lipidique des échantillons de sédiments (Cap zebib)



**Figure 8 :** Variation des teneurs en fraction lipidique des échantillons de sédiments (Baie de Tunis)

#### 4- Chromatographie gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC/MS)

##### • Cap zebib

Les chromatogrammes d'ions ( $m/z$ ) de la contamination relatifs à Cap Zebib des différentes catégories de biomarqueurs moléculaires présentent une évolution de chromatogrammes ( $m/z$ ) similaire à celle de l'huile brute. En outre, nous avons identifié l'absence des biomarqueurs (Stéranes et Hopanes) chez le Gasoil. D'après Colombano et *al.* (2014), les produits légers type essence ou Gasoil se caractérisent par une faible proportion en Hopanes (Ion 191) car les hydrocarbures les composant ne dépassent pas 10 atomes de carbone. Nous avons pu ainsi conclure que de la contamination à Cap Zebib a été induite par de l'huile brute.

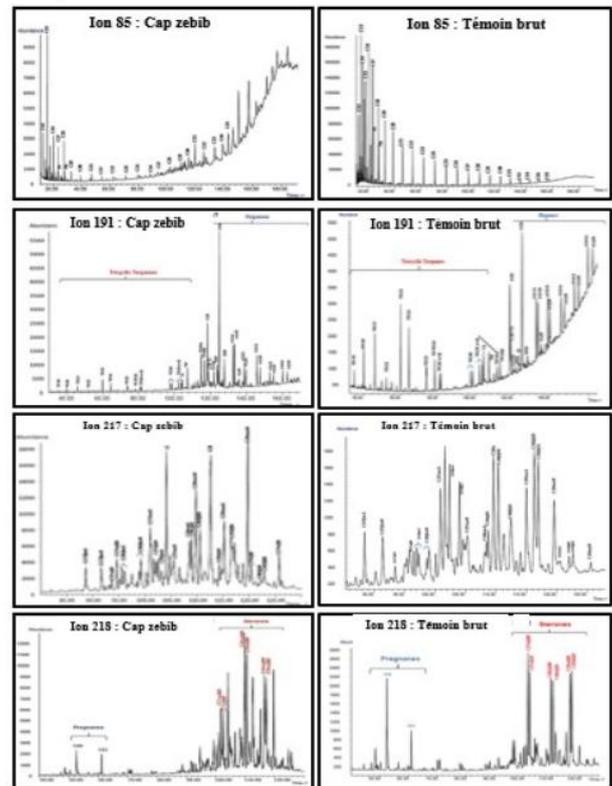
Les résultats de la GC/MS relative au Cap Zebib démontrent que la source potentielle de la contamination du Cap Zebib par les hydrocarbures est le trafic maritime notamment une fuite par les bateaux Tankers.

##### • Baie de Tunis

Les résultats de GC/MS de la baie de Tunis, de Rades et de la Goulette (figure 10) présentent les mêmes profils chromatographiques ( $m/z$ ) que ceux du brut. Par ailleurs, nous enregistrons une forte abondance des biomarqueurs dans tous les échantillons étudiés. Selon Colombano et *al.* (2014), la distribution de hautes proportions en hopanes indique que le produit pétrolier n'est pas raffiné. De plus, Wang et Christensen (2006) expliquent que la présence des

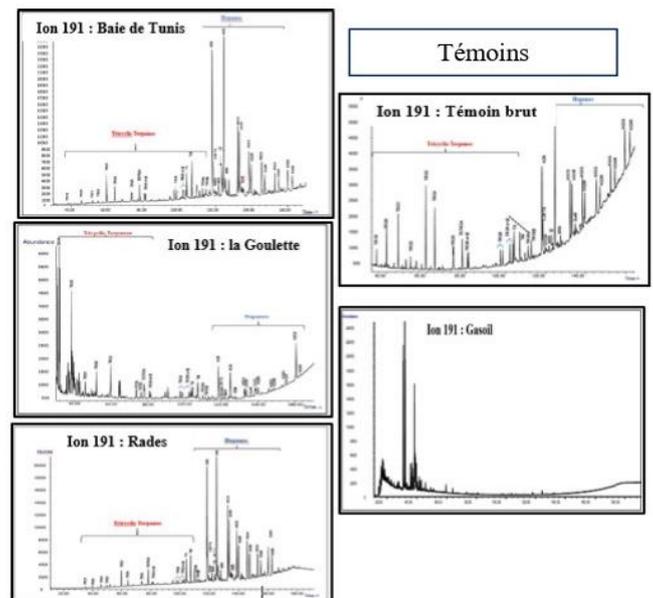
biomarqueurs rares (méthylhopane,  $18\alpha$ -oléane) (ion 191) montre l'affiliation des hydrocarbures au pétrole brut. Ainsi, la contamination à la baie serait causée par du pétrole brut.

##### • Cap zebib



**Figure 9 :** Comparaison des résultats de GC/MS de Cap Zebib au témoin de brut

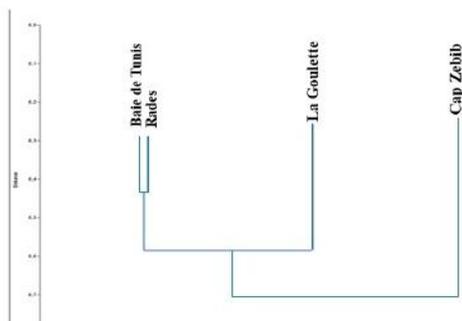
##### • Baie de Tunis



**Figure 10 :** Comparaison des résultats de GC/MS des stations de la baie de Tunis au témoin de brut et au Gasoil (ion 191).

## 5-Analyse statistique

Il ressort du dendrogramme, au moyen du logiciel, 'Past', basé sur les rapports des différents biomarqueurs très spécifiques (Stéranes, Hopanes et Terpanes) un degré de filiation positive entre les contaminations de Rades et de la baie traduisant la même origine et négative pour les autres contaminations du golfe de Tunis (figure 11).



**Figure 11** : Dendrogramme montrant les degrés de filiation entre toutes les contaminations du golfe de Tunis

## 6- Analyse qualitative du Macro-benthos

L'analyse qualitative du macro-phyto-benthos nous a permis de collecter les algues *Ulva lactuca*, *Ulva intestinalis*, et *Cladophora rupestris*. Certains chercheurs (Boucher et al., 1983) soulignent que ces macrobenthos sont des indicateurs d'une forte eutrophisation et que leur prolifération contribue à la pollution des plages, à la limitation de l'équilibre environnemental, à la perte de luminosité des fonds (Ménesguen, 2013) et ainsi à des nuisances visuelles et olfactives, qui résident des coûts de nettoyage importants, et qui provoquent le dégagement de H<sub>2</sub>S. Quant aux zoobenthos, l'analyse des échantillons collectés de la baie de Tunis (quelques espèces de bivalves : *Cerastoderma edule*, *Donax trunculus*, *Hexaplex trunculus*) montre que le milieu est azoïque et très dégradé.

## CONCLUSION

Notre étude a montré une forte contamination des sédiments du golfe de Tunis par les hydrocarbures traduisant un large dépassement de la norme NT-109.14, les origines brutes des contaminations de Cap Zebib et de la baie causées par les bateaux Tankers transporteurs du pétrole et par la zone industrielle de Rades. Ainsi, le présent travail a mis en évidence une grande eutrophisation avec une prolifération d'algues benthiques opportunistes (Ulves, Gracilaires, Cladophores) et une biodiversité presque inexistante dans les zones contaminées du golfe de Tunis.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ben Hassine, O.K.**, 1998. Diversité biologique du golfe de Tunis. Monographie de l'étude nationale de la diversité biologique de la Tunisie Faculté des Sciences de Tunis, Campus Universitaire, 2092 El Manar-Tunis, vol. III : 20-28 pp.
- Bodennec, G.**, 1979. Caractérisation chimique de quelques échantillons d'eau de mer polluée par IXTOC 1. Centre Océanologique de Bretagne Elgim, p 10.
- Boucher., Cabioch, L., Chamroux, S et Dauvin, J.C.**, 1983. Veille écologique des côtes bretonnes, Etude du macro-benthos, de la méiofaune et des Bactéries en Eaie, de Morlaix. Rapport d'exécution des contrats d'études, Bretagne, p 7 – 8.
- Colombano, S., Saada, A., Victoire, E., Guerin, V., Zornig, C., Amalric, A., Blessing, M., Widory, D., Hube, D et Blanc, C.**, 2014. Rapport final : Nature des produits pétroliers et origine de vieillissement : tentative de l'identification de la source via la prise en compte des impacts et l'analyse de l'âge approximatif des déversements, p84-85.
- IPIECA (Association Internationale de l'industrie pétrolière pour la Protection de l'Environnement)**, 2015. Impacts des déversements d'hydrocarbure sur l'écologie marine, Impacts des déversements d'hydrocarbures sur l'environnement marin, Lignes directrices relatives aux bonnes pratiques en matière de gestion des accidents et du personnel d'intervention d'urgence, Level 14, City Tower, 40 Basinghall Street, London EC2V 5DE, Royaume-Uni, p1516.
- Louati, H.**, 2013. Etude de la biorémédiation de sédiments contaminés par des hydrocarbures aromatiques polycycliques : impact écologique sur la microflore et la méiofaune de la lagune de Bizerte, Thèse de doctorat, Faculté de Sciences de Bizerte, Bizerte-Tunis, p 21-22.
- Ménesguen, A.**, 2013. Les « marées vertes », une manifestation croissante et bien visible de l'eutrophisation de certaines zones côtières. IFREMER/Centre de Bretagne, Département ODE (Océanographie et Dynamique des Écosystèmes), Unité DYNECO (DYNAMiques de l'Environnement Côtier), laboratoire EB (Écologie Benthique), institut océanographique, p 2.
- Michel, P.**, 1983. Impact des hydrocarbures sur la flore et la faune marines. Institut scientifique et technique des pêches maritimes bp. 1049, 44037 Nantes, p15.
- Wang, Z.D and Christensen, J.H.**, 2006, Petroleum Biomarkers Fingerprinting for Environmental Forensics: Application in Environmental Forensics, Contaminant Specific Guide, New York, 409 p.

**Zarrad, R.**, 2007. Distributions spatio-temporelles des œufs et des larves de l'anchois *Engraulis encrasicolus*, de la Sardinelle *Sardinella aurita* et de la sardine *Sardina pilchardus* dans le golfe de Tunis et relations avec les paramètres environnementaux. Thèse de doctorat. Institut National Agronomique de Tunisie, p 253.