

OBSERVATIONS
SUR LE DEGRE DE POLLUTION DES EAUX
DANS LE GOLFE DE FOS

R A P P O R T

Date - Février 1973

I.S.T.P.M.
Centre de Recherches de Sète
1, rue Jean Vilar
SETE

SOMMAIRE

INTRODUCTION

I - DEFINITION ET CONSISTANCE DE L'ETUDE

- 1 - Stations de prélèvements
- 2 - Périodicité des observations
- 3 - Nature des paramètres retenus - Méthodes
 - 3.1. Paramètres physiques et chimiques
 - 3.1.1. Température et salinité
 - 3.1.2. Demande chimique en oxygène
 - 3.2. Agents polluants
 - 3.2.1. Germes fécaux
 - 3.2.2. Mercure
 - 3.2.3. Phénols
 - 3.2.4. Détergents
 - 3.2.5. Hydrocarbures

II - RESULTATS

III - INTERPRETATION DES RESULTATS

- 1 - Paramètres physico-chimiques
 - 1.1. Salinité - température
 - 1.2. Demande chimique en oxygène
- 2 - Agents polluants
 - 2.1. Germes fécaux
 - 2.1.1. La contamination bactérienne des eaux
 - 2.1.1.1. Intensité et fréquence
 - 2.1.1.2. Sources et mécanismes
 - 2.1.2. La contamination bactérienne des coquillages
 - 2.2. Teneur en mercure (moules)
 - 2.3. Teneur en composés phénoliques (moules)

- 2.4. Teneur en détergents (eau)
- 2.5. Teneur en hydrocarbures (eau)

CONCLUSION

- Annexes I - Composition des milieux de culture - analyses bactériologiques
- II - Tableaux des résultats
- III - Figures

INTRODUCTION

Cette étude qui fait l'objet d'une convention passée avec l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, par la Direction du Port Autonome de Marseille a pour but de déterminer le degré actuel de pollution des eaux dans le Golfe de Fos. Ce travail s'inscrit dans le cadre du programme de prévention et de lutte contre la pollution des eaux et de l'air par les industries, zone de Fos - étang de Berre.

Le présent rapport a pour objet la présentation des travaux effectués par :

MM. FAUVEL Y. Maître de recherches	I.S.T.P.M. - Sète
SAUVAGNARGUES J.C. Attaché de recherches	I.S.T.P.M. - Sète
CONSOLE J.J. Aide-technique principal	I.S.T.P.M. - Marseille
THIBAUT Y. Chargé de recherches	I.S.T.P.M. - Nantes
MICHEL P. Chargé de recherches	I.S.T.P.M. - Nantes
BONNAFOUX A. Aide-technique	I.S.T.P.M. - Toulon

avec la collaboration du C.E.R.G.A. - Université des Sciences et Techniques du Languedoc et du Laboratoire de Chimie analytique de la Faculté de Pharmacie de Montpellier.

Les travaux de dactylographie ont été effectués par Mme. SOSPEDRA et Melle FORNET I.S.T.P.M. Sète.

I - DEFINITION ET CONSISTANCE DE L'ETUDE

1 - Stations de prélèvements

Le réseau des stations visitées comporte quinze points d'observation fixés de la façon suivante (fig. 1) :

- 1 - 100 m au nord de la pointe de la Gracieuse,
- 2 - Anse de Carteau : 100 m au nord du They Pegoulier,
- 3 - 100 m à l'est du phare St Louis,
- 4 - Milieu du Canal St Louis,
- 5 - 100 mètres au sud-est de l'entrée de la Darse 2,
- 6 - 100 mètres au sud de l'entrée de la Darse 1,
- 7 - 100 mètres au sud extrémité appontement des pétroliers,
- 8 - 100 mètres au sud de la Pointe St Gervais,
- 9 - Port-de-Bouc, 200 mètres à hauteur du Quartier des Combattants,
- 10 - Centre du Port de Lègue (canal de Caronte),
- 11 - 200 mètres au droit de la Centrale de Ponteau,
- 12 - 200 mètres au large du Cap Couronne,
- 13 - Centre de l'alignement Pointe de Bonnieu - Pointe de la Gracieuse,
- 14 - Centre de l'alignement Pointe de la Gracieuse. Phare de Port-de-Bouc,
- 15 - Centre de l'alignement Phare Port-de-Bouc - Appontement pétroliers.

En cours d'étude il a été jugé nécessaire d'effectuer quelques observations complémentaires en d'autres points ainsi localisés :

- 16 - 500 mètres au large de la raffinerie de Lavera,
- 17 - Darse 1 : embouchure canal Arles à Fos,
- 18 - Centre du bassin de Port-Saint-Louis,
- 19 - Canal de Caronte, embouchure de l'étang de Berre.

Les échantillons de mollusques qui ont fait l'objet d'examen particuliers se situent :

St. A - Anse de Carteau au fond,

B - Digue du Canal de Port-Saint-Louis (St 3),

- C - Parois du Canal St Louis (St 4),
- D - Darse 2, sur fond rocheux (St 5),
- E - Darse 1, ouvrage portuaire (St 6),
- F - Appontement des pétroliers, sur rochers (St 7),
- G - Pointe de St Gervais, sur rochers (St 8),
- H - Sur les quais du port de la Lègue (St 10),
- I - Sur les rochers de la pointe de la Couronne (St 12),
- J - Sur bouées de la Raffinerie BP (St 16),
- K - Darse 1, sur fond vaseux (St 17),
- L - Canal de Caronte - Pont SNCF,
- M - Canal de Caronte.

2 - Périodicité des observations

Les observations ont été répétées de façon à obtenir un nombre de résultats suffisants, permettant, compte-tenu du temps limité imparti, de fournir une appréciation aussi exacte que possible du degré actuel de pollution des eaux dans ce secteur.

C'est ainsi que six séries complètes d'observations ont été effectuées du 6 Juin au 14 Novembre 1972. Toutefois, comme il est signalé précédemment, le nombre d'échantillons examinés a été pour certains paramètres supérieur à celui prévu dans le programme initial.

3 - Nature des paramètres retenus - Méthodes

3.1. Paramètres physiques et chimiques

3.1.1. Température et salinité

La mesure de la température et de la salinité des eaux a été effectuée pour chaque prélèvement. La température a été observée à l'aide de thermomètres à renversement Negretti-Zambra et Richter-Wiese montés sur bouteilles Mécabolier. La salinité a été obtenue par la méthode de Mohr.

3.1.2. Demande chimique en oxygène

Pour établir la demande chimique en oxygène dans

l'eau de mer, la méthode employée est celle mise au point par P.MICHEL du laboratoire I.S.T.P.M. de Nantes, décrite dans "Rev. Trav. Inst. Pêches Marit". - 36 (3), 1972 p. 361-365.

Les matières organiques sont oxydées en milieu sulfurique par un excès de bichromate de potassium. La D.C.O. correspond à la fraction consommée, elle s'exprime en mg d'O₂ par litre.

Les chlorures sont transformés en complexes stables par la présence dans la solution oxydante de sulfate mercurique. L'oxydation ne nécessite pas de chauffage autre que celui produit par la dissolution de l'acide sulfurique dans l'eau.

3.2. Agents polluants

Les déterminations sont ainsi réparties :

3.2.1. Germes fécaux

- Cent quatre vingt-sept prélèvements d'eau à différents niveaux, soit cinq cent vingt six analyses,
- Soixante et un prélèvements de coquillages (moules), soit cent soixante quinze analyses.

Dans les deux cas, la contamination fécale est mise en évidence par la recherche de germes tests : bactéries coliformes, Escherichia coli et Streptocoques fécaux (Streptococcus faecalis).

Les cultures sont effectuées en milieu liquide en deux périodes d'incubation de 48 à 24 heures.

Sont appelés "coliformes" les germes cultivant sur milieu lactosé bilié au vert brillant * qui, après incubation de 48 heures à 37°C, produisent un dégagement gazeux.

* La composition des milieux de culture est fournie en annexe (I).

Ces cultures repiquées, d'une part sur milieu "bilié-lactosé au vert brillant" et d'autre part sur "eau peptonée"*, après incubation de 24 heures à 44°, révèlent la présence de E.coli (test de Mackenzie) sur laquelle s'appuie essentiellement l'interprétation.

La méthode de Rothe et Litsky est utilisée pour la mise en évidence des Streptocoques fécaux. La première incubation de 48 heures à 37°C, sur milieu de Rothe *, constitue un test présomptif, la confirmation étant fournie, après repiquage, par culture sur milieu de Litsky * durant 24 heures à 37°C.

L'ensemencement est réalisé, soit en trois séries de 2 tubes dans le rapport 1/5 (coliformes et E.coli), soit en deux séries de 5 tubes dans le rapport 1/10 (Streptocoques fécaux). Selon les lieux étudiés et le degré présumé de contamination, les quantités ensemencées varient et des dilutions sont parfois opérées.

Pour les coquillages, la partie analysée correspond au corps broyé des mollusques additionné de deux fois son volume d'eau salée stérile. Dans tous les cas on procède au dénombrement par comptage des tubes positifs, l'estimation en germes étant donnée par les tables de dénombrement mathématique établies par BOURY (1957) affectée du coefficient trois pour les analyses de mollusques.

Les prélèvements placés en récipients stériles (flacons et boîtes) sont conservés en coffrets isothermes à une température de + 5°C. Les ensemencements sont effectués dans les 6 heures qui suivent l'achantillonage.

3.2.2. Mercuré

Le dosage du mercure dans la chair des moules effectué sur 71 échantillons a été réalisé par Y. THIBAUD selon un procédé par spectrophotométrie d'absorption atomique, après réduction des ions mercure en mercure métal. Cette méthode dérivée de celle de Uthe et coll. est décrite par Y. THIBAUD, Science et Pêche I.S.T.P.M, n° 209. Décembre 1971.

Les résultats sont exprimés en mg/kg de chair égouttée.

3.2.3. Phénols

La détermination des composés phénoliques a été faite dans 44 échantillons de moules. Les composés phénoliques sont isolés du broyat de chair de moules par entraînement à la vapeur d'eau en milieu acide. Ils sont dosés par colorimétrie du produit qu'ils forment en se combinant à la 4-aminoantipyrine en milieu alcalin et les résultats exprimés en mg de phénol pour 100 g de chair égouttée.

3.2.4. Détergents

Ces dosages (57) effectués à un ou deux niveaux sur huit stations portent sur les détergents anioniques. Ils ont été réalisés au laboratoire "détergents" CERH de la Faculté des Sciences de Montpellier à l'aide d'un processus dérivé de la méthode de LONGWELL et MANIECE : le bleu de méthylène forme avec les produits tensioactifs anioniques un complexe. Celui-ci est extrait de la phase aqueuse par le chloroforme, et est dosé colorimétriquement. Seuls sont donc dosés les détergents anioniques, type ABS. La référence est le MannoXol.

3.2.5. Hydrocarbures

Les mesures (40) destinées à déceler la présence d'hydrocarbures dans les eaux de surface en certains points (8) ont été faites par spectrométrie infrarouge. Leur précision est de 0,05 mg/l, il y a cependant lieu de tenir compte que toute substance contenant des groupements ($-CH_2$) interfère dans ces dosages et complique l'interprétation de ces valeurs.

II - RESULTATS (voir annexe II).

III - INTERPRETATION DES RESULTATS

1 - Paramètres physico-chimiques

1.1. Salinité - Température

Le relevé de la température et de la salinité des eaux, complétant leur analyse, a été effectué pour chaque série d'observations aux différentes stations.

Il n'est tenu compte des données ainsi recueillies que dans la mesure où elles sont susceptibles d'apporter des enseignements complémentaires à l'étude du processus de contamination des eaux. Il ne s'agit pas d'une étude d'hydrologie fondamentale qui demande des analyses plus nombreuses et plus précises.

Salinité

Les valeurs moyennes obtenues pour chaque station du 6 Juin au 14 Novembre (fig. 2) mettent tout d'abord en évidence l'influence marquée des eaux douces dans le golfe. L'examen des données ainsi fournies permet de montrer que cette influence a pour origine d'une part le canal de Caronte à l'est (station 10, moy. 17,42‰) d'autre part le canal St Louis à l'ouest (station 4, moy. 22,5‰), sans négliger toutefois les apports d'eaux douces plus sporadiques issus du canal d'Arles à Fos dans la darse n° 1 (station 6, moy. 29,58‰).

La représentation cartographique très schématisée des isohalines de surface tracées d'après ces valeurs moyennes (fig. 3) donne un aperçu plus clair de ces diverses origines. Elle concrétise aussi, sur le plan géographique, la pénétration plus ou moins étendue des eaux douces. C'est ainsi qu'il apparaît que celles provenant du canal de St Louis ont une influence plus limitée que celles issues du canal de Caronte.

Il s'agit là d'une figuration de la tendance générale qui caractérise la période d'observation. Les écarts enregistrés pour certaines stations entre les valeurs maximales et minimales (tabl. 1) montrent toutefois que d'importantes variations ont été contrôlées en cours d'étude.

Afin de mettre en évidence l'ampleur de ce phénomène il est

apparu nécessaire de comparer, par représentation cartographique toujours très schématisée, les résultats des mesures effectuées pour chaque sortie. A cet effet l'isohaline de 33,00‰ a été choisie comme base de comparaison (fig. 4).

L'examen des différentes isohalines ainsi obtenues confirme tout d'abord l'importance du facteur eau douce. Il est assez caractéristique d'observer cependant que le phénomène de pénétration de ces eaux dans le golfe en surface, peut être limité comme le 26 septembre, du fait de l'influence marine prédominante, ou au contraire très étendu le 17 octobre, jour où les eaux du golfe dans leur ensemble ont une salinité inférieure ou égale à 33‰ en surface, du fait de l'abondance des eaux de ruissellement, conséquence de fortes précipitations.

Entre ces deux cas extrêmes s'établit une situation intermédiaire qui dépend semble-t-il du régime des courants et des vents dominants.

Température

La moyenne des mesures de température calculée pour chaque station permet tout d'abord de classer la période d'observation considérée comme faisant partie d'une époque de type estival présentant en particulier une différence entre la température moyenne plus élevée des eaux du golfe et celle observée en un point plus directement soumis à l'influence marine (St 12) - (tabl. 2). Cet écart thermique reste bien entendu plus marqué de juin à septembre.

L'examen des données ainsi fournies fait apparaître en outre (fig. 5) que la moyenne des mesures est sensiblement plus élevée dans le secteur Est que dans le secteur ouest. Il semble donc qu'un rapport de cause à effet puisse s'établir entre cette observation et le fait constaté précédemment démontrant l'influence plus marquée des eaux douces en provenance du Canal de Caronte.

1.2. Demande chimique en oxygène

La présence de matières organiques dans l'eau de mer est un des facteurs qui conditionnent la productivité des océans mais cette action bénéfique a ses limites. D'une part la consommation des matières organiques reste restreinte; quand celles-ci dépassent un certain taux, il n'y a plus augmentation de productivité. D'autre part, l'excès de matières organiques se dégrade en consommant de l'oxygène dissous et concurrence la vie marine. Dans les cas extrêmes cet excès peut provoquer l'eutrophisation du milieu. Enfin, les matières organiques peuvent être considérées comme indicatrices de pollution, puisqu'elles accompagnent normalement les effluents urbains et la plupart des effluents industriels; c'est justement à cet effet qu'elles rentrent dans le cadre de la présente étude. Il y a peu d'information sur le taux de matières organiques en milieu marin; il semble en tout cas qu'une eau de mer ayant une DCO supérieure à 25-30 mg/l soit peu propice à la conchyliculture.

La valeur intrinsèque des mesures de DCO (tabl. 3) paraît satisfaisante dans l'ensemble du golfe. Elle est plus élevée dans les canaux ou à leur débouché (stations 3-10-19) ce qui est tout à fait conforme au phénomène général de pollution.

2 - Agents polluants

2.1. Germes fécaux

2.1.1. La contamination bactérienne des eaux

D'une façon générale il convient tout d'abord de souligner que l'analyse bactériologique présente une certaine part d'imprécision, il y a lieu en conséquence de tenir compte de la signification des résultats plutôt que de leur valeur brute.

La présence du signe + qui suit certaines valeurs indique que l'analyse pratiquée n'a pu cerner la concentration en germes. De la

même façon le chiffre 0 ne signifie pas absence de germes, mais "moins de" - limite inférieure de détection.

Compte-tenu de ces précisions la valeur obtenue dans le calcul des moyennes ne peut être considérée que de façon approchée.

2.1.1.1. Intensité et fréquence de pollution

Les résultats obtenus (tabl. 4) présentent dans l'ensemble des variations très marquées suivant la position, le niveau et l'époque des prélèvements.

La mesure de l'intensité moyenne de contamination établie par station (fig. 6 et 7) apporte d'utiles enseignements sur ces variations.

Le calcul de la fréquence relative des teneurs en germes, réparties en trois classes (tabl. 5) (fig. 8) ne fait que confirmer ces données qui peuvent se résumer en représentation cartographique (fig. 9 et 10). Celle-ci donne les grandes lignes de la répartition géographique de la pollution dans le golfe.

En surface, la situation est différente suivant le secteur considéré :

- à l'est, la contamination qui atteint son maximum d'intensité dans le port de Lavera-Port-de-Bouc, au débouché du canal de Caronte (St 10) s'étend dans la région côtière vers le nord (St 9 et 8) ainsi que vers l'Est avec un moindre effet (St 15). Elle exerce de même son influence vers le sud, de façon moins accentuée, mais nettement plus au large (St 14 et 13), le secteur côtier (St 16 et 11) étant dans ce cas moins affecté.

- à l'ouest, bien que les nuisances observées dans le canal St Louis, soient loin d'être négligeables (St 18 et 4), la moyenne de contamination des eaux est moins élevée dans l'anse de Cartau (St 3, 2 et 1). Il en est de même à proximité des darses n° 1 et 2 (St 5, 6 et 7).

Au fond, l'action contaminatrice est faible sur l'ensemble du golfe, les taux les plus élevés étant cette fois observés dans le secteur côtier ouest (St 3 et 6).

2.1.1.2. Sources et mécanismes de pollution

Les données fournies dans le paragraphe précédent renseignent sur la localisation, le degré et la fréquence des pollutions. Les cartes des figures (9 et 10) signalent déjà à l'attention par les emplacements les plus touchés, les origines de cette contamination. Il est donc nécessaire de passer en revue les principales sources de pollution :

- à l'ouest, le canal St Louis reçoit les effluents domestiques d'une partie de la ville de Port-Saint-Louis. Les rejets (réseau de type unitaire) se font sans traitement.

- à l'angle nord, déversement des eaux usées du faubourg Venise (500 habitants),

- au centre quai Est, déversement des eaux du faubourg Hardon (1500 habitants),

- au nord, les rejets de l'agglomération de Fos qui sont rejetés dans le canal d'Arles à Bouc. Ces effluents sont drainés par un réseau du type séparatif et traités dans une station prévue pour 12 000 usagers,

- à l'est, les divers points de rejets des eaux usées de l'agglomération de Port-de-Bouc (18 000 habitants) qui possède un réseau de type unitaire sans station de traitement se situent :

- dans le golfe de Fos, au sud de la Pointe de la Baumasse, au nord et au sud du cap d'Aigades,

- dans le chenal de Caronte, à l'anse des Fourmis et au quai de la Chambre de Commerce,

- dans la darse à l'embouchure du canal d'Arles à Bouc,

- dans le canal d'Arles à Bouc,

- toujours à l'est, différents rejets émanant d'agglomérations ou d'usines :

- rejets domestiques des agglomérations de Carrola-Couronne (1 000 habitants), dans l'Est du Cap Couronne, sans traitement,
- rejets de l'usine Ugine-Kuhlmann sur la rive nord du canal de Caronte (14 000 m³/h),
- rejets de la Raffinerie B.P. dans l'anse du canal Vieil (4 000 m³/h) après décantation et déshuilage,
- rejets de Naphtachimie dans l'anse d'Auguette en deux points (25 000 m³/h),
- rejets de la Centrale E.D.F. à Ponteau.

Connaissant les sources principales de pollution et son intensité il convient pour tenter de définir le mécanisme de contamination de tenir compte, tout d'abord, des données fournies précédemment sur la salinité des eaux.

Il a été constaté que le degré de contamination est plus élevé en surface qu'au fond. Ce fait est normal, les nuisances étant véhiculées par les eaux douces principalement en surface.

La comparaison des représentations cartographiques des isohalines (fig. 3) et de la fréquence relative des teneurs en germes (fig. 9) fournit l'explication du phénomène de distribution de la contamination bactérienne d'origine fécale dans le golfe, en surface. C'est ainsi que la pénétration plus poussée des eaux douces venant du secteur côtier Est, justifie la persistance d'un taux de pollution encore élevé aux stations 8, 15, 14 et 13. La valeur de ce taux semble, apparemment, évoluer de façon dégressive au fur et à mesure que l'effet des eaux marines est plus marquant. Plus localisée à l'ouest, au débouché du canal St-Louis, la zone de pénétration des eaux douces correspond de même à celle, aussi réduite, soumise à une pollution notable.

En période de fortes précipitations, l'action des eaux de ruissellement vient renforcer celle des eaux douces régulièrement dé-

versées et provoque une pollution généralisée dans le golfe. Ce fait est mis en évidence par les observations faites le 17 octobre, date à laquelle la moyenne de salinité est la plus faible (29,50°/oo). A cette époque la contamination dont la moyenne générale est plus élevée s'étend sur l'ensemble des stations en surface.

En profondeur la situation se présente d'une façon bien différente du fait de la faible contamination enregistrée d'une façon générale, à ce niveau.

Il est cependant caractéristique de constater qu'en profondeur, seuls les Streptocoques fécaux sont dénombrés dans les classes B et C ($> 30/100$ ml) pour l'ensemble du secteur étudié. Leur présence en plus grand nombre dans les eaux de surface et surtout leur maintien dans les couches profondes représentent les manifestations d'un phénomène déjà observé en d'autres secteurs qui paraît confirmer la plus grande résistance des Streptocoques fécaux en eau de mer.

2.1.2. Contamination bactérienne des coquillages

Après avoir obtenu un bon nombre d'éléments donnant une certaine connaissance de la pollution des eaux du golfe de Fos, il apparaît utile d'envisager son incidence sur la qualité des coquillages qui y vivent naturellement. La moule (*Mytilus galloprovincialis* LAMARCK) qui représente l'espèce la plus abondante dans le golfe a servi de base à ce complément d'étude.

De nombreux auteurs ont étudié la pollution des coquillages et il est établi que ces derniers absorbent les germes en même temps que leur nourriture par filtration de l'eau dans laquelle ils vivent. Les moules notamment concentrent dans leurs mucus branchial et dans leur tube digestif les éléments minéraux et organiques en suspension dans l'eau. L'expérience montre en outre que les germes pathogènes vivent dans l'organisme des mollusques pendant un temps assez long.

Il est donc normal de s'attendre à rencontrer dans la zone étudiée une certaine relation entre la qualité des eaux et celle des coquillages. Mais si cette relation est probable, elle n'est pas évidente à priori, car il peut y avoir des modalités dans la contamination des coquillages. Intervient en particulier le décalage qui se produit entre la contamination des mollusques et celle des eaux, les prélèvements étant faits aux mêmes dates.

Dans le cas précis du golfe de Fos, il faut tout d'abord indiquer que si une relation doit être faite entre le taux de pollution des mollusques et celui des eaux, il convient de l'établir à un niveau proche de la surface. En effet les échantillons de moules ont été prélevés, sur des ouvrages ou des fonds, dont le niveau en profondeur n'excède pas 1 m 50 dans la majorité des cas.

Les données fournies sur l'intensité et la fréquence relative de la teneur en germes dans les moules (fig. 8, tabl. 6) et leur représentation cartographique (fig. 11) font apparaître une disproportion importante entre le degré de pollution des mollusques très élevé et celui des eaux de surface relativement faible (fig. 8 et 9). Ce fait est une illustration du phénomène de "relation approchée" qui peut s'instaurer entre le degré de pollution du milieu et celui des moules, en ce qui concerne l'intensité. La concentration plus ou moins intense des germes dans le corps du mollusque durant la période précédant la date de prélèvement en est la principale raison.

Toutefois en ce qui concerne la répartition générale, une relation plus étroite peut être établie. En effet, comme pour les eaux de surface, la contamination maximale en fréquence et en intensité, est observée dans le secteur Est.

2.2. Teneur en mercure (moules)

D'une manière générale il apparaît que ces teneurs sont élevées en comparaison des valeurs trouvées dans d'autres secteurs de méditerranée (tabl. 7). Il convient de signaler ici que le taux limite, au-delà duquel les denrées alimentaires sont retirées de la consommation, est fixé à 0,5 mg/kg aux Etats-Unis et au Canada, pays qui possèdent

la réglementation la plus sévère en ce domaine.

Les présents résultats montrent des valeurs inférieures à 0,5 mg/kg (de chair égouttée) sauf pour deux stations : H et J. Pour la première la teneur la plus élevée est trouvée le 28 août : 1,7 mg/kg.

La représentation graphique des valeurs moyennes, maximales et minimales (fig. 12) fait apparaître nettement que ces deux stations sont les plus touchées par le mercure. La situation est d'autant plus grave qu'au point H, en particulier, ne se rencontrent que des moules jeunes - il semble que la pollution, au sens large, y soit si intense qu'elle ne permet pas le développement jusqu'au stade adulte. Or, étant donné que, dans le cas de contamination par le mercure précisément, il y a phénomènes d'accumulation par l'organisme, la teneur serait beaucoup plus importante pour des individus adultes, au même endroit.

Les valeurs différentes trouvées pour une même station au cours de la campagne, s'expliquent essentiellement par le fait que les individus analysés sont d'âges différents.

Si les moules ont été choisies pour la recherche de contamination par le mercure, c'est à cause de leur caractère sédentaire et de leur récolte facile. Il faut considérer que les traces de mercure présentes dans l'eau vont être absorbées aussi bien par les végétaux que par les animaux marins : c'est toute la chaîne alimentaire qui est atteinte, et les effets de cette contamination sont ressentis même très loin du lieu de rejet, du fait de la migration des poissons pélagiques.

2.3. Teneur en composés phénoliques (moules)

Dans la plupart des cas, les résultats (tabl. 7) sont inférieurs au seuil analytique de la méthode, soit 0,25 mg pour 100 g de chair égouttée : 28 résultats sur 44.

La teneur maximale est trouvée pour la station D : 0,9 mg/100 g, cependant aucune station ne se différencie nettement; ainsi en

D, E, F, G, H et J les résultats sont compris entre 0,5 et 0,9 au moins une fois au cours de cette étude. Il semble qu'il n'y ait pas de pollution notable, par des composés phénoliques, apportée par le canal St Louis.

Cette contamination a pour origine les produits pétroliers essentiellement, elle se rattache donc directement à la pollution par les hydrocarbures.

2.4. Teneur en détergents

Les résultats (tabl. 8) indiquent la présence de détergents en concentration notable. Les valeurs les plus élevées concernent le secteur Est (St. 9, 10, 14, 15) ce qui confirme la distribution de la pollution urbaine mise en évidence avec les germes fécaux.

Il est remarquable que la présence de détergent est très peu marquée le 20 juin. Généralement la teneur est plus importante en surface qu'au fond puisque l'apport de la pollution est le fait des eaux douces.

2.5. Teneur en hydrocarbures (eau)

Les résultats obtenus (tabl. 8) fournissent des valeurs assez faibles en général. La plupart du temps une faible contamination en hydrocarbures a pu seulement être mise en évidence dans les eaux de surface, celle-ci apparaît cependant assez forte de façon sporadique.

Ces valeurs ne donnent pas une idée exacte de la situation car la présence de nombreuses et importantes tâches "irrisées" a été signalée à maintes reprises au cours de cette campagne. Il serait donc imprudent d'estimer le degré de pollution par hydrocarbures du golfe de Fos sur les seuls résultats obtenus.

CONCLUSION

La présente étude ne prétend pas constituer un document exhaustif sur l'état actuel de pollution du milieu récepteur dans l'ensemble du golfe de Fos. Compte-tenu du nombre limité d'observations effectuées dans un temps restreint ne peuvent être dégagés que des caractères généraux.

Tout d'abord, il apparaît que la pollution est manifeste dans l'ensemble du golfe avec prédominance dans la partie Est, ceci n'a d'ailleurs rien de surprenant puisque la concentration urbaine et industrielle est plus grande sur le versant oriental. De plus c'est dans cette même zone que débouche le canal de Caronte, exutoire de l'étang de Berre.

En ce qui concerne la pollution urbaine, l'effet de dilution joue énormément; les eaux ne présentent pas de contamination en germes fécaux et en détergents vraiment catastrophique. Les analyses bactériologiques des moules par contre, révèlent son caractère chronique. Il convient d'insister particulièrement sur la discordance des taux en germes entre l'eau et le coquillage car sans l'examen de ces derniers la situation sanitaire aurait pu paraître moins préoccupante. La question importante du point de vue scientifique, l'est davantage encore sur le plan de la santé publique car il est particulièrement rare de rencontrer dans la chair des mollusques des taux en germes aussi élevés que ceux qui ont été trouvés dans les moules du Golfe de Fos.

Pour les polluants industriels examinés, mercure, phénols et hydrocarbures, la situation est hélas des plus inquiétante dans le cas du mercure et s'il n'est pas mis en évidence que les composés phénoliques et plus généralement les hydrocarbures participent au phénomène général de pollution, il ne saurait être question d'écarter cet aspect souvent dénoncé par ailleurs.

ANNEXE I

COMPOSITION DES MILIEUX DE CULTURE

1 - Milieu lactosé-bilié-au-vert-brillant

Composition :	peptone	10
	lactose	10
	bile de boeuf	20
	vert brillant	<u>0,0133</u>
		40,0133 g pour 1 litre

2 - Eau peptonée

Composition :	peptone	10
	chlorure de sodium	<u>5</u>
		15 g pour 1 litre

3 - Milieu de Rothe

Composition :	peptone	20
	glucose	5
	chlorure de sodium	5
	phosphate bipotassique	2,7
	phosphate monopotassique	2,7
	azothydrate de sodium	<u>0,2</u>
		35,6 g pour 1 litre

4 - Milieu de Litsky

Composition :	milieu de Rothe	35,6
	azothydrate de sodium	0,1
	Ethyl violet	<u>0,0005</u>
		35,7005 g pour 1 litre

ANNEXE II

STATIONS NIVEAUX		D A T E S						Maxi.	Min.	Moy.
		6 VI	20 VI	28 VIII	26 IX	17 X	14 XI	Ma		
1	0,5 m	32,6	33,5	34,1	35,2	29,9	34,1	35,2	29,9	33,23
	10	35,6	35,1	36,5	36,9	35,7	36,8	36,9	35,1	36,10
2	1,5	33,0	33,1	32,2	35,0	28,1	37,2	37,2	28,1	33,10
3	0,5	31,3	34,3	29,4	34,5	19,3	32,4	34,5	19,3	30,20
	6	34,0	36,9	36,2	35,5	36,1	36,0	36,9	34,0	35,78
5	0,5	31,0	35,9	25,2	35,6	27,4	35,6	35,9	27,4	31,60
	17	31,8	36,7	36,8	35,4	36,7	36,0	36,8	31,8	35,56
6	0,5	29,5	33,9	26,9	35,6	28,3	23,2	35,6	23,2	29,58
	18	34,5	36,8	36,3	36,7	37,0	36,1	37,0	34,5	36,23
7	0,5	31,0	30,2	33,6	36,6	32,1	34,7	36,6	30,2	33,03
	18	34,3	36,4	37,1	36,9	37,4	36,7	37,4	34,3	36,47
8	0,5	29,4	36,7	33,1	36,3	28,8	29,3	36,7	28,8	32,27
	4,5	33,2	37,7	37,3	36,4	36,5	34,4	37,7	33,2	35,92
9	0,5	28,1	25,9	29,5	33,1	30,5	29,7	33,1	25,9	29,47
	5	35,6	37,2	37,6	36,9	36,8	36,2	37,6	35,6	36,72
11	0,5	36,1	35,4	37,8	37,2	34,9	35,2	37,8	34,9	36,10
	20	37,4	37,2	38,0	37,4	37,4	37,1	38,0	37,1	37,42
12	0,5	36,9	37,0	38,1	37,3	37,5	37,4	38,1	36,4	37,20
13	0,5	33,7	36,0	35,2	35,8	28,4	33,4	36,0	28,4	33,76
	18	36,7	36,9	37,7	36,1	36,0	37,2	37,7	36,0	36,78
14	0,5	32,3	28,5	34,0	36,9	30,1	29,5	36,9	28,5	31,88
	18,5	35,6	36,3	36,8	37,4	37,0	36,5	37,4	35,6	36,60
15	0,5	31,2	27,0	33,6	36,8	28,9	29,7	36,8	27,0	31,20
	10	37,1	37,3	37,5	37,2	36,9	36,9	37,5	36,9	37,16
Moy.	S	32,00	32,88	32,52	35,84	29,50	32,63	36,18	28,31	32,51
	F	35,07	36,80	37,07	36,62	36,68	36,35	37,35	34,92	36,43

Tableau n°1 : SALINITÉS DES EAUX - exprimée en g/kg -

GOLFE DE FOS

STATIONS NIVEAUX	D A T E S						Maxi.	Min.	Moy.
	6 VI	20 VI	28 VIII	26 IX	17 X	14 XI			
4 0,5 m	23,5	27,8	18,9	24,2	16,4	24,5	27,8	16,4	22,55
9	33,1	36,5	36,2	35,9	32,2	35,7	36,5	32,2	34,93
10 0,5	15,0	10,9	22,9	22,4	15,8	17,5	22,9	10,9	17,42
16	34,2	30,9	35,5	36,6	35,1	36,0	36,6	30,9	34,72
Moy. S	19,25	19,35	20,90	23,30	16,10	21,00	25,35	13,65	19,99
F	33,65	33,70	35,85	36,25	33,65	35,85	36,55	31,55	34,83

Tableau n°1 : SALINITE DES EAUX - exprimée en g/kg (‰)

- Canal St Louis (ST. 4)
- Canal de Caronte (ST. 10)

DATES ST.	6 VI	20 VI	28 VIII	26 IX	17 X	14 X	Maxi.	Min.	Moy.
1	18,5	19,0	20,9	15,7	17,0	17,4	20,9	15,7	18,08
2	19,0	19,7	21,0	15,0	16,8	17,3	21,0	15,0	18,13
3	18,2	18,5	21,2	16,8	15,4	16,0	21,2	15,4	17,68
5	18,5	18,3	10,2	16,8	16,8	16,5	10,2	16,5	17,85
6	18,6	18,1	19,4	16,8	17,0	16,7	19,4	16,7	17,76
7	18,2	19,6	20,6	17,1	17,0	16,4	20,6	16,4	18,15
8	18,6	18,2	21,8	17,8	16,3	16,7	21,8	16,3	18,23
9	18,5	20,3	22,7	18,0	17,1	16,9	22,7	16,9	18,90
11	19,0	19,2	22,0	18,2	17,5	16,8	22,0	16,8	18,78
12	16,0	16,2	20,1	16,3	17,1	16,9	20,1	16,2	17,10
13	19,0	19,8	20,2	17,9	17,0	16,7	20,2	16,7	18,43
14	18,2	20,0	21,0	17,5	16,8	16,4	21,0	16,4	18,31
15	19,0	19,6	21,4	17,7	17,1	16,7	21,4	16,7	18,58
Moy.	18,40	18,96	20,96	17,04	16,83	16,72	20,96	16,72	18,15

4	18,3	18,0	20,0	16,4	15,8	16,1	20,0	15,8	17,43
10	19,4	20,8	20,2	17,9	17,0	15,8	20,8	15,8	18,51
Moy.	18,85	19,40	20,10	17,15	16,40	15,95	20,40	15,80	17,97

Tableau n° 2 : TEMPERATURES DES EAUX - exprimées en degrés Celsius -

GOLFE DE FOS

Stations	D A T E S			
	28 ; VIII	11 . IX	17 . X	14 . XI
1	24			24
2	21	20	24	22
3	48	41		23
6		31	10	26
7	16		9	23
8	18		16	26
10	35	42	20	28
12	18		19	29
14	20		26	29
15	41		29	34
19			42	29

Tabl. 3 Mesures de la D.C.O exprimées en mg/l

	6 VI			20 VI			28 VIII			11 IX		
Stations	Colif.	E.coli	Strepto	Colif.	E.coli	Strepto	Colif.	E.coli	Strepto	Colif.	E.coli	Strepto
1 S	0	0		0	0	0	0	0	50			
1 F	0	0		0	0	0	0	0	0			
2 S	0	0		0	0	0	0	0	10	0	0	25
3 S	0	0		0	0	5	8	0	4	4	4	25
3 F	8			0	0	10	0	0	200	25	0	100
4 S	20			130	50	44	40	40	50	50	5	50
4 F	20			5	5	47	25	0	0	50	4	150
5 S	0	0		0	0	20	55	8	100	10	0	25
5 F	0	0		0	0	5	10	0	25			
6 S	16			0	0	0	0	0	25	5	0	25
6 F	0	0		0	0	0	10	5	200	4	0	25
7 S	50			5	5	0	0	0	25			
7 F	0	0		11	0	5	5	0	25			
8 S	8			0	0	0	20	8	150			
8 F	47			0	0	0	0	0	25			
9 S	500			0	0	20	500	20	120			
9 F	20			0	0	0	10	0	0			
10 S	500			200	100	190	500	95	400			
10 1/2							50	5	250+			
10 F	500			20	20	36	50	18	250+			
11 S				0	0	5	0	0	0			
11 F				0	0	0	0	0	25			
12 S	0	0		0	0	0	0	0	200			
13 S				0	0	5	25	5	200			
13 F				0	0	0	0	0	15			
14 S	0	0		0	0	27	250+	90	100			
14 F	0	0		0	0	0	50	0	32			
15 S				0	0	4	0	0	160			
15 F				0	0	0	0	0	25			
16 S												
17 S										25	11	50
17 F										55	4	50
18 S												
19 S												
19 1/2												
19 F												

Tabl. n° 4 - Teneurs en germes des eaux.

Résultats exprimés pour 100 ml.

	26 IX			17 X			14 XI			Moyennes		
<u>Stations</u>	Colif.	E.coli	Strepto	Colif.	E.coli	Strepto	Colif.	E.coli	Strepto	Colif.	E.coli	Strepto
1 S	0	0	0	250+	24	200	0	0	0	42	4	50
1 F	0	0	15	25	0	50	0	0	5	4	0	14
2 S	0	0	5	50	10	250+	5	5	4	8	2	48
3 S	0	0	5	130	21	250+	50	25	4	26	8	49
3 F	0	0	5	21	10	25	8	0	0	9	2	57
4 S	130	25	15	250+	250+	250+	250	18	22	120	65	72
4 F	0	0	15	130	25	250+	10	10	23	27	7	80
5 S	0	0	16	250+	17	25	0	0	0	45	4	31
5 F	10	5	10	10	0	5	0	0	10	5	1	11
6 S	5	0	25	250+	50	100	50	11	10	47	11	31
6 F	0	0	0	18	0	25	5	5	5	5	2	42
7 S	50	5	22	0	0	25	10	5	10	16	3	17
7 F	5	0	5	0	0	25	0	0	5	4	0	13
8 S	0	0	5	250+	130	200	10	5	5	48	29	72
8 F	0	0	0	24	0	25	0	0	5	12	0	11
9 S	250+	17	100	130	90	150	250	130	200	271	51	118
9 F	10	5	30	55	4	25	8	4	30	17	3	17
10 S	250+	30	150	250+	130	250+	250	130	250+	325	97	250
10 1/2	25	5	9	90	17	65	50	25	16	35	4	85
10 F	5	5	5	10	5	47	10	0	0	76	10	68
11 S	25	25	25	18	5	50	130	10	0	34	8	16
11 F	5	4	5	0	0	25	5	0	20	2	1	15
12 S	0	0	100	0	0	50	0	0	5	0	0	70
13 S	250+	11	15	250+	130	100	50	11	25	115	31	69
13 F	250+	25	32	5	5	50	0	0	5	51	6	21
14 S	0	0	10	25	4	25	250	24	30	87	20	38
14 F	0	0	10	0	0	5	5	0	5	9	0	10
15 S	0	0	0	250+	50	150	130	25	20	76	15	66
15 F	0	0	0	5	0	50	10	5	10	3	1	17
16 S	50	8	10	25	10	25	50	25	20	41	14	19
17 S												
17 F												
18 S				250+	90	200	250+	18	50	250	59	125
19 S				250+	50	150	250+	50	150	250+	50	150
19 1/2				50	10	25	130	25	50	90	17	37
19 F				10	5	5	130	17	25	70	11	15

Tabl n° 4 - Teneurs en germes des eaux.
Résultats exprimés pour 100 ml, (suite)

SURFACE				FOND			
ST.	CL.	E.COLI	STREPTO.	ST.	CL.	E.COLI	STREPTO.
		100 %	60 %			100 %	80 %
1	A	100	60	1	A	100	80
	B	0	20		B	0	0
	C	0	20		C	0	20
2	A	100	83				
	B	0	0				
	C	0	17				
3	A	100	83	3	A	100	66
	B	0	0		B	0	0
	C	0	17		C	0	34
4	A	50	33	4	A	100	50
	B	33	50		B	0	17
	C	17	17		C	0	33
5	A	100	83	5	A	100	100
	B	0	0		B	0	0
	C	0	17		C	0	0
6	A	83	83	6	A	100	80
	B	17	0		B	0	20
	C	00	17		C	0	0
7	A	100	100	7	A	100	100
	B	0	00		B	0	0
	C	0	0		C	0	0
8	A	80	60	8	A	100	100
	B	0	0		B	0	0
	C	20	40		C	0	0
9	A	60	20	9	A	100	100
	B	0	0		B	0	0
	C	40	80		C	0	0
10	A	20	0	10	A	100	40
	B	0	0		B	0	40
	C	80	100		C	0	20
11	A	100	80	11	A	100	100
	B	0	20		B	0	0
	C	0	20		C	0	0
12	A	100	40				
	B	0	20				
	C	0	40				
13	A	80	60	13	A	100	60
	B	0	0		B	0	40
	C	20	40		C	0	0
14	A	83	80	14	A	100	80
	B	0	0		B	0	20
	C	17	20		C	0	0
15	A	80	60	15	A	100	80
	B	20	0		B	0	20
	C	0	40		C	0	0
16	A	100	100				
	B	0	0				
	C	0	0				
18	A	50	0				
	B	0	50				
	C	50	50				
19	A	0	0	19	A	100	100
	B	100	0		B	0	0
	C	0	100		C	0	0

Tabl. 5 - Fréquence relative des teneurs en germes dans l'eau - Surface et fond

Classe A $\leq 30/100$ ml
 B $> 30 < 60/100$ ml
 C $> 60/100$ ml

	6 VI	20 VI	28 VIII	11 IX	26 IX	17 X	14 X	Classes		
								A	A	B
A	60	129 1 200	0 570	6 000 30 000+	1 000 3 000	2 100 24 000	120 1 200	57%	0	43 100
B		510 1 650	1 200 30 000+	360 18 000	60 24 000	6 300 30 000+	1 050 9 000	34	0	66 100
C	3 000	11 290 18 000	3 000 30 000+	3 000 30 000+	30 000+ 24 000	3 000	3 200 6 000	0	0	100 100
D		480 30 000+	15 000 30 000+		510 30 000+	990 24 000	650 1 500	20	0	80 100
E		510 30 000+	1 290 3 000	1 080 30 000+	2 850 30 000+	1 200 30 000+	300 1 500	17	0	84 100
F		0 3 300	3 000 3 000		60 18 000	1 200 7 500	500 3 000	60	0	40 100
G		2 100 30 000+	2 850 30 000+		1 500 30 000+	3 000 12 000	3 000 9 000	0	0	100 100
H	3 000	6 300 30 000+	36 000 30 000+		30 000+ 30 000+	10 800 30 000+	7 500 15 000	0	0	100 100
I	33	0 30	51 1 800	210 30 000+		1 390 18 000	60 3 000	83	20	17 80
J		600 3 000	1 440 30 000		15 000 30 000+	2 100 24 000	15 000 9 000	0	0	100 100
K				3 000 6 000						
L						6 000 30 000+	1 275 15 000	0	0	100 100

Tableau n° 6 : TENEURS EN GERMES DANS LES COQUILLAGES - RESULTATS EXPRIMES/100 ML DE CHAIR - FREQUENCE RELATIVE DES TENEURS EN GERMES.

Dates Stations	6 VI		20 VI		28 VIII		11 IX		26 IX		17 X		14 XI	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
A		<0,25		0,21-0,29	0,25	0,12-0,12	0,07-0,07	<0,25	0,10-0,11	<0,25	0,09-0,09	<0,25	0,12	<0,25
B		0,37		0,19-0,20	0,25	0,16-0,16	0,16	<0,25	0,07-0,08	<0,25	0,12-0,13	<0,25	0,14	<0,25
C	0,27	<0,25	0,28	0,27-0,29	0,25	0,15-0,16	0,17	<0,25	0,13-0,14	<0,25	0,17-0,18	<0,25	0,20	<0,25
D	0,14	<0,25	0,15	0,24-0,25	0,90	0,10-0,11	0,10-0,11	<0,25	0,38-0,42	<0,25	0,11-0,12	<0,25	0,20	<0,25
E	0,19	0,45	0,18	0,19-0,21	0,70	0,09-0,12	0,04-0,04	0,32	0,07-0,08	<0,25	0,08-0,09	<0,25	0,11	<0,25
F	0,28	<0,25	0,28	0,44-0,45	<0,25	0,14-0,17	0,14-0,17	0,56	0,15-0,15	<0,25	0,11-0,11	<0,25	0,23	<0,25
G		<0,25	0,34	0,47-0,48	<0,25	0,14-0,15	0,14-0,15	0,80	0,44-0,46	<0,25	0,20-0,20	<0,25	0,32	<0,25
H	0,49	0,32	0,49	1,76-1,68	<0,25	0,47-0,49	0,47-0,49	0,88	0,39-0,42	<0,25	0,32-0,32	0,50	0,68	0,50
I	0,24-0,27	0,27-0,26		0,32-0,32	<0,25				0,10-0,11	<0,25	0,26-0,26	0,21	0,24	0,21
J	0,70	<0,25	0,65	0,54-0,59	<0,25		0,22-0,23	0,60	0,27-0,27	<0,25	0,37	<0,25	0,42	<0,25
L									0,18-0,19		0,23-0,23		0,20	
M									0,41-0,42		0,41-0,42	0,32	0,41	0,32

Tabl. I - Mesures des teneurs :

- (1) - Mercure en mg/kg (moules - chair égouttée)

- (2) - Composés phénoliques en mg/100 g (moules - chair égouttée).

mesures 05 mg/kg

106 mesures

surveillance générale

0,27

mesures de mercure

Dates Stations	20 VI		28 VIII	26 IX		17 X		14 XI	
	3	4	4	3	4	3	4	3	4
1 S F	5 0					23		11	
2		0,15	0,07	25	0,10	32	0,12	66	0,03
3 S F	13 0	0,12	0,07	21 18	0,08	25 23	0,17	27 7	0,08
6 S F	0 0								
7 S F	4 11	0,18	0,08	70 37	0,12	19 19	0,06	15 11	0,05
8 S F	4 0	0,12	0,13	18	0,07	42	0,04	36	0,10
9						40		100	
10 S F	13 4	0,16	0,10	50 60	0,07	71 66	0,06	66 11	0,06
12			0,07		0,6	32	0,09	23	0,05
14 S F	7 5	0,12	0,09	100 62	0,14	38 44	0,23	30 15	0,08
15 S F		0,16	0,13	93 135	0,18	42 19	0,37	30 17	0,10
19						54	0,10		

Tabl.8 - Résultats des dosages en :

- {3} - Détergent en $\mu\text{g/l}$ (eau)
- {4} - Hydrocarbures en mg/l (eau)

ANNEXE III

— GOLFE DE FOS —
STATIONS PRELEVEMENTS

- eau
- ◐ eau + moules

ISTPM 197

