Cercetari marine	I.N.C.D.M.	Nr. 34	183 - 196	2002

TAUX DES SUBSTANCES NUISIBLES POUR LE MILIEU MARIN DANS LES ZONES DE DÉPÔT DES SÉDIMENTS DRAGUÉS DU PORT CONSTANTA

I. PECHEANU, Andra OROS, Victoria PIESCU, Elena STOICA, Camelia DUMITRACHE, Valentina COATU
Institut National de Recherches et Développement Marin
"Grigore Antipa" Constanta

ABSTRACT

The paper presents the results of investigations conducted during 1999-2000 on dredged sediments prelevated from Constantza harbour. The main objective was to establish hazardous substances levels in dredged materials, like heavy metals, total hydrocarbons, as well as the presence of pathogen bacteria and the determination of benthic fauna. In order to evaluate the impact of contaminant load of dredged material on marine environment from dumping area, considerations regarding pollutant harmful effects, especially heavy metals and organic contaminants, have been made.

KEY WORDS : Constantza harbour, dredged sediments, heavy metals, hydrocarbons, bacteria, zoobenthos

INTRODUCTION

Les activités complexes déroulées dans le port Constanta (dans son enceinte et au voisinage), concrétisées par activités de transport de marchandises (combustibles et hydrocarbures, produits chimiques et alimentaires, minerais, ciment), transfert de combustibles, réparations et constructions

de navires etc., à côté de l'apport permanent d'eaux usées (dans le bassin du port Constanta étant évacuées les eaux usées de la station d'épuration municipale Constanta Sud, ainsi que les eaux usées non-épurées et les eaux pluviales), déterminent une forte impurification du milieu marin du port Constanta avec des polluants pétroliers, ions métalliques, matière organique dissoute et en suspension, etc. (PECHEANU, 1982a,b; PECHEANU et VELESCU, 1980).

Les sédiments, et particulièrement ceux des ports, ont une dynamique complexe directement liée à la colonne d'eau située au-dessus. Le caractère permanent de l'impurification des eaux marines constitue la principale cause de l'accumulation des polluants dans la masse des sédiments du bassin portuaire.

Pendant les dernières années, les sédiments superficiels nonconsolidés pollués, situés sur le fond du bassin aquatique, ont constitué un problème majeur de l'environnement, représentant un fort réservoir de polluants organiques et minéraux, aussi bien biodégradables que nonbiodégradables. Beaucoup de polluants contenus dans les sédiments, sous les plus diverses formes et quantités, peuvent facilement redevenir actifs et passer dans la masse de l'eau grâce aux modifications des conditions environnementales (pH, potentiel redox, etc.).

Les structures portuaires, avec leurs activités afférentes, sont situées dans les zones avec une faible profondeur, ce qui exige des opérations de dragage pour permettre l'accès des navires au quai. Le dragage constitue un élément vital pour le bon déroulement des activités portuaires. Ces opérations sont effectuées autant pendant la construction du port qu'après cela, à des intervalles périodiques, afin d'écarter les sédiments accumulés. Les sédiments dragués peuvent être déchargés en mer ou stockés sur la terre.

L'impact des sédiments dragués sur le milieu marin, dans les zones de leur dépôt, est important, dû à leur charge considérable de substances contaminantes. Les sédiments dragués dans le port Constanta sont contaminés de produits pétroliers, substance organique, métaux lourds et bien d'autres polluants, étant soumises à un processus de transformation du surplus organique accumulé, qui dégage de l'hydrogène sulfuré et de l'ammoniaque.

L'évaluation des risques encourus est devenue une nécessité dans le processus de gestion des sédiments dragués.

En vue d'évaluer l'impact du déchargement et du contenu des sédiments dragués sur le milieu marin dans la zone de dépôt, il faut tenir compte du degré significatif de contamination des sédiments avec divers polluants, et surtout avec des métaux lourds et des polluants organiques, qui créent de vrais problèmes.

L'impossibilité de traiter les sédiments contaminés jusqu'à un taux acceptable conduit au développement des stratégies de prévention: la surveillance du milieu marin dans les zones de dépôt et la procédure d'évaluation des sources de contamination dans les aires portuaires.

Dans cette situation, il est nécessaire de trouver un compromis entre l'impératif du maintien des activités portuaires, l'incidence sur l'économie portuaire et la protection de l'écosystème côtier.

Conformément aux réglementations internationales, il faut viser la prévention, la diminution et la cessation de la pollution marine par le déballastage. On utilise diverses méthodes pour estimer les risques potentiels du déballastage des sédiments à charge polluante.

On fait référence aux critères de qualité des sédiments, déterminés pour divers contaminants. Ainsi, la Convention d'Oslo définit deux niveaux qui s'appliquent aux contaminants:

- niveau 1: valeurs au-dessous desquelles on peut autoriser l'immersion sans études complémentaires et pour lequel il est nécessaire une étude approfondie;
- niveau 2: valeurs au-dessus desquelles l'immersion est interdite et pour lesquelles s'impose de trouver des solutions moins destructives envers le milieu.

Dans l'ancien bassin du port Constanta, en vue d'assurer les conditions de fonctionnement de certains quais d'accostage en état critique, on a effectué des travaux de dragage pendant la période septembre 1999 - septembre 2000, d'où l'on a résulté une quantité de 64 500 mc de matériel dragué.

Conformément à la Convention pour la protection de la mer Noire contre la pollution (Loi no.98/1992), le déballastage en milieu marin des sédiments dragués exige l'étude des facteurs suivants:

- caractéristiques physiques, chimiques, biochimiques, microbiologiques et biologiques du matériel dragué;
- manière de déballastage, fréquence et quantité du matériel;
- caractéristiques des composantes concernant leur degré de danger et l'analyse du niveau de susceptibilité aux changements physiques, chimiques, biochimiques, microbiologiques et biologiques par l'interaction avec le milieu marin;
- caractéristiques de la zone de déchargement et de l'environnement marin recevant, par le contrôle de la dilution initiale dans les points de déballastage, l'analyse des caractéristiques de la dispersion sous l'effet des facteurs hydroclimatiques et le contrôle de la capacité du milieu marin recevant d'assimiler le matériel déposé sans effets indésirables.

Le travail ci-dessous présente les résultats des recherches effectuées en vue de déterminer les caractéristiques physiques, chimiques et la charge bactérienne spécifique du matériel dragué pendant la période 1999-2000.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les campagnes de mesurage permettent l'évaluation de la qualité du matériel dragué afin de déterminer la manière de leur gestion: immersion, dépôt sur la terre, traitement, etc.

Les travaux ont été coordonnées sur les directions suivantes:

- prélèvement des échantillons de sédiments dragués et des échantillons microbiologiques et biologiques;

- analyse préliminaire des échantillons prélevés;
- détermination du degré de chargement du matériel dragué avec des substances dangereuses pour l'environnement marin, à savoir:
    - teneur totale en hydrocarbures;
    - taux de métaux lourdes;
    - chargement bactérien spécifique;
- analyse de la faune benthique.

Méthodes analytiques pour déterminer les paramètres physico-chimiques

Paramètre	Méthode d'analyse
Hydrocarbures totales	Détection spectrophotométrique dans le domaine UV de la lumière compris entre 270-320 mm, à l'appareil Hewlett Packard 8453. Pour le calibrage: pétrole brut type Danube Reference
Métaux lourds	Investigation par spectrophotométrie à absorption atomique à l'appareil ATI-UNICAM Solaaris 939 Z avec cellule de correction Zeeman
Nutrients	Détection spectrophotométrique dans le domaine visible de la lumière à l'appareil Hewlett Packard 8453

L'analyse bactérienne des sédiments du chaland de débarquement a consisté dans la détermination quantitative des bactéries hétérotrophes aérobies (BHA) en tant qu'indicateurs indirects de la pollution organique des sédiments. La présence et surtout le nombre des bactéries hétérotrophes prouvent l'existence d'une pollution organique des sédiments, ainsi que le stade de décomposition des substances organiques biodégradables. Ce groupe de bactéries représente un indicateur important de l'état trophique, étant en même temps impliqué dans les processus de dégradation et de minéralisation de la matière organique à ce niveau.

L'analyse quantitative des bactéries hétérotrophes aérobies a été effectuée par la méthode du dénombrement en plaques sur milieu à gélose. Le calcul et l'expression des résultats ont été faits sur un gramme de sédiment séché à 105^0C, en utilisant le facteur de correction K (K = 100/ 100- u%, u = % le pourcent d'humidité de l'échantillon).

Les échantillons de benthos ont été prélevés avec la benne type Van Veen; l'analyse dans le laboratoire a consisté dans leur lavage à travers des tamis granulométriques avec les dimensions des mailles de 1; 0,25 et 0,10 mm. On a effectué le triage microscopique à la suite duquel on a dressé des tableaux avec les densités et les biomasses par espèces et groupes d'espèces.

RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

L'étude des sédiments dragués a eu lieu pendant le déroulement des travaux de décolmatage effectués aux quais d'accostage, et par l'analyse des échantillons prélevés du chaland de débarquement. L'analyse des paramètres physiques, chimiques, microbiologiques et biologiques des sédiments dragués dans le port Constanta a visé les indicateurs de pollution ci-dessous.

1. Hydrocarbures totaux

La teneur totale en hydrocarbures dans les sédiments dragués au cours de l'année 1999 a été de 20,90 mg/g, et dans les sédiments dragués aux quais d'accostage 62-68 et 30-34 cette valeur a oscillé entre 12,5 et 27,6 mg/g (Fig.1). La teneur en hydrocarbures totaux dans les échantillons de sédiments (matériel dragué) des quais d'accostage D-60, D-64 et D-65, au cours de l'année 2000, emmagasinés dans le chaland collecteur avant d'être déchargés en mer, a varié entre les limites de 891,7 et 4543,5 µg/g (Fig.2). On constate donc une grande différence entre le taux d'hydrocarbures totaux dans les sédiments dragués en 1999 par rapport à ceux de 2000; cette différence est due principalement à l'apport oscillant en temps des hydrocarbures dans la zone du port Constanta.

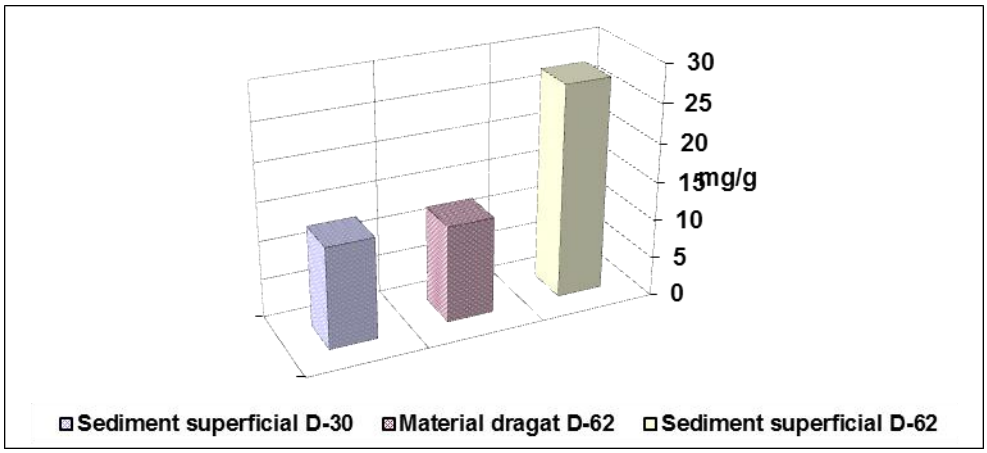

Fig.1 - Teneur en hydrocarbures totaux dans les échantillons de sédiments prélevés pendant le dragage aux quais d'accostage 62 et 30, en 1999

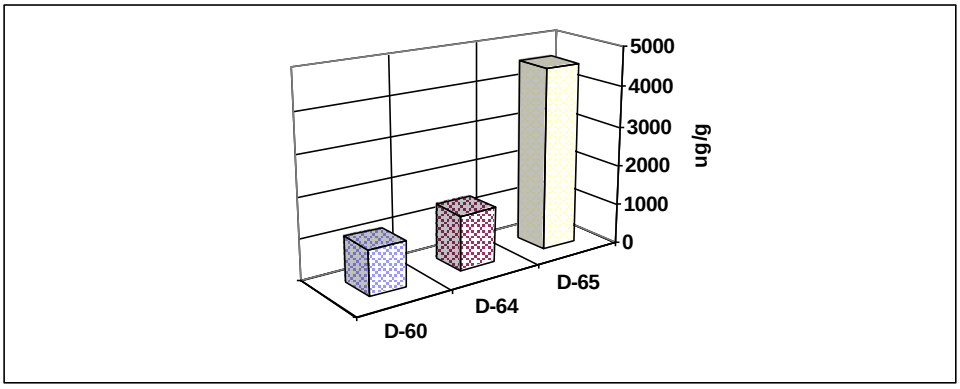

Fig.2 - Teneur en hydrocarbures totaux des échantillons de matériel dragué (quais d'accostage D-64, D-60 et D-65) au cours de l'année 2000, mis en dépôt dans le chaland collecteur avant leur déchargement en mer

2. Métaux lourds

Le taux de métaux lourds (Cu, Cd, Fe et Mn) dans les échantillons de sédiment (matériel dragué) de l'année 1999 a été de 122 µg/g Cu, 87 µg/g Cd, 270 µg/g Fe et 255,6 µg/g Mn (Fig. 3). Dans les échantillons de sédiments prélevés pendant le dragage aux quais d'accostage 62-68 et 30-34 en 1999, la teneur en métaux lourds a été de 44,7 µg/g Cu et 193,4 µg/g Cd (Fig.4).

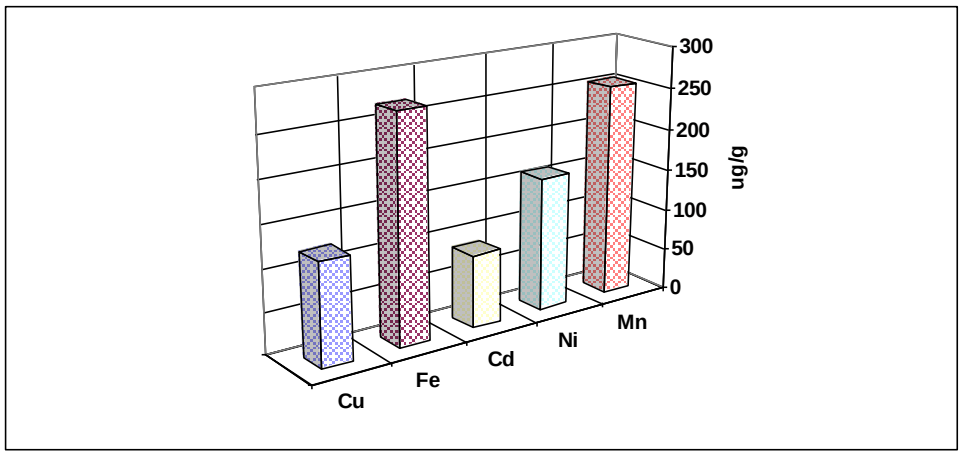

Fig.3 - Taux de métaux lourds dans les échantillons de matériel dragué en 1999

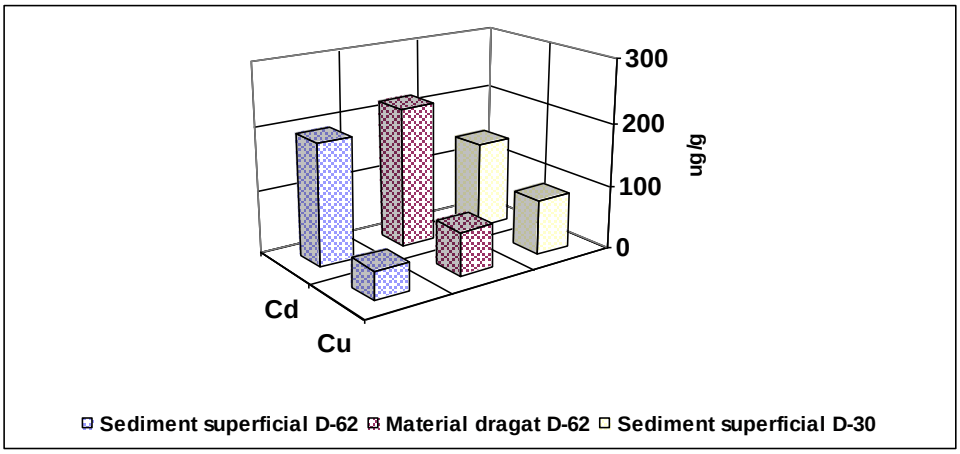

Fig.4 - Teneur en métaux lourdes des échantillons de sédiments
prélevés pendant le dragage aux quais d'accostage 62 et 30 en 1999

Dans les sédiments (matériel dragué) prélevés en 2000 et emmagasinés dans le chaland collecteur avant de les débarquer en mer, le taux de métaux lourds a oscillé entre les suivantes limites: 80 et 122 µg/g Cu, 15,3 et 87 µg/g Cd et 115,3 et 270 µg/g Fe (Fig.5).

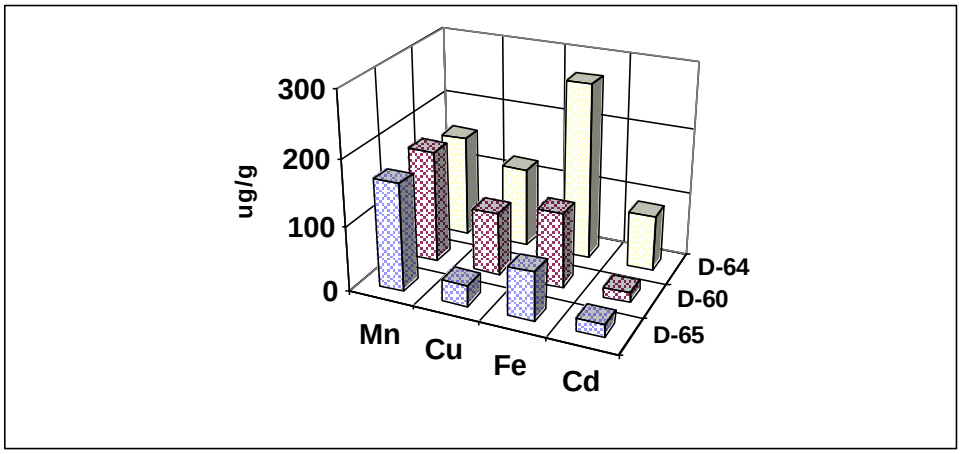

Fig.5 - Taux de métaux lourds des échantillons de matériel dragué
au cours de l'année 2000 (quais d'accostage D-65, D-60 et D-64)
emmagasinés dans le chaland collecteur avant leur déchargement en mer

3. Nutrients

La teneur en nutrients dans le matériel dragué en 1999 a été de 7,64 µmol/100 g phosphates, 3,6 µmol/100 g silicates, 2.38 µmol/100 g nitrates et 2,26 µmol/100 g nitrites (Fig.6). Le taux de nutrients dans les échantillons de sédiments (matériel dragué) des quais d'accostage D-60, D-64 et D-65 de l'année 2000, emmagasiné dans le chaland collecteur avant de leur déchargement en mer, a varié entre les limites suivantes: 6,5 et 17,6 µmol/100 g phosphates, 3,6 et 5,5 µmpl/100 g silicates, 1,8 et 5,8 µmol/100 g nitrates et 2,3 et 5,1 µmol/100 g nitrites (Fig.7).

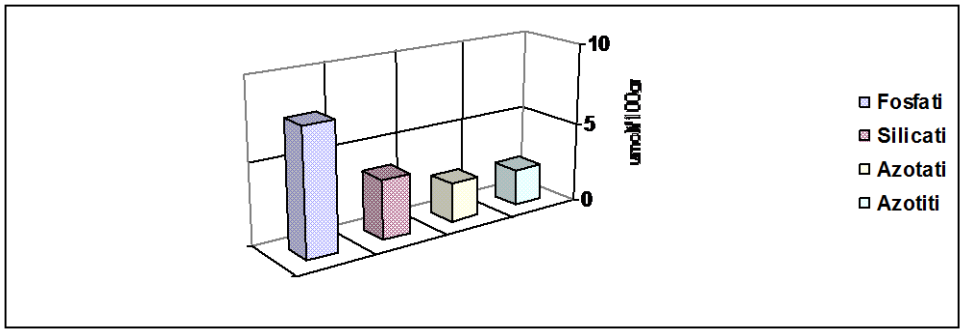

Fig.6 - Taux de nutrients dans les échantillons de matériel dragué en 1999

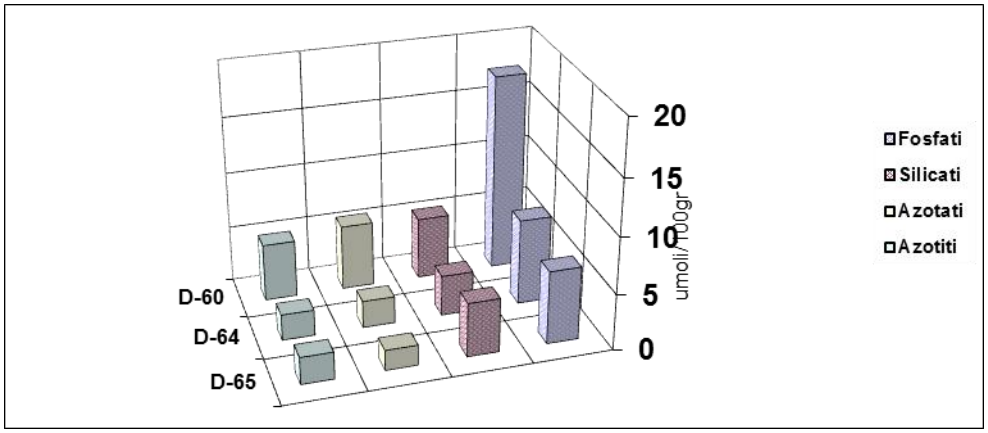

Fig.7 - Teneur en nutrients des échantillons de matériel dragué
au cours de l'année 2000 (quais d'accostage D-65, D-60 et D-64)
emmagasinés dans le chaland collecteur avant leur déchargement en mer

4. Substance organique

Dans les sédiments draguée en 1999, la teneur en substance organique a été de 35,9 mg O_2/100 g. Le matériel dragué (sédiments) aux quais d'accostage D-60, D-64 et D-65 au cours de l'année 2000, emmagasiné dans le chaland collecteur avant leur déchargement en mer, contenait 22,7 mg O_2/100 g au quai 60, 35,9 mg O_2/100 g au quai 64 et 38,5 mg O_2/100 g au quai 65 (Fig.8).

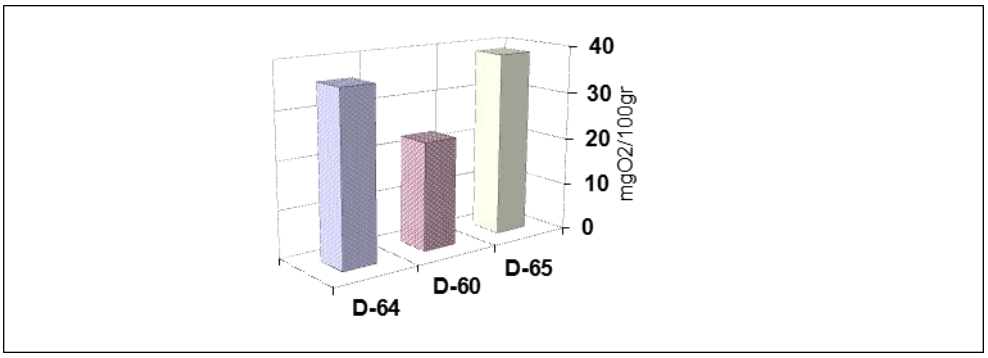

Fig.8 - Teneur en substances organiques des échantillons de matériel dragué au cours de l'année 2000 (quais d'accostage D-60, D-64 et D-65) emmagasinés dans le chaland collecteur avant leur déchargement en mer

5. Charge bactérienne

Les analyses microbiologiques effectuées pendant les années 1999 et 2000 ont visé de déterminer la charge microbienne des sédiments portuaires draguée et de ceux emmagasinés dans le chaland de débarquement, en vue d'estimer leur taux de substance organique, respectivement l'apport de substance organique réalisé par leur dépôt dans les zones endiguées spécifiques du port Constanta.

Les données obtenues au cours de la période de référence (l'année 2000) ont prouvé la présence de BHA dans les concentrations suivantes:

- $3,2x10^6$ bactéries/1 g tissu sec au mois de mars;
- $7,4x10^9$ bactéries/1 g tissu sec au mois de mai.

Ces valeurs attestent la présence d'une haute concentration de matière organique dans les sédiments analysés, qui vont être mis en dépôt dans l'enceinte endiguée du port Constanta. Les plus grandes concentrations ont été enregistrées au mois de mai 2000 ($7,4x10^9$ bactéries/1 g tissu sec), valeurs qui dépassent largement autant les taux du mois de mars de la même année, que ceux de l'année 1999 ($8,9xl0^7$ bactéries/1 g tissu sec).

Par la suite, la conséquence du dépôt des sédiments dragués à chargement organique accru dans les zones portuaires de dépôt sera l'augmentation du niveau déjà existent dans cette zone marine, respectivement la prolifération des bactéries hétérotrophes dégradatrices (BHA) dans le milieu d'emmagasinage, accompagnée de la création des conditions d'hypoxie (par l'utilisation de l'O_2 dans les processus de dégradation) et le dégagement dans l'environnement de certains produits de métabolisme qui sentent mauvais (par exemple H_2S) (ALONGI, 1992; ZOBELL, 1941; ZARNEA, 1994).

6. La faune benthique

L'analyse de l'état qualitatif et quantitatif du benthos en tant que facteur majeur de l'écosystème marin, s'impose par sa qualité de fondement des écosystèmes littoraux par les associations d'organismes benthiques, intimement liés du substrat, qui sont beaucoup plus stables que ceux planctoniques, avec une inertie plus grande. Dans le moment du déclenchement d'événements écologiques négatifs - naturels ou anthropogènes -, les déréglements déterminés par ces pressions au niveau du sous-système benthique sont plus évidents, et sa régénération exigera un intervalle plus long de temps.

Par l'étude des populations benthiques des zones soumises à l'influence directe de certaines sources de pollution, on peut déterminer le niveau de pollution des zones respectives, selon le degré de dégradation de la comunnauté vivant ici, tout en offrant une série de données écologiques sur la résistance des différents organismes à l'altération des conditions de l'environnement.

En vue de déterminer les invertébrés benthiques des zones où sont déchargés les sédiments draguée, on a prélevé des échantillons quantitatifs de benthos dans la zone de l'Ile Artificielle. L'analyse des échantillons a été effectuée suivant les méthodes spécifiques du benthos, par des déterminations microscopiques et le calcul des paramètres quantitatifs de densité et de biomasse, par espèces et groupes d'organismes.

Dans le benthos de la zone étudiée on a identifié la présence de quelques organismes benthiques, qui forment une faune pauvre, représentée par trois espèces de polychètes - *Neanthes succines*, *Polydora limicola* et *Spio filicornis* -, Nématodes, Oligochètes et Copépodes. En ce qui concerne la présence du polychète *Spio filicornis* - élément typiquement psammophile, caractéristique pour la biocénose des sables fins, on peut la considérer éphémère. Les formes rencontrées ont été des jeunes avec bien peu de perspectives d'atteindre la maturité, grâce aux conditions précaires offertes par l'environnement aquatique portuaire.

Les mollusques ont eu pratiquement un seul représentant, le bivalve *Mya arenaria*, espèce opportuniste, résistante aux conditions plus sévères de l'environnement. Le groupe des mollusques a été représenté également par des stades juvéniles (véliconques) mais qui, dans les conditions du milieu portuaire, ne peuvent pas se développer et donner des populations adultes.

Du point de vue quantitatif, dans toute la zone étudiée, les groupes dominantes comme densité sont les nématodes, les oligochètes et les polychètes. Sur les vers polychètes, les deux espèces opportunistes macrobenthiques - *Neanthes succinea* (7505 exe./échantillon) et *Polydora limicola* (3760 ex./échantillon) ont enregistré les plus grandes densités. Ce sont des espèces considérées tolérantes, reconnues comme indicateurs d'eaux polluées ou avec une grande charge organiques, qui prolifèrent parallèlement à l'eutrophisation du milieu marin.

Les populations de *Mya arenaria* ont été représentées seulement par des exemplaires de petite taille, ce qui explique d'ailleurs les valeurs réduites de la biomasse générale (~ 1 g/m^2).

L'analyse de la structure des populations benthiques de l'enceinte du port Constanta prouve une faune pauvre de point de vue qualitatif et quantitatif, reflétant les conditions d'une intense pollution. Les mollusques et les crustacés mecrobenthiques manquent, les principales populations présentes étant les nématodes et les polychètes: *Neanthes succinea* et *Polydora limicola*. Ces derniers, à côté du bivalve *Mya arenaria* (identifiée seulement en deux stations, avec 2-3 exemplaires de petite taille), sont considérées espèces avec une grande résistance à la dégradation des conditions environnementales (TIGANUS, 1982, 1986).

Les observations effectuées sur les organismes benthiques de la zone portuaire ont mis en évidence la présence constante de certaines espèces dont la biologie est significative:

- les polychètes opportunistes *Neanthes succinea* et *Polydora limicola*, espèces très résistentes à la pollution, rencontrées autant dans le milieu portuaire qu'en mer ouverte;
- le bivalve *Mya arenaria*, dont les populations sont favorisées par l'eutrophisation et qui sont résistentes à la croissance de la teneur de substance organique dans l'eau de mer.

L'ensemble des espèces rencontrées ici ne peut pas être considéré une biocénose individualisée ou une communauté. Leur coexistence est due seulement aux limites de tolérance comparables de ces espèces, sans qu'il y ait entre elles d'importantes interactions biologiques. Ces espèces sont rencontrées également dans les biocénoses situées au-delà de la zone polluée, surtout quand l'évolution naturelle d'un facteur reproduit les conditions similaires du début de la pollution.

La situation écologique de la zone étudiée, avec une pollution locale déterminée par les importants débarquements de sédiments dragués, représente un facteur d'agression avec des conséquances néfastes pour le biotope qui y existe, ainsi que pour une partie importante de l'écosystème côtier. Les conditions d'environnement, créées ici artificiellement, deviennent impropres à la vie des des organismes macro et microbenthiques, entraînant en temps l'apparition d'une *zone morte* de point de vue biologique.

CONCLUSIONS

A la suite des études effectuées dans l'intervalle 1999-2000 sur les sédiments dragués (matériel dragué) du port Constanta, collectés dans le chaland de débarquement avant leur déchargement en mer, et dans les zones de déchargement du port Constanta Sud (l'Ile Artificielle), on peut tirer les conclusions suivantes:

1. Les sédiments dragués (matériel dragué) aux quais d'accostage situés dans l'enceinte du port Constanta présentent une charge significative de polluants de toutes les catégories (hydrocarbures totaux, métaux lourds, substances organiques, bactéries hétérotrophes, etc.).

2. Les analyses microbiologiques effectuées dans les deux années ont mis en évidence un grand taux de matières organiques et bactéries hétérotrophes décomposantes dans les sédiments dragués du le port Constanta.

3. La structure des populations benthiques trouvées dans l'enceinte du port Constanta atteste une faune pauvre de point de vue qualitatif et quantitatif, reflétant les conditions d'une intense pollution. Les mollusques et les crustacés macrobenthiques sont absents; on y rencontre seulement des nématodes et des polychètes: *Neanthes succinea, Polydora limicola*. Ces derniers, à côté du bivalve *Mya arenaria* (identifiée en seulement deux stations, avec une fréquence de 2-3 exemplaires de petite taille), sont considérées des espèces avec une résistance plus grande à la dégradation des conditions de l'environnement.

4. Les recherches effectuées pendant l'intervalle 1999-2000 n'ont pas réussi à surprendre en totalité le phénomène complexe lié au dragage des sédiments du fond du bassin, ni tous les aspects concernant les effets à long terme sur l'environnement marin des zones de déchargement.

On sait que l'opération de déballastage représente une voie de transfert des contaminants dans le milieu marin, d'un endroit à l'autre, ce qui exige des mesures de diminution ou de réduction totale de l'impact sur l'écosystème. Dans le contexte des conclusions ci-dessus, on peut recommander ce qui suit:

- étant donné que l'impact sur l'environnement ne peut pas être évité, il faut évaluer et comparer les avantages des opérations de dragage, ainsi que les conséquences prévisibles sur l'environnement;
- la nature et l'ampleur de la contamination des sédiments avec des substances anthropogènes exigent des mesures complémentaires destinées à prévenir les dommages causés à l'environnement et à la santé humaine;
- à long terme, le problème des sédiments très pollués ne peut être résolu que par la suppression des sources de contamination;
- le transport et la dispersion des matières en suspension constituent les facteurs primordiels en vue de déterminer la nature et la grandeur de l'impact sur l'environnement;
- même dans le cas des sédiments moins contaminés, leur dépôt dans les zones du large de la mer, loin de la côte, ne constitue pas toujours la solution adéquate en ce qui concerne la prévention de la pollution du milieu marin;

- dû aux sérieux doutes que présente le déchargement des sédiments dans le milieu marin, il convient d'effectuer une évaluation approfondie de l'impact sur ce milieu et de le comparer avec les solutions alternatives de dépôt sur la terre.

BIBLIOGRAPHIE :

ALONGI D.M., 1992 - Vertical profiles of bacterial abundance, productivity and growth rates in coastal sediments of the central Great Barrier Reef lagoon. *Mar. Biol.,* **112**: 657-663.

PECHEANU I., 1982a - Contenu de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels du bassin du port Constantza. *Vi^{es} Journées Étud.Pollutions,* CIESM, Cannes: 435-438.

PECHEANU I., 1982b - Contenu et distribution de certains ions métalliques dans des sédiments superficiels de l'ouest de la mer Noire. *Vi^{es} Journées Étud.Pollutions,* CIESM, Cannes: 439-442.

PECHEANU I., VELESCU S., 1980 - Métaux trace et indicateurs bactériens dans les sédiments marins meubles d'une zone soumise aux influences anthropogènes du littoral roumain. *Rapp.Comm.int. Mer Médit.,* CIESM, **30**, 2: 130.

TIGANUS V., 1982 - Evolutia comunitatilor bentale în conditiile cresterii gradului de eutrofizare a mediului marin. *Pontus Euxinus, Studii si Cercetari*, Constanta, **2**: 311-313.

TIGANUS V., 1986 - Influenta deversarii de ape reziduale industriale asupra populatiilor bentale din zona Navodari. *Pontus Euxinus, Studii si Cercetari*, Constanta, **3**: 75-82.

ZARNEA G., 1994 - *Tratat de microbiologie generala,* Edit. Academiei, Bucuresti, **5**: 943-1013.

ZOBELL C.E., 1941 - Studies on marine bacteria. Cultural requirements of heterotrophic aerobes. *J. Mar. Res.*, **4**: 42-75.