

EP



Programme
des Nations Unies
pour l'environnement

Distr.
RESTREINTE

UNEP/IG.56/Inf.4
4 juillet 1984

FRANCAIS
Original: Anglais

Quatrième réunion ordinaire des Parties
contractantes à la Convention pour la protection
de la mer Méditerranée contre la pollution et aux
protocoles y relatifs

Gênes, 9-13 septembre 1985

RAPPORT SUR L'ETAT DE LA POLLUTION
EN MER MEDITERRANEE

juin 1985

Ce document d'information a été préparé par les consultants:

M. Antonio Cruzado
Centro de Estudios Avanzados de Blanès
Blanès (Espagne)

et

M. Hratch H. Kouyoumjian
Centre de Recherche Marine CNRS
Jounieh (Liban)

Les points de vue exprimés dans le document ne sont pas nécessairement ceux du
Programme des Nations Unies pour l'Environnement

TABLE DES MATIERES

	Page
I. INTRODUCTION	1
II. LE BASSIN MEDITERRANEEN	3
Généralités	3
Hydrologie	4
Les masses d'eau	5
La circulation	8
Chimie	9
Biologie	9
III. EVALUATION DE L'ETAT DE LA POLLUTION	11
Evaluation des apports de polluants	12
Sources telluriques	13
Apports municipaux	14
Apports industriels	14
Apports agricoles	15
Apports fluviaux	15
Apports atmosphériques	15
Sources maritimes	19
Mers adjacentes	19
Trafic maritime et pêche	20
Immersion	20
Situations critiques	21
Plates-formes de forage et extraction minière en mer	21
Incinérations	22
Evaluation des niveaux de polluants	22
Pollution microbienne	22
Métaux	25
Hydrocarbures chlorés	27
Hydrocarbures de pétrole	29
Radionucléides	31
Eutrophisants	34
Solides persistants	36
Altérations des produits de la mer	39
Autres polluants	40
IV. CONCLUSIONS	41
V. PERSPECTIVES	43
VI. RECOMMANDATIONS	45
VII. REFERENCES	46
Tableaux (1 - 21)	

I. INTRODUCTION

A l'occasion du 10ème anniversaire de l'adoption du Plan d'action pour la Méditerranée, le PNUE a demandé de préparer ce rapport que le Directeur exécutif avait annoncé lors de la Réunion extraordinaire des Parties contractantes qui s'était tenue à Athènes du 9 au 13 avril 1984 tant pour reconnaître les réalisations passées visant à améliorer la qualité de l'environnement que pour avertir des menaces qui persistent et continueront à mettre en danger son avenir à moins qu'un contrôle plus strict ne soit établi et une action plus énergique entreprise.

Bien que la mer Méditerranée soit petite comparée aux océans, nombreux processus physiques, chimiques et biologiques qui s'y produisent dépassent proportionnellement la taille de son bassin. Comme Desfontaines l'indique: "La mer Méditerranée semble être un bassin océanique, en fait un océan miniature" (Henry, 1977). Cependant, la longueur de côtes importante par rapport à la surface de la mer, le grand nombre d'habitants vivant sur le littoral (plus de 100 millions de résidents permanents) et le niveau élevé de développement agricole, industriel et maritime font de la mer Méditerranée une des régions les plus susceptibles d'être atteinte par la pollution.

La mer Méditerranée a en fait connu la pollution depuis que de grandes villes industrielles s'y sont développées sur ses rivages mais ce n'est qu'au cours des dernières décennies que les déchets de ces communautés florissantes sont devenus une menace importante à cause de leurs quantités et de leur toxicité très accrues.

S'il fallait évaluer la menace totale des polluants pour la mer Méditerranée, on pourrait sans doute s'entendre sur l'ordre d'importance suivant (Osterberg et Keckes, 1977; Fowler, 1985):

- a) Eaux usées et déchets solides des villes et agglomérations urbaines.
- b) Hydrocarbures d'origine tellurique, trafic pétrolier et pompage des eaux de cale.
- c) Matières organiques, métaux lourds et autres substances toxiques contenus dans les déchets industriels.
- d) Substances nutritives, pesticides, insecticides et matières plastiques.
- e) Industrie mécanique et construction sur le littoral ainsi que le barrage des cours d'eau se jetant dans le bassin.

On peut classer de la façon suivante les routes que suivent les polluants pour atteindre la mer Méditerranée:

- a) Origine tellurique, surtout déchets urbains et rejets industriels.
- b) Ecoulement des cours d'eau qui collectent les déchets urbains, industriels et agricoles quelquefois de grandes aires d'alimentation.
- c) Origine maritime par les opérations normales ou par les immersions ou encore en cas de situation critique.
- d) Transport dans l'atmosphère de sources telluriques éloignées mais aussi proches.

En ce qui concerne les influences de la pollution sur la mer Méditerranée, on peut identifier les grands domaines de préoccupation suivants:

- a) La santé publique à la fois par la consommation de produits de la mer contaminés et par les activités de plaisance.
- b) Les ressources biologiques et surtout les pêcheries. De plus, le développement de l'aquaculture pourrait être gravement limité par la pollution croissante de régions traditionnellement utilisées à cette fin et par une urbanisation désordonnée de régions littorales inviolées jusqu'à récemment.
- c) Les considérations d'ordre esthétique, surtout à la lumière de l'importance économique du tourisme pour de nombreux pays de la Méditerranée et de la valeur élevée que les habitants de la région attachent aux loisirs du bord de mer.

La plupart des sujets abordés dans ce rapport s'appuient sur une recherche scientifique approfondie que des centaines de chercheurs méditerranéens et autres ont mené à bien au cours des dernières années. Bien que l'on ait tenu compte de toutes les sources d'information disponibles, cette évaluation a été préparée surtout sur la base de rapports et documents publiés par le PNUE et les organismes coopérants responsables de la mise en oeuvre du Programme à long terme de surveillance continue et de recherche en mer Méditerranée (MED POL - Phase II).

Ce rapport s'adressant principalement à des lecteurs qui ne sont peut-être pas familiarisés avec la terminologie scientifique, on a évité dans la mesure du possible d'utiliser un jargon scientifique et des listes de chiffres incommodes. Seuls quelques tableaux de publications précédentes ont été retenus. Cependant, à cause des lacunes importantes qui existent dans les informations scientifiques et techniques dont on dispose, il faut considérer certaines assomptions plus comme des estimations ou jugements scientifiques que des faits établis.

II. LE BASSIN MEDITERRANEEN

Généralités

La mer Méditerranée est un bassin demi-fermé qui s'étend sur 3800 km d'est en ouest et 800 km du nord au sud dans les parties les plus larges. Sa superficie est de 2.500.000 km² avec un volume d'eau de 3.700.000 km³. La profondeur moyenne du bassin est de 1500 m. On y trouve fréquemment des profondeurs de 4000 m, la profondeur maximale étant de 5121 m (UNEP, 1978 a).

La mer Méditerranée communique avec l'océan Atlantique nord par le détroit de Gibraltar. Les talus situés entre l'Espagne et le Maroc bien que limitant le flux entre la mer Méditerranée et l'océan Atlantique aux couches supérieures, ne constituent pas un grave obstacle pour l'eau, les organismes et même les polluants. A son extrémité orientale, la mer Méditerranée communique avec la mer Noire par le détroit du Bosphore et celui des Dardanelles. Des talus situés dans la mer de Marmara séparent la Méditerranée de la mer Noire. Cette dernière est une entité différente et à part entière qui a une influence limitée sur la mer Méditerranée à l'exception de la mer de Marmara et de la mer Egée. Le canal de Suez, liaison artificielle entre la mer Méditerranée et la mer Rouge ne permet pas un flux important d'eau et d'organismes. Cependant, son influence sur l'écologie de la Méditerranée orientale est beaucoup plus grande qu'un flux d'une telle envergure pourrait le permettre (Sara, 1985).

La mer Méditerranée est formée de plusieurs bassins liés entre eux mais presque autonomes. Les caractéristiques physiques et les considérations environnementales permettent d'identifier divers sous-bassins. En Méditerranée orientale, la mer Egée et la mer Adriatique sont nettement séparées du reste du bassin, alors qu'il n'y a pas de délimitation importante entre la mer Ionienne et la mer du Levantin. En Méditerranée occidentale, on peut distinguer la mer de Ligurie, la mer Tyrrhénienne, la mer des Baléares et la mer d'Alboran, bien qu'il n'y ait pas de talus véritable qui les sépare les unes des autres. La mer d'Alboran et la mer des Baléares sont celles qui reçoivent la plus forte influence de l'océan Atlantique.

Le point de contact entre le continent et la mer Méditerranée, marqué par un plateau continental relativement peu important dans la plupart des régions et une absence de marée, est très étroit mais utilisé de façon intense. Le plateau s'étend en général sur quelques kilomètres sauf dans certaines zones des bassins central et occidental ainsi qu'en mer Adriatique du Nord. La surface couverte par le plateau continental représente environ 20% du bassin occidental et 22% du bassin oriental (80% de la mer Adriatique peuvent être considérés comme plateau continental). La pente continentale est abrupte, descendant rapidement dans des vallées et des gorges sous-marines menant à de profonds bassins (Emery et al., 1966), ce qui est particulièrement vérifié pour le bassin oriental où le plateau continental n'est pas continu mais découpé en une topographie complexe.

La circulation et les caractéristiques des masses d'eau en Méditerranée sont fortement affectées par les caractéristiques physiques complexes du fond de la mer dues à l'existence de diverses entités tectoniques auxquelles appartiennent les masses terrestres et les îles qui s'y trouvent. Il faut connaître cette topographie complexe pour comprendre l'ensemble des aspects géologiques de la région (UNEP, 1978 a).

Hydrologie

Le processus hydrologique le plus important du bassin méditerranéen est la concentration de toutes les substances pénétrant dans le volume de $1.200.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ d'eaux superficielles de l'Atlantique. Après être restées en moyenne à peu près 75 à 100 ans, presque toutes les substances dissoutes dans l'eau provenant de l'Atlantique subissent une augmentation de concentration d'environ 4,7%. Ensuite, elles refluent en profondeur dans l'océan Atlantique. Par leurs concentrations plus élevées, on peut retrouver les eaux méditerranéennes jusqu'en Atlantique sub-équatorial ou dans le golfe de Gascogne.

Le budget hydrique pour tout le bassin méditerranéen est négatif (tableau 1). Les taux d'évaporation élevés provoqués par un réchauffement important de la surface de l'eau et un dessèchement dûs aux vents continentaux soufflant sur le bassin en provenance des masses continentales environnantes dépassent les faibles taux de précipitation et de ruissellement des cours d'eau en dépit du fait que ces derniers s'écoulent sur de très vastes étendues d'Europe, d'Asie et d'Afrique.

La quantité d'évaporation dépassant celle des précipitations et du ruissellement s'élève à environ $0,05-0,07$ million $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$. Pour compenser les conditions observées d'équilibre de masse d'eau et de sel, à peu près 20 fois cette quantité d'eau doit affluer de l'Atlantique nord et une quantité à peu près égale d'eau doit ressortir de la Méditerranée. Les eaux superficielles de l'Atlantique pénétrant en mer Méditerranée avec une salinité légèrement supérieure à 36 ppt sont transformées en eaux profondes méditerranéennes avec une salinité de 38,4 ppt et plus. Il s'agit là d'un des phénomènes océanographiques les plus intéressants du monde. Les études faites en Méditerranée ont permis de comprendre le phénomène qui se produit dans d'autres régions où l'on observe la formation d'eaux océaniques profondes.

On est loin de connaître la quantité exacte d'eau pénétrant par le détroit de Gibraltar et celui des Dardanelles. Il est difficile de faire une bonne estimation, fondamentalement parce que le flux net passant par le détroit de Gibraltar, par exemple, ne représente que 5% du flux total dans les deux sens. Lacombe et Tchernia (1974), se fondant sur la différence de salinité entre les eaux du flux et celles du reflux d'un côté et le débit moyen de l'autre ont estimé que le gain net d'eau par le détroit de Gibraltar était de $54.500 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, estimation légèrement supérieure à celle qu'avait faite auparavant Mc Gill (1969) sur la base de données, fournies par Schink (1967). Béthoux (1977) a évalué le flux entrant dans le bassin à presque $75.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, conformément aux valeurs qu'il a données pour l'évaporation, les précipitations et le ruissellement. Merz et Moeller (1928) avaient estimé le flux net d'eau pénétrant par les Dardanelles à $6.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, donnée que personne jusqu'à présent n'a tenté d'améliorer.

La sécheresse d'été (figure 1), caractéristique de la région méditerranéenne, est en premier lieu due à ce que les pluies sont rares. Le taux de précipitation varie considérablement selon le lieu et l'année. Il y a une diminution générale des pluies annuelles de l'ouest à l'est et du nord au sud. Les pluies varient de plus de 1500 mm a^{-1} dans la partie occidentale de la Yougoslavie et sur les Alpes et les Pyrénées à moins de 100 mm a^{-1} dans les montagnes intérieures de l'Afrique du Nord et de l'Asie occidentale, de même que certaines îles des bassins est et ouest (figure 2).

La surface totale des bassins naturels des cours d'eau s'écoulant en mer Méditerranée est d'environ 4 millions de km² (figure 3). Les cours d'eau possédant des bassins un peu en dehors de la région méditerranéenne ont un régime plus régulier et des débits plus élevés que ceux qui traversent seulement la région méditerranéenne, puisqu'ils sont alimentés par la fonte des neiges des Pyrénées (l'Ebre) et des Alpes (le Rhône et le Pô) ou par les pluies abondantes de l'Afrique tropicale (le Nil). On peut cependant considérer ce dernier, surtout après la construction du barrage d'Assouan, comme appartenant au groupe des cours d'eau typiquement méditerranéens.

Le ruissellement continental estimé dans le cadre du projet MED POL sur la pollution d'origine tellurique (UNEP 1984) indique une valeur totale d'environ 14.000 m³ s⁻¹. Il existe un grand déséquilibre entre le ruissellement du littoral nord, drainant 92% de l'eau qui coule dans la mer Méditerranée et le littoral sud qui ne draine que les 8% restants. Cette différence provient essentiellement des différences dans les précipitations annuelles puisque les zones drainées sont à peu près semblables quant à leur surface. La zone méditerranéenne recevant le plus grand apport par le ruissellement des cours d'eau est celle de la mer Adriatique, suivie par la Méditerranée du nord-ouest, se partageant presque 70% de la quantité totale des apports des cours d'eau. Ces deux régions sont suivies de celles de la mer Egée, la mer Tyrrhénienne et la mer Ionienne (20%). La côte de l'Afrique du Nord, y compris le ruissellement du Nil, ne compte que pour moins de 10%.

Ces estimations sont assez imprécises mais il est impossible de faire une évaluation exacte des taux d'évaporation puisque ce phénomène en lui-même résulte de divers mécanismes complexes agissant l'un sur l'autre. L'évaporation se produit en majeure partie au cours de la première moitié de l'année et est liée au processus de formation d'eaux profondes. Les forts vents continentaux évaporent rapidement les eaux superficielles provoquant un accroissement de la salinité et un abaissement de la température. L'augmentation de la densité de l'eau fait qu'elle sombre à différentes profondeurs.

Les masses d'eau

La mer Méditerranée, avec son bilan hydrique négatif, est un exemple typique de la dynamique des estuaires inversée. Le processus par lequel les eaux superficielles de l'Atlantique Nord pénétrant en Méditerranée sont transformées en eaux profondes sortant de la Méditerranée demande d'importants mouvements horizontaux couvrant le bassin tout entier et le gain net général en densité provoque des mouvements verticaux que l'on trouve rarement dans d'autres régions océaniques du monde.

La température de l'eau de la Méditerranée est sujette à de forts changements selon les saisons, qui affectent les couches supérieures jusqu'à une profondeur de 50 à 75 m. Les températures des eaux superficielles peuvent être de l'ordre de 12 à 29°C, la température la plus basse étant celle d'hiver du bassin nord-ouest et de l'Adriatique Nord et la plus élevée, celle d'été du bassin Levantin nord-est. Une homogénéité remarquable caractérise la température de l'eau en-dessous de la thermocline. La température varie aux alentours de 13°C en Méditerranée occidentale; alors qu'en Méditerranée orientale, il y a une plus grande variété de température, de 13 à 16°C. Les changements de salinité dans les eaux sous-superficielles et les eaux

profondes vont de 38,35 ppt à 39,10 ppt (Miller et Stanley, 1965), avec seulement 2% de l'eau étant plus douce que 38 ppt. et 0,1% plus salée que 39 ppt. On trouve les eaux les moins salées en Méditerranée occidentale et en mer Adriatique et les plus salées dans le bassin oriental.

De toutes les masses d'eau identifiées, celle des eaux de l'Atlantique Nord est sans doute la plus évidente. On la retrouve dans les couches superficielles du bassin occidental et du bassin oriental. Elle est formée d'un mélange d'eau relativement douce pénétrant par le détroit de Gibraltar en tant que couche superficielle de 150 à 250 m d'épaisseur et d'eau plus salée de la Méditerranée remplissant la majeure partie du bassin. Les degrés de salinité à la salinité minimale, enregistrés dans la couche superficielle, augmentent de l'est rapidement vers la mer d'Alboran à la suite d'une recirculation intense. Plus tard, ces valeurs augmentent plus lentement lorsque la masse d'eau s'approche de la mer de Sicile ou de la mer des Baléares (Cruzado, 1983), avec des salinités d'environ 37 ppt, ce qui indique un mélange d'environ 70% d'eaux de l'Atlantique Nord à 30% d'eaux intermédiaires et profondes de la Méditerranée. Dans certaines parties du bassin oriental, on peut détecter quelques traces des eaux de l'Atlantique Nord dans la couche en-dessous de la surface avec une salinité minimum (Lacombe et Tchernia, 1960; Oren, 1971).

Les masses d'eaux intermédiaires sont produites par les processus de convection en hiver, avec des caractéristiques se rapprochant de celles des eaux profondes. Les eaux intermédiaires produites dans la mer Méditerranée du nord-ouest, que l'on appelle souvent "eaux d'hiver", ont une température et une salinité moins élevées que celles des eaux profondes (Furnestin, 1960). Elles durent relativement peu à cause du mélange vertical.

D'un autre côté, les eaux intermédiaires produites dans le bassin oriental, ont un comportement assez différent par suite de leur densité plus élevée. Elles jouent un rôle important pour maintenir l'équilibre salin entre les deux bassins et de la Méditerranée dans son ensemble. Elles sont formées par le refroidissement hivernal d'eaux superficielles à forte teneur en sel (jusqu'à 39,5 ppt) et par un mélange avec le reste des eaux sous-superficielles de l'Atlantique Nord. Après avoir traversé le rebord du canal de Sicile, elles constituent une autre masse d'eau généralement connue comme masse intermédiaire du bassin est que l'on peut retrouver dans les différentes régions de la mer Méditerranée. Au fur et à mesure que cette masse d'eau s'éloigne de son origine dans le bassin oriental, elle est diluée dans les eaux profondes du bassin correspondant sans que sa densité subisse de changement important. Après avoir traversé le rebord du canal de Sicile, les eaux intermédiaires du devant semblent se répandre sur des grandes zones au nord et à l'ouest du bassin occidental. Dans la partie orientale de la mer d'Alboran, les eaux intermédiaires du bassin est sont totalement mélangées aux eaux profondes. Ces eaux mélangées, qui coulent le long des rebords de Gibraltar en suivant le canal nord, sont fortement exposées au mélange qui se produit avec les eaux superficielles de l'Atlantique Nord puisque les rebords sont situés en dehors de la mer Méditerranée (Hopkins, 1978).

Il faut considérer la masse d'eaux profondes que l'on trouve à des profondeurs supérieures à 500 m dans le bassin occidental et 700 m dans le bassin oriental comme formée d'un certain nombre de types d'eaux différentes remplissant les divers bassins de la mer Méditerranée. A cause d'un isolement relatif dû à l'existence d'un rebord peu profond le long du canal de Sicile et

d'une couche d'eaux intermédiaires plus chaudes et plus salées qui agissent tel un couvercle dans le bassin oriental, on trouve des différences relativement importantes de température et de salinité des eaux profondes entre le bassin oriental et le bassin occidental. Les eaux profondes de la Méditerranée occidentale ont une température moyenne de 12,7°C et une salinité moyenne de 38,4 ppt alors que celles de la Méditerranée orientale, un peu plus lourdes (denses) ont une température moyenne de 13,6°C et une salinité moyenne de 38,7 ppt (Hopkins, 1978).

Plusieurs auteurs ont étudié en détails le processus par lequel les eaux superficielles refroidies par les forts vents continentaux d'hiver (surtout le Mistral) sont transformées en eaux profondes pour la région méditerranéenne du nord-ouest (Hopkins, 1985). On peut remarquer trois phases:

- i) La première phase se produit lorsque la perte de chaleur dans l'atmosphère des eaux superficielles dans les zones situées au centre des tourbillons cycloniques n'est pas compensée par le faible apport d'énergie solaire de l'hiver. A cause de la variation associée à ce genre de circulation, ces eaux tendent à se soulever en tempête, facilitant ainsi le début de la seconde phase.
- ii) La seconde phase a été décrite comme très prononcée et demandant que des vents forts entrent en action. Sous leur effet, les eaux en-dessous du centre du tourbillon deviennent verticalement homogènes jusqu'à des profondeurs de plus de 500 m, disloquant la couche intermédiaire (s'il en existe une) et pénétrant au milieu des eaux profondes. Lorsque ceci se produit, toute la colonne d'eau est remplie "d'eaux d'hiver" ou d'eaux profondes et il y a de forts mouvements verticaux vers le haut et le bas, à des vitesses allant jusqu'à 2,5 cm s⁻¹.
- iii) La troisième phase qui a normalement lieu en mars, commence après que les vents se soient affaiblis. La couche superficielle, réchauffée par un rayonnement solaire de plus en plus fort, reprend une partie de son ancienne stratification et la colonne d'eau à forte densité s'étend latéralement pour donner des eaux profondes, des "eaux d'hiver" intermédiaires et des eaux superficielles, qui sont en fait des eaux d'hiver réchauffées avec la forte salinité typique des eaux profondes et intermédiaires.

Bien que l'on sache que la formation d'eaux profondes n'est observée que dans quelques endroits présentant des conditions météorologiques et hydrologiques particulières, une forte évaporation se produit au cours de l'hiver sur tout le bassin à cause des vents continentaux, secs et forts, prédominants. Le Mistral dans la vallée du Rhône, le Bora dans la mer Adriatique Nord et le Vardarac dans le nord de la mer Egée sont les plus importants de ces vents froids; des vents chauds tels que le Sirocco qui provient du désert du Sahara et le Meltème en mer Egée du Nord contribuent aussi largement à l'évaporation des eaux superficielles et à la formation d'eaux intermédiaires dans le bassin Est (Unluata et al, 1983).

La circulation

Il semble que les forces qui conduisent le flux des eaux superficielles de l'Atlantique Nord vers la mer Méditerranée soient dues à un niveau de la mer plus bas en Méditerranée, l'évaporation l'emportant sur les précipitations et le ruissellement des cours d'eau, ainsi que par une pression atmosphérique moyenne plus faible dans l'est de la Méditerranée par rapport à l'océan Atlantique, créant un effet de "suction" permanent vers l'est. A cause de la faiblesse des marées en mer Méditerranée, la circulation marémotrice est en général négligeable sauf aux alentours de divers détroits ou diverses zones tels que le canal de Sicile, la mer de Crète ou l'Adriatique nord. Les mouvements provoqués par les vents forcés et la distribution de la pression atmosphérique sont peut-être des éléments importants pour la vitesse mais les forces régies par la température et la salinité créées par la structure hydrographique décrite auparavant semblent jouer le rôle le plus important dans la détermination de la circulation générale en Méditerranée à tous les niveaux. La distribution dans l'espace de la densité suppose que les eaux superficielles de l'Atlantique nord affluent en Méditerranée dans la direction est, les eaux profondes et intermédiaires allant dans le sens inverse avant que bien mélangées, elles ressortent ensemble par le détroit de Gibraltar.

Nielsen (1912) proposa un modèle de circulation superficielle pour toute la mer Méditerranée auquel on se rapporte encore fréquemment (figure 4). Ovchinikou (1966) a aussi présenté une carte un peu plus réaliste des courants de surface en Méditerranée (figure 5). Cependant, le grand nombre de détroits et de rebords, surtout en Méditerranée orientale, complique le modèle de circulation réelle non seulement de la couche des eaux superficielles mais aussi de celles des eaux profondes et intermédiaires.

Si l'on ne connaît la circulation de la couche superficielle qu'avec un grand degré d'incertitude, on connaît encore moins la circulation des eaux intermédiaires et profondes tant dans le bassin oriental que dans le bassin occidental. Ces eaux se déplacent en général d'est en ouest et les quelques mesures qui ont été faites sur la vitesse ne permettent que de procéder à une évaluation grossière de 5 à 10 cm s⁻¹ quant aux vitesses maximales pour les veines d'eaux intermédiaires les plus importantes (Lacombe et Tchernia, 1974) qui sont censées suivre un modèle de circulation cyclonique. Les vitesses correspondantes sont beaucoup plus élevées dans la mer d'Alboran, le détroit de Gibraltar et le canal de Sicile où l'on a mesuré des vitesses allant jusqu'à 40 cm s⁻¹ (Morel, 1971).

On a une connaissance fondamentale extrêmement limitée et fragmentée de la circulation dans la plupart des zones littorales de la Méditerranée. Souvent, les mesures directes sur les courants n'ont pas été publiées, soit parce qu'elles sont faites par des compagnies privées à des fins bien spécifiques ou bien, parce qu'il est peu facile de procéder à une analyse scientifique complète de bases de données importantes.

Les vitesses dans la zone littorale sont en majeure partie dues aux perturbations passagères provoquées par les rafales de vent successives. Des remous à petite échelle, souvent pris dans le plateau intérieur, sont causés par la présence de caractéristiques topographiques telles que des îles, des caps, des baies, compliquant encore plus les modèles de circulation littorale locale. En général la composante "littoral" de la vitesse prédomine sur la

composante "terre-large", bien que des observations faites en certains points indiquent souvent l'existence de mouvements croisés sur le plateau. Ce genre de mesure doit toujours être considérée de façon critique puisqu'un certain nombre d'éléments de haute fréquence sont normalement inclus dans le champ de vélocité littoral sans avoir d'effet important sur le transport des eaux. De toute manière, la circulation littorale est un phénomène local pouvant changer d'heure en heure et de lieu en lieu, suivant les conditions météorologiques locales.

Chimie

La mer Méditerranée, bien que demi-fermée, ne possède pas de caractéristiques chimiques qui lui soient propres. Cependant, lorsqu'on la compare à d'autres mers, on voit qu'il y existe certaines particularités distinctes. En plus de sa salinité élevée, comparable seulement à celle de la mer Rouge ou à d'autres mers totalement fermées, la caractéristique la plus remarquable de la Méditerranée repose sur les concentrations relativement faibles de certains éléments chimiques importants du point de vue biologique, même dans les eaux les plus profondes. Ceci est provoqué par un nettoyage permanent du bassin méditerranéen qui reçoit par le détroit de Gibraltar des eaux superficielles de l'Atlantique Nord pauvres, alors qu'il exporte des eaux profondes méditerranéennes relativement riches. Le ruissellement terrestre et les eaux usées, bien que créant un enrichissement dans certaines régions, ne peuvent compenser une telle perte en matières nutritives.

Les fortes concentrations en oxygène de la Méditerranée sont particulièrement intéressantes. La distribution en oxygène de la Méditerranée n'est guère différente de celle des autres grandes mers, sauf que les eaux profondes de la Méditerranée sont très riches en oxygène, parvenant assez fréquemment à un seuil de saturation. Ceci est dû aux concentrations relativement faibles de matières organiques plongeant dans les eaux les plus profondes surtout dans le bassin est; à son caractère extrêmement oligotrophique et du fait que les eaux restent peu de temps dans le bassin (Cruzado, 1985). Ainsi les sédiments reposant en mer profonde sont pauvres en matières organiques, alimentant une faune relativement rare.

Une autre particularité de la chimie de la Méditerranée démontre un niveau relativement élevé de certains oligo-éléments, surtout du mercure, du sélénium, de l'arsenic et du cadmium de source naturelle. Ce qui serait apparemment dû à l'existence de minerais riches en de tels éléments dans diverses régions autour du bassin méditerranéen ainsi qu'aux émissions atmosphériques des volcans situés en Méditerranée centrale. Néanmoins, ce sujet doit encore être étudié de façon appropriée.

Biologie

La caractéristique oligotrophique de la mer Méditerranée a conduit de nombreux auteurs à la considérer comme une mer appauvrie. Cependant, la productivité en terme de rendement ichtycole soutenu peut être comparé à d'autres régions océaniques, à part les régions très riches. Divers facteurs y contribuent:

1. En hiver, lorsque le mélange vertical se produit, les eaux riches en matières nutritives occupent une partie importante de la zone de production, permettant une production primaire importante.

2. Au printemps et en automne, le phytoplancton prolifère par suite d'un rayonnement solaire accru alors que l'enrichissement en matières nutritives se poursuit.
3. En été, un transfert des matières nutritives de la réserve des eaux profondes à des profondeurs moindres, en-dessous de la thermocline, permet l'existence d'une grande quantité de phytoplancton profond que l'on peut comparer à celle d'autres régions possédant de plus grandes réserves en matières nutritives mais un taux de production réduit.
4. Certaines régions voisines des grands cours d'eau (Ebre, Rhône, Pô, Nil, etc) sont très productrices à cause de rejets de matières nutritives tout au long de l'année.

L'écosystème méditerranéen peut être nettement caractérisé comme une sous-province de la province Atlantico-méditerranéenne, avec un très grand nombre d'espèces endémiques et une diversité considérable de conditions environnementales permettant que des populations benthiques à la fois de type tempéré que sous-tropical s'y trouvent, bien que les régions soient différentes. En plus du facteur environnemental naturel et biotique qui influence la structure et la dynamique des communautés, il est possible que des influences anthropogènes aient eu un effet important sur la biogéographie de la Méditerranée (Sara, 1985).

Les pêcheries de la Méditerranée sont marquées par des niveaux en matières nutritives faibles résultant en une productivité limitée, et par un plateau continental étroit sur la plupart des côtes. On estime la capture annuelle à 0,6 million de tonnes m³ représentant une récolte constante d'environ 0,24 tm/km²/année de poissons pour la Méditerranée. On estime la capture annuelle mondiale à environ 60 millions de tonnes m³ allant de 0,16 à 0,28 tm/km²/année ou 0,5 tm/km²/année, y compris les réserves sous-exploitées. Les plateaux continentaux de la Méditerranée peuvent produire presque 0,96 tm/km²/année de poissons comparé à une estimation mondiale de 3,44 tm/km²/année. La récolte totale possible en poissons pour les eaux situées au-dessus du plateau continental est estimée à 1,9 tm/km²/année. On présume que l'efficacité écologique de transformation de la production première en poisson est d'environ 0,1% dans le cas de la Méditerranée (Murdoch et Onuf, 1972).

Les pays méditerranéens possèdent 8% de la population mondiale mais consomment 10% de la capture mondiale en ce qui concerne les poissons. De nombreux pays doivent importer des poissons pour compléter leur pêche limitée. A part les pays possédant une flotte de pêche plus développée comme l'Espagne, la France et l'Italie, les ressources des autres pays sont limitées par l'attirail traditionnel qu'utilisent souvent les pêcheurs. De cette façon, seuls les petits fonds du plateau continental proches de la côte peuvent être exploités. On a assisté à une exploitation limitée des poissons d'eaux intermédiaires, de fond ou migrateurs tels que les thonidés.

III. EVALUATION DE L'ETAT DE LA POLLUTION

L'état de la pollution de la mer Méditerranée a fait l'objet de plusieurs réunions scientifiques parrainées par diverses organisations internationales (FAO/CGPM, UNESCO/COI, PNUE, OMS, etc) au cours des vingt dernières années. En général, on peut dire que les problèmes de pollution manifestes, surtout en ce qui concerne les eaux littorales de la Méditerranée, sont causés principalement par le déversement à tort et à travers d'eaux usées domestiques et industrielles non traitées, par les rejets en majeure partie non contrôlés des cours d'eau, le ruissellement agricole et les retombées atmosphériques, éléments dont demeure dans une large partie inconnue leur contribution à la charge totale en polluants de la mer Méditerranée.

Comme partout ailleurs pour les autres mers du globe, la pollution n'a peut-être guère changé durant à peu près les deux dernières décennies mais l'homme a envisagé la question d'une façon qui, elle, a beaucoup changé. Au fur et à mesure que la prise de conscience publique augmentait, environnementalistes, chercheurs et hommes politiques élevaient des voix alarmées, ce qui conduisit les états riverains à adopter le Plan d'action pour la Méditerranée en 1975.

En dépit des efforts déployés par les laboratoires participant au Programme de surveillance continue et de recherche en matière de pollution dans la Méditerranée (MED POL), tant au cours de la phase-pilote que depuis le lancement de la phase à long terme en 1981, les informations appropriées concernant la mer Méditerranée sont encore très limitées. Une bonne évaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée selon les lignes données par le Groupe de travail du GESAMP sur la santé des Océans (UNEP, 1982) exigerait des informations sur:

- a) Les sources d'énergie et de substances, les quantités de polluants existantes et prévues et leur distribution dans l'environnement.
- b) Les processus conduisant à la dispersion dans l'environnement marin, la destination finale de substances venant d'une source précise, et les cibles qui peuvent être touchées.
- c) Les effets de la pollution sur les diverses cibles ainsi que la signification écologique et sanitaire de ces effets.

La base de données sur l'environnement de la Méditerranée doit encore être considérée comme morcelée et fragmentaire.

Les informations sur les niveaux de concentration dans les différentes tranches de l'environnement ont été rassemblées surtout par le biais des divers projets du MED POL au cours de la phase pilote du Programme (UNEP, 1983):

- | | |
|------------|---|
| MED POL I | Etudes de base et surveillance continue du pétrole et des hydrocarbures contenus dans les eaux de mer. |
| MED POL II | Etudes de base et surveillance continue des métaux, notamment du mercure et du cadmium, dans les organismes marins. |

- MED POL III Etudes de base et surveillance continue du DDT, des PCB et autres hydrocarbures chlorés contenus dans les organismes marins.
- MED POL IV Recherche sur les effets des polluants sur les organismes marins et leurs peuplements.
- MED POL V Recherche sur les effets des polluants sur les communautés et systèmes écologiques marins.
- MED POL VI Etude des problèmes du mouvement des polluants le long des côtes.
- MED POL VII Contrôle de la qualité des eaux côtières.
- MED POL VIII Etudes biogéochimiques de certains polluants au large des côtes de la Méditerranée.
- MED POL IX Rôle de la sédimentation dans la pollution de la mer Méditerranée.
- MED POL X Polluants d'origine tellurique dans la Méditerranée.

La plupart des informations utilisées pour la présente évaluation ont déjà fait l'objet de diverses évaluations sectorielles (OMS/PNUE, 1983; FAO/OMS/PNUE, 1983, 1985a, 1985b; OIC/OMI/PNUE, 1985).

Cependant, en dépit des méthodes communes adoptées par la majorité des chercheurs, les difficultés d'échantillonnage et d'analyse ainsi que la distribution morcelée des résultats obtenus, rendent la comparaison plutôt difficile.

Evaluation des apports de polluants

Les sources les plus importantes de pollution marine sont d'origine tellurique. Qu'il s'agisse de sources déterminées ou diffuses, d'émissaires côtiers ou de cours d'eau, elles ont toujours été considérées comme les sources qui contribuent le plus à la charge de pollution pénétrant dans l'environnement marin. Parce que ces sources sont concentrées le long du littoral, elles semblent avoir un effet plus important sur les eaux côtières que d'autres sources de polluants connues pour contribuer aussi de façon importante à la pollution, telles que le transport dans l'atmosphère et les activités maritimes.

Les polluants peuvent aussi pénétrer dans l'environnement par les immersions, le trafic maritime, des installations telles que les plates-formes de forage de pétrole construites sur le plateau continental, les bâtiments d'incinération et d'autres activités humaines telles que la construction, la mise en valeur des terres et l'édification de barrage sur les cours d'eau. On trouvera ci-dessous une évaluation de l'importance de chacun de ces groupes de sources de polluants pour la mer Méditerranée.

Sources telluriques

Les sources majeures de pollution marine en Méditerranée sont, comme dans les autres mers, d'origine tellurique. Les polluants peuvent atteindre la mer par les émissaires directs situés sur la côte, le ruissellement urbain, industriel et agricole, les cours d'eau et le dépôt de substances transportées dans l'air. On a évalué la contribution des charges de pollution d'origine tellurique en Méditerranée dans les premières étapes après l'adoption du Plan d'action pour la Méditerranée, par le biais du projet-pilote MED POL X sur les polluants d'origine tellurique dans la Méditerranée (Helmer, 1977). Le tableau 2 a été préparé d'après les résultats obtenus au cours du projet, sur la base d'inventaires établis pays par pays ainsi que de facteurs d'évaluation élaborés pour la région (PNUE, 1983). Même ainsi, on ne peut considérer l'exactitude des estimations que comme une approximation "d'ordre de grandeur". Les résultats plus précis obtenus par les activités de surveillance appropriées au cours de la PHASE II du Programme MED POL ne seront disponibles qu'après plusieurs années si les gouvernements des pays méditerranéens entreprennent de sérieux efforts.

Le tableau 2 indique que la quantité d'eau contribuant à la pollution par les sources telluriques est à peu près la même que celle des rejets des cours d'eau. Le ruissellement naturel et les déchets municipaux et industriels directs ne contribuent que peu à la pollution. Les matières en suspension d'origine anthropogénique ont une importance relativement mineure lorsqu'on les compare aux apports naturels, bien que récemment l'on ait observé une augmentation considérable de l'apport anthropogénique.

En ce qui concerne les matières organiques (exprimées en termes de demande en oxygène biologique, DOB et de demande en oxygène chimique, DOC) l'origine côtière et fluviale contribue en proportions à peu près égales. Les charges de phosphore et d'azote sont en grande partie dues aux cours d'eau, le ruissellement agricole et les municipalités se partageant à part égale le reste. D'un autre côté, la plupart des détergents proviennent des municipalités du littoral alors que les rejets de phénols et d'huiles minérales proviennent presque exclusivement des activités industrielles, les raffineries et les terminaux pétroliers de la côte ne contribuant qu'en mineure partie.

Les déversements de métaux lourds sont en majorité d'origine naturelle et souvent dûs aux apports fluviaux, bien que certains métaux proviennent également des cours d'eau et soient d'origine littorale.

Les composés organohalogènes persistants sont pour la plupart rejetés par les cours d'eau et à un moindre degré proviennent des déversements industriels à partir du littoral. On a trouvé que les composés les plus importants étaient les hydrocarbures polychlorés (PCB).

Le projet-pilote n'a pas tenté d'évaluer les apports de matières radio-actives. Une autre étude menée sous le patronnage du Programme du Registre international des substances chimiques potentiellement toxiques (RISCT) du PNUE (Woodhead, 1978) a évalué les problèmes potentiels créés par les apports de radionucléides, notamment ceux provenant des centrales nucléaires existantes ou prévues et des installations de recyclage du combustible nucléaire. On trouve une concentration de ces installations surtout en Espagne, en France et en Italie, les trois pays situés dans la région nord-ouest de la Méditerranée (cf. section sur les radionucléides ci-dessous).

Les sections suivantes forment l'évaluation des diverses catégories de sources de polluants qui ont été identifiées:

Apports municipaux

Selon les résultats du projet MED POL X (PNUE, 1984) les sources de déchets domestiques (définies comme ville de 10.000 habitants ou plus), sont en majorité concentrées sur quelques régions:

- la Méditerranée nord-ouest entre Valence (Espagne) et la Spezia (Italie);
- la mer Tyrrhénienne entre Rome et Naples et la côte de Sicile;
- les côtes italiennes de la mer Adriatique et de la mer Ionienne;
- d'autres régions extrêmement peuplées autour de grandes villes comme Split, Rijeka, Athènes, Salonique, Ismir, Beyrouth, Alexandrie, Tripoli, Tunis et Alger.

La plupart des déversements des égouts urbains ne sont pas traités et souvent les villes ne sont pas équipées des mécanismes même les plus simples pour faciliter la dispersion des eaux usées rejetées.

Selon une étude faite par la municipalité de Barcelone (en tant que secrétariat de l'Union des villes de la Méditerranée) qui couvrait 75 villes du littoral (dans 8 états méditerranéens), il existait en 1980, ou étaient prévues, des installations de traitement des eaux usées dans environ 50% des villes étudiées. Ce qui ne représentait pas plus de 30% du total des eaux usées déversées (Tableaux 3 et 4). Cependant, seulement 33% des villes possédaient à ce moment-là un émissaire sous-marin pour éliminer les eaux usées traitées ou non. Pour les autres villes, 13% déversaient leurs eaux usées le long du littoral destiné à des activités récréatives. Il s'agit en fait d'une pratique commune dans de nombreux pays du bassin méditerranéen (Barcelone, 1985).

Apports industriels

Les sources de déchets industriels sont surtout concentrées dans la partie nord-ouest de la Méditerranée. On peut citer par secteur les principales industries qui contribuent à ce genre de pollution:

- les industries de tannage et de finissage des peaux;
- les fonderies et aciéries;
- les industries de produits chimiques (organiques et inorganiques); et
- les industries pétrolières et pétrochimiques.

Les grandes industries polluantes sont nombreuses à déverser leurs déchets non traités ou seulement partiellement traités dans les égouts urbains. D'autres déversent directement sur le littoral pour éviter d'endommager les égouts publics. Quelques-unes possèdent des stations d'épuration mais qui fonctionnent en grande partie sans contrôle et qui sont loin de parvenir à un certain degré de protection de l'environnement. Les déversements de "boue rouge" dus aux industries d'oxyde de titane, extrêmement acides et chargés de nombreux autres éléments toxiques, ont aussi une importance particulière.

Apports agricoles

Le ruissellement agricole est rare sur le littoral méridional sauf peut-être dans des régions limitées telles que le delta du Nil ou le golfe de Tunis. Il s'agit d'une route importante pour les matières nutritives, les pesticides et autres sédiments provenant de l'érosion terrestre, fortement rehaussée par les incendies forestiers et autres facteurs. L'influence la plus grande, notamment en ce qui concerne les hydrocarbures chlorés, a été ressentie dans les zones d'agriculture intensive telle que l'horticulture, la riziculture et la culture des agrumes, situées surtout sur les côtes les plus chaudes des pays de l'Europe du Sud et du Levant.

Apports fluviaux

Les déversements fluviaux sont inégaux tant en matière de débit qu'en matière de charges en polluants. Les cours d'eau s'écoulant sur les régions fortement peuplées de l'Europe occidentale et le Nil contribuent par de fortes charges alors que ceux des Balkans ou de la péninsule d'Anatolie semblent ne pas être pollués. L'Ebre, le Rhône, le Pô et le Nil sont parmi les cours d'eau que l'on a identifiés comme sources majeures de pollution. Les trois premiers de ces fleuves coulent sur des bassins hautement industrialisés, comprenant la plupart des centrales nucléaires et des usines de recyclage de combustibles. Le Nil est fortement chargé de pollution due aux produits agricoles. Les données sur l'hydrologie des cours d'eau se jetant en mer Méditerranée sont rares. Le Programme international d'hydrologie s'est engagé dans une évaluation relativement complète des eaux qui se jettent dans cette mer, mais a manqué d'évaluer la charge de polluants des phases en dissolution et en particules, notamment au cours des périodes d'inondation fréquentes quand il s'agit de cours d'eau méditerranéens.

Apports atmosphériques

Il n'est pas à douter que les polluants sont transportés dans l'air vers la mer Méditerranée. Tant les sources locales proches du bassin que les zones éloignées de plusieurs milliers de kilomètres contribuent à la pollution de l'air et de la mer. A certains moments, des matières naturelles telles que la poussière du Sahara et les émissions volcaniques peuvent être des sources importantes pour quelques substances en trace polluant la région méditerranéenne. Lorsque l'on a compris que le transport dans l'air peut être une route importante pour de nombreux polluants marins, il est devenu extrêmement important pour les pays qui entourent la Méditerranée, de même que pour d'autres régions du monde, de comprendre la gravité possible du problème.

A cette fin et à la demande du PNUE, le GESAMP a créé un Groupe de travail pour étudier les connaissances actuelles dans le domaine du transport dans l'atmosphère, mettant un accent particulier sur la région méditerranéenne (OMM/PNUE, 1985b). Les données dont on dispose jusqu'à présent sur les concentrations de polluants au-dessus de la Méditerranée proviennent de quelques croisières océanographiques récentes. Les polluants les plus étudiés jusqu'à maintenant sont les métaux lourds et les métalloïdes tels que le vanadium, le chrome, le manganèse, le cuivre, le zinc, l'arsenic, le sélénium, l'argent, le cadmium, l'antimoine, le mercure, l'or et le plomb. Il existe des données extrêmement limitées sur d'autres polluants tels que les hydrocarbures chlorés (PCBs) et les radionucléides artificiels (par exemple, le plutonium - 237 et 240).

L'évaluation faite par le Groupe de travail du GESAMP a mis l'accent sur les deux éléments les mieux étudiés (le plomb et le cadmium) provenant en majorité de sources anthropogènes. Le tableau 5 présente un résumé des concentrations de plomb et de cadmium dans l'air au-dessus de diverses régions de la Méditerranée. Les concentrations atmosphériques s'étendent sur deux ordres de grandeur, avec des variations extrêmes enregistrées sur des périodes de temps extrêmement courtes (d'heure en jour).

Il apparaît qu'en Méditerranée les concentrations de Pb et de Cd dans l'atmosphère sont 5 à 10 fois plus élevées dans les régions littorales à forte densité de population qu'au large. On peut comparer les variations de concentrations atmosphériques et de pluies moyennes pour le plomb et le cadmium à celles retombant sur d'autres régions telles que la mer Baltique ou la mer du Nord (tableau 6). Ces concentrations sont d'un ordre de grandeur plus important que les concentrations des régions éloignées du Pacifique sud. Il n'est pas possible de procéder à des évaluations directes du dépôt total, dans l'air (sec et humide) des polluants en Méditerranée puisque très peu de mesures sûres ont été effectuées sur les niveaux de polluants dans l'eau de pluie.

L'estimation du dépôt atmosphérique total en Méditerranée présentée dans le tableau 6 est fondée sur une vitesse de dépôt totale de 1 cm s^{-1} . Ce qui n'est guère différent de ce que l'on a estimé pour d'autres régions d'Europe, alors que les dépôts en Atlantique et au Pacifique sont plus faibles. Comme il a été démontré pour d'autres régions maritimes, on peut s'attendre à ce que la pluie soit responsable de la majeure partie du dépôt atmosphérique en Méditerranée. Ainsi, des variations saisonnières quant au flux des polluants dans la Méditerranée se produiront, avec un dépôt plus important au cours des saisons des pluies.

Les quelques mesures de polluants organiques faites sur l'atmosphère de la Méditerranée font supposer que les concentrations en PCB (hydrocarbures chlorés) sont plus faibles que dans l'air de la mer du Nord et comparables aux régions de haute-mer de l'Atlantique et du Pacifique (tableau 7). Au contraire, les concentrations de soude (N-alcanes) tant à l'état de particules que de vapeur, sont nettement plus élevées qu'au-dessus du Pacifique. Il ne semble pas qu'il existe de mesure en ce qui concerne les polluants organiques dans la pluie au-dessus de la Méditerranée.

Lorsque l'on compare l'apport atmosphérique total des métaux en Méditerranée à l'apport fluvial, il apparaît clairement qu'il s'agit là de deux sources de polluants importantes et comparables (tableau 8). Les études faites dans d'autres régions parviennent à des conclusions semblables. Il faut noter que l'on peut détecter en Méditerranée des dépôts d'éléments transuranniques provenant des essais d'armes nucléaires pratiqués dans l'atmosphère du Pacifique. Ainsi, il se produit nettement au-dessus de la Méditerranée un transfert atmosphérique de polluants de longue portée. Les métaux et autres polluants associés en de très fines particules en pulvérisation (1 μ m) montrent très bien que ces polluants ont été transportés sur de très longues distances.

L'air au-dessus des régions côtières présente de plus grandes concentrations de polluants que l'air en pleine-mer (tableau 5), ce qui fait supposer la possibilité d'un dépôt atmosphérique renforcé de ces substances dans les régions littorales. Peu d'études ont été faites sur ce problème en Méditerranée. Clerici (en cours d'impression) a calculé le dépôt de cadmium autour de quelques grands centres industriels en Italie. Palumbo et Iannibelli (1985) ont montré que les dépôts atmosphériques de fer, cuivre, zinc, cadmium et plomb sont un facteur de grande importance de la pollution dans la baie de Naples. D'autres études sur le transport en mer des métaux lourds sont actuellement entreprises dans le cadre du Programme MED POL.

On dispose depuis 1979 de données indirectes sur les émissions concernant les métaux pour les pays d'Europe (fondées sur les données de consommation, l'évaluation de la teneur en métal de matières premières, les propriétés physico-chimiques des métaux, la technique de production et l'efficacité des appareils de contrôle d'émission (Pacyna et al., 1984), mais il n'existe de données sur aucune sorte de polluant qui soit pour la région de l'Afrique du Nord. On ne connaît pas non plus les émissions de polluants organiques provenant d'Europe. Les estimations les plus précises sont certainement celles portant sur le plomb, le cadmium et l'arsenic, alors que les données sur les autres métaux montrent qu'une étude plus approfondie serait justifiée. Dans le contexte de la schématisation du transfert atmosphérique à longue portée de ces polluants, on ne dispose pratiquement pas d'information sur chaque grande source. On estime que le dépôt atmosphérique du plomb, du zinc et du chrome au-dessus de la Méditerranée représente environ 5 à 20% du total des émissions de ces métaux pour l'Europe.

Les sources naturelles d'éléments en trace sont l'activité volcanique, l'érosion des sols et la mer elle-même. Des études faites sur les émissions de l'Etna semblent indiquer que l'activité volcanique serait une source importante de silicium, mercure, arsenic, et cadmium pour les bassins du centre et de l'est de la Méditerranée (Buat-Ménard et Arnold, 1978; Martin et al., 1984).

L'érosion des sols peut être une source majeure pour les métaux dans l'atmosphère, mais elle est par nature très épisodique. On n'a pas encore quantifié l'apport annuel dû à l'érosion des sols, y compris les orages périodiques mais très prononcés qui transportent la poussière du Sahara.

Les pulvérisations produites à partir de la surface de la mer peuvent avoir pour conséquence de recycler certains polluants (métaux lourds, radionucléides, bactéries, composés organiques). L'importance de ce phénomène n'a pas été évaluée pour la Méditerranée. Il faut souligner que ce phénomène peut, dans les zones côtières, contribuer en grande partie aux concentrations de ces polluants dans l'atmosphère dans des conditions de brise de mer.

On peut résumer de la façon suivante la question des apports atmosphériques:

Il a été prouvé que les concentrations et dépôts de certains polluants atmosphériques (par exemple le plomb et le cadmium) au-dessus de la Méditerranée sont comparables à ceux de la mer Baltique et de la mer du Nord. Pour le plomb, le zinc, le cuivre et le mercure, il semble que l'apport atmosphérique soit du même ordre de grandeur que l'apport fluvial. Bien qu'il faille effectuer des mesures sur de nombreux autres polluants, on peut conclure après une première évaluation que le bassin méditerranéen est sans doute substantiellement pollué par les apports atmosphériques.

On connaît très peu l'ensemble des sources de pollution, surtout dans la région de l'Afrique du Nord. Leur évaluation en est compliquée par l'importance relative des sources locales et éloignées qui demeurent inconnues. Déterminer le type, l'ampleur et la localisation des sources représente un aspect critique de l'évaluation de l'influence de la pollution transférée dans l'atmosphère jusqu'en Méditerranée.

La région méditerranéenne possède un régime météorologique très complexe. Cependant, en se fondant sur la climatologie de trajectoire prévalente, on peut affirmer ce qui suit:

- le flux à long-terme des polluants vers la Méditerranée occidentale se fait du nord au moins 30% du temps sans que l'on ait détecté de variation saisonnière;
- le transfert vers la Méditerranée orientale provient surtout du nord et du nord-ouest, où les sources industrielles apportent leur contribution aux charges de pollution;
- les modèles de flux et donc le transfert des polluants varient de façon importante d'année en année.

Il sera nécessaire de continuer à poursuivre des recherches de grande envergure afin de mieux comprendre le transfert atmosphérique des polluants vers le bassin méditerranéen.

Sources maritimes

Les sources maritimes sont les secondes par ordre d'importance des sources de pollution d'origine tellurique. On n'a jamais été tenté d'évaluer la quantité totale d'apports de polluants dans la mer Méditerranée provenant des navires et autres plates-formes au cours de leur fonctionnement opérationnel normal, dûe aux situations critiques et aux accidents; ni de quantifier le flux de polluants contenus dans l'eau de mer s'écoulant par le détroit de Gibraltar et les Dardanelles.

On essaiera ci-après d'évaluer les charges de polluants dues aux divers types de source maritime:

Mers adjacentes

Bien que l'on connaisse avec un certain degré de certitude le flux des eaux provenant de l'océan Atlantique et de la mer Noire, il n'existe pas de chiffre sur le flux des polluants traversant le détroit de Gibraltar ou les Dardanelles. Dans chaque cas, la situation est fondamentalement différente. Le flux passant par les Dardanelles permet à la mer Noire et à la mer de Marmara de se déverser dans la mer Méditerranée alors que pour le détroit de Gibraltar l'inverse est aussi vrai.

Plusieurs des plus grands cours d'Europe se jettent dans la mer Noire, qui reçoit alors de lourdes charges polluantes des pays fortement industrialisés du centre de l'Europe et du ruissellement de vastes zones agricoles d'Europe centrale et orientale. De plus, la mer de Marmara reçoit des quantités importantes de déchets industriels et domestiques de la région d'Istanbul.

D'un autre côté, l'océan Atlantique nord est souvent cité comme étant relativement peu pollué. On peut penser à ce que les côtes de l'Europe du nord-ouest, du nord et de l'ouest de l'Espagne et du Portugal exercent une influence. Cependant, la très importante masse d'eau entraînée dans le courant ibérico-canarien et la circulation en sens contraire dans cette région tendent à faire que la pollution littorale s'écarte du détroit de Gibraltar.

Dans l'ensemble, alors que les Dardanelles peuvent être considérées comme contribuant à la charge polluante totale de la Méditerranée, le détroit de Gibraltar peut être envisagé comme tendant à la réduire.

Cependant, il serait nécessaire de poursuivre les recherches océanographiques puisque, jusque dans ces derniers temps les efforts soutenus par l'intermédiaire du CIESM et de la COI ne sont parvenus qu'à quelques résultats. Ce n'est que récemment que les états méditerranéens et d'autres ont entrepris des études relativement importantes mais non coordonnées sur le budget hydrique des bassins et les mécanismes régissant le transfert des substances.

Trafic maritime et pêche

Le trafic maritime est une source importante de pollution des mers. En plus des déchets dus aux équipages et aux passagers, les activités maritimes sont à l'origine d'autres déchets, les eaux de cale, les résidus d'hydrocarbures, les filtres, les câbles et tous genres de rebus solides et liquides sont généralement rejetés par-dessus bord. Les pétroliers ajoutent à tous ces déchets, le ballast huileux rejeté lors de l'assèchement des cales avant d'arriver au terminal de chargement pétrolier. La durée brève et la grande fréquence des voyages en Méditerranée, l'absence d'installations de déballastage dans les terminaux pétroliers font qu'il est impossible que les pétroliers manoeuvrent sans provoquer une forte pollution par les hydrocarbures. Ceci se produit surtout sur les côtes sud du bassin, à savoir en Libye et en Algérie, principaux pays producteurs de pétrole de la région méditerranéenne (cf. section sur les solides persistants ci-après).

Immersion

Ce genre de source de pollution n'a jamais été évaluée auparavant. Bien qu'un gros effort ait été fait dans le cadre du Plan d'action pour la Méditerranée en vue d'élaborer une législation pour lutter contre les immersions, aucun effort parallèle n'a été entrepris pour évaluer la part de cette source dans la charge polluante totale. Cependant, il est probable que l'immersion des déchets ne contribue que de façon limitée au déversement total des déchets industriels et municipaux en Méditerranée.

Selon les rapports officiels présentés par les gouvernements des pays de la Méditerranée requis à la suite des dispositions du Protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et les aéronefs (UNEP, 1985a), des quantités mineures de polluants entrent dans la mer par cette voie. Seul le dragage des ports pollués risque de représenter une menace réelle pour le milieu situé près de l'emplacement d'immersion. Cependant, avec la construction croissante d'installations de traitement des eaux usées, l'immersion pourrait être une méthode alternative attrayante pour se débarrasser de la boue au lieu de le faire sur terre.

Une résolution des Parties contractantes à la Convention de Barcelone adoptée lors de leur deuxième réunion (Cannes, 1981) a interdit l'immersion des déchets radio-actifs.

Situations critiques

Quant aux situations critiques, le plus grand sujet de préoccupation aurait été causé par les déversements d'hydrocarbures, soit à partir des navires ou lors du chargement et du déchargement aux terminaux pétroliers. Le Centre régional de lutte contre la pollution par les hydrocarbures consigne les nappes d'hydrocarbures pour lesquelles il est nécessaire d'avoir recours à certaines activités de contrôle (tableau 9). Cependant, nombreux cas critiques n'ont pas trait à des nappes d'hydrocarbures et ne sont pas enregistrés. Des naufrages dans diverses parties de la mer Méditerranée, et surtout dans la partie centrale, ont lieu à une fréquence étonnamment élevée. Les cargaisons coulées qui présentent souvent un risque pour l'environnement, peuvent être déchargées soudainement ou peu à peu.

Un exemple, le cargo yougoslave CAVTAT, chargé de tonneaux de plomb de tétraéthyle extrêmement toxique, qui a été coulé en mer Adriatique, au large des côtes italiennes, près du détroit d'Otranto. Le risque posé par un tel accident était si grand qu'il a fallu monter une opération de sauvetage très coûteuse qui a été menée à bien avec succès. D'autres situations critiques ont été signalées mais elles sont bien moins documentées, ainsi celle du bombardier de l'armée américaine B-52 relâchant plusieurs bombes nucléaires au-dessus des côtes sud-est de l'Espagne après un incident de ravitaillement en combustible en cours de vol qui aurait pu provoquer l'émission de matières toxiques et extrêmement radioactives dans le milieu.

Des navires en détresse ont aussi été coulés à dessein afin d'éviter de plus grands dangers. Tel a été le cas pour le Cavo Cambanos, un pétrolier grec qui après avoir pris feu au large des côtes espagnoles a dérivé vers les côtes de Corse et de Sardaigne où la marine française après un plan d'action bien préparé, l'a fait exploser, la région étant ensuite surveillée avec soin.

Plates-formes de forage et extraction minière en mer

Il est bien connu que le forage en mer et les plates-formes d'extraction pétrolière sont à la base d'une part importante des quantités de polluants. Les hydrocarbures ne sont pas les seuls à se perdre au cours d'opération normale ou en cas d'accident, mais d'autres polluants tels que les PCB, les détergents et divers déchets sont rejetés dans l'environnement. Il n'existe pas d'information sur les quantités totales de polluants provenant des plates-formes en mer mais les nappes d'hydrocarbures dues à des accidents mineurs ont fait naître une certaine préoccupation dans différentes régions de la Méditerranée occidentale et de la mer Egée.

L'expérience obtenue sur des installations du même genre en mer du Nord a montré que des quantités inacceptables de boues chargées de polluants sont souvent rejetées des plates-formes de forage. Il n'y a pas de raison de croire que celles installés en mer Méditerranée n'agissent pas de la même manière.

Heureusement, aucune extraction minière en mer profonde n'a été entreprise en mer Méditerranée. Cependant, la pose d'oléoduc et la prospection par sonar ont causé de vives préoccupations parmi les pêcheurs méditerranéens qui prétendent que des poissons ont été tués en quantité importante. Néanmoins, la pêche à la dynamite et la collecte des coraux à la drague, pratiques encore utilisées dans certaines régions de la Méditerranée, semblent être plus graves.

Incinérations

L'incinération à bord de substances organiques extrêmement toxiques est couramment pratiquée par certains pays parmi les plus développés. Des réglementations strictes ont été établies pour contrôler l'efficacité des installations d'incinération, réduisant à un minimum le flux de polluants dans l'atmosphère et la mer proches du navire pratiquant l'incinération. Heureusement, il n'existe pas de navires de ce genre dans les eaux méditerranéennes et les effets de ceux qui opèrent autre part ne contribuent que très peu à la pollution de longue portée transférée dans l'atmosphère à partir de sources éloignées.

Evaluation des niveaux de polluants

Les sections suivantes résument une évaluation des niveaux de pollution actuels en mer Méditerranée. Pour les catégories de polluants qui peuvent avoir une plus grande influence sur le milieu marin et littoral.

Pollution microbienne

La menace de pollution microbienne de l'environnement pour la santé publique provient de deux usages différents que l'on en fait; à des fins récréatives et par la consommation de produits de la mer (Pavanello, 1978). Les matières organiques et les solides en suspension qui sont en général présents en grandes quantités dans les eaux usées prolongent la survie des micro-organismes pathogènes.

Les agents biologiques présents dans le milieu marin qui ont une importance probable pour la santé publique comprennent les organismes pathogènes présents dans les eaux usées, rejetées sans avoir été traitées ou seulement en partie dans les cours d'eau et les eaux côtières. Parmi les autres sources d'organismes pathogènes, on trouve les déchets d'élevage, les eaux usées des abattoirs et les rongeurs vivant dans les égouts.

Dans le plupart des cas, la pollution microbienne est le résultat de déversements directs de déchets non traités ou partiellement traités. Il est évident qu'il est important d'assurer une bonne qualité des eaux, étant donné la popularité des stations balnéaires des côtes méditerranéennes et la demande existante pour des produits de la mer de haute qualité. A cet égard, il convient de remarquer que, dans la région méditerranéenne plus de 70% des déchets municipaux sont déversés dans la mer sans avoir subi de traitement, devenant la cause de nuisances et de risques potentiels pour la santé. Des considérations écologiques, telles que les températures relativement élevées ne font que souligner l'importance d'entreprendre une action pour remédier au mal.

Depuis longtemps, il est reconnu que la consommation de coquillages provenant d'eaux polluées est une des causes les plus importantes à l'origine de la fièvre typhoïde ou d'autres maladies entériques. Il a aussi été prouvé que le choléra et l'hépatite infectieuse peuvent être transmis de cette manière. Dans le bassin méditerranéen, à cause d'une consommation très répandue des coquillages, il se produit encore des épidémies de maladies entériques provoquées par cette cause.

Le facteur le plus important pour déterminer si les eaux sont appropriées pour la baignade et la natation est évidemment la présence d'organismes pathogènes, étant évident que de telles eaux à usage récréatif, doivent pratiquement ne pas contenir de bactéries ou autres organismes qui indiqueraient une pollution possible par les eaux usées.

De nombreuses études épidémiologiques ont été faites dans plusieurs parties du monde dont la région méditerranéenne. Les maladies les plus significatives sont celles dont on sait qu'elles sont transmises par voie fécale ou orale, en partie parce que des agents causatifs sont présents dans les eaux usées et en partie parce qu'elles sont capables de se disperser de façon naturelle de cette manière, comme l'histoire même des maladies transmises dans l'eau le démontre. Les micro-organismes qui sont souvent présents, si ce n'est toujours, peuvent causer d'autres conditions infectieuses seulement si, pour une raison ou une autre, la résistance de l'individu qui les recèle est alors abaissée. On peut trouver de tels micro-organismes dans les eaux polluées. Les maladies se fraient aussi communément un chemin par les infections de la peau, des yeux ou des muqueuses dues à des bactéries, des fungi ou des levures que l'on trouve souvent dans les eaux ou le sable pollués.

Il est en général reconnu que les risques pour la santé associés à la présence d'agents microbiens dans les eaux côtières dépendent d'un grand nombre de facteurs et de conditions variant profondément des points de vue géographique et climatologique. Ceci dépend aussi de la présence de diverses maladies et de leur degré d'endémicité de même que des habitudes des populations qui, vivent dans les zones côtières et dans l'arrière-pays. L'augmentation énorme du nombre de touristes et de personnes non-résidentes qui se rendent sur les plages et dans les régions côtières de la Méditerranée à certains moments de l'année a créé de nouveaux problèmes (OMS/DANIDA, 1976).

Certains chercheurs parlent du phénomène d'auto-purification de l'eau de mer et de son pouvoir antibiotique. Les facteurs agissant sur les microbes rejetés avec les eaux usées dans la mer comprennent la lumière (différents types de rayonnement solaire), la température, la composition chimique, la pression, etc. Il a été démontré que la radiation bactéricide pénètre à une profondeur de quelques centimètres. Il existe des bactéries et des virus qui sont extrêmement peu résistants à toute une gamme de conditions environnementales autres que les conditions dans lesquelles ils se trouvent normalement, ceci étant peut-être la raison de leur disparition relativement rapide.

Un des facteurs physiques les plus importants à considérer est celui de l'absorption. Des particules flottantes biologiques ou non, telles que le plancton, les particules organiques et les colloïdes, toujours présentes dans l'eau polluée, tendent à absorber les microbes leur donnant ainsi le moyen de survivre, en leur offrant un micro-environnement propice à leur survie et à leur développement. Dans le milieu marin, les micro-organismes fixés sur les particules suivent le sort des particules elles-mêmes et floculeront, se disperseront ou sédimenteront avec elles, pour enfin se déposer au fond de la mer.

Le sel a peu ou même pas d'effet sur la plupart des bactéries, mycètes, levures ou virus bien qu'il soit peut-être à la base d'une légère réduction de leur nombre. Il est bien connu que le milieu marin, à part les eaux fortement polluées, n'est pas capable d'absorber les matières organiques. Si les micro-organismes déversés avec les eaux usées sont dilués par l'eau de mer et se trouvent dans un milieu pauvre en matières nutritives organiques, ils auront une résistance plus faible, ce qui peut conduire à leur disparition. Les organismes pathogènes vivent pendant un certain temps après avoir été rejetés dans le milieu marin. Certains disparaissent plus vite que d'autres, mais il faut tenir compte du fait qu'ils sont rejetés avec les eaux usées de façon massive et continue, surtout dans les zones à forte endémicité, leur dispersion compensant alors leur disparition.

Le travail effectué au cours de la dernière décennie dans le cadre du Programme conjoint coordonné de surveillance continue et de recherche de la pollution en mer Méditerranée, adopté par les gouvernements de la région méditerranéenne en 1975, en tant que composante scientifique du Plan d'action pour la Méditerranée a brossé un tableau général de la qualité microbienne des eaux méditerranéennes. Cette prise de conscience a eu pour résultat une action concertée destinée à obtenir les informations nécessaires pour procéder à une évaluation de la situation.

Afin d'évaluer l'état de la pollution microbienne en Méditerranée, un projet-pilote sur le contrôle de la qualité des eaux côtières (MED POL VII) a été mené à bien au cours de la PHASE I du Programme MED POL. Par conséquent, l'OMS et le PNUE ont procédé à une évaluation complète de la qualité sanitaire des eaux à usage récréatif et conchylicoles (OMS/PNUE, 1985). Le choix des stations d'échantillonnage n'a pas été fait au hasard et le cas des zones conchylicoles a été déterminé par la situation des coquillages. De plus, les instituts coopérants ont été nombreux à participer avec une distribution spatiale extrêmement vaste. Ainsi, peut-on considérer les conclusions tirées comme représentant la situation générale en Méditerranée. Sur la base de 12500 analyses effectuées dans 864 stations dans tout le bassin méditerranéen, la qualité microbiologique des eaux à usage récréatif a été analysée selon les critères provisoires OMS/PNUE dont on présente les résultats au tableau 10. Il est évident que 76% des stations d'échantillonnage répondaient aux critères provisoires OMS/PNUE de qualité microbienne des eaux à usage récréatif.

D'un autre côté, les résultats obtenus par la surveillance continue des coquillages et eaux conchylicoles, lorsqu'ils sont comparés aux critères de qualités OMS/PNUE, ont montré que seules 3 ou 4 pour cent des stations surveillées répondaient de façon satisfaisante aux critères de consommation directe pour les coquillages. Evidemment, la pratique acceptée de laisser les coquillages dans des eaux propres avant de les vendre réduit le risque jusqu'à un certain point. Tous ces critères ont été le résultat direct de la collaboration scientifique réalisée dans le cadre du MED POL.

Une conséquence directe de ces études qui ont été menées sur place a été que plusieurs gouvernements de la Méditerranée acceptent les méthodes et critères proposés pour leur programmes de protection de la santé publique. De plus, on a obtenu des connaissances scientifiques sur les différents modèles de survie des trois indicateurs microbiens. Alors qu'il semblerait que les coliformes totaux et les coliformes fécaux soient inactifs dans l'eau de mer assez rapidement dans les conditions naturelles, les streptocoques fécaux montreraient un taux d'inactivation plus faible, dépassant en nombre les deux autres indicateurs dans le milieu marin, contrairement à ce qui est normalement observé dans les effluents non traités. Ce qui soutient l'argument selon lequel les streptocoques fécaux doivent être inclus dans les programmes de surveillance continue de routine.

La pollution bactérienne est souvent associée à l'eutrophisation dans les zones fermées des régions littorales ou dans les lagunes d'eau saumâtre. L'eutrophisation, l'infection des coquillages par les bactéries hétérotrophiques et les dommages causés aux écosystèmes rendent impossible l'exploitation de zones avec un grand potentiel d'aquaculture.

Suite à une pollution accidentelle de la mer, certaines activités récréatives se sont déplacées dans des piscines artificielles, créant ainsi d'autres problèmes sanitaires caractéristiques. De plus, il n'y a pas eu suffisamment d'études entreprises sur la transmission des infections par le sable ou les zones de douche, qui pourraient être pertinentes pour les études épidémiologiques.

Des programmes nationaux de surveillance continue ont été établis dans le cadre du Programme à long-terme de surveillance continue et de recherche en matière de pollution dans la mer Méditerranée (MED POL - PHASE II), mis en oeuvre pour améliorer et sauvegarder la qualité des eaux à usage récréatif et des zones conchylicoles en Méditerranée. Il ne semble faire aucun doute que de tels programmes changent peu à peu les pratiques d'autrefois concernant l'utilisation à tort et à travers de la zone côtière à des fins récréatives ou pour la conchyliculture ou comme milieu pour rejeter les eaux usées. Les gouvernements de la Méditerranée sont de plus en plus préoccupés par les problèmes sanitaires liés à l'environnement, des réglementations étant établies pour limiter la contamination à laquelle sont exposés les baigneurs et les consommateurs de coquillages. En même temps, le nombre de projets relatifs au traitement des eaux usées ne cesse de croître, cependant probablement pas au rythme requis.

Métaux

La pollution par les métaux provient de diverses activités telluriques telles que l'extraction minière, le bocardage, les fonderies, le placage et les procédés de fabrication qui les accompagnent. Certains métaux peuvent pénétrer dans la mer par voie aquatique alors qu'une certaine proportion atteint les mers par l'atmosphère surtout en cas de pluie. Les quantités de fer, manganèse, cuivre, zinc, plomb, étain et antimoine pénétrant dans la mer par les déversements fluviaux sont d'un ordre de grandeur plus élevé que les quantités produites par les processus géologiques naturels. Les émissions des fonderies peuvent transmettre des quantités importantes de métaux dans l'atmosphère. Ce qui est aussi vrai pour les centrales thermiques utilisant le charbon et les industries métallurgiques (cf. section sur les apports atmosphériques ci-dessus).

Néanmoins, les concentrations de métaux dans l'eau de mer des régions océaniques sont encore essentiellement considérées comme atteignant des niveaux "de second plan". Cependant, certaines sections de l'environnement marin présentent des augmentations anthropogéniques importantes de la concentration de certains éléments.

Le plomb est un bon exemple d'un élément important dont le cycle géochimique naturel a été nettement modifié par l'homme, menant à des concentrations de plomb dans les eaux superficielles de certaines régions maritimes au-dessus des niveaux permmissibles. L'utilisation du plomb-tetraéthyle en tant qu'agent anti-détonnant dans l'essence et les émissions des aciéries ont accru l'apport de plomb dans l'atmosphère d'un ordre de grandeur par rapport à l'apport naturel. D'autres métaux peuvent présenter des concentrations locales comparativement élevées dans les eaux proches du littoral où il y a peut-être des sources industrielles ou urbaines de ces métaux, mais leur budget global n'a pas été changé de façon importante.

Le Bureau des Parties contractantes du Plan d'action pour la Méditerranée, à sa toute première réunion en 1979, a souligné le besoin d'élaborer des critères de qualité pour les métaux lourds. Parmi ceux-ci, le mercure a été le contaminant le plus important à cause de sa toxicité très élevée et ayant été déjà bien étudié. Des études faites au préalable sur les poissons de la Méditerranée avaient démontré des concentrations anormalement élevées chez certains poissons. L'homme, se trouvant au niveau extrême de la chaîne alimentaire, est exposé à absorber du mercure par la consommation de produits de la mer contaminés.

La FAO, l'OMS et le PNUE (1985) ont procédé à une évaluation complète des niveaux de pollution par le mercure en mer Méditerranée. Le tableau 12 brosse une image approximative des concentrations de mercure dans l'eau de mer et les sédiments. Il faut considérer ces valeurs avec prudence à cause de problèmes d'échantillonnage et d'analyse. De plus, les données dont on dispose ne peuvent pas être traitées statistiquement. Il n'est donc pas possible de conclure que les eaux et les sédiments de la Méditerranée présentent des concentrations de mercure beaucoup plus élevées que ceux d'autres régions maritimes ouvertes (FAO/OMS/PNUE, 1985). Il existe cependant des données considérables sur les concentrations de mercure dans les organismes marins, dont la plupart ont été rassemblées par les projets-pilote MED POL II, IV et V. Le tableau 13 établit une comparaison des valeurs enregistrées pour diverses espèces de poissons, mollusques et crustacés de la Méditerranée. Néanmoins, les informations disponibles provenant de la mer Méditerranée et des mers avoisinantes ne donnent pas une explication plausible aux niveaux plus élevés de mercure que l'on enregistre dans les thonidés et plusieurs autres espèces pélagiques de la Méditerranée. Les niveaux de mercure observés dans l'eau et les sédiments ne suffisent pas pour justifier selon les modèles existant d'accumulation du mercure, les niveaux élevés que l'on peut remarquer dans certains organismes méditerranéens. Il faudra examiner plus à fond cette énigme (Fowler, 1985) en raison de la nature dangereuse du mercure et de l'importance commerciale de nombreux poissons pélagiques pour la région en général.

Bien qu'il ait été estimé que le risque pour le grand public soit négligeable (FAO/OMS/PNUE, 1985), il est difficile actuellement de faire une évaluation précise des dangers pour la santé par l'ingestion de mercure contenu dans les produits de la mer chez des groupes à fort risque tels que les pêcheurs, les enfants ou les femmes enceintes à cause des renseignements dont on dispose en quantité limitée sur les habitudes alimentaires. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne les niveaux d'ingestion de méthylmercure (FAO/OMS/PNUE, 1985). Il est par conséquent nécessaire de poursuivre les études en tenant compte des niveaux de mercure chez les consommateurs, dans les mécanismes d'accumulation ainsi que des effets synergistiques ou antagonistiques de sa toxicité par rapport à d'autres substances dangereuses. Heureusement il n'y a pas encore eu de problème sanitaire pour les communautés du littoral mais il est important d'étudier de façon urgente les groupes de population les plus exposés.

Bien que par rapport au mercure les données soient rares, les mêmes conclusions générales peuvent être appliquées à d'autres métaux tels que le cadmium, le cuivre, le zinc et le plomb. En général, des valeurs plus élevées sont relevées dans les sédiments prélevés dans des estuaires ou près de "points chauds", les valeurs diminuant en allant vers la haute mer (Bernhard, 1978). Il n'y a pas eu de bonne évaluation des apports des autres métaux dangereux. Il est attendu que l'apport de ces métaux augmente en conséquence d'activités anthropogènes telles que l'agriculture, l'exploitation minière et la transformation industrielle des minerais et métaux. Les cours d'eau semblent être la source la plus importante pour le plomb, le chrome et le zinc en Méditerranée, suivis des apports atmosphériques de plomb et de zinc (FAO/OMS/PNUE, en cours d'élaboration). Les valeurs disponibles ne sont généralement relevées que pour les sédiments méditerranéens et il n'existe pas d'information définitive pour estimer leur niveau dans l'ensemble de la Méditerranée.

Le tableau 14 présente un résumé de la concentration de plusieurs métaux en haute mer, dans les eaux côtières et dans les sédiments. Le tableau 15 indique les niveaux de neuf métaux différents relevés dans Mytilus dans diverses régions de la Méditerranée. Il est difficile d'établir des comparaisons avec la haute mer bien que les études faites sur les moules (tableaux 14 et 15) ne montrent pas des concentrations accrues (sauf pour le plomb) lorsqu'on les compare aux moules de la mer du Nord ou de l'océan Arctique. Un examen approfondi des tableaux 12 à 15 montre la grande variété et la variation géographique enregistrées dans les concentrations des métaux étudiés.

Hydrocarbures chlorés

Les hydrocarbures chlorés sont parmi les rares composés synthétiques dont on sait qu'ils pénètrent dans le milieu marin. Ils proviennent en majeure partie d'une utilisation tellurique y compris les pesticides utilisés en agriculture et en sylviculture. Ces produits chimiques synthétiques peuvent atteindre la mer par l'intermédiaire du ruissellement agricole et les cours d'eau mais une proportion comparativement importante est transférée en direction de la mer dans l'atmosphère par les vents, étant finalement éliminée par les pluies. De plus, les produits chimiques industriels tels que les biphényles polychlorés (PCB), utilisés dans diverses industries s'échappent dans l'environnement et même atteignent la mer par des déversements directs, par les cours d'eau, les ruissellements urbain et industriel, de même que par un transfert dans l'atmosphère.

Après avoir pénétré dans l'environnement marin, ces substances dangereuses peuvent s'accumuler dans les organismes marins. Elles peuvent affecter la chaîne alimentaire par leurs effets contraires sur le phytoplancton, provoquant des modifications indésirables dans l'écosystème. Un résultat possible de leur bio-accumulation et de leur longue persistance est, qu'en l'absence d'une action concertée, leurs concentrations peuvent atteindre des proportions qu'il serait difficile de contrôler. Le dommage porté à l'environnement de même que les coûts élevés entraînés pour leur élimination peuvent atteindre un niveau bien au-delà des possibilités de nombreux états.

Dans l'hémisphère nord, au moins dans les latitudes moyennes, l'utilisation d'hydrocarbures chlorés tels que les DDT ou les PCB a été interdite vers 1972 (bien que d'autres pesticides, par exemple le toxaphène, aient remplacé le DDT), ainsi a-t-on observé en général des concentrations moindres dans les estuaires et les eaux côtières de l'Atlantique nord et du Pacifique nord au cours des dix dernières années. Cependant, il n'y a pas une réduction importante de leur utilisation dans les régions tropicales et sous-tropicales, celle-ci ayant même augmenté dans l'hémisphère sud. En termes généraux, il faut s'attendre à ce que leur utilisation s'accroisse dans les pays moins développés (Barney, 1980). Une amélioration pourrait intervenir en remplaçant ces composés par des produits chimiques "sûrs" et biodégradables.

On dispose d'une littérature abondante sur la toxicité des pesticides organochlorés tels que le DDT et les PCB (Geyer et al., 1984). A part le caractère discuté de certains problèmes sanitaires (leur nature carcinogénique, leur toxicité, la persistance et la bio-accumulation), leur élimination et leur dégradation relativement lentes ont attiré l'attention des chercheurs et des administrateurs méditerranéens sur ces substances dangereuses.

Malheureusement, il n'existe pas de données sur lesquelles on puisse se fier concernant l'influence générale des hydrocarbures chlorés en Méditerranée. Les données disponibles, provenant de quelques pays industrialisés ne supposent pas que les niveaux diminueront, bien que les mesures de PCB dans les pulvérisations et l'eau de mer indiquent une légère réduction.

Le tableau 16 résume les données disponibles sur les niveaux d'hydrocarbures chlorés, obtenues par l'intermédiaire des projets-pilotes MED POL III, IV et V. Le tableau 17 indique les données sur les résidus d'hydrocarbures chlorés dans les euphausiides (crustacés) des différentes régions de la haute mer en Méditerranée, alors que le tableau 18 présente les valeurs de PCB dans des échantillons marins prélevés en mer Méditerranée par Fowler (1985). La différence apparente de niveaux pour les différentes sous-régions de la Méditerranée, par exemple la mer Tyrrhénienne et le bassin Algéro-Provençal, peut être due à l'industrialisation et/ou à la proximité de sources ponctuelles importantes telles que les cours d'eau.

Le transfert de la technologie appropriée pour les méthodes d'analyse n'a pas été aussi efficace et réussi que pour l'analyse des métaux lourds, en partie à cause de la complexité des instruments et méthodes requis. Il faut faire un effort sérieux pour contrôler et rassembler des données sur lesquelles on puisse se fier, relevées dans toutes les régions de la Méditerranée; de plus en plus de laboratoires méditerranéens ont besoin d'aide pour élever leurs possibilités d'analyse concernant la détermination de ces contaminants dans les organismes marins, l'eau de mer et les sédiments, permettant ainsi de mieux couvrir la région méditerranéenne. Parallèlement à cette démarche, les institutions nationales de financement scientifique dans toutes les Parties contractantes devront accroître leur soutien aux chercheurs, leur permettant de mieux remplir leur rôle dans les programmes de surveillance continue nationaux respectifs.

Hydrocarbures de pétrole

Hydrocarbures de pétrole

Il est malheureux qu'en ce qui concerne les problèmes liés à la pollution par les hydrocarbures, l'attention soit surtout portée sur les grands accidents avec d'importantes nappes d'hydrocarbures plutôt que sur la présence de quantités difficiles à affronter de boules de goudron déposées le long de bandes littorales utilisées à des fins récréatives. Bien que les nappes d'hydrocarbures accidentelles provoquées par de gros pétroliers soient plus dramatiques, elles ne représentent qu'une partie infime de la quantité totale d'hydrocarbures de pétrole. Les diverses routes maritimes ont été identifiées comme contribuant de façon importante. Selon l'évaluation faite par la COI, l'OMI et le PNUE (1985), on a estimé que la quantité d'hydrocarbures pénétrant dans les mers du monde chaque année s'élève à un chiffre se situant entre 1,8 et 8,6 millions de tonnes, dont 1 à 2,6 millions de tonnes proviennent de diverses sources dues au transport des hydrocarbures par voie maritime et dont seulement 0,35 à 0,43 million de tonnes peut être attribué aux accidents de pétroliers. De plus, il a été estimé que les plates-formes de production avec 0,04 à 0,07 million de tonnes, l'apport atmosphérique avec 0,05 à 0,50 million de tonnes, les déchets industriels, municipaux et le ruissellement avec 0,70 à 2,80 millions de tonnes ainsi que les fuites naturelles et l'érosion avec 0,03 à 2,60 millions de tonnes par an contribuent à la pollution générale par les hydrocarbures de pétrole.

La pollution par les hydrocarbures n'est pas un phénomène nouveau en Méditerranée. Depuis l'époque de la formation géologique, des fuites naturelles ont existé dans la partie nord-est. Cependant, la pollution par les hydrocarbures d'origine anthropogénique est un phénomène relativement nouveau. Les sources d'hydrocarbures sont nombreuses en Méditerranée: les ruissellements terrestres, les fuites naturelles et les grands déversements dus à des accidents ou délibérés. Cependant, on s'accorde à ce que la pollution par les hydrocarbures chronique est beaucoup plus importante que la pollution due aux accidents. Il est aussi convenu que les quantités de boules de goudron flottantes ou déposées le long des côtes, ainsi que les pellicules d'hydrocarbures sur l'eau sont importantes. Le V/R Atlantis II, au cours d'une croisière en Méditerranée en 1970 a signalé des quantités importantes des boules de goudron et d'hydrocarbures flottant sur l'eau, jusqu'à 500 litres/km². En fait, la Méditerranée est considérée comme étant plus polluée par les hydrocarbures que n'importe quelle autre mer pour laquelle on dispose de données (COI/OMI/PNUE, 1985).

Les estimations concernant les quantités totales d'hydrocarbures rejetés en Méditerranée s'échelonnent entre 0,1 et 1 million de tonnes par an, avec un chiffre plus probable de 0,8 million de tonnes par an, comparé à 4 millions de tonnes par an pour le monde entier (COI/OMI/PNUE, 1985). De plus, environ 350 millions de tonnes d'hydrocarbures traversent la Méditerranée ou arrivent dans un terminal situé en Méditerranée, ce qui représente 35% de la flotte pétrolière mondiale utilisant les routes méditerranéennes. Les hydrocarbures et le gaz naturel jouent un rôle-clé dans le bassin méditerranéen tant en ce qui concerne la consommation que la production. Les hydrocarbures couvrent environ 64% (chiffres de 1980) de la consommation d'énergie dans les pays de la Méditerranée. Les prévisions dont on dispose indiquent qu'entre 1985 et 1995 la production pétrolière mondiale atteindra son maximum avec 5 à 6 milliards de tonnes par an, puis ensuite reviendra au niveau des années 70 (COI/OMI/PNUE, 1985).

Avec 60 raffineries situées le long de ses côtes et certaines voies maritimes parmi les plus encombrées, la Méditerranée a cependant été épargnée de grandes nappes d'hydrocarbures. Les conditions topographiques, écologiques et hydrométéorologiques de la Méditerranée la rendent vulnérable à la pollution par les hydrocarbures. Des boules de goudron, par exemple, restent dans les limites du système suite à la circulation des eaux de surface, se déposant éventuellement le long des côtes. Les conséquences d'une telle situation tant pour le tourisme que pour l'économie ne sont que trop évidentes.

Un grand effort a été fait dans le monde entier pour évaluer les conséquences de la pollution par les hydrocarbures. L'étendue des dommages pour l'écosystème marin et le temps nécessaire pour que les zones affectées retrouvent leur aspect initial dépendent d'un certain nombre de paramètres: le moment de l'année où se produit l'accident, l'état de la mer, les conditions météorologiques, le type d'environnement et le type d'hydrocarbures déversés. Néanmoins, dans le cas de la mer Méditerranée avec ses caractéristiques particulières, les risques potentiels de pollution par les hydrocarbures ont été peu étudiés ou évalués.

Dans le cadre du projet-pilote MED POL I, il a été procédé à des observations visuelles des nappes d'hydrocarbures. Les nappes de surface étaient présentes dans plus de 10% des observations faites dans toute la région. De même, des quantités considérables de boules de goudron, déposées le long des rivages de la Méditerranée, surtout dans les pays d'Afrique du nord, ont été sans cesse signalées (COI/OMI/PNUE, 1985), preuve que la pollution de surface de cette région est très étendue par rapport aux autres régions.

La COI, l'OMI et le PNUE (1985) ont récemment préparé une évaluation du pétrole que l'on trouve en Méditerranée. En général, les concentrations d'hydrocarbures de pétrole dissous ou dispersés étaient de moins de 5 ug/l dans la région. Cependant, des zones extrêmement contaminées ont été fréquemment observées autour des zones industrielles situées sur les côtes. De même, le long des voies maritimes dans les régions situées dans l'est du bassin où les déversements d'hydrocarbures des navires étaient permis jusqu'il y a peu de temps, des valeurs plus élevées ont été enregistrées, allant jusqu'à 50 ug/l.

On dispose de moins d'informations en ce qui concerne les concentrations d'hydrocarbures du pétrole dans les sédiments. Les résultats indiquent des valeurs élevées près des terminaux pétroliers et des embouchures des cours d'eau. De même, il existe un manque de données pour les concentrations dans les organismes. Cependant, en l'absence de résultats systématiques et comparables, on a trouvé des concentrations plus élevées dans les poissons prélevés près de grands fleuves ou de sources industrielles. L'effet de ces substances, sur l'odeur et le goût des poissons provoque une réaction inverse chez le consommateur (cf. section sur l'altération ci-dessous).

Les chiffres présentés au tableau 9 concernant les nappes d'hydrocarbures en Méditerranée montrent une diminution notable et pratiquement continue du nombre total de nappes d'hydrocarbures enregistrées, surtout pour les nappes les plus importantes. Néanmoins, cette tendance positive ne doit pas donner aux états de la Méditerranée un faux sentiment de sécurité. Le risque est toujours présent.

Radionucléides

Il est permis de considérer la capacité des masses d'eau de mer à disposer, diluer et rendre inoffensives les matières nocives qui y sont introduites à la suite d'activités humaines comme une ressource ouverte à l'exploitation pratique. Cependant, il ne s'agit pas de la seule propriété des mers parmi les nombreuses qui existent ni elle ne peut être exploitée aux dépens d'autres aspects tout aussi utiles du milieu marin sans tenir compte avec précaution des avantages et des inconvénients d'autres actions possibles. Une telle démarche dépend de la capacité à identifier et à quantifier les voies de transfert qui vont du point d'introduction des substances nocives au point où un dommage peut se produire (Woodhead, 1978).

Dans le cas du rejet des déchets radioactifs dans le milieu marin, la toute première exigence a été et continue à être de restreindre l'exposition aux radiations pour le grand public, dans les limites recommandées au niveau international et en fait autant qu'il soit possible d'y parvenir en-dessous de ces limites, en tenant compte de tous les facteurs économiques et sociaux appropriés. (ICPR, 1977). L'exposition des êtres humains peut être interne, par l'ingestion de produits de la mer ou d'eau de mer contaminés, ou externe à la suite d'activités récréatives ou commerciales dans des eaux ou sur les plages contaminées. Récemment, l'attention s'est attachée sur une voie. Celle qui concerne la possibilité d'une exposition interne après avoir inhalé des particules contaminées provenant des pulvérisations de la mer ou de sédiments de plage séchés et transportés par le vent.

La radioactivité a toujours été une propriété de l'environnement marin due à la présence de radionucléides durables produits au cours de la toute première synthèse des éléments pour former la terre et aussi à la présence de radionucléides produits par l'interaction des rayons cosmiques particuliers avec les éléments constitutifs de l'atmosphère.

Les radiations ionisantes émises à la suite de la détérioration des ces radionucléides naturels sont du même genre et de la même qualité que celles dues à la radioactivité créée par les activités humaines. Le tableau 19 résume les concentrations dans l'eau de mer de la Méditerranée des radionucléides naturels les plus abondants ainsi que le type et l'énergie de la radiation émise de même que les estimations concernant la radioactivité totale correspondante présente dans les eaux superficielles jusqu'à 100 m de profondeur.

Le potassium, le carbone et l'hydrogène sont des éléments essentiels du tissu biologique, leurs radio-isotopes étant donc inévitablement incorporés dans les plantes et les animaux. Le reste des éléments n'a aucune fonction biologique connue mais est néanmoins accumulé par absorption sur la surface des biotes ou par absorption d'eau ou d'aliments ingérés. Dans certains organes de quelques animaux aquatiques, le Pb^{210} est accumulé à un tel point qu'il devient la source prédominante de la dose de radiation en dépit d'une concentration hydrique extérieure de 3 ou 4 ordres de grandeur inférieure à celle de ^{40}K .

Jusqu'à présent, plus de 500 engins nucléaires ont été testés dans toutes sortes d'environnement. Parmi ceux-là, il y a eu peut-être un quart d'explosions souterraines effectuées dans des conditions où la majeure partie de la radioactivité engendrée a été maîtrisée. Pour le reste, une proportion importante de la radioactivité a pénétré directement dans l'environnement marin (dans les essais sous-marins ou à la surface de l'eau sur de petits récifs de corail) ou indirectement à la suite des retombées. Il est donc évident que toute la gamme des radionucléides produits à la suite de la fusion et plusieurs radionucléides produits par activation pourraient en principe être détectés dans les milieux marins. Cependant, les productions de radionucléides à demi-vie courte ou de fission faible ou une combinaison des deux ont signifié que les concentrations de nombreux radionucléides dans l'eau ont été en-dessous des limites de détection.

Puisque aucun essai n'a eu lieu dans le bassin méditerranéen (les essais les plus proches étant ceux de la France au Sahara), l'apport de cette source provient entièrement des retombées troposphériques et stratosphériques, les données ayant été obtenues en majorité pour les radionucléides à demi-vie plus longue. Le tableau 20 indique quelques valeurs mesurées sur les concentrations de certaines retombées de radionucléides ainsi que des estimations très approximatives de l'état correspondant des eaux superficielles de la mer Méditerranée. A cause de la détérioration radioactive et de l'action de processus biologiques, hydrauliques et géochimiques, ces concentrations sont plus faibles que celles qui avaient été atteintes au cours de la période suivant la dernière grande série d'essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère en 1961-1962. Par exemple, en 1962 une valeur maximum de $0,74 \text{ pCi l}^{-1}$ de strontium 90 avait été enregistrée en mer Adriatique, alors que les observations faites dans les années suivantes ont montré que les valeurs diminuaient rapidement dans cette région et d'autres régions de la Méditerranée (Volchok et al, 1981). Il est possible de procéder à des comparaisons significatives des données de concentration figurant aux tableaux 19 et 20 que pour le tritium et le carbone-14.

D'après ces tableaux, il est possible de voir que les essais d'armes nucléaires ont fait augmenter les concentrations de tritium dans les eaux de surface de la Méditerranée d'un ordre de grandeur par rapport à 1974 et celles du carbone 14 de 40% par rapport à 1975. Ainsi dans la mesure où une partie de l'exposition aux radiations des humains est due au tritium et au carbone 14 dans les produits marins, cette partie de l'exposition aux radiations devrait être augmentée de facteurs semblables. Puisque les expositions annuelles pour tout le corps au tritium et au carbone-14 naturels de toutes sources, y compris les produits marins, s'élèvent respectivement à 0,001 mrad et à 1,3 mrad pour un total de l'ordre de 100 mrad, il est possible de voir que l'augmentation due aux retombées de tritium et de carbone-14 dans les produits de la mer est relativement insignifiante.

Il a été procédé à une étude sur les apports estimés pour la mer Méditerranée dus aux programmes d'énergie nucléaire (Woodland, 1978), tenant compte des réacteurs, des installations de recyclage des carburants, des instituts de recherche et de l'utilisation des radionucléides à des fins médicales, le tout constituant des apports ponctuels effectifs dans la mer Méditerranée soit à partir d'emplacements sur le littoral ou d'emplacements dans l'arrière-pays situés sur des cours d'eau (jusqu'à 700 km de l'estuaire). Pour chaque type d'installation, des valeurs-types de déversement ont été choisies individuellement pour le tritium et pour le reste des autres radionucléides en tant qu'un seul groupe.

Dans le cas de radionucléides autres que le tritium provenant de sites de l'intérieur et déversés dans les cours d'eau, des facteurs de réduction plutôt arbitraires, dépendant de la distance entre le point d'émission et l'estuaire, ont été appliqués pour corriger l'élimination de la radioactivité dans l'eau des fleuves par interaction avec les sédiments et les biotes. Alors qu'il apparaît clairement qu'une évaluation précise des apports nécessite une analyse détaillée et spécifique du site, la démarche adoptée donne des estimations à un ordre de grandeur près, fournissant une base pour une évaluation préliminaire.

Ainsi, sur la base de l'expérience acquise précédemment, les concentrations de radioactivité dans l'eau proche de l'apport primaire dans la mer Méditerranée, soit à partir d'un oléoduc situé sur le littoral soit à partir de l'estuaire d'un cours d'eau, sont vraisemblablement relativement faibles.

Le plus grand risque d'exposition continuera à venir de la proximité de chaque point de déversement où il sera nécessaire d'exercer un contrôle au plus haut niveau, en particulier puisque des pannes ou des défauts de fonctionnement du réacteur peuvent conduire à de très fortes émissions imprévisibles. Cependant, il n'existe pas suffisamment d'informations détaillées sur chaque déversement effectué en mer Méditerranée pour établir des estimations valables quant aux doses que les biotes pourraient recevoir.

Les déchets radio-actifs de faible niveau, immergés dans d'autres régions océaniques du monde, ont été interdits en mer Méditerranée après un accord entre les Parties contractantes à la Convention de Barcelone en 1981. L'immersion dans les mers de déchets radio-actifs de niveau faible et intermédiaire attend la définition de l'AIEA concernant les niveaux minima.

Donc, tous les apports étant littoraux le système de contrôle mentionné ci-dessus devrait assurer que la majeure partie de la masse d'eaux superficielles ne devienne pas trop contaminée même dans le cas de radionucléides à demi-vie relativement longue et assez conservatrice tels que le Cesium-137. Toutes les preuves dont on dispose soutiennent l'affirmation selon laquelle, lorsque les rejets de déchets radioactifs dans la mer sont contrôlés pour sauvegarder la santé humaine, il n'y a pas de grand danger pour les populations d'organismes marins (Woodhead, 1978).

Puisque de nombreux pays mettent en oeuvre des plans pour de nouveaux réacteurs d'énergie nucléaire, il faut s'attendre à ce que de plus en plus de matières radioactives pénètrent dans la mer. Le recyclage du combustible nucléaire provenant des réacteurs d'énergie nucléaire peut aussi ajouter des matières radioactives dans la mer.

Eutrophisants

De nombreux polluants ont des effets contraires sur les processus qui contrôlent l'équilibre en oxygène. Une des sortes les plus importantes de pollution, si ce n'est la plus importante, en ce qui concerne l'oxygène, est l'eutrophisation.

L'introduction de matières organiques étrangères ou l'augmentation de la production primaire par l'introduction de matières nutritives végétales ont pour résultat une plus grande consommation d'oxygène en profondeur qui n'est pas compensée par la quantité supplémentaire d'oxygène produite dans les couches de surface qui est perdue dans l'atmosphère. L'eutrophisation a toujours comme résultat final une réduction de l'oxygène dans les couches profondes et les sédiments. Ceci est souvent irréversible dans les zones fermées ou même dans des zones littorales ouvertes soumises à d'important déversements, au moins en termes d'échelle de temps humain.

La capacité d'auto-purification des eaux de mer est directement liée aux processus qui régissent l'équilibre en oxygène. Cet équilibre peut être facilement dérangé et, lorsque des eaux usées sont déversées de façon continue dans une zone côtière où la circulation est restreinte, dépassant la capacité d'auto-purification, la zone devient rapidement une nuisance, trouble, malodorante et privée de vie. Il est possible d'éviter cette nuisance en limitant la quantité de matières organiques et nutritives déversées à un niveau bien en-dessous de la capacité d'auto-purification de la masse d'eau recevant le déversement (Cruzado, 1978).

Le manque d'oxygène provient de la demande respiratoire accrue des micro-organismes saprobiques digérant l'excédent de matières organiques rejetées dans la mer sous forme d'effluents bruts ou partiellement traités. Le cycle de l'oxygène peut alors être divisé en une couche de surface productrice d'oxygène et une couche de fond consommatrice d'oxygène avec un transfert de cet élément vers le bas extrêmement limité par une diffusion restreinte due à des variations de température et de salinité importantes. Lorsque le cycle est rompu, l'oxydation des matières organiques se fait par des voies anaérobiques, produisant des composés malodorants et des gaz toxiques (sulphure d'hydrogène, méthane).

Les sédiments de la Méditerranée ont en général une faible teneur en carbone organique due à la présence de fortes concentrations en oxygène dans les eaux plus profondes et à la faible production biologique des eaux surjacentes, sauf peut-être à proximité des grands cours d'eau. Les insuffisances en oxygène locales sont toujours liées à des zones d'eutrophisation à cause du déversement d'effluents bruts ou traités.

Il se produit dans les sédiments d'eaux polluées un abaissement de leur teneur en oxygène à cause de taux de consommation en oxygène biologique et chimique élevés. Si les eaux surjacentes sont très polluées, les sédiments peuvent devenir totalement anoxiques. Même des eaux non polluées, si elles sont eutrophiques, peuvent produire des insuffisances locales dans les sédiments par la décomposition de matières organiques en putréfaction. La production de sulphure d'hydrogène toxique dans les sédiments peut créer des conditions mortelles pour la flore et la faune de la couche surjacente. Combiné aux oxydes de fer, il forme des sulphures qui noircissent la couche anaérobique.

Le PNUE (1984) a identifié les sources d'eutrophisants en mer Méditerranée et évalué leurs effets. Leur distribution dans la région est inégale mais on les trouve dans les zones recevant les eaux usées de grandes villes, ou près des grands fleuves ou des estuaires des cours d'eau. Due à une forte stratification des eaux superficielles, l'eutrophisation est plus aiguë en été, lorsque le transfert d'oxygène le long de la thermocline est fortement réduit et que les concentrations en matières nutritives naturelles sont faibles en dehors des zones eutrophiques.

Les matières organiques et les matières nutritives ont à peu près les mêmes effets sur l'équilibre en oxygène puisque le produit final est toujours un accroissement des matières organiques soit directement déversées soit par le biais de la photosynthèse. Les eaux les plus profondes et les sédiments sont les plus affectés puisque la couche de surface mélangée est toujours à saturation ou proche de ce niveau.

Il ne faut pas trop se préoccuper de la réduction de la profondeur de compensation par une turbidité accrue créée soit par les matières inorganiques en suspension soit par les matières organiques et le plancton puisqu'elle laisse certains éléments nutritifs non utilisés à des distances en quelque sorte plus éloignées de la source.

Il ne faut pas attendre des effets à grande échelle en mer Méditerranée dans son ensemble même s'il est tenu compte de l'accroissement naturel de la population humaine. Cependant, les sédiments anoxiques avec une teneur en carbone anormalement élevée sont courants maintenant dans des zones auparavant oxygénées et des changements importants se sont déjà produits par eutrophisation sur les plages et les côtes rocheuses situées le long de zones à forte densité de population et près de stations balnéaires touristiques. Ce fait peut déjà agir comme un mécanisme de réaction pour renverser les grandes tendances précédentes d'un développement urbain en bord de mer dans certaines zones critiques, dont il faut tenir compte si nous visons à conserver, dans la mesure du possible, la mer Méditerranée dans l'état dans lequel nos parents nous l'ont remise.

Les proliférations anormales de plancton, connues comme "marées rouges" ont un étroit rapport avec l'eutrophisation. Ces dernières années, des populations planctoniques envahissantes ont été enregistrées dans de nombreuses zones du bassin méditerranéen, surtout dans certaines parties du nord de la mer Adriatique. Les proliférations en décomposition ont provoqué dans ces régions une nette diminution des concentrations en oxygène dans les eaux plus profondes et, dans certains cas, l'anoxie a causé la mort de nombreux poissons. Lorsque les organismes planctoniques sont absorbés par les coquillages s'alimentant par filtration (moules, huîtres, etc.), ils peuvent produire différents genres de syndrome toxique chez les êtres humains qui consomment ces coquillages, bien qu'il ne semble pas qu'il s'agisse d'un problème grave en Méditerranée.

La prolifération anormale des méduses qui a menacé le tourisme, ressource économique de prime importance pour de nombreuses zones littorales, peut être un autre effet de l'eutrophisation, bien que jusqu'à présent on ne soit parvenu à établir une relation (PNUE, 1985 b)

Solides persistants

Les solides persistants, tels que les matières plastiques, peuvent avoir des effets écologiques indésirables sur la mer et entraver les opérations maritimes. En général, une grande partie des matières plastiques et autres déchets persistants pénétrant dans la mer à partir de sources telluriques proviennent de l'élimination des ordures et des résidus humains habituels. Les déchets solides, dont les matières plastiques ne représentent qu'une partie, sont actuellement déversés dans les océans en quantités sans cesse croissantes. Environ $6,4 \times 10^6$ tonnes d'ordures sont jetées chaque année par-dessus bord des navires dans les océans du monde. Pour l'instant, la production double tous les douze ans; il faut donc s'attendre à ce que la quantité de déchets plastiques augmente de façon substantielle si des contrôles ne sont pas appliqués (Carpenter, 1978).

Des déchets plastiques ont été observés partout flottant sur les océans du monde et surtout en polyéthylène. La mousse de polystyrène vient peut-être en seconde place pour la fréquence sur la surface des mers. A part les matières plastiques, les types les plus fréquents d'ordures sur la surface sont le bois, le métal (boîtes de conserve, objets flottants, etc.) et le verre. Il n'existe pratiquement pas d'information disponible sur les densités de ces derniers objets sur la surface des mers. Dans la colonne d'eau, le type principal de matières plastiques observées est du polystyrène sous forme de sphérules d'environ 0,5 à 1 mm de diamètre. Ensuite les déchets plastiques les plus abondants dans la colonne d'eau sont des plaques de polyéthylène que l'on observe typiquement dans les premiers 10 mètres. Les mouvements de l'eau, combinés à la grande superficie de plaques, suffisent pour les empêcher de flotter, c'est pourquoi on les observe habituellement en train de dériver dans les eaux proches de la surface. Il a été prouvé que même dans des eaux peu profondes et chaudes, les déchets domestiques se décomposent lentement. Ainsi, certaines ordures dans le fond de la mer peuvent être persistantes. Cependant, les quantités et types de déchets reposant au fond de la mer sont relativement peu connus.

La majeure partie des déchets sur les plages de la Méditerranée proviennent des estivants. Cependant, certaines plages isolées présentent de grandes quantités d'ordures provenant du trafic maritime, surtout des bouteilles et des plaques plastiques. Dans certaines zones, les filets à poissons en nylon sont un problème courant sur les plages.

L'Académie Nationale des Sciences des Etats-Unis a procédé à une évaluation des déchets provenant des bateaux de croisière américains quittant les ports des Etats-Unis et se rendant en mer Méditerranée. Pour cette estimation, la valeur moyenne des détritiques par personne à terre (1,6 kg de déchets/par personne/par jour) a été utilisée pour les personnes à bord des navires. Le nombre total de journées par personne sur les navires de passages desservant les ports des Etats-Unis et naviguant en Méditerranée s'élève à 1.500.000 par an. Ainsi, on a évalué environ 2.400.000 kg de déchets par an. Il s'agit évidemment d'une sous-estimation puisque seuls quelques navires de passagers naviguant en Méditerranée ont comme port d'attache les Etats-Unis (Carpenter, 1978).

En ce qui concerne la marine marchande, la même étude a montré qu'environ 1035 navires par jour naviguent en Méditerranée avec un total de membres d'équipage de 41.400 personnes présentes par jour (moyenne de 40 membres d'équipage par navire). La quantité estimée de déchets dus à cette source est donc de 12.100.000 kg par an, basée sur une moyenne de déchets de 0,8 kg par membre d'équipage par jour. De plus, les déchets provenant des navires-cargos, (grabas, câbles, matières plastiques, couvercles, arrimages, etc.) s'élèveraient à 285 tonnes métriques par navire par an. Ce qui donne 295.000.000 kg par an de déchets pour les navires de marchandise, si on présume qu'il y a 1035 navires dans les eaux méditerranéennes tout au long de l'année.

En Méditerranée, l'étude n'a pas traité des déchets provoqués par les navigateurs de plaisance. Il a été calculé que l'industrie de la pêche cause 5 millions de kg de déchets par an. Cependant, c'est un chiffre sous-estimé puisque seuls les bateaux de Grèce et d'Italie ont été compris dans ce calcul. Les activités militaires représentent environ 12.800.000 hommes/jour par an. En comptant 0,8 kg de déchets par personne par jour, on parvient à un total d'environ 10 millions de kg par an. Il a été présumé que les puits d'extraction pétrolière et les plates-formes rejettent en moyenne environ 300.000 kg de déchets par an.

La quantité totale de déchets due au trafic maritime et à l'extraction d'hydrocarbures a donc été estimée à environ 325.000.000 kg par an. Ce facteur annuel moyen est sous-estimé puisqu'il ne comprend pas les bâtiments de ligne, la flotte de pêche ni les navires de plaisance. De plus, il n'existe pas de données sur la quantité d'ordures produites sur terre et pénétrant en Méditerranée. L'élimination des déchets sur le littoral pour la mise en valeur des terres et sur le lit des cours d'eau asséchés est une pratique généralement utilisée par de nombreux pays de la Méditerranée.

Les oiseaux, les poissons et les mammifères marins sont tous affectés par ces déchets. Du point de vue économique, les pêcheurs subissent des pertes importantes lorsque les filets de chalut s'emmêlent dans des matériaux reposant sur les fonds. Il est cependant pratiquement impossible de quantifier cette perte. En ce qui concerne les détritiques flottants, les salissures sur les vis et les tuyaux de prise d'eau des navires entraînent des pertes économiques considérables. Sur les plages, le coût annuel de l'élimination des déchets est élevé mais de nombreux pays méditerranéens ont entrepris des programmes de nettoyage au moins pour les plages les plus fréquentées.

Les ordures ne sont pas évidemment distribuées de façon homogène dans toute la Méditerranée, parce que les quantités de déchets dus aux navires ou provenant des activités à terre sont différentes d'une région à l'autre. De plus, les courants peuvent être tels que les détritiques se concentrent sur des plages spécifiques. Dans le cas des boules de goudron, plusieurs études ont été menées sur leur distribution en mer Méditerranée, les concentrations les plus importantes de goudron pélagique se trouvant au sud de la mer Ionienne et au sud de la mer d'Alboran. Des concentrations peu importantes ont été enregistrées dans la mer des Baléares et en mer Tyrrhénienne. En ce qui concerne les déchets pélagiques, il ne faut pas s'attendre à des modèles de distribution semblables, puisque ces déchets sont formés de façon différente. Cependant, il n'existe pratiquement pas d'information disponible sur les concentrations de détritiques en Méditerranée.

Altérations des produits de la mer

Les altérations sont généralement causées par la présence dans les tissus comestibles de faibles concentrations de composés chimiques au goût très fort. Les substances, souvent solubles dans les lipides, peuvent être présentes dans l'eau sous forme soluble ou solubilisée et être absorbées dans les tissus au travers des surfaces respiratoires, digestives ou du corps. Elles peuvent être présentes dans les aliments ingérés ou dans les particules, et être aussi ingérées avec des aliments ou de l'eau buë ou encore déposées sur les surfaces respiratoires. Les altérations qui sont sans doute les plus courantes et les plus fréquemment enregistrées chez les espèces marines sont celles dérivant du pétrole. Pratiquement toutes les fractions des hydrocarbures, de l'essence au carburant lourd pour chaudière ou encore le pétrole brut sont des sources potentielles d'altération.

Les différences de condition d'exposition, d'espèce, de type d'hydrocarbure ou de fraction d'hydrocarbure, de précision des contrôleurs (manipulateurs) ainsi que de préparation de l'échantillon destiné à l'évaluation de l'altération jouent évidemment un rôle pour expliquer les résultats variables qui ont été enregistrés. D'une façon générale, le modèle de l'efficacité de l'altération semble suivre l'ordre d'importance des hydrocarbures et des produits pétroliers selon le seuil d'odeur, si l'on accepte que les fractions légères extrêmement volatiles sont très rapidement perdues par évaporation lorsqu'elles sont renversées. Ce sont les composés les plus polaires qui sont mis en cause tels que les hydrocarbures aromatiques, les benzènes et naphthalènes succédanés. Les acides naphthéniques (de naphte), les composés organo-sulfuriques et les oléfines, s'il s'agit de produits de craquage sont aussi compris (Whittle, 1978).

Les phénols et les composés apparentés appartiennent à un autre groupe de composés responsables de problèmes d'altération ayant un rapport avec les eaux usées rejetées par les raffineries, les usines pétrochimiques, les papeteries et fabriques de pulpe à papier. La disponibilité des phénols pour les organismes est grandement affectée par le pH puisque le coefficient de partition change selon le degré de dissociation. De tels effets sont sans doute plus importants dans les estuaires que dans les mers.

Il est considéré que les composés mineurs des déchets phénoliques sont responsables des altérations et plusieurs composés ont été testés pour leurs effets sur le goût pour les poissons et les coquillages.

Les déversements d'eaux usées des usines de papier kraft et de celles utilisant des sulphites peuvent altérer les populations de poissons résidents mais du point de vue expérimental ces dernières sont moins puissantes et le traitement biologique réduit la puissance des premières. La dilution nécessaire pour atteindre le seuil d'altération varie de situation en situation et certains déversements occasionneront des altérations après une dilution à 100 volumes.

Il semblerait que les substances dérivées du pétrole et phénoliques, provenant entièrement d'activités industrielles, associés aux produits des industries du papier et de la pâte à papier soient responsables de la majeure partie des altérations mentionnées ci-dessus. La zone intercotidale en Méditerranée est souvent souillée par les hydrocarbures et le goudron sur le sable. Les attirails et les filets de pêche peuvent être salis et des espèces commerciales comme la langouste, les moules, les mulets et parfois les thons sont souvent signalées comme altérées d'une façon ou d'une autre.

L'impact économique de l'altération dans la pêche n'a jamais été évalué de façon appropriée. Le problème est composé de la nature tout à fait subjective de l'altération pour le consommateur et du degré auquel elle peut être tolérée.

Bien qu'il n'ait pas été possible d'étudier l'expérience de la mer Méditerranée en détails, les travaux publiés étant rares ou non disponibles, il ne fait pas de doute qu'il s'y produit de graves accidents d'altération. Les espèces pélagiques, les mollusques bivalves et les crustacés représentent une grande proportion de la prise en Méditerranée. Tous les poissons pélagiques concernés ont une teneur en graisse musculaire élevée, leur chair est donc plus susceptible de prendre les substances d'altération solubles dans les lipides. La valeur du poisson méditerranéen, particulièrement du poisson vivant en eaux profondes est élevée par rapport aux valeurs dans le monde; et puisque la pêche demeure avant tout une activité artisanale, son importance sociale et économique est grande.

Autres polluants

Les problèmes de pollution marine près du littoral peuvent provenir d'une multitude d'autres facteurs qui ne sont pas inclus dans les catégories énumérées ci-dessus. Bien que n'ayant peut-être que peu d'influence au niveau global, ils peuvent avoir de graves conséquences pour des zones locales. Certains de ces agents sont:

- a) les sols et autres débris;
- b) les déversements des centrales thermiques;
- c) les constructions côtières

Alors que les déversements des centrales thermiques ne semblent en aucune manière mettre en danger l'écosystème, des effets secondaires peuvent être produits par le chlore ou autre substance anti-salissures mélangé aux eaux déversées. Mais, de tels déversements entrent alors dans certaines catégories décrites dans d'autres sections.

Depuis des siècles, il est courant sur le pourtour de la Méditerranée de pratiquer des changements sur le littoral pour mettre en valeur les terres ou en immergeant sur la côte et au large des boues ou autres matériaux de construction. Le paysage de la côte s'est trouvé profondément modifié par de telles actions. Des milliers de kilomètres de côtes n'ont probablement rien conservé de leurs formes et structures d'origine. Cependant, il n'est pas possible de procéder à une évaluation de ces changements à la lumière de la définition de la pollution marine du GESAMP.

IV. CONCLUSIONS

Dans le contexte du Programme de recherche et de surveillance continue en matière de pollution en Méditerranée (MED POL), la priorité a été accordée au cours de la première phase à une évaluation approximative des charges de polluants pénétrant en mer Méditerranée, directement ou indirectement à partir de sources telluriques. Des restrictions en termes de budget et de temps ainsi que les limites de l'information disponible n'ont pas permis de procéder à une évaluation plus précise. Les résultats obtenus ont été fondés sur les lignes directrices dont avaient convenues les chercheurs coopérants. Ces résultats sont aussi un exemple d'efforts concertés et coordonnés, ayant établi un précédent dans le Programme des mers régionales du PNUE. Le résultat général, cependant, a été plus une évaluation des problèmes actuels d'élimination et de gestion des déchets qu'une véritable évaluation quantitative de la contribution des sources telluriques à l'ensemble des charges de polluants.

D'un autre côté dans le cadre du programme MED POL, la surveillance continue des niveaux de polluants surtout le long des zones littorales représente un grand effort fait par tous les états et à l'intérieur de ceux-ci par un grand nombre de chercheurs et d'institutions scientifiques. De nombreuses analyses selon les méthodes convenues de matrices-type (eau, sédiments et organismes) ont été faites, les résultats ayant été communiqués aux institutions de coordination appropriées. Aujourd'hui, nous possédons plus de connaissances sur les matières nutritives, les matières en suspension, les micro-organismes, les pesticides, les métaux lourds, les radionucléides et les hydrocarbures qu'auparavant. Par conséquent, le PNUE et les institutions coopérantes (FAO, OMS, UNESCO, COI, OMM et AIEA) ont préparé l'évaluation de différentes catégories de polluants et présenté aux Parties contractantes lors de diverses réunions des moyens d'actions proposés concernant la protection.

L'état général de la pollution en mer Méditerranée n'est pas aussi mauvais que certains l'ont prétendu dans les années 70. Les eaux et les sédiments au large sont d'une qualité relativement acceptable (à l'exception des matières flottantes et des hydrocarbures) que l'on peut comparer à celle de la haute mer dans les océans, sans qu'il apparaisse aucun signe de dommage pour les équilibres physique, chimique et biologique du bassin dans son ensemble.

Cependant, certaines zones littorales sont dans de mauvaises conditions, particulièrement celles proches des émissaires des grandes villes (Barcelone, Marseille, Gênes, Venise, Split, Athènes, Izmir, Beyrouth, Alexandrie, Tripoli, Tunis et Alger). Les efforts visant à traiter les eaux usées de ces villes ont été instaurés très lentement. Le goudron s'accumule sur les rivages des pays de l'Afrique du Nord et de certains pays du Moyen-Orient en quantités qui sont peut-être les plus élevées du monde, sans qu'il y ait de signe indiquant une réduction. Les déchets flottants sur la surface de la mer sont un spectacle fréquent et désolant.

En ce qui concerne l'influence de tels niveaux de polluants sur des cibles critiques (ressources humaines et biologiques), il ne semble pas que de grave et important risque de dommage ait été signalé, bien que les maladies bénignes soient courantes parmi les baigneurs et de graves maladies épidémiques puissent se déclarer à n'importe quel moment dues en majeure partie à des récoltes non contrôlées de coquillages provenant de zones trop proches de déversements d'eaux usées domestiques pour être sans danger.

Il est à regretter que la plupart des états n'aient pas observé la philosophie qui a rendu possible l'existence de la Convention de Barcelone et des protocoles y relatifs. Jusqu'à présent, aucune des mesures proposées n'a été adoptée au niveau régional. Certains gouvernements méditerranéens ont adopté les mesures proposées au niveau national mais aucune action n'a été entreprise pour évaluer leur efficacité.

Il est donc possible de conclure que, dans les années à venir, il sera crucial d'adopter des mesures urgentes pour diminuer les sources de polluants actuelles et éviter l'établissement de nouvelles sources sans une évaluation appropriée de l'influence qu'elles peuvent avoir sur l'environnement. Les coûts sociaux de la pollution croissent et affectent l'humanité et la nature de manière inattendue (Benford, 1980).

V. PERSPECTIVES

Si nos connaissances actuelles de l'état de pollution en mer Méditerranée ont un champ limité, il est encore plus difficile de comprendre comment ce bassin se développera dans les années à venir et quelle image il présentera à la fin de ce siècle. Se fondant sur les projections au niveau global (Barney, 1980) et sur une synthèse des informations appropriées dont on dispose actuellement, il est possible de tenter de prévoir les projections pour l'avenir afin de proposer des actions préventives.

Il est accepté de nos jours que le milieu marin possède une capacité limitée de réception des contaminants. Cette capacité est déterminée par certains facteurs, y compris les caractéristiques des contaminants ainsi que les utilisations faites de l'environnement, ces facteurs variant énormément selon les différentes situations. La "santé" de la mer Méditerranée dépend de cette capacité, si elle est approchée ou si même elle est dépassée.

Alors que les eaux et les sédiments du large de la Méditerranée sont loin de montrer des signes selon lesquels ils seraient gravement affectés par les polluants (à part les résidus d'hydrocarbures et les déchets solides flottants à la surface), la capacité de réception dans certaines zones des régions littorales a été nettement dépassée. Pour faire des projections, il est nécessaire de connaître les processus biogéochimiques qui peuvent mener à une accumulation des polluants dans certaines parties du milieu marin ou à leur élimination. Jusqu'à présent, de telles informations sont pour le moins sommaires.

En fait, il est extrêmement difficile d'évaluer les tendances. Les changements généraux dans le bassin se produisent à des rythmes si lents que la variabilité locale et saisonnière rend une telle évaluation pratiquement impossible pour la plupart des substances. Le taux d'évolution des niveaux de polluants, paramètre très difficile à déterminer, est composé de deux facteurs qui se contrarient.

- a) taux de croissance du développement démographique, industriel et agricole ainsi que des activités maritimes, et
- b) taux d'application des mesures techniques et autres visant à réduire les apports de polluant.

Au fur et à mesure que la population augmente et que le produit national brut s'élève, l'influence des déchets produits et leurs conséquences s'accroîtront. Les projections globales mettent l'accent sur la destruction croissante de notre écosystème, ressource dont dépendent de nombreuses activités humaines (du tourisme à la pêche).

Il semble donc que, si de telles tendances se poursuivent au même rythme, il est possible d'arriver à la conclusion que les environnements les moins stables de l'environnement seront disloqués et détruits. Ceci particulièrement pour les régions présentant déjà des signes de changements écologiques potentiellement irréversibles, telles que celles situées près des grandes villes ou des grands cours d'eau.

Il faut noter que la prise de conscience générale des autorités a fortement contribué à renverser les tendances passées par une bonne gestion et une législation appropriée. L'exemple de certaines régions méditerranéennes de même que d'autres régions est une preuve tangible des avantages d'une action préventive prise à temps.

Il est très significatif que cette prise de conscience au sein de la communauté méditerranéenne ait souvent stimulé des pays moins développés de la région à rechercher une assistance technique et à négocier des prêts par l'intermédiaire d'institutions internationales de financement pour construire des stations d'épuration en faisant preuve de plus de volonté que certains des pays mieux développés.

La situation ne pourra s'améliorer et les niveaux de polluants en mer Méditerranée devenir plus acceptables que si tous les gouvernements méditerranéens adoptent des mesures correctives de façon concertée et, avec énergie les mettent en oeuvre.

Cependant, le peu d'empressement démontré par certains de ces gouvernements pour se mettre d'accord sur des actions concertées telles que l'établissement de programmes de lutte contre la pollution et des critères communs de qualité de l'environnement comme d'autres groupes de pays le font dans diverses régions du monde (Commission Oslo/Paris) fait empirer la situation et rend les remèdes possibles moins efficaces. Tout retard dans l'application des instruments juridiques existant dans le cadre du Plan d'action pour la Méditerranée fait que ces derniers sont de moins en moins suffisants.

VI. RECOMMANDATIONS

Les recommandations suivantes sont générales, pouvant aider les Parties contractantes à décider de leur politique future. Les Parties devraient entreprendre activement de:

1. définir des programmes visant à réduire les niveaux de polluants, comme le requiert le Protocole relatif à la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique.
2. établir des normes d'émission et des critères de qualité communs du milieu pour protéger la santé humaine et l'environnement marin.
3. établir un système destiné à surveiller l'efficacité des actions entreprises pour mettre en oeuvre les programmes de lutte contre la pollution.
4. renforcer le programme MED POL, en particulier en ce qui concerne l'évaluation des charges de polluants pénétrant dans le milieu marin, et spécialement les apports qui n'ont jamais été évalués auparavant et exigent une telle évaluation (apports atmosphériques, fluviaux et maritimes).
5. améliorer la qualité des données tant par un transfert de technologie que par des exercices d'inter-étalonnage stricts avec la participation de toutes les nations.
6. améliorer le calendrier et la qualité de l'établissement des rapports, le traitement et l'évaluation des données, les résultats de la surveillance et de la recherche, alors disponibles par l'intermédiaire de bases de données internationales.
7. accroître les contacts entre les chercheurs et les experts en matière de pollution au moyen d'échanges personnels, de visites, de séminaires, de journées d'étude, etc.

VII. REFERENCES

- Barcelone (1985). Questionnaire concerning sewage control in Mediterranean towns. Informe técnico de la Secretaría para la Protección del Mediterráneo, n. 1. Ajuntamiento de Barcelona.
- Barney G.O. (1980) The Global 2000 Report to the President: Entering the Twenty-first Century. Council on Environmental Quality and US Department of State. Washington DC. US Government Printing Office.
- Benford, G. (1980). "Timescape", G. & H. Benford, Cambridge.
- Bernard, M. (1978). Heavy metals and chlorinated hydrocarbons in the Mediterranean Sea. Ocean Manag., 3, 253.
- Bétioux, J.P. (1977). Contribution a l'étude thermique de la mer Méditerranée. Laboratoire de Physique et Chimie Marines, Rapport n. 20. Université Pierre et Marie Curie, Paris. 199 pp.
- Buat-Ménard, P. and H. Arnold (1978). The heavy metal chemistry of atmospheric particulate matter emitted by Mount Etna volcano. Geophys. Res. Lett., 5, 245-248.
- Carpenter, E.J. (1978). Persistent solid synthetic materials, in particula plastics, which may interfere with any legitimate use of the sea. In IRPTC (ed.) Data profiles for chemicals for the evaluation of their hazards to the environment of the Mediterranean Sea, Vol. II, UNEP Geneva, pp. 55-74.
- CIESM/COI/PNUE (1983). Actes des Sixièmes journées d'étude sur la pollution de la mer Méditerranée, Cannes (France) 2-4 déc. 1982. CIESM, Monaco.
- CIESM/COI/PNUE (1985) Actes des Septièmes journées d'étude sur la pollution de la mer Méditerranée. Lucerne (Suisse), CIESM, Monaco.
- CIESM/PNUE (1979) Actes des Quatrièmes journées d'étude sur la pollution de la mer Méditerranée. Antalya (Turquie) 24-27 nov. 1978, CIESM, Monaco.
- CIESM/PNUE (1980). Actes des Cinquièmes journées d'étude sur la pollution de la mer Méditerranée. Cagliari (Italie) 9-13 oct. 1980. CIESM, Monaco.
- Clerici, G. (in press). Evaluation model of the transport of heavy metals: deposition and net flux of cadmium across the Italian coasts.

- COI/OMI/PNUE (1985). Evaluation de l'état de la pollution par hydrocarbures en mer Méditerranée, UNEP/WG.118/7.
- Cruzado A. (1983). Oceanographic characteristics of the Mediterranean. In Quantitative analysis and simulation of Mediterranean coastal ecosystems: The Gulf of Naples, a case study. UNESCO reports in marine science, 20, UNESCO, Paris.
- Cruzado A. (1985). Chemistry of Mediterranean Waters. In R. Margalef (ed). The Western Mediterranean. Pergamon Press, Oxford.
- Cruzado, A. (1978). Adverse effects of marine pollution on the oxygen balance of the sea. In IRPTC (ed.) Data profiles for chemicals for the evaluation of their hazards to the environment of the Mediterranean Sea, Vol. II, UNEP Geneva, pp. 1-23.
- Emery, K.O., B.C. Heezen and T.D.Allan (1963). Bathymetry of the eastern Mediterranean Sea. Deep-Sea Research, 13, 173-192.
- FAO/OMS/PNUE (1985). Evaluation de la pollution mercurielle en mer Méditerranée et mesures de lutte proposées. UNEP/WG. 91/5.
- FAO/OMS/PNUE (en cours d'élaboration a) Evaluation de l'état actuel de la pollution par les métaux autres que le mercure en mer Méditerranée et mesures de lutte proposées.
- FAO/OMS/PNUE (en cours d'élaboration b) Evaluation préliminaire de l'état actuel de la pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures chlorés.
- Fowler, S.W. (1985). Assessing Pollution in the Mediterranean Sea. In H.W. Nurnberg (ed). Pollution and their Ecotoxicological Significance. John Wiley and Sons Ltd.
- Furnestin, J. (1960). Hydrologie de la Méditerranée occidentale (Golfe du Lion, Mer Catalane, Mer d'Alboran, Corse Orientale), 14 juin - 20 juillet 1957. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit. 24(1), 5-120.
- Geyer, H., D. Freitag and F. Korte (1984). Polychlorinated Biphenelis (PCBs) in the Marine Environment, Particularly in the Mediterranean Ecotoxicology and Environmental Safety, 8, 129-151.
- Henry, M.C. (1977). The Mediterranean Sea, a threatened microcosm. Ambio, 6(6): 300-307.
- Hopkins, T.S. (1978). Physical processes in the Mediterranean basins, In B. Kjerive (ed.) Estuarine Transport Processes, Univ. South Carolina Press, Columbia (S.Ca.), 269-309.

- ICRP (1977). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 26, Annals of the ICRP, 1 (3) International Commission on Radiological Protection.
- Lacombe, H. and P. Tchernia (1960). Quelques traits généraux de l'hydrologie Méditerranéenne. Cahiers Océanographiques, 12, 527-547.
- Lacombe, H. and P. Tchernia (1972).
- Lacombe, H. and P. Tchernia (1974). Hydrography of the Mediterranean. Consultation on the protection of living resources and fisheries from pollution in the Mediterranean, FAO, Rome 19-23 Febr. 12 pp
- Martin, D., M. Imbard, B. Strauss and D. Cheymol (1984). Classement automatique des trajectoires du panache de l'Etna. Etude Climatologique. Third European Symposium on the Physicochemical behaviour of Atmospheric Pollutants. Varese (Italy), 10-12 April 1984.
- McGill, D.A. (1969). A budget for dissolved nutrient salts in the Mediterranean Sea. Cahiers Océanographiques, 21 (6), 543-554.
- Merz, A. and L. Moeller (1928). Hydrographische untersuchungen in Bosphorous and Dardanellen. Institut für Meereskunde am der Universität Berlin. Berlin. (quoted in McGill 1969).
- Morel, A. (1971). Caractères hydrologiques des eaux échangées entre le bassin oriental et le bassin occidental de la Méditerranée. Cahiers Océanographiques, 23 (4), 329-342.
- Murdoch and Onuf (1972)
- Nielsen, J.N. (1912). Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters. Report of the Danish Oceanographic Expedition 1908-1910. Copenhagen.
- OMS/PNUE (1985). Evaluation de l'état actuel de la pollution microbienne en mer Méditerranée et mesures de lutte proposées. UNEP/WG.118/6.
- Oren, D., (1977). The Atlantic water in the Levant Basin and on the shores of Israel. Cahiers Océanographiques, 23, 291-297.
- Osterberg, Ch. and S. Keckes (1977). The State of Pollution of the Mediterranean Sea. Ambio 6 (6). 321-326.
- Ovchinnikov, I.M. (1966). Circulation in the surface and intermediate layers of the Mediterranean. Oceanology, 6, 48-59.

- Pacyna, J.M., A. Semb and J.E. Hanssen (1984). Emission and long-range transport of trace elements in Europe. Tellus, 36B, 163-178.
- Palumbo, and G. Iannibelli (1985). Atmospheric contribution to marine pollution in the bay of Naples. VII Workshop on Pollution of the Mediterranean Sea, Lucerne (Switzerland), 11-14 October 1984.
- Pavanello, R. (1978). Microbiological pollution of coastal areas and associated public health hazards. In IRPTC (ed.) Data profiles for chemicals for the evaluation of their hazards to the environment of the Mediterranean Sea, Vol. II, UNEP, Geneva, pp. 39-54.
- PNUE (1978a) Rapport préliminaire sur l'état de la pollution de la mer Méditerranée. UNEP/IG.11/Inf.4.
- PNUE (1978b). Data Profiles for Chemicals for the Evaluation of their Hazards the Environment of the Mediterranean Sea. Vol. I and II. International Register of Potentially Toxic Chemicals (IRPTC). UNEP, Geneva.
- PNUE (1981). Selected Bibliography on the Pollution of the Mediterranean Sea. UNEP, Geneva.
- PNUE (1982). GESAMP: The health of the oceans. UNEP Regional Seas Report and studies, 16. UNEP, Geneva.
- PNUE (1983). Coordinated Mediterranean Pollution Monitoring and Research Programme (MED POL - PHASE II: Programme Description. UNEP Regional Seas Reports and Studies, n. 23. UNEP, Geneva.
- PNUE (1984). PNUE/CEE/ONUDI/FAO/UNESCO/OMS/AIEA: Les polluants d'origine tellurique en Méditerranée. PNUE: Rapports et études des mers régionales, no 32. PNUE, Genève.
- PNUE (1985a). Rapport sur la mise en oeuvre du Protocole sur la prévention de la pollution de la mer Méditerranée contre les immersions des navires et aéronefs et recommandations pour une action future. UNEP/WG.118/8.
- PNUE (1985b). Compte-rendu de journées d'études sur les proliférations anormales de méduses en mer Méditerranée, Athènes, 31 oct. - 4 nov. 1983.
- Schink, D.R. (1967). Budget for dissolved silica in the Mediterranean Sea. Geochim. et Cosmochim. Acta, 31, 987-999.
- Sera, M. (1985). Ecological factors and their biogeographic consequences in the Mediterranean Ecosystem. In M. Moraitou-Apostolopoulou and V. Kiortsis (eds.) Mediterranean Marine Ecosystems. Plenum Press, N.Y.

- Unluata, U.A., M.A. Latif, F. Bengu and H. Akay (1979). Towards and understanding of shelf dynamics along the southern coast of Turkey. Proceedings ICSEM/UNEP Workshop on Pollution of the Mediterranean, Antalya, 24-27 Nov., 535-542.
- Volchok, H.L., V.T. Bowen, T.R. Folsom, W.S. Broecker, E.A. Schuert and G.S. Bien (1971). Oceanic distribution of radionuclides from nuclear explosions. Radioactivity in the Marine Environment, National Academy of Sciences, Washington DC., p 42-89.
- Whittle, K.J. (1977). Tainting in marine fish and shellfish with reference to the Mediterranean Sea. In IRPTC (ed). Data profiles for chemicals for the evaluation of their hazards to the environment of the Mediterranean Sea., Vol. II, UNEP, Geneva, pp. 89-108.
- WHO/DANIDA (1976). Coastal Pollution Control Training Course, Vol. I and II, World Health Organisation, Copenhagen.
- WMO/UNEP (1985). Report of the Expert Consultation on the Atmospheric Transport of Pollutants into the Mediterranean Region, Athens, 21-25 Jan. 1985. GESAMP.
- Woodhead, D.S. (1977). Radioactivity and the Mediterranean Sea. In IRPTC (ed). Data profiles for chemicals for the evaluation of their hazards to the environment of the Mediterranean Sea, Vol. II, UNEP Geneva, pp. 75-87.

Tableau 1
Budget hydrique de la mer Méditerranée*
(en $m^3 s^{-1} \times 10^{-3}$)

Processus	McGill 1969	Tixeront 1970	Morel (+) 1971	Lacombe et Tchernia 1974	Béthoux 1977
Evaporation	-92 (2)	-95 (1)	-70 (1)	-	-122
Précipitations	33 (2)	28 (3)	13 (3)	-	25
Ruissellement (++)	14 (2)	16 (4)	9 (4)	-	16 (4)
Entrée nette par:					
les Dardanelles	6 (5)	6 (5)	6 (5)	6 (5)	6 (5)
le canal de Sicile	-	-	42 (6)	-	52
Gibraltar	40 (7)	45 (6)		54.4 (8)	75
Entrée totale par:					
les Dardenelles	-	-	-	12.5	-
le canal de Sicile	-	-	1000	-	-
Gibraltar	-	-	-	1187.5	-

* UNEP/WG.11/Inf.4

(+) Seulement pour le bassin oriental

(++) L'estimation du MED POL X pour le ruissellement total est de 13.250 pour toute la mer Méditerranée et de 8.663 pour le bassin oriental

(1) Estimées d'après des études faites en Tunisie (Berkaloff, 1952)

(2) Fondées sur Carter (1956)

(3) Estimations d'après les cartes pluviométriques et les compte-rendus des marins

(4) Mesures directes effectuées sur certains cours d'eau et zones de tous les autres bassins fluviaux ainsi que d'après les cartes pluviométriques

(5) Fondées sur Mertz et Moeller (1928)

(6) Estimées par compensation

(7) Fondée sur Schink (1967)

(8) Estimée par la différence de salinité entre les eaux qui pénètrent et les eaux sortantes et sur le débit moyen

TABLEAU 2. CHARGES POLLUANTES ESTIMATIVES ANNUELLES DE LA MEDITERRANEE PROVENANT DE SOURCES D'ORIGINE TELLURIQUE 1/
(Des explications détaillées figurent dans le rapport aux paragraphes 81 à 91)

Polluant	Charges polluantes provenant de la zone côtière				Charges transportées par les cours d'eau dans la Méditerranée				Charges totales dans la Méditerranée	
	Domestiques t/a	Industrielles t/a	Agricoles t/a	Total partiel t/a	Pollution t/a	Apports naturels t/a	t/a	Total partiel (ordre de grandeur)	Pollution	Total (apports naturels compris) (ordre de grandeur)
1. Volume										
Bijet total x 10 ⁹	2	6	-*	(8)	(-)	420	420	(400-500)	(-)	430 (400-500)
2. Matières organiques										
DBO x 10 ³	500	900	100	1 500	1 000	(800)	1 800	(1200-2300)	2 500	3 300 (2700-3800)
DCO x 10 ³	1 100	2 400	1 600	5 100	2 700	800	3 500	(2300-4700)	7 800	8 600 (7400-9800)
3. Substances nutritives										
Phosphore x 10 ³	22	5	30	57	260	40	300	(200-400)	320	360 (260-460)
Azote x 10 ³	110	25	65	200	600	200	800	(600-1000)	800	1 000 (800-1200)
4. Substances organiques spécifiques										
Détergents x 10 ³	18	-	-	18	42	0	42	(9-75)	60	60 (30-90)
Phénols x 10 ³	-	11	-	11	1	0	1	(0,3-1,8)	12	12 (6-18)
Huiles minérales x 10 ³	-	120	-	120	(-)	0	(-)	(-)	(120)	(-)
5. Métaux										
Mercure	0,8	(7)	-	(8)	90	30	120	(40-200)	100	130 (50-200)
Plomb	200	1 400	-	1 600	2 200	1 000	3 200	(2700-3800)	3 800	4 800 (4300-5400)
Chrome	250	950	-	1 200	1 200	400	1 600	(500-2700)	2 400	2 800 (1700-3900)
Zinc	1 900	5 000	-	5 900	14 000	4 000	18 000	(14000-22000)	21 000	25 000 (21000-29000)
6. Matières en suspension										
MSS x 10 ⁶	0,6	2,8	50	53	-	300	300	(100-500)	-	350 (100-600)
7. Pesticides Organochlorés										
Tritium Ci/a	-	-	-*	-	90	0	90	(50-200)	90	90 (50-200)
Autres radionucléides Ci/a	-	400	-	400	2 100	(-)	2 100	(1600-3100)	2 500	(-)
Autres radionucléides Ci/a	-	25	(-)	25	15	(-)	15	(10-25)	40	(-)

Légende : - les contributions de cette source sont négligeables.
(-) données insuffisantes pour une estimation.
-* compris dans l'évaluation de l'apport des cours d'eau.

1/ Extrait de: PNUE: Rapports et études des mers régionales No. 32

Tableau 3

Situation actuelle et perspectives concernant le traitement des eaux usées dans les villes méditerranéennes participant à l'étude menée par la Conférence intermunicipale de Barcelone^{1/}

Etat	Villes étudiées	Villes avec installations de traitement			Villes sans installation de traitement	Villes possédant au moins un émissaire
		en fonctionnement	en cours de construction	prévues		
Chypre	1	1	1	0	0	0
Espagne	26	13	3	18	10	10
France	15	10	4	7	5	7
Grèce	5	0	0	3	5	2
Italie	17	11	10	7	2	5
Tunisie	4	2	0	1	2	0
Turquie	4	1	1	1	2	0
Yougoslavie	1	0	1	0	0	1
Total	74	51 %	27 %	37 (50%)	26 (35%)	34 %

^{1/}Extrait de: Informe técnico de la Secretaría para la Protección del Mediterráneo, n°1.

Tableau 4

Type et capacité des installations de traitement des eaux usées dans les villes méditerranéennes participant à l'étude menée par la Conférence intermunicipale de Barcelone^{1/}

Etat	Villes avec installations en fonctionnement ou en cours de construction	Capacité des usines de traitement en pourcentage de la population résidente			
		Pré-traitement	Primaire	Secondaire	Tertiaire
Chypre	1	-	-	32	-
Espagne	10	-	12-100	33-125	89-107
France	10	-	100-155	72-2500	100-754
Grèce	0	-	-	-	-
Italie	13	-	100-413	38-1400	77-2950
Tunisie	2	-	-	29-42	-
Turquie	0	-	-	-	-
Yougoslavie	1	77	-	-	-

^{1/} Extrait de: Informe técnico de la Secretaría para la Protección del Mediterráneo n° 1.

Tableau 5
Concentrations atmosphériques de plomb et de cadmium au-dessus du bassin de la Méditerranée ^{1/}
(ng m⁻³)

	Plomb	Cadmium	nombre	Références
	fourchette moyenne	fourchette moyenne	d'échantillons	
- Bassin central et oriental (1979)	2-25	--	5	Chester et al., (1981)
- Mer Tyrrhénienne (1979)	3-16	0.07-1.6	9	Chester et al., (1984)
- Mer centrale et Tyrrhénienne (1980) -	10-98	0.2-6.0	19	Seghaier (1984)
(1982) -	3-39	0.2-2.4	16	Buat-Ménard et al., données non pub.
- Bassin oriental				
Croisière Phymeced 1 (1981)	3-58	0.1-5.5	13	Seghaier (1984)
Croisière Phymeced 2 (1983)	4-54	0.4-3.2	15	Buat-Ménard et al., données non pub.
- Mer d'Alboran (1981)	5-78	0.3-7	7	Seghaier (1984)
- Régions littorales				
Marseille (1977-1979)	305	5.9	200	Viala et al., (1979)
Monaco (1978)	171	4.5	30	Seghaier (1984)

^{1/} Extrait du "Report of the Expert Consultation on the Atmospheric Transport of Pollutants into the Mediterranean Region (GESAMP)", Athènes, 21-25 janvier 1985.

Tableau 6

Concentrations atmosphériques et d'eau de pluie pour le plomb et le cadmium et données de flux pour le plomb et le cadmium dans différentes régions ^{1/}

	Plomb	Cadmium	Référence
<u>AIR</u>		ng m ⁻³	
Zone de Samoa Pacifique sud (zone trop.)	0.02	0.005	Duce, données non publiées
Enewetak Pacifique Nord (zone trop.)	0.12	0.003	Duce <u>et al.</u> , (1983)
Hawaï	2	0.02	Settle and Patterson (1982) and Hoffman <u>et al.</u> , (1982)
Atlantique nord	10	0.13	Buat-Ménard (1983)
Zone des Bermudes	3	0.2	Duce <u>et al.</u> , (1976)
Mer Baltique	10-60	0.1-0.5	Rodhe <u>et al.</u> , (1983)
Mer du Nord	20-200	0.5-2.5	Van Aalst <u>et al.</u> , (1983) Chester <u>et al.</u> , (1981, 1984)
Mer Méditerranée	10-60	0.4-2.1	Arnold <u>et al.</u> , (1982) Seghaier (1984) Buat-Ménard <u>et al.</u> , non pub.
<u>PRECIPITATION</u>		ug.l ⁻¹	
Samoa	0.007	0.002	Duce <u>et al.</u> , données non pub Settle <u>et al.</u> , (1982)
Enewetak	0.023	0.0041	Arimoto <u>et al.</u> , (1985) Settle <u>et al.</u> , (1982)
Bermudes	0.77	0.006	Juckells <u>et al.</u> , (1984)
Mer Baltique	10-30	0.3	Rodhe <u>et al.</u> , (1980)
Mer du Nord	10-35	0.3-1.2	Van Aalst <u>et al.</u> , (1983)
Mer Méditerranée	6-12	--	Buat-Ménard <u>et al.</u> , non pub.
<u>DEPOT TOTAL</u>		ng.cm ⁻² a ⁻¹	
Enewetak	7	0.35	Arimoto <u>et al.</u> , (1983) and Buat-Ménard (1983)
Atlantique Nord	310	5	
Mer Baltique	400-1750	13-20	Rodhe <u>et al.</u> , (1980)
Mer du Nord	700-2600	20-85	Van Aalst <u>et al.</u> , (1983)
Mer Méditerranée	300-1800	10-50	Calculées d'après Chester <u>et al.</u> , (1981, 1984), Arnold <u>et al.</u> , (1982), Buat-Ménard <u>et al.</u> , données non publiées

^{1/} Extrait du: "Report of the Expert Consultation on the Atmospheric Transfer of Pollutants into the Mediterranean Region (GESAMP)", Athènes, 21-25 janvier 1985

Tableau 7
Concentrations dans l'air (ng m⁻³) des composés organiques
dans différentes régions ^{1/}

Région	PCB	n-Alcanes (Vapeur)	n-Alcanes (Particules)
Méditerranée	0.04-0.3 (Villeneuve, en cours d'imp.)	65-147 (Ho et al., 1982)*	10.8-43.7 (Ho et al., 1982)*
Mer du Nord	0.96 (Diederer et al., 1981)	-	-
Pacifique central	0.19-0.32 (Tanabe et al., 1982)	-	-
Routes Pacifique Nord	0.049 (Giam & Atlas, 1982)	2.6** (Duce & Gagosian, 1982)	0.044*** (Duce & Gagosian, 1982)
Routes Pacifique Sud	0.012 (Giam & Atland, 1982)	1.4 - 3.9 ⁺ (Giam & Atlas, 1982)	-
Irlande occidentale	-	253 ⁺⁺ (Eichmann et al., 1979)	3.3 ⁺ (Eichmann et al., 1979)
Atlantique (Equateur)	-	30-281* (Marty & Saliot, 1982)	1.5 - 14* (Marty, 1981)
Atlantique Nord (Trop.)	0.21-0.65 (Bidleman & Olney, 1974)	66** (Duce & Gagosian, 1982)	4-50* (Marty, 1981)
Atlantique Nord			3.3 ⁺ (Duce & Gagosian, 1982)

* C₁₄ - ?

** C₁₃ - C₃₀

*** C₂₁ - C₃₀

+ C₁₅ - C₂₈

++ C₁₀ - C₂₆

^{1/} Extrait du: " Report of the Expert Consultation on the Atmospheric Transfer of Pollutants into the Mediterranean Region (GESAMP)", Athènes, 21-25 janvier 1985

Tableau 8
Comparaison des apports atmosphériques et fluviaux de métaux lourds
et de radionucléides en mer Méditerranée 1/

	Apport atmosphérique a ⁻¹	Apport fluvial a ⁻¹
Pb	5000-30000 tonnes*	2200- 3100 tonnes***
Zn	4000-25000 tonnes*	11000-17000 tonnes***
Cr	200- 1000 tonnes*	350- 1900 tonnes***
Hg	20- 100 tonnes*	30- 150 tonnes***
¹³⁷ Cs	980 Ci**	32 Ci**
²³⁸ Pu	0.45 Ci**	0.12 Ci**
²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	20 Ci**	0.46 Ci**
²⁴¹ Am	1.5 Ci**	0.19 Ci**

1/ Extrait du: " Report of the Expert Consultation on the Atmospheric Transfer of Pollutants into the Mediterranean Region (GESAMP), Athènes, 21-25 janvier 1985

* Fondée sur des données d'Arnold et al., (1982); Buat-Ménard et al., (données non publiées); Chester et al., (1981, 1984)

** Fukai et al., (1981)

*** PNUE : Rapports et études des mers régionales No. 32 (1984)

Tableau 9. Déversements signalés au Centre régional de lutte contre la pollution par les hydrocarbures de Malte 1/

Année	Total des déversements signalés	Causes des déversements		Non identifiés	Pas de déversements non communiqué	Importance des déversements			Dispersants utilisés	Remarques
		Collision	Naufrage ou échouage			Inconnue ou exploitation	Divers	moins de 1.000 tonnes		
1977 (juil/déc.)	6	1	-	2	2	1	1	2	4	(a) Deux déversement accidentels au cours du pompage d'une citerne trop pleine
1978	11	1	5	9	2	-	-	-	2	(b) Fausse manoeuvre à un terminal
1979	10	5	2	3	4	2	1	2	5	
1980	12	3	2	4	7	3	-	-	4	
1981	22	1	3	8	16	5	-	-	-	(c) Deux ruptures d'oléoducs; deux fuites en cours de déchargement
1982	11	-	4	3	10	1	-	-	2	
1983	13	3	3	7	14	3	-	-	1	(d) Une rupture d'oléoduc; une défaillance technique
TOTAL	89	14	19	30	62	17	2	4	4	

1/ Extrait de: UNEP/WG.118/Inf.10

Tableau 10

Evaluation sommaire de la qualité microbiologique des eaux à usage récréatif en Méditerranée, selon les critères provisoires OMS/PNUE (Stations d'échantillonnage MED POL VII avec au moins 6 échantillons par an)^{1/}

Année	Nombre de stations			
	Surveillées	En accord avec		Satisfaisantes pour FC50 & FC90
		FC50	FC90	
1976	26	16 (62%)	15 (58%)	14 (54%)
1977	55	50 (91%)	46 (84%)	46 (84%)
1978	193	181 (94%)	164 (85%)	161 (83%)
1979	288	251 (87%)	201 (70%)	200 (69%)
1980	118	110 (93%)	100 (85%)	97 (82%)
1981	25	19 (76%)	20 (80%)	19 (76%)
Total	705	627 (89%)	546 (77%)	536 (76%)

^{1/} Extrait de: UNEP/WG.118/6

Tableau 11

Evaluation sommaire de la qualité microbiologique des coquillages et des eaux conchylicoles en Méditerranée, selon les critères provisoires OMS/PNUE (Stations d'échantillonnage MED POL VII avec au moins 6 analyses par an)^{1/}

Année	Stations surveillées	Stations avec		Stations satisfaisantes
		eaux satisfaisantes	coquillages satisfaisants	
1976	18	12 (67%)	0 (0%)	0 (0%)
1977	13	8 (62%)	0 (0%)	0 (0%)
1978	24	17 (71%)	3 (13%)	2 (8%)
1979	33	17 (52%)	6 (18%)	3 (9%)
1980	21	14 (67%)	0 (0%)	0 (0%)
1981	7	6 (86%)	0 (0%)	0 (0%)
Total	116	74 (64%)	9 (8%)	5 (4%)

^{1/} Extrait de: UNEP/WG.118/6

Tableau 12
 a) Concentrations de mercure en pleine mer Méditerranée^{1/}

<u>Région</u>	<u>Forme physico-chimique</u>	<u>Concentration ug/l</u>	<u>Référence</u>
I	Total	0.11 (0.062-0.17)	Robertson <u>et al.</u> , 1972
II	Particules	0.0013	Buat-Ménard <u>et al.</u> , 1980
	en dissolution	0.020 (0.008-0.032)	
III	en dissolution	0.014 (0.005-0.30)	Huynh-Ngoc & Fukai, 1978
IV	en dissolution	0.026 (0.010-0.040)	" "
VI-VII	en dissolution	0.030 (0.005-0.080)	" "
VIII	en dissolution	0.040 (0.015-0.080)	" "
X	en dissolution	0.016 (0.012-0.020)	" "
	Total	0.12 (0.09-0.14)	Robertson <u>et al.</u> , 1972

^{1/} Extrait de: UNEP/WG.118/5

Tableau 12

b) Concentrations de mercure dans les eaux côtières de la Méditerranée^{1/}

<u>Région</u>	<u>Secteur</u>	<u>Forme physico-chimique</u>	<u>Concentration ug/l</u>	<u>Référence</u>
II	Delta du Rhône	En dissolution	0.010-0.19	Martin <u>et al.</u> , 1978
	Côte ligure	Total	0.012-0.26	Breder <u>et al.</u> , 1980
	Côtes de Toscane et Rosignano (à proximité d'une usine de fabrication de chlore et de soude)		0.02 0.18	Renzoni <u>et al.</u> , 1973
	Cecina	En dissolution	0.012-0.031	Breder <u>et al.</u> , 1980
		Total	0.032-0.061	
V	Adriatique N.O.	Particules	1-7	Granzini <u>et al.</u> , 1975
	Côte d'Istrie	Total	0.04	Strohal & Dzajo, 1975
	Adriatique	Total	0.07	Kosta <u>et al.</u> , 1978
	Golfe de Trieste	En dissolution	0.073-0.17	Majori <u>et al.</u> , 1978
VIII	Golfe de Saronique (à proximité d'un déversement d'eaux usées)	Total	0.15-0.60	Zafiroopoulos, 1982
X	Israël	En dissolution (instable)	0.06 (0.01-0.18)	Roth & Hornung, 1975
	Côtes Méditerranéennes		0.02-0.55	Aubert, 1980

^{1/} Extrait de: UNEP/WG.118/5

Tableau 12

c) Concentrations de mercure dans les sédiments de la Méditerranée^{1/}

<u>Région</u>	<u>Méthode d'extraction</u>	<u>Concentration ug/g poids sec</u>	<u>Référence</u>
I Mer d'Alboran	Total	0.26 (moyenne)	Robertson <u>et al.</u> , 1972
II Côte ligure	HNO ₃ , HCl	0.16-5.4	Breder <u>et al.</u> , 1980
Delta de l'Ebre	conc. HNO ₃	0.065-1.1	Obiols & Peiro, 1980
Région de Marseille	HNO ₃	0.07-21	Arnoux <u>et al.</u> , 1980a 1980b, 1980c
Baie de Cannes	HNO ₃ , HPO ₄ fraction 63 u	0.1-0.4	Ringot, 1982
Golfe de Nice	HNO ₃ , HClO ₄	0.01-0.16	Flatau <u>et al.</u> , 1982
Côtes catalanes	conc. HNO ₃	0.2-1.0	Peiro <u>et al.</u> , 1980
III Lagune de Santa Gilla, Cagliari	HSO ₄ , HNO ₃	0.7-37	Sarritzu <u>et al.</u> , 1982
IV Mer Tyrrhénienne	-	0.05-0.24	Selli <u>et al.</u> , 1973
Côte de Toscane (à proximité de l'usine de Solvay) 4 km S et N 10 km S et N	-	1.1-1.3 0.1-0.8 0.04-0.1	Renzoni <u>et al.</u> , 1973
V Golfe de Trieste (à proximité d'une mine de cinabre). Golfe de Venise	- H ₂ SO ₄	1.4-14.8 19.4 0.15-3.0	Majori <u>et al.</u> , 1978 Donazzolo <u>et al.</u> , 1978 Angela <u>et al.</u> , 1980
Baie de Kastela Dalmatie (usine de production de chlore et de soude)	Total	8.5	Stegnar <u>et al.</u> , 1980
Mer Adriatique	Total	0.07-0.97	Robertson <u>et al.</u> , 1972
VIII Golfe d'Evoikos	0.5 HCl	0.3-0.8	Angelidis <u>et al.</u> , 1980
Mer Egée	fraction 55 u		
Golfe de Saronique	Total	0.5-1	Grimanis <u>et al.</u> , 1976
Athènes			Papakostidis <u>et al.</u> , 1975
Déversement d'Athènes	Total	0.5-3	
IX Côtes de Turquie	HNO ₃	0.019-0.48	Tuncel <u>et al.</u> , 1980
X Région d' Alexandrie (voisi- nage d'une usine de production de chlore et de soude)	conc. HNO ₃	0.8 9 - 15	Elsokkary, 1978 El Sayed & Halim, 1978
Baie d'Haïfa	HNO ₃ fraction 250 u	0.008-0.73	Krumgalz & Hornung, 1982
Hanigra à Hafifa		0.01-0.57	Roth & Hornung, 1977

1/ Extrait de: UNEP/WG.118/5

Tableau 13
Concentrations de mercure dans les poissons de la mer
Méditerranée (ug/kg poids de matière humide)^{1/}

<u>Espèces</u>	<u>Nombre</u> <u>d'échantil-</u> <u>lons</u>	<u>Minimum</u>	<u>Maximum</u>	<u>Moyenne</u>	<u>Ecart</u> <u>type</u>
<u>Boops boops</u>	15	20	432	125	104
<u>Dentex gibbosus</u>	12	99	178	135	19
<u>Engraulis encrasicolus</u>	254	20	580	167	85
<u>Merluccius merluccius</u>	16	31	258	131	77
<u>Mugil auratus</u>	39	1	5600	171	880
<u>Mullus barbatus</u>	1265	2	7900	694	960
<u>Mullus surmuletus</u>	234	0	510	91	57
<u>Pagellus acarne</u>	12	30	337	159	92
<u>Pagellus erythrinus</u>	112	53	805	203	115
<u>Sarda sarda</u>	11	290	2300	1150	644
<u>Sardinella aurita</u>	47	120	390	248	70
<u>Saurida undosquamis</u>	143	42	649	137	93
<u>Scomber scombrus</u>	16	125	510	335	122
<u>Solea vulgaris</u>	10	10	220	71	65
<u>Thunnus alalunga</u>	38	60	399	262	76
<u>Thunnus thynnus thynnus</u>	325	20	6300	1050	760
<u>Trachurus mediterraneus</u>	54	8	955	116	160
<u>Upeneus moluccensis</u>	127	38	1112	426	290
Concentrations de mercure dans les mollusques de la mer Méditerranée (ug/kg poids de matière humide)					
<u>Donax trunculus</u>	42	35	909	210	220
<u>Mytilus galloprovincialis</u>	488	4	7000	232	596
<u>Perna perna</u>	192	20	370	76	50
Concentrations de mercure dans les crustacés de la mer Méditerranée (ug/kg poids de matière humide)					
<u>Nephrops norvegicus</u>	554	59	3000	917	494
<u>Parapenaeus longirostris</u>	39	110	1195	345	233
<u>Squilla mantis</u>	20	65	455	152	86

^{1/} Extrait de: UNEP/WG.118/5

Tableau 14
a) Concentrations de cadmium, cuivre, plomb et zinc en pleine mer Méditerranée (ug/l)^{1/}

REGION	METHODE	Cadmium	Cuivre	Plomb	Zinc	REFERENCE
II	ASV	0.15	0.4	-	2.7	Huynh-Ngoc and Fukai, 1978
III	ASV	0.005-0.010	0.06-0.13	0.025-0.075	-	Laumont et al., 1982
	ASV	0.11	0.10	-	1.2	Huynh-Ngoc and Fukai, 1978
IV	ASV	0.11	0.18	-	0.9	"
VI-VII	ASV	0.05-0.09	0.13-0.19	0.018-0.09	-	Nürnberg, 1977
VIII	ASV	0.15	0.7	-	1.8	Huynh-Ngoc and Fukai, 1978
	ASV	0.07	0.3	-	3	"
X	ASV	0.04	0.04	-	0.9	"
Données récentes						
I-II		0.004	0.11	-	-	Boyle et al., 1984
IV-VI-VII		0.010	0.15	-	-	"
II	Dowex/ Extraction/ SAA	0.06	1.6	-	-	Frache et al., 1980
II		0.008	-	0.05-0.14	-	Copin-Montegut et al., 1984
Océans	Extraction sur Chelex 100/SAA	0.07-0.7	0.3-2.8	-	1-13	De Forest et al., 1978; Spencer et Brewer, 1969; Chester et Stoner, 1974; Alberts et al., 1976; Riley et Taylor, 1972
Base Valeurs océaniques (Données récentes)		0.01-0.07 0.01-0.1	0.1-0.3	0.005-0.015	0.01-0.6	Förstner et Wittmann, 1983 ICES, 1982

^{1/} Extrait de l'évaluation de l'état actuel de la pollution par les métaux autres que le mercure en mer Méditerranée et mesures de lutte proposées. PNUE (en cours d'élaboration)

b) Concentrations de chrome et de nickel dans les eaux côtières de la Méditerranée (ug/l) ^{1/}.

REGION	METHODE	Chrome	Nickel	REFERENCE
II Côtes ligures	Dowex A-1/SAA Filtration/Dowex A-1/AAS		<0.15-2.9	Frache et al., 1976
V	En dissolution Particules ?	0.68	<0.27-9.0 0.15-0.89 1.3	Baffi et al., 1982 Marijanovic et al., 1982
VIII Golfe Evolikos et de Géra, Grèce Grèce du Nord	Filtration/Chelex 100/SAA En dissolution Particules APDC-MIBK Extraction/SAA	6.2-6.7 1.5-2.5	1.9 0.5 0.5-1.5	Scoullou et Dasenakis, 1982 Scoullou et al., 1982 Fytianos et Vasilikiotis, 1982

^{1/} Extrait de l'Evaluation de l'état actuel de la pollution par les métaux autres que le mercure en mer Méditerranée et mesures de luttes proposées PNUE (en cours d'élaboration).

c) Concentrations de chrome, manganèse et nickel dans les sédiments de la Méditerranée (ug/g poids sec) 1/

Tableau 14 (suite)

REGION	METHODE	Chrome	Manganèse	Nickel	REFERENCE
II					
Delta de l'Èbre	HNO ₃	9.5-20	180-630	22-47	Obiols et Peiro, 1980
Delta du Rhône	HNO ₃ -HClO ₄	30-50	-	20-28	Adged et al., 1980
Marseille	:200um, HNO ₃ -HCl	7-230	-	-	Arnoux et al., 1980a, 1980b
Golfe de Fos	"	27-32	-	-	Arnoux et al., 1980a, 1980b
Sédiments au large	HNO ₃ -HCl	35-65	700-1300	-	Arnoux et al., 1980c, 1982
Sédiments au large	HNO ₃	28-37	280-1500	-	Frigniani et Giordani, 1983
IV					
Sédiments au large	HNO ₃	9-26	260-2560	9-46	Frigniani et Giordani, 1983
V					
Golfe de Trieste	?	67-75	304-593	8-68	Majori et al., 1978
Golfe de Venise	HNO ₃	10-64	-	5-40	Angela et al., 1980
Sédiments au large	HNO ₃	31-60	52-2340	46-122	Frigniani et Giordani, 1983
VI					
Golfe de Patras, Grèce	HF-HNO ₃ -HClO ₄	70-210	83-1700	69-168	Varnavas et Perentinos, 1992
Sédiments au large	HNO ₃	31-33	-	48-53	Frigniani et Giordani, 1983
VIII					
Golfe Evoïkos, Grèce	:61um, 0.5N HCl	87	308	60	Scoullou et Dasenakis, 1982
Golfe de Géra, Grèce	:61um, 0.5N HCl	7.9-1830	80-570	-	Scoullou et al., 1982
Gol. Saronique Grèce	:55um, 0.5N HCl	45-480	-	-	Angelidis et al., 1982
IX					
Golfe Thermaïkos	:45um, HNO ₃	90-235	-	100-335	Voutsinou-Taliadouri, 1982
Grèce	"	110	-	165	"
Golfe Pagasitikos,	"	85	-	145	"
Grèce	"				
Mer Egée orientale	"				
large					
X					
Erdemli, Turquie	HF-HNO ₃ -HClO ₄	534-595	115-787	79-586	Ozkan et al., 1980
Delta du Nil	HF-HNO ₃	12-150	-	10-100	Moussa, 1982

1/ Extrait de l'Evaluation de l'état actuel de la pollution par les métaux autres que le mercure en mer Méditerranée et mesures de luttes proposées, FNUE (études d'élaboration)

Tableau 14
c) Concentrations de cadmium, cuivre, plomb et zinc dans les sédiments de la Méditerranée (ug/g poids sec)^{1/}

REGION	METHODE	Cadmium	Cuivre	Plomb	Zinc	REFERENCE
II						
Lagune du Var France	HF-HClO ₄ -HNO ₃	3.7	15.4	26.4	-	Chabert et Vicente, 1980
Lagune littorale,	:63um	10-32	10-94	200-2000	500-6200	De Leon et al., 1982
Espagne						
Espagne	Conc.HNO ₃	0.1-0.3	-	10-50	-	Peiro et al., 1982
Delta de l'Ebre	HNO ₃	0.12-0.37	7.9-21.5	22-48	33-104	Obiols et Feiro, 1980
Delta du Rhône	HNO ₃ -HClO ₄	0.25-5	20-55	9	90-140	Added et al., 1980; Cauwet et Monaco, 1982; Badie et al., 1982
Marseille	:200um HCl-HNO ₃	1.8-3	29-34	28-1250	120-2550	Arnoux et al., 1980a
Cannes	:63um HNO ₃ -H ₃ PO ₄ -HCl	1.8-7	15-80	30-100.	50-300	Ringot, 1982
Golfe de Nice	HNO ₃ -HCl	<0.7-2.4	<2.1-32	3-112	-	Flateau et al., 1982
Estuaires d'Italie	HNO ₃ -HCl	0.21-0.55	33-53	30-43	-	Breder et al., 1980
Sédiments au large	HNO ₃ -HCl	-	30-49	10-28	130-260	Arnoux et al., 1980c, 1982
	HNO ₃	0.7-1.7	-	-	-	Frignani et Giordani, 1983
III						
Côte d'Espagne	-	0.02-10	4-230	23-3300	27-1050	De Leon et al., 1984
IV						
Lagune de Cagliari	0.4NHCl	-	10-70	64-670	-	Contu et al., 1984
Sédiments au large	HNO ₃	0.5-2.5	10-44	19-94	20-56	Frignani et Giordani, 1983
V						
Golfe de Trieste	?	0.3-5.3	9-139	18-470	27-650	Majori et al., 1978
Golfe de Venise	HNO ₃	0.1-3.1	34-37	5-54	48-450	Angela et al., 1980
Baie de Kastela,	NAA :100um		14-42	-	53-1300	Stegnar et al., 1980
Yugoslavie						
Delta du Pô	HNO ₃	0.16-1.7	1.3-50	9.-73	24-244	Facardi et al., 1984
Mali Ston, Youg.	NAA	0.08-0.22	13-22	-	40-100	Vukadin et al., 1984
Sédiments au large	HNO ₃	0.8-1.2	15-30	21-43	54-78	Frignani et Giordani, 1983

^{1/} Extrait de l'Evaluation de l'état actuel de la pollution par les métaux autres que le mercure en mer Méditerranée et mesures de lutte proposées PNUE (en cours. d'élaboration)

Tableau 14 (suite)
c) Concentrations de cadmium, cuivre, plomb et zinc dans les sédiments de la Méditerranée (ug/g poids sec)^{1/}

REGION	METHODE	Cadmium	Cuivre	Plomb	Zinc	REFERENCE
VI						
Golfe de Patras, Grèce	* HF-HNO ₃ HClO ₄	-	23-100	10-40	280-430	Varnavas et Ferentinos, 1982
Baie de Kalamata, Grèce	HF-HNO ₃ -HClO ₄	-	11-56	8-40	-	Varnavas et al., 1984
Golfe de Catanie	HNO ₃	2.2-4.6	3.8-2.5	4.5-19	25-236	Castagna et al., 1983
Sédiments au large	HNO ₃	0.6-1.1	24-29	22.27	55-78	Frigani et Giordani, 1983
VIII						
Golfe de Thermaïkos-Kavala, Grèce	:63um HNO ₃ -HClO ₄	0.6-1.1	0.6-2.3	6-28	10-28	Fytianos et Vasilikiotis, 1982
Golfe Evoïkos, Grèce	:61um 0.5N HCl :55um 0.5N HCl	-	9	37	20	Scoulios et Dasenakis, 1982 Angelidis et al., 1980
Golfe de Géra, Grèce	:61um 0.5N HCl	-	-	-	7-95	Scoulios et al., 1982
Golfe de Saronique, Grèce	:55um 0.5N HCl	-	8-160	9-122	12-390	Angelidis et al., 1982
Golfe Thermaïkos, Grèce	:45um HNO ₃	0.40-2.5	10-50	25-130	8-240	Voutsinou-Taliadouri, 1982
Golfe Pagassitikos, Grèce	:45um HNO ₃	-	30	30	130	Voutsinou-Taliadouri, 1982
Mer Egée orientale large	:45um HNO ₃	-	20	15	40	Voutsinou Taliadouri, 1982
Baie d'Izmir	HCl-HNO ₃	0.2-49	14-870	20-280	53-860	Uysal et Tuncer, 1984
IX						
Erdemli, Turquie	HNO ₃ -HClO ₄ -HF	-	31	57	65	Balkas et al., 1978
Alexandrie	?	2.8	48	190	180	El Sokkary, 1978
Port d'Alexandrie	HNO ₃ HCl	-	27	-	53	El Sayed et al., 1980
Baie Aboukir, Egypte	HNO ₃	2	12	-	100	Saad et al., 1980
Delta du Nil	HF-HNO ₃	-	5-77	-	2-120	Moussa, 1982
Bassin Cilicien	HCl-IN HF-HNO ₃ -HClO ₄	-	6-74 33-50	-	20-100 54-81	Tomma et al., 1980 Ozkan et al., 1980
X						
Estuaire de Damiette Egypte	HNO ₃	0.16-2	29-280	-	20-425	Saad et Fahmy, 1984
Port d'Alexandrie (Partie occidentale.)	HNO ₃ -HClO ₄	7-64	30-1890	-	23-470	Saad et al., 1984
XIII						
Mer Noire, littoral Large	HNO ₃	1.3-4.8	10-100	22-88	37-250	Pecheanu, 1982
		2.8	52	37	75	Pecheanu, 1982

^{1/} Extrait de l'Evaluation de l'état actuel de la pollution par les métaux autres que le mercure en mer Méditerranée et mesures de lutte proposées FNUO (en cours d'élaboration)

Tableau 14
d) Concentrations de cadmium, cuivre et zinc dans les organismes marins
de la Méditerranée ^{1/}

Région	Métal	Espèce	Nombre d'échantillons	Concentration moyenne mg/Kg PH ^{2/}	Ecart-type	Fourchette
II	Cadmium	<u>Mytilus galloprovincialis</u>	148	169	111	40 - 1060
IV	"	"	70	169	118	70 - 1000
V	"	"	72	157	100	38 - 475
VI	"	"	12	36	8	27 - 52
VIII	"	"	173	97	122	5 - 403
IX	"	"	3	237	135	70 - 400
II	Cadmium	<u>Mullus barbatus</u>	259	31	71	2.5- 590
IV	"	"	214	4	5	2.5- 51
V	"	"	7	49	75	8 - 234
VI	"	"	13	25	14	9 - 50
VII	"	"	11	17	15	7 - 49
VIII	"	"	54	69	55	20 - 205
IX	"	"	5	26	8	20 - 40
X	"	"	21	39	14	14 - 65
II	Cadmium	<u>Thunnus thynnus thynnus</u>	100	53	88	50 - 590
VIII	"	"	4	196	61	116 - 283
II	Cuivre	<u>Mytilus galloprovincialis</u>	71	1730	1224	504 - 6000
IV	"	"	71	1659	773	650 - 4300
V	"	"	63	1002	855	190 - 4400
VIII	"	"	5	1683	596	1080 - 2800
IX	"	"	7	1466	600	750 - 2650
XI	"	"	3	1300	353	1000 - 1800
II	Cuivre	<u>Mullus barbatus</u>	173	436	259	200 - 2450
IV	"	"	205	384	126	100 - 1000
V	"	"	2	150	-	140 - 160
VII	"	"	10	926	684	360 - 2700
VIII	"	"	46	548	250	220 - 1470
IX	"	"	7	453	198	222 - 691
X	"	"	23	797	563	69 - 2550

^{1/} Extrait de l'Evaluation de l'état actuel de la pollution par les métaux autres que le mercure en mer Méditerranée et mesures de lutte proposées, PNUE (en cours d'élaboration).

^{2/} PH: Poids humide

Tableau 14 (suite)
d) Concentrations de cadmium, cuivre et zinc dans les organismes marins
de la Méditerranée 1/

Région	Métal	Espèce	Nombre d'échan- tillons	Concentration moyenne mg/Kg PH 2/	Ecart- type	Fourchette
II	Cuivre	<u>Mullus surmuletus</u>	5	705	412	390 - 1520
IX	"	"	9	731	698	323 - 2680
XI	"	"	5	318	50	250 - 400
II	Zinc	<u>Mytilus galloprovincialis</u>	69	27768	9528	13000 - 60200
IV	"	"	70	34032	11133	3150 - 63000
V	"	"	62	17195	13195	2500 - 65200
VIII	"	"	6	29300	16183	11900 - 62500
IX	"	"	3	14567	6491	9200 - 23700
II	Zinc	<u>Mullus barbatus</u>	170	4248	1264	100 - 9500
IV	"	"	218	3869	988	400 - 7000
V	"	"	2	3065	-	2900 - 3230
VII	"	"	11	4332	864	2700 - 5800
VIII	"	"	40	3499	804	2570 - 6890
IX	"	"	12	5067	1042	3660 - 7400
X	"	"	23	4370	651	3060 - 5870
II	Zinc	<u>Mullus surmuletus</u>	5	4222	580	3560 - 5300
IX	"	"	16	3897	1101	702 - 5200

1/ Extrait de l'Evaluation de l'état actuel de la pollution par les métaux autres que le mercure en mer Méditerranée et mesures de lutte proposées, PNUE (en cours d'élaboration).

2/ PH = Poids humide

Tableau 15
Les métaux lourds (ug g⁻¹ de poids sec*) dans Mytilus provenant de différentes régions de la Méditerranée.
Les valeurs indiquées sont des fourchettes 1/

Région	Cadmium	Cuivre	Zinc	Plomb	Nickel	Chrome	Argent	Fer	Mercur	Refs (Voir 1/)
Méditerranée du Nord Ouest (Mer de Ligurie)	0.4-5.9	2.4-154	97.644	2.4-117	0.9-14.1	0.5-28.8	0.1-18.9	149-2200	0.18-0.96	8, 9
Mer Adriatique (Golfe de Trieste)	1.4-1.7	6.2-9.8	87-137	3.8-15				167-219	0.28-1.3	10
Mer Egée (Golfe Saronique) (Turquie)	0.06-0.08 6.6-12	4.5 36-64	12-87 336-452	83-110	39	0.11-7.8 26-55	0.0009-0.01	17-32 308-356	0.06-0.2 0.89-1.1	11, 12 13
Méditerranée du Sud-Ouest (Algérie)	0.3-6.5		7.2-71						0.25-0.63	14

1/ Extrait de: Assessing Pollution in the Mediterranean Sea. Pollutant and their Ecotoxicological Significance, S. Fowler. (1985)

* Lorsque nécessaire, les valeurs ont été converties en utilisant un rapport poids sec/poids humide de 6

Tableau 16
Hydrocarbures chlorés dans les organismes marins de la Méditerranée

Région	Hydrocarbures chlorés	Espèce	Nombre d'échantillons	Concentration moyenne mg/Kg PH ^{1/}	Ecart type	Fourchette
II	PCB	<u>Mytilus galloprovincialis</u>	17	307	266	22 - 1200
IV	"	"	13	95	114	5 - 420
V	"	"	159	84	221	5 - 2622
VIII	"	"	12	62	12	40 - 80
II	PCB	<u>Mullus barbatus</u>	33	813	1496	30 - 8000
IV	"	"	33	417	770	50 - 3950
V	"	"	86	234	473	1 - 3117
VIII	"	"	51	113	204	0 - 1110
IX	"	"	6	9.3	19	0,4 - 52
X	"	"	42	69	75	0 - 284
VIII	PCB	<u>Parapenaeus longirostris</u>	30	12.3	12,2	0 - 51
IX	"	"	3	1.5	-	0 - 2,5
X	"	"	11	31	57	0 - 157
II	"	<u>Carcinus mediterraneus</u>	10	12.3	12,2	0 - 51
V	"	"	3	1.5	-	0 - 2,5
X	"	"	11	31	57	0 - 157
IV	"	<u>Mullus surmuletus</u>	6	87	17	60 - 110
V	"	"	9	101	130	5 - 441
IV	"	<u>Nephrops norvegicus</u>	28	25	17	8 - 90
II	pp/DDT	<u>Mullus barbatus</u>	27	28	35	8 - 170
IV	"	"	33	23	17	6 - 89
V	"	"	102	17	26	0,2 - 205
VIII	"	"	51	23	25	4 - 110
IX	"	"	17	38	29	0,5 - 92
X	"	"	44	8	9	0 - 37
II	"	<u>Mytilus galloprovincialis</u>	113	22	23	3 - 150
IV	"	"	12	7	5	1.2 - 17
VIII	"	"	180	15	77	0 - 1014
II	"	<u>Thunnus thynnus thynnus</u>	21	343	362	25 - 1401
IV	"	<u>Mullus surmuletus</u>	6	6	3	4 - 13
V	"	"	11	9	11	0,5 - 40
V	"	<u>Carcinus mediterraneus</u>	31	1.7	1.4	0.2 - 5
IX	"	"	6	1.6	0.7	0.4 - 2.6
VIII	"	<u>Parapenaeus longirostris</u>	29	0.9	1.4	0 - 6
II	"	"	4	4.2	3.5	0.3 - 9
X	"	"	10	0.1	0.2	0 - 0.8

1/ PH = Poids humide

Tableau 16 (Suite)
Hydrocarbures chlorés dans les organismes marins de la Méditerranée

Région	Hydrocarbures chlorés	Espèce	Nombre d'échantillons	Concentration moyenne mg/Kg PH 1/	Ecart-type	Fourchette
II	<u>Dieldrin</u>	<u>Mullus barbatus</u>	11	6.2	5.3	0.5 - 19
IV	"	"	9	6	3.6	0.5 - 12
V	"	"	67	1.7	4.1	0.1 - 17
X	"	"	35	0.4	1.1	0 - 35
II	"	<u>Mytilus galloprovincialis</u>	2	3.5	-	1 - 6
IV	"	"	6	2.8	2.6	0.5 - 6
V	"	"	145	0.8	4.4	0.1 - 56
V	"	<u>Mullus surmuletus</u>	8	0.4	0.2	0 - 0.7
IV	"	<u>Nephrops norvegicus</u>	7	0.9	0.5	0.5 - 1.8
V	"	<u>Carcinus mediterraneus</u>	31	0.5	0.6	0 - 2.4
X	"	"	4	3.1	4.5	0.4 - 10
II	<u>Aldrin</u>	<u>Mullus barbatus</u>	9	0.5	-	0.5 - 0.5
IV	"	"	9	1.5	1.9	0.5 - 5
IX	"	"	5	0.5	0.4	0 - 1
X	"	"	44	1.5	4.7	0 - 28
IV	"	<u>Mytilus galloprovincialis</u>	6	2	2.1	0.5 - 5
IV	"	<u>Nephrops norvegicus</u>	7	0.6	0.2	0.5 - 1
X	"	<u>Carcinus mediterraneus</u>	5	1.6	2.8	0 - 6.5
IX	"	<u>Parapenaeus longirostris</u>	4	1.4	1	0 - 2.8
X	"	"	11	0.2	0.6	0 - 2.2
II	<u>Hexachloro cychlohexane</u>	<u>Mullus barbatus</u>	63	2.6	2.8	0.2 - 12
VIII	"	"	4	5	8	0.8 - 50
IX	"	"	5	3.9	3.9	1 - 11
V	"	<u>Mytilus galloprovincialis</u>	43	1.1	1	0 - 5
VIII	"	"	55	1.9	1.5	0.4 - 5
V	"	<u>Mullus surmuletus</u>	4	1.2	1.7	0 - 4
V	"	<u>Carcinus mediterraneus</u>	27	0.9	-	0 - 8
IX	"	"	6	20	-	12 - 34
VIII	"	<u>Parapenaeus longirostris</u>	7	0.7	0.3	0.2 - 1.1
II	<u>Lindane</u>	<u>Mullus barbatus</u>	17	19	14	2 - 36
IV	"	"	9	1.5	1.4	0.5 - 5
V	"	"	62	0.7	0.9	0 - 3.8
II	"	<u>Mytilus galloprovincialis</u>	7	4.8	6	0.5 - 20
IV	"	"	6	1.7	0.9	0.5 - 3
V	"	"	36	0.4	0.4	0 - 2

1/ PH = Poids humide

Tableau 16 (suite)
Hydrocarbures chlorés dans les organismes marins de la Méditerranée

Région	Hydrocarbures chlorés	Espèce	Nombre d'échantillons	Concentration moyenne mg/Kg PH 1/	Ecart-type	Fourchette
II	pp/DDD	<u>Mullus barbatus</u>	12	38	52	0 - 180
V	"	"	5	28	40	2.2 - 107
VIII	"	"	78	14	25	0 - 140
IX	"	"	17	18	14	0 - 44
X	"	"	44	1.6	3.8	0 - 21
II	"	<u>Mytilus galloprovincialis</u>	108	15	13	5 - 125
V	"	"	11	49	124	0 - 440
VIII	"	"	90	7	7	0 - 45
II	"	<u>Thunnus thynnus thynnus</u>	21	107	98	5 - 117
VIII	"	"	4	323	422	26 - 1052
V	"	<u>Mullus surmuletus</u>	3	7	6	2 - 15
II	"	<u>Carcinus mediterraneus</u>	10	10	9	1.2 - 26
IX	"	"	6	4.2	3.7	0 - 10
VIII	"	<u>Parapenaeus longirostris</u>	29	0.8	1.4	0 - 7
IX	"	"	4	2.2	1.3	0.5 - 4.2
X	"	"	11	0.4	0.8	0 - 2.7
II	pp/DDE	<u>Mullus barbatus</u>	34	29	14	11 - 70
IV	"	"	33	33	18	7 - 93
V	"	"	43	8	12	0.1 - 75
VIII	"	"	88	33	39	1 - 255
IX	"	"	16	53	42	0.9 - 117
X	"	"	44	15	12	2 - 67
II	"	<u>Mytilus galloprovincialis</u>	114	13	9	2.2 - 42
IV	"	"	13	6	4	2 - 17
V	"	"	145	5	13	0.1 - 110
VIII	"	"	99	10	12	1 - 75
II	"	<u>Thunnus thynnus thynnus</u>	21	352	415	23 - 1582
VIII	"	"	4	601	659	161 - 1737
IV	"	<u>Mullus surmuletus</u>	6	11	3	6 - 15
V	"	"	10	12	12	0.1 - 33
II	"	<u>Carcinus mediterraneus</u>	10	36	24	14 - 72
V	"	"	4	2.5	30	0.1 - 6.2
VIII	"	"	3	23	3	20 - 26
IX	"	"	7	22	15	0.3 - 45
X	"	"	4	3.1	3.5	0.7 - 8
IV	"	<u>Nephrops norvegicus</u>	28	3.8	1.8	1.1 - 8
VIII	"	<u>Parapenaeus longirostris</u>	31	1.6	5	0 - 25
IX	"	"	4	3.1	1.6	1 - 5.4
X	"	"	11	1.5	2.6	0 - 9

1/ PH = Poids humide

Tableau 16 (Suite)
 Hydrocarbures chlorés dans les organismes marins de la Méditerranée

Région	Hydrocarbures chlorés	Espèce	Nombre d'échantillons	Concentration moyenne mg/Kg PH ^{1/}	Ecart-type	Fourchette
II	<u>Lindane</u>	<u>Carcinus mediterraneus</u>	4	19	14	2 - 36
V	"	" "	27	0.2	-	-
IV	"	<u>Nophrops norvegicus</u>	7	0.5	-	-

* 1/ PH = Poids humide

Tableau 17

Résidus d'hydrocarbures chlorés dans les euphausiides de différentes zones de la haute mer Méditerranée. Chaque échantillon est un échantillon composé de plusieurs échantillons prélevés au cours de trois croisières en 1977 ^{1/}

Région	Croi- sière	Station*	PCB (DP-5)	pp'DDT ug kg ⁻¹	pp'DDD poids sec***	pp'DDE	SDDT PCB
Mer	Hayes	37	25	3.8	1.8	14	0.80
Tyrrhénienne	(6/77)	37 **	110	73	9.1	33	1.05
		23	30	6.0	3.9	24	1.11
Mer Ionienne		14	38	16	4.4	22	1.12
		14 **	57	22	5.4	34	1.08
		4	23	8.8	2.7	11	0.97
Bassin	Atlantis II	3 a	26	3.5	0.7	6.7	0.42
Levantin	(4/77)	6 a	65	14	3.0	18	0.53
Bassin	Shikmona	2	26	2.5	1.7	15	0.76
Levantin	(7/77)	3	18	4.7	1.3	3.9	0.54
		4	9.8	nd	nd	2.5	0.26

^{1/} Extrait de: Assessing Pollution in the Mediterranean Sea. Pollutants and their Ecotoxicological Significance, S. Fawler (1985).

* Hayes entre la Grèce et la Crète; Atlantis II entre l'Égypte et Malte; Shikmona entre Israël et la Crète

** Echantillons purs de Meganyctiphanes norvegica

*** Le poids sec équivaut en moyenne à 18% du poids humide

Tableau 18
PCB dans les échantillons prélevés en mer Méditerranée au cours de la
période 1974-1976 ^{1/}

Type d'échantillon	Date	Région	Nombre d'échant.	PCB (fourch.)	PCB (X)
				ng l ⁻¹	
Eau de mer	10/74	Méditerranée Nord-Ouest	11	1.5-38	13
	2/75	Mer de Ligurie	17	1.3-8.6	3.2
	2/75	Mer Egée	7	0.2-1.3	0.36
	5/75	Mer Ionienne	10	0.2-2.0	1.0
		Mer Tyrrhénienne et Bassin Algéro-Provençal	34	0.2-5.9	2.0
	9/75	Bassin Algéro-Provençal	8	0.6-19	4.6
			7	0.6-4.8	2.5
		Mer Tyrrhénienne	6	1.5-11.6	4.5
				ng m ⁻³	
Air marin	8/75 à 1/76	Côte de Monaco	13	0.1-1.0	0.4
	1/76 à 2/76	Côte de Monaco	12	0.03-0.08	0.06
	9/75	Bassin Algéro-Provençal	4	0.2-0.3	0.25
		Mer Tyrrhénienne	2	0.1-0.3	0.2
				ug kg ⁻¹	
Sédiments	5/75	Mer Ionienne	3	0.8-5.1	2.8
		Bassin Algéro-Provençal	5	0.8-9.0	4.0
		Rebord de Gibraltar et rebord Sicilo-Tunisien	2	0.8	0.8
		Bassin d'Algérie	1	9.0	9.0

^{1/} Extrait de: Assessing Pollution in the Mediterranean Sea. Pollutants and their Etotoxicological Significance, S. Fowler (1985).

Tableau 19
Concentrations de radionucléides naturels dans les
eaux superficielles de la Méditerranée ^{1/}

Nucléide	Concentration pCi l ⁻¹	Type de radiation et fréquence d'émission	Energie MeV	Etat approxima- tif de la couche de surface (0-100 m) Ci
⁴⁰ K	366	beta ⁻ ; 0.89 gamma; 0.11	1.35 1.46	1.1 x 10 ⁸ -
³ H	3	beta ⁻ ; 1.00	0.019	9.0 x 10 ⁵
¹⁴ C	0.2	beta ⁻ ; 1.00	0.16	6.0 x 10 ⁴
⁸⁷ Rb	3.3	beta ⁻ ; 1.00	0.27	9.9 x 10 ⁵
²³⁸ U	1.4	alpha; 1.00	4.27	4.2 x 10 ⁵
²³⁴ U	1.5	alpha; 1.00	4.86	4.5 x 10 ⁵
²²⁶ Ra	(4.6-5.1) x 10 ⁻²	alpha; 1.00	4.87	(1.4-1.5) x 10 ⁴
²¹⁰ Pb	(1.1-7.8) x 10 ⁻²	beta; 0.80 beta ⁻ ; 0.20	0.017 0.061	(3.3-23) x 10 ³
²¹⁰ Pb	(0.7-4.8)x10 ⁻²	alpha; 1.00	5.41	(21.-14) x 10 ³

^{1/} Extrait de: Radioactivity and the Mediterranean Sea. Data profiles for chemicals for the evaluation of their hazards to the environment of the Mediterranean Sea. UNEP/IRPTC. D.S. Woodhead (1977)

Tableau 20
Concentrations de certains radionucléides retombés dans les eaux superficielles de la mer Méditerranée ^{1/}

Nucléide	Date d'échantillonnage	Concentration pCi l ⁻¹	Référence	Type de radiation et fréquence d'émission	Energie MeV	Etat approximatif de la couche de surface (0-100 m) Ci
³ H	juin, 1974	28	Fukai, R., com. pers.	beta ⁻ ; 1.00	0.019	8.4 x 10 ⁶
¹⁴ C	Estimé pour 1975	0.04	(UNSCEAR, 1977)	beta ⁻ ; 1.00	0.16	1.2 x 10 ⁴
⁹⁰ Sr- ⁹⁰ Y	juin, 1973	0.14	(Murray, C.N. et Fukai, R. 1978)	beta ⁻ ; 1.00 beta ⁻ ; 1.00	0.54 (⁹⁰ Sr) 2.27 (⁹⁰ Y)	4.2 x 10 ⁴
¹³⁷ Cs	juin, 1973	0.19	(Murray, C.N. et Fukai, R. 1978)	beta ⁻ ; 0.95 beta ⁻ ; 0.05 gamma; 0.95	0.51 1.18 0.66	5.7 x 10 ⁴
^{239,240} Pu	juin, 1973	2.3 x 10 ⁻³	Murray, C.N. et Fukai, R. 1978	alpha; 1.00 alpha; 1.00	5.24 (²³⁹ Pu) 5.26 (²⁴⁰ Pu)	6.0 x 10 ²
²⁴¹ Am	sept. 1975	6.0 x 10 ⁻⁵	Fukai et al.	alpha; 1.00	5.64	1.8 x 10 ¹

^{1/} Extrait de: Radioactivity and the Mediterranean Sea. Data profiles for chemicals for the evaluation of their hazards to the environment of the Mediterranean Sea. UNEP/IRPTC. D.S. Woodhead (1977)

Tableau 21
Estimations concernant les déversements de substances radioactives
en mer Méditerranée jusqu'en 1987 ^{1/}

Année	1977		1982		1987	
	Tritium	Tous les autres radio-nucléides à l'exception du tritium	Tritium	Tous les autres radio-nucléides à l'exception du tritium	Tritium	Tous les autres radio-nucléides à l'exception du tritium
Estimation de l'apport annuel total en Curies	2500	40	5000	60	8000	100
Estimation de l'apport cumulatif total, en Curies	-	-	18000	250	45000	650

^{1/} Extrait de: Radioactivity and the Mediterranean Sea. Data profiles for chemicals for the evaluation of their hazards to the environment of the Mediterranean Sea. UNEP/IRPTC. D.S. Woodhead (1977)