



Programme
des Nations Unies
pour l'environnement



Distr.
RESTREINTE

UNEP/WG.118/7
2 mai 1985

FRANCAIS
Original: ANGLAIS

Troisième Réunion du Groupe de travail
sur la coopération scientifique et technique
pour le programme MED POL

Athènes, 27-31 mai 1985



Programme à Long-terme de Surveillance Continue et de Recherche
en Méditerranée (MED POL - PHASE II)

EVALUATION DE L'ETAT ACTUEL DE LA POLLUTION
DE LA MER MEDITERRANEE PAR LES HYDROCARBURES DE PETROLE

(document préparé par la Commission Océanographique Intergouvernementale)

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION	1 - 2
PROCESSUS DYNAMIQUES INFLUANT SUR LE COMPORTEMENT DE LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES	2 - 3
SOURCES ET APPORT DE LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES DE PETROLE EN MEDITERRANEE	4 - 6
CONCENTRATIONS D'HYDROCARBURES DE PETROLE DANS LA MEDITERRANEE	7 - 22
Techniques d'analyse	7
Hydrocarbures de pétrole dissous/dispersés	12 - 14
Méditerranée occidentale	12
Adriatique	12
Méditerranée centrale	12
Méditerranée orientale	12 - 13
Résultats du projet MAPMOPP en Méditerranée	14
Hydrocarbures de pétrole dans les sédiments benthiques	16
Nappes de pétrole, Goudrons flottants et goudrons décélés sur les rivages	16 - 17
Hydrocarbures de pétrole dans les Organismes Marins	17 - 22
EFFETS DES HYDROCARBURES DE PETROLE SUR LES ECOSYSTEMES MEDITERRANNENS	22 - 26
L'ampleur des dommages causés à diverse communautés	24 - 26
RECHERCHES PRECONISEES	26
CONCLUSIONS	27 - 28
FIGURES I - IV	29 - 32
REFERENCES	33 - 36

INTRODUCTION

La mer Méditerranée, une mer bordière enclose, d'une superficie de 2,97 millions de km², est environnée de montagnes, excepté sur le littoral sud-est désertique. Les plaines côtières sont petites et étroites par comparaison avec les traits généraux qui caractérisent les bords de l'océan Atlantique. De vastes plaines alluviales sont situées dans les deltas de grands fleuves tels que l'Ebre, le Rhône et le Pô. En outre, le delta du Nil constitue un élément essentiel de l'environnement de la Méditerranée orientale.

La Méditerranée a une profondeur moyenne de 1500 m, avec des maxima de 5000 m. Elle occupe un volume de 3,7 millions de km³, et sa période de renouvellement des eaux est de 80 ans. Il existe trois seuils importants en Méditerranée: le détroit de Gibraltar (365 m de profondeur), le détroit de Sicile (350 m) et les Dardanelles (100 m). Le premier, d'une largeur de 15 km, sépare la Méditerranée de l'océan Atlantique et fait de celle-ci une mer presque fermée; le second la divise en un bassin occidental et un bassin oriental; quant au détroit des Dardanelles, il la sépare de la mer de Marmara et de la mer Noire. La Méditerranée a une salinité moyenne de 38‰, contre 35‰ pour l'océan Atlantique.

La Méditerranée est bordée par 18 pays dont certains sont parmi les plus industrialisés du monde. Plus de 250 millions d'habitants vivent le long de ses côtes et dans les régions drainées par les cours d'eau qui se jettent dans cette mer.

La pollution par le pétrole n'est pas un phénomène nouveau en Méditerranée. Des suintements naturels se sont produits au cours des temps géologiques, particulièrement dans les parties orientales. Cependant, la pollution par le pétrole résultant des activités humaines est importante, et l'on en observe fréquemment des quantités considérables, principalement sous forme de masses goudroneuses déversées sur les rivages ou au large, conjointement à une pellicule contaminante de surface. On estime que la Méditerranée est relativement plus polluée par le pétrole que toute autre mer pour laquelle on dispose de données (NAS, 1975; PNUE, 1980).

Jusqu'à présent, la Méditerranée a été épargnée par les déversements massifs de pétrole. Toutefois, un nombre important de déversements accidentels mineurs se produisent chaque année, outre un nombre encore plus important de déversements intentionnels (Le Lourd, 1977). Les zones les plus polluées de la Méditerranée sont situées sur les routes suivies par les navires-citernes, notamment dans la partie orientale (COI, 1981). Mais des quantités considérables de polluants pétroliers sont également rejetées par les complexes industriels côtiers (PNUE, 1977). Le littoral le plus fortement industrialisé est celui du nord-ouest. La figure 1 indique les principales zones de production et voies de transport du pétrole en Méditerranée, ainsi que les secteurs où le déversement est autorisé. La figure 2 indique la pollution par le pétrole d'origine tellurique, d'après les données recueillies dans le cadre du projet MED POL X sur les polluants d'origine tellurique en Méditerranée.

Le long des côtes, un certain nombre de centres de recherche ont déployé des efforts considérables d'investigation pour évaluer le devenir et les effets de la pollution par le pétrole dans la région. Ces études ont, pour la plupart, été menées dans le cadre du Plan d'action pour la Méditerranée. Bien qu'on manque encore de données dans certains domaines, des aspects du problème ont fait l'objet d'une étude au cours des dix dernières années, par exemple l'évaluation quantitative et qualitative des hydrocarbures dissous/dispersés dans l'eau et du goudron sur les rivages et à la surface de la mer.

PROCESSUS DYNAMIQUES INFLUANT SUR LE COMPORTEMENT DE LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES

Tout apport d'hydrocarbures dans le milieu marin, une fois qu'il a pénétré dans la masse d'eau réceptrice, devient ensuite soumis à toute une série de processus physiques. Sous l'effet de ces processus physico-dynamiques, les polluants issus d'hydrocarbures sont diffusés, dérivés et dispersés autour de leur source. Ils se mélangent alors à l'eau de mer, puis deviennent disponibles pour être absorbés par les organismes marins, tandis que certains d'entre eux peuvent éventuellement atteindre les sédiments et déposer au fond.

Ainsi, ce sont d'abord des facteurs et des processus physiques qui exercent l'effet le plus important sur les hydrocarbures déversés dans le milieu marin. Des facteurs tels que la diffusion, la dispersion, l'évaporation, la dissolution et la formation d'aérosols, l'émulsification, la sorption en matières particulaires et la sédimentation des hydrocarbures modifient l'impact potentiel sur les ressources marines vivantes. Dans l'intervalle, des processus dynamiques tels que les courants, les vagues, les mouvements de la marée exercent aussi des effets marqués sur la pollution du milieu marin puisque, conjointement aux vents, ils régissent l'advection et la dispersion des hydrocarbures dans la mer. Talbot (1972), Weidemann et Sendner (1972), entre autres, ont étudié de manière approfondie les effets de ces facteurs et processus. Toutefois, on s'attachera davantage ici aux processus de transport des polluants d'hydrocarbures dans la mer Méditerranée, dans la mesure où ils influent sur la distribution et le sort des hydrocarbures dans le milieu marin. Comme nous nous occupons surtout des substances polluantes légères comme les boues d'hydrocarbures et les goudrons flottants, nous constatons que les vents et les courants de surface sont les principaux agents d'advection influant sur ces polluants.

D'une manière générale, la circulation de la Méditerranée est soumise à l'influence de plusieurs facteurs: la distribution de la densité interne, la vitesse du vent en surface, la force de Coriolis, et les caractères topographiques du fond marin. Le courant de la marée joue un rôle négligeable dans la circulation générale de la mer Méditerranée. Hormis quelques zones restreintes telles que la région de Gibraltar, le détroit de Messine, le golfe de Gabès, le nord de l'Adriatique, le Bosphore et les Dardanelles, les amplitudes des marées sont faibles par rapport aux normes de l'océan mondial. Ces données, conjointement à l'existence de plateformes continentales étroites, aboutissent à une amplification très faible de la marée le long des côtes. Ainsi, si l'on s'en tient à la circulation résultante finale (ou circulation nette), les mouvements des marées n'engendrent par eux-mêmes que très peu de mouvements finaux, et on ne considère pas qu'ils contribuent à la circulation nette.

Les modalités de la circulation méditerranéenne comportent quelques caractères généraux stationnaires ne s'accompagnant pas de variations saisonnières notables. On a pu préciser les modalités hivernales de la circulation grâce aux calculs géostrophiques effectués par Ovchinnikov (1966) et à un modèle numérique mis au point par Gerges (1976, 1977). Les principaux caractères de la circulation hivernale, tels qu'ils ont été établis par ces deux auteurs ainsi que par d'autres chercheurs avant eux en se fondant sur la distribution des propriétés hydrographiques des diverses masses d'eau (par exemple: Nielsen, 1912; Lacombe et Tcherna, 1960 et 1972; Wüst, 1961, etc.) indiquent qu'il existe une tendance à un flux général vers l'est le long des côtes de l'Afrique du Nord, puis qui remonte le littoral de l'Asie Mineure en mer Egée pour revenir en Méditerranée occidentale sous forme d'un flux général dirigé vers l'ouest.

Selon Gerges (1977), les vitesses des courants de surface varient de 15 à 30 cm/seconde, et ces courants ont une direction générale cyclonique. Etant donné l'étroitesse du détroit de Gibraltar, les vitesses des courants de surface dans cette région sont plus faibles (5-10 cm/seconde). On relève des vitesses plus élevées en mer Ionienne où les valeurs enregistrées dépassent 35 cm/seconde.

En outre il a été confirmé que les zones situées à la jonction entre les bassins comportent certains caractères propres, comme par exemple des caractères cycloniques entre Chypres et la Crète ainsi qu'entre la Crète et la Cyrénaïque. On observe un autre caractère cyclonique au nord de la mer Ionienne tandis qu'au sud, dans le golfe de Sirte, on note un caractère anticyclonique qui, sur le plan dynamique, évoque l'anticyclone de la mer d'Alboran (Hopkins, 1983a). Ces manifestations de mouvements giratoires revêtent une importance particulière puisque, dans certains autres océans tels que la mer des Sargasses, les tourbillons de la circulation de surface ont tendance à entraîner l'accumulation de goudrons flottants (COI, 1981). Ainsi, on peut escompter que des concentrations plus élevées d'hydrocarbures soient observées dans les zones où les tourbillons constituent généralement des manifestations prédominantes.

Cette circulation générale de surface de la mer Méditerranée présente en fait des modalités plus détaillées, notamment dans les zones côtières. En outre, il est notoire que le courant estival de surface est plus complexe en raison des régimes de vents plus divers et à plus faible échelle. La complexité accrue au cours de la saison d'été se manifeste souvent sous forme d'éléments plus restreints de courants de nature giratoire; par exemple, la mer Tyrrhénienne peut présenter plusieurs caractères de surface cycloniques par opposition à un cyclone d'hiver à l'échelon du bassin (Hopkins, 1983b). Néanmoins, les principaux caractères de la circulation de surface en Méditerranée tels qu'ils ont été décrits par Ovchinnikov (1966) et Gerges (1976, 1977) sont généralement persistants.

SOURCES ET APPORT DE LA POLLUTION PAR LES HYDROCARBURES DE PETROLE EN
MEDITERRANEE

L'introduction des hydrocarbures de pétrole dans l'environnement marin peut aller des apports chroniques diffus (ruissellement continental et suintements naturels) jusqu'aux déversement localisés massifs (par exemple, par des navires-citernes). Les déversement intentionnels de pétrole dans l'océan mondial lors d'opérations maritimes ou d'activités terrestres sont relativement plus importants que les accidents occasionnant un apport massif isolé (tableau 1). Bien que l'on manque presque totalement de données sur l'importance respective des diverses sources de pollution de Méditerranée, il est admis que la pollution chronique intentionnelle par les hydrocarbures est beaucoup plus importante que la pollution due aux accidents (Jeffery, 1974; Le Louré, 1977).

Tableau 1. Apports d'hydrocarbures de pétrole dans l'environnement marin
(en millions de tonnes métriques par an).
(D'après OMCI, 1981 et Baker, 1983)

	Meilleure estimation	Intervalle probable des variations
Transport :	1,49	1,00-2,60
Opérations des navires-citernes	0,71	0,44-1,45
Lavage des cales	0,03	0,02-0,05
Terminaux maritimes	0,02	0,01-0,03
Eaux et résidus huileux des cales	0,32	0,16-0,60
Accidents des navires-citernes	0,39	0,35-0,43
Accidents d'autres navires	0,02	0,02-0,04
Plates-formes de production	0,05	0,04-0,07
Retombées atmosphériques	0,30	0,05-0,50
Eaux usées industrielles et municipales, ruissellement	1,40	0,70-2,80
Suintements naturels/érosion	0,03	0,03-2,60
Total	3,6	1,80-8,60

On ne dispose pas de données chiffrées ou d'estimations sur les quantités d'hydrocarbures charriées directement par les eaux de ruissellement terrestre ou indirectement par les cours d'eau. Comme la charge polluante et les modalités de la pollution varient considérablement dans les cours d'eau, il semble impossible de transposer les résultats d'une analyse détaillée des cours d'eau en dehors de la région considérée sans y apporter des corrections

importantes. Toutefois, comme plusieurs des pays entourant la Méditerranée sont parmi les plus industrialisés du monde, il semble très plausible que des quantités considérables d'hydrocarbures pénètrent dans la mer avec les eaux de ruissellement terrestre. On ne dispose pas d'études qui permettraient de chiffrer les quantités d'hydrocarbures introduites en Méditerranée par les retombées atmosphériques. Néanmoins, on peut s'attendre à ce que des quantités considérables atteignent la mer par l'atmosphère puisque plusieurs pays méditerranéens sont très industrialisés et consomment par conséquent des quantités importantes d'hydrocarbures.

On dénombre plus de 60 raffineries de pétrole implantées le long du littoral méditerranéen. On a estimé à 20.000 tonnes par an (Rouit, 1975) l'apport en Méditerranée des hydrocarbures provenant de ces sources. La majeure partie de ce pétrole émane de raffineries anciennes pour lesquelles, lors de leur conception, on n'a pas accordé de priorité au traitement des eaux (tableau 2). Leur consommation d'eau est élevée et leurs courants effluents font rarement l'objet d'une séparation. Souvent, leurs eaux usées ne sont soumises qu'à un traitement primaire. Ces raffineries ont un flux plus élevé d'eaux usées et une charge polluante beaucoup plus importante par tonne de brut traité, par comparaison avec les raffineries modernes. Ces dernières appliquent des systèmes de refroidissement par air ou par recyclage de l'eau qui permettent de réduire au minimum les quantités d'eaux usées (tableau 3).

Tableau 2. Volume moyen pondéré d'effluents liquides déversés (m³) par tonne de pétrole brut traité pour les raffineries européennes (CONCAWE, 1977)

	Raffineries construites		
	avant 1960	1960-1969	depuis 1969
Résultats pour 1969	10,45	2,17	
Résultats pour 1974	6,37	0,92	0,38

Tableau 3. Teneur moyenne pondérée en pétrole des effluents des raffineries européennes exprimée en kg de pétrole d'effluent pour 100 tonnes de pétrole brut traité (CONCAWE 1977)

Emplacement des raffineries	avant 1960	1960-1969	depuis 1969
Côte	80	10,6	1,82
Intérieur	56	4,1	0,92

En dépit de l'augmentation considérable du trafic pétrolier sur les océans mondiaux au cours des 10-15 dernières années (tableau 4), on a enregistré une réduction importante du pétrole déversé en mer au cours du transport (OMCI, 1981). On a attribué ce résultat de la Convention à l'entrée en vigueur d'accords internationaux sur la prévention de la pollution de la mer, et notamment de la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires, en 1973, et au Protocole de 1978 (MARPOL, 1973/78). En particulier, l'application à l'échelle mondiale de la clause impérative prévoyant des citernes à ballast séparé (SBT), des citernes à ballast propres (CBT) et des systèmes de lavage du pétrole brut (COW) pour les navires-citernes nouveaux ou déjà en service a considérablement réduit les quantités de pétrole émises dans l'environnement.

Tableau 4. Ce tableau indique les quantités transportées du trafic pétrolier maritime ainsi que la taille des flottes commerciale et pétrolière en 1970 et 1980 (d'après OMCI, 1981)

	1971	1980	Rapport 1981/71
Trafic pétrolier maritime (millions de tonnes)			
pétrole brut	1.100	1.319,3	1,20
pétrole traité	255	268,9	1,05
total	1.355	1.588,2	1,17
Flotte commerciale mondiale			
nombre de bâtiments	55.041	73.832	1,34
jauge brute en tonneaux	247.202.634	419.910.651	1,70
Flotte pétrolière mondiale			
nombre de bâtiments	6.292	7.112	1,13
Charge totale en lourd (tonnes)	169.354.743	339.801.719	2,0
Charge moyenne en lourd (tonnes)	36.900	47.800	1,78

En 1977, Le Louré estimait que la quantité totale de pétrole émise en mer Méditerranée se situait entre 0,5 et 1 million de tonnes par an, pour 4 millions de tonnes déversées au niveau mondial. En se fondant sur les estimations les plus récentes dont on dispose sur le trafic maritime pétrolier global (tableau 4) et selon lesquelles 350 millions de tonnes traversent chaque année la Méditerranée (Smith, 1975), et en admettant que les quantités émises à l'échelle mondiale (tableau 1) peuvent être directement mises en corrélation avec la quantité de pétrole transportée, cette opération donne une estimation de l'ordre de 0,8 million de tonnes de pétrole pénétrant en Méditerranée chaque année.

CONCENTRATIONS D'HYDROCARBURES DE PETROLE DANS LA MEDITERRANEE

Bien que le nombre des données communiquées sur les concentrations d'hydrocarbures dans l'eau, les sédiments et sur les rivages se soit accru au cours des dix dernières années, malheureusement, on ne dispose que de très rares données pour plusieurs régions. Cependant, dans le cadre du MED POL et du projet COI/OMM (MAPMOPP), des analyses ont été effectuées en quantité assez importante, du moins en ce qui concerne les mesures des concentrations dans l'eau. Les tableaux 5, 6, 7, 8 et 9 indiquent les données disponibles pour la région quant aux hydrocarbures dissous/dispersés dans l'eau, aux hydrocarbures dans les sédiments, aux goudrons flottants et aux goudrons décelés sur les rivages.

Techniques d'analyse

On trouvera dans deux documents de l'UNESCO (1982 et 1984) une description des techniques recommandées pour mesurer la pollution par les hydrocarbures dans l'eau, les sédiments, et sur les plages. Il y a lieu de remarquer, lorsqu'on évalue les données sur les concentrations d'hydrocarbures de pétrole en Méditerranée, que les techniques d'analyse utilisées manquent d'uniformité. En outre, si les méthodes d'échantillonnage sont décrites - ce qui est rarement le cas -, on constate aussi que l'on ne se conforme pas à ces méthodes lors des procédures suivies pour le prélèvement d'échantillons. De plus, les résultats des études portant sur les goudrons des plages sont exprimés tantôt en unités de poids/superficie, tantôt en poids/mètre de bordure de plage, sans compter les différences relevées dans la fréquence des échantillonnages. Il est également évident que la fréquence de distribution de tout ensemble de données pour toute zone définie n'apparaîtra que s'il existe un nombre assez important d'échantillons pour autoriser une analyse statistique appropriée. Par conséquent, pour permettre d'évaluer les variations spatiales et temporelles des concentrations d'hydrocarbures, on devrait pouvoir disposer d'ensembles de données d'une importance similaire pour chaque point. Il faut donc faire preuve d'une grande prudence lorsqu'on interprète les données et que l'on en déduit des conclusions quant à l'état de pollution.

La technique de fluorescence aux UV a été souvent appliquée pour mesurer les concentrations dans les échantillons d'eau. Les résultats sont souvent communiqués en équivalents normalisés de chrysène et comprennent des indices comparatifs des divers formes brutes d'hydrocarbures par rapport au chrysène. Cette méthode est simple et suffisamment sensible pour permettre de déceler de très faibles concentrations de composés aromatiques du pétrole brut naturel. Toutefois, cette méthode a pour inconvénient d'être sensible à divers autres composés en plus des constituants aromatiques des hydrocarbures de pétrole.

Avec les techniques recourant au GC et au GC-NS, notamment avec colonne capillaire, on peut procéder à l'évaluation quantitative de composés simples connus, ce qui évite bon nombre des ambiguïtés soulevées par l'emploi de la fluorescence aux UV. Avec le procédé de surveillance ionique, les sensibilités de la technique au GC-MS sont comparables à celles de la fluorescence aux UV. Mais à l'inverse de cette dernière technique, les techniques au GC et au GC-MS sont sensibles à tous les composants des hydrocarbures de pétrole.

Tableau 5. Hydrocarbures de pétrole dissous/dispersés

Région	Année	Concentrations	Technique	Référence
Méditerranée occidentale				
Partie nord, au large	1973	10-2200 ppb (surface) (moyenne: 448) 3-37 ppb (10m) (moyenne: 15)	Fluorescence	Monaghan et coll. 1974
Partie sud, au large	1973	2-17 ppb (surface) (moyenne: 8,5 ppb) 2-7 ppb (10m) (moyenne: 4,3)	"	"
Mer Tyrrhénienne	1973	8-614 ppb (surface) (moyenne: 180) 3-19 ppb (10m) (moyenne: 7)	"	"
Côte française Villefranche-sur-Mer	1969	75 ug/l (50m)	GC	Barbier et coll. 1974
Mer d'Alboran	1975-77	4,3-14,6 ppb Surface (moyenne: 7,9)	Fluorescence	Faraco & Ros 1978
Partie nord du bassin occidental	"	2-6 ppb (surface) (moyenne: 3,3)	"	"
Partie sud du bassin occidental	"	1-123,5 ppb (surface) (moyenne: 17,5)	"	"
Mer Tyrrhénienne	"	1,9-20,5 ppb (surface) (moyenne: 7,4)	"	"
Côte française, Banyuls-sur-Mer	1975-78	0,05-5,0 mg/l (moyenne: 0,58)	IR	UNEP 1980

Tableau 5. Suite

Région	Année	Concentrations	Technique	Référence
Méditerranée occidentale	1983	0,3-5,0 ug/l	GC, n-alkanes	Sicre et coll. 1984
Croisière PHYCEMED II	"	1,36-2,40 ppbl. (max. 4,7)		de Leon 1984
Côte espagnole	"	0,06-3,40 ppbl. (max. 6,5)		"
Castellon	"	0,63-4,35 ppbl. (max. 7,6)		"
Sagunto	"	0,06-3,10 ppbl. (max. 4,0)		de Leon 1984
Valence	"	0,68-1,80 ppbl. (max. 2,9)		"
Côte espagnole	"	0,85-8,26 ppbl. (max. 4,0)		"
Cullera	"	1,15-3,15 ppbl. (max. 5,8)		"
Benidorm	"	0,26-6,50 ppbl. (max. 2,1)		"
Alicante	"	0,26-3,22 ppbl. (max. 4,7)		"
Guardamar	"			
Portman	"			
Carthagène	"			
Côte italienne	"	0,2-11,6 ug/l2. (moyenne: 3,26)	GC	Strusi 1984
Tarente, Mar Piccolo	"	0,5-23,0 ug/l3. (moyenne: 7,42)	"	"
"	"	0,1-36,0 ug/l4. (moyenne: 7,98)	"	"
Méditerranée centrale				
Sud de la mer Ionienne	1973	3-423 ppb (surface) (moyenne: 58) 2-120 ppb (10 m) (moyenne: 16)	Fluorescence	Monaghan et coll. 1974
Malte, eaux côtières	1977-78	0,02-0,29 ug/l	"	"
			"	UNEP 1980

Tableau 5. Suite

Région	Année	Concentrations	Technique	Référence
Méditerranée centrale				
Côte libyenne				
Sedra O, port de Tripoli	1980	20-28 ppb	Fluorescence	Gerges & Durgham 1982
Zawia	"	12,5-19 ppb	"	"
Janzur, Brega E et O,				
Zawia, Khoms O		4,6-5,3 ppb	"	"
Zlitan, Zwetina, Benghazi,		0,6-2,9 ppb	"	"
Sirte E, Tajura				
Sabratha, Derna, Sidi Blal				
Côte libyenne 5. 171 échantillons provenant de zones côtières		0,0-27,6 ppb (moy. 3,6 ppb)	"	MFRC, Tripoli 1981
Mer Adriatique				
Yougoslavie, Baie de Rijeka	1976-77	1-50 ug/l	"	PNUE 1980
"		0,1-1,1 mg/l	IR	
"		en dessous de 0,1 ug/l	GC	Ahel & Picer 1978
	1976-78	1-7 ug/l ("pollué")	Fluorescence	Ahel 1984
		0,2-0,5 ug/l ("non pollué")		
Méditerranée orientale				
Grèce				
Eaux côtières		en dessous de 3 ppb	"	Mimicos 1980
Golfe Saronique	1980-81	1,6-5,6 ug/l	"	Gabrielides et coll. 1982
Mer Egée	"	2,9-13,7 ug/l	"	"
Port de Thessalonique	1976-79	1,5 mg/l ⁷ .	IR	UNEP 1980
Port de Cavala	"	2,6 mg/l ⁸ .	"	"
Baie du Strymon	"	1,1 mg/l ⁸ .	"	"
Golfe de Patras	1977-83	0,12-28,2 ug/l	Fluorescence	Mimicos et coll. 1984
Estuaire du fleuve Acheloo	"	1,3-4,5 ug/l	"	"
Turquie				
Mersin-Akkuyu	1977-78	8,2-39,4 ug/l	"	UNEP 1980
Côte sud	1980-82	0,5-3,5 ug/l (moyenne: 1.5)	"	Sunay et coll. 1982

Tableau 5. Suite

Région	Année	Concentrations	Technique	Référence
Eaux du large entre la Turquie et Chypre	"	2,0-6,0 ug/l	Fluorescence	"
Baie d'Iskenderum	"	0,7-7,0 ug/l	"	"
Mer de Marmara	1983	0,88 ug/l (max. 8.07)	"	Sakarya et coll. 1984
Baie d'Izmit	"	0,75-5,0 ug/l	"	"
Mer Egée	"	0,14-1,39 ug/l	"	"
Eaux côtières de la Méditerranée	"	0,02-1,1 ug/l	"	"
Baie d'Iskenderum	"	0,11-1,0 ug/l	"	"
Baie de Candarli	1983-84	1,20-80,0 ug/l	"	Topcu & Muezzinglou, 1984
Allaga	"	0,53-7,30 ug/l	"	"
Baie de Saros	1983	0,77 ug/l	"	"
Baie d'Izmir	"	9,40 ug/l	"	"
Côte sud de l'Egée	"	0,86 ug/l	"	"
Eaux du large au sud du Chypre				
Sud-est de la Crète	1975-76	10-40 ug/l	"	UNEP 1980
Israël				
Ashkelon	1975-76	9,4-19,4 ug/l	"	"
Baie de Haifa	"	15,0-15,6 ug/l	"	UNEP 1980
Palmachim	"	10,7-12,5 ug/l	"	"
Lagune de Bardawil	"	20,6 ug/l	"	"
Tel Shikmona	"	1,1-45,3 ug/l	"	"
Egypte				
Alexandrie	1978-79	0,7-35,2 ug/l	"	Aboul-Dahab & Halim 1980b
"	1979-80	(moyenne: 3.7) ug/l 6,6-41,4 ug/l (nearshore)	"	Wahby & El Deeb 1980
Entrée du canal de Suez	1980-81	0,7-3,9 ug/l (offshore)	"	"
		0,5-14 ug/l	"	Samra et coll. 1982
Chypre, baie de Limassol	1983	2,6-8,1 ug/l	"	(Rapport adressé au COI, 1984)
baie de Larnaca	"	4,2-13,6 ug/l	"	"

Hydrocarbures de pétrole dissous/dispersés

Méditerranée occidentale

Les concentrations d'hydrocarbures de pétrole dissous/dispersés dans cette partie de la Méditerranée ont été communiquées par Barbier et coll., 1973; Monaghan et coll., 1974; PNUE, 1977 et 1980; Faraco & Ros, 1978; Sicre et coll., 1984; de Leon, 1984; et Strusi, 1984 (voir tableau 5). De échantillons recueillis au voisinage du littoral révèlent fréquemment des concentrations supérieures à 10 ppb, particulièrement s'ils sont prélevés près des zones industrielles et des embouchures des cours d'eau.

On a communiqué les résultats provenant de la portion de la côte espagnole comprise entre Castellon et Carthagène à partir d'échantillonnages effectués le long de 9 sections transversales (de Leon, 1984). Cette étude a permis d'enregistrer des concentrations se situant entre 0,06 et 8,26 ppb et représentant les valeurs moyennes à chaque station.

Dans la Mar Piccolo, Tarente, Italie, on a signalé des concentrations variant de 0,1 à 36 ug/l (Strusi, 1984). Les valeurs moyennes s'établissaient respectivement à 3,26, 7,42 et 7,98 ug/l pour 3 sites d'échantillonnage.

Pour les pays situés le long de la côte d'Afrique du Nord, les données sont rares ou manquent totalement.

Adriatique

Les résultats de l'analyse d'échantillons d'eau ont été communiqués par le PNUE, 1980; Ahel & Picer, 1978; et Ahel, 1984. Mais toutes ces études ont trait au secteur de la baie de Rijeka. Les concentrations relevées dans cette région varient de 0,1 ppb ou moins dans les parties non polluées à 50 ppb dans les parties polluées de cette baie.

Méditerranée centrale

Les seules concentrations provenant d'échantillonnages effectués au large ont été communiquées par Monaghan et coll., 1974. Pour les zones situées au voisinage du littoral (côte libyenne), Gerges & Durgham, 1982, signalent des concentrations comprises entre 0,6 et 28 ppb. Les valeurs les plus élevées (10-28 ppb) sont communiquées pour les zones situées au voisinage des principaux ports et terminaux pétroliers, tandis que pour les zones éloignées des grandes activités industrielles on fait état de concentrations relativement faibles (0,62-2,0 ppb). Des concentrations analogues variant de 0 (zone non polluée) à 27,6 ppb (zone polluée) ont été communiquées dans le cadre d'une étude réalisée par le Centre de recherches des pêches marines de Tripoli (MFRC, 1981).

Dans les eaux côtières du pourtour de Malte, on a signalé des concentrations de 0,02 à 0,29 ug/l (PNUE, 1980)

Méditerranée orientale

On dispose pour cette région du nombre relativement le plus important de données (PNUE, 1980; Aboul-Dahab & Halim, 1980b; Wahby & El Deeb, 1980; Mimicos, 1980; Samra et coll., 1981; Sunay et coll., 1982; Sakarya et coll., 1984; Gabrielides et coll., 1984; Mimicos et coll., 1984).

Pour les eaux côtières de la Grèce, les valeurs relevées varient de 0,1 à 2,6 ug/l (Mimicos et coll., 1984; Gabrielides et coll., 1984; Mimicos, 1980; PNUE, 1980). Les concentrations les plus élevées (1-2,6 ug/l) sont signalées pour les zones portuaires et ont été mesurées par la technique IR. Mais dans certaines études réalisées assez loin des grands secteurs industrialisés du continent, comme au large de la mer Egée, on enregistre des concentrations étonnamment élevées (plus de 10 ppb). Sakarya et coll., 1984, ont fait état de valeurs comprises entre 0,14 et 1,39 ug/l en mer Egée.

Pour les eaux turques, les données communiquées varient de 0,02 à 40 ug/l (Sunay et coll., 1982, 1984; Sakarya et coll., 1984). Pour les eaux côtières au sud-ouest de Mersin, on signale des concentrations faibles, de l'ordre de 1,5 ug/l (Sunay et coll., 1982). Toutefois, les mêmes auteurs font état de concentrations de 2,0-6,0 ug/l pour les zones du large situées entre la Turquie et Chypre. On peut expliquer ces concentrations relativement élevées par l'effet de la pollution due au trafic maritime dans cette région. Pour la baie industrialisée d'Iskenderun, on a communiqué des concentrations atteignant jusqu'à 7,0 ug/l (Sunay et coll., 1982). Sakarya et coll., (1984) ont relevé dans la même zone des concentrations variant de 0,11 à 1,0 ug/l. Ces auteurs font également état de valeurs atteignant jusqu'à 5,0 ug/l pour la baie d'Izmit et comprises entre 0,02 et 1,1 ug/l pour la côte méditerranéenne nord-est de la Turquie.

Pour les eaux côtières d'Israël, on a communiqué des concentrations relativement élevées de pétrole (PNUE, 1980). Pour les zones situées à proximité de ports, de raffineries de pétrole, d'embouchures de cours d'eau, etc., les valeurs se situaient entre 10 et 20 ug/l. Mais on a cependant enregistré aussi des concentrations assez élevées (2-5 ug/l) dans des zones côtières plus éloignées des centres industriels. Des concentrations élevées d'hydrocarbures dissous ont été décelées au sud de Chypre (25-40 ug/l) et au sud-est de la Crète (de 10 à plus de 40 ug/l).

On dispose de plusieurs rapports sur la pollution due au pétrole dans les eaux côtières d'Egypte (Aboul-Dahab & Halim, 1980b; Wahby et El Deeb, 1980; Samra et coll., 1982). On a relevé des concentrations atteignant 30-40 ug/l dans des zones soumises aux répercussions des diverses activités industrielles (Aboul-Dahab & Halim, 1980b; Wahby & El Deeb, 1980). Les mêmes auteurs font état de concentrations inférieures à 10 ug/l et généralement inférieures à 5 ug/l dans les eaux du large. Une étude portant sur la teneur en hydrocarbures des eaux atteignant la Méditerranée par le canal de Suez a été communiquée par Samra et coll. (1982). Elle indique que ces eaux contenaient de 0,5 à 14 ug/l d'hydrocarbures.

Dans les eaux côtières de Chypre, les concentrations relevées varient de 2,6 à 8,1 ug/l pour la baie de Limassol, et de 4,2 à 13,6 ug/l pour la baie de Larnaca (Rapport adressé au COI et non publié, 1984).

Résultats du projet MAPMOPP en Méditerranée

Les résultats du projet MAPMOPP ont été communiqués dans le rapport "Pollution globale par le pétrole" (COI, 1981). Dans l'ensemble, les concentrations d'hydrocarbures dissous/dispersés étaient inférieures à 5 ug/l dans la région. Mais on a fréquemment observé des zones fortement polluées en dehors des secteurs industrialisés du littoral. De même, on a souvent décelé des nappes d'eau à contamination élevée par le pétrole le long des voies suivies par les navires. Ces nappes prédominaient dans la région orientale qui est l'une de celles où sont autorisés les déversement des résidus pétroliers par les navires (figure 1). Les concentrations atteignaient ou dépassaient même 50 ug/l, ce qui donne à penser que des résidus pétroliers se trouvaient présents à l'état particulaire. Par comparaison, les concentrations relevées en Méditerranée centrale et occidentale étaient inférieures d'au moins un ordre de grandeur. Avec l'entrée en vigueur de la Convention internationale pour la prévention de la pollution par les navires (1973), modifiée par le Protocole de 1978 (MARPOL 1973/78), il est probable que ce tableau va s'améliorer progressivement.

Les concentrations, d'hydrocarbures de pétrole dissous/dispersés pour diverses régions de l'océan mondial, selon les résultats du MAPMOPP (COI, 1981), sont indiquées sur le tableau 6.

Tableau 6. Concentrations de résidus pétroliers dissous/dispersés pour diverses régions de l'océan mondial (n = nombre de valeurs; c = moyenne arithmétique, ug/l; s = écart type; log c = moyenne arithmétique des données après transformation logarithmique; GM = moyenne géométrique, ug/l) (COI, 1981)

Région	Statistiques normales			Statistiques log-normales			
	n	c	s	n	log c	s	GM
Baie de Baffin	104	0,11	0,12	93	-1,05	0,37	0,09
Océan Indien	45	60,1	92,7	36	0,95	1,29	8,9
Japon	1666	0,31	1,21	1640	-0,88	0,56	0,13
Mer Méditerranée	465	2,0	5,0	462	-0,48	0,94	0,33
Côte est de l'Amérique du Nord	80	0,11	0,10	71	-1,03	0,31	0,09
Mer du Nord	90	0,02	0,12	9	-0,81	0,38	0,15
Mer de Chine méridionale	272	0,20	0,28	256	-0,98	0,57	0,10
Détroit de Malacca	14	0,11	0,12	10	-0,89	0,27	0,13

Tableau 7. Hydrocarbures de pétrole dans les sédiments benthiques

Région	Concentrations	Référence
Côte française (de Fos-sur-Mer à Monaco) (1979)	Côte Bleue 20-950 ug/g (SW) composés aliphatiques + aromatiques Les Embiez 70-100 ug/g, aliph. + aromat. Monaco 50-80 ug/g, aliph. + aromat.	Mille, Chen & Dou, 1982
Côte espagnole 1980-82, large de Valence Large d'Alicante Large du delta de l'Ebre au voisinage des terminaux pétroliers, des embouchures de cours d'eau et des villes entre Alicante et le fleuve Ter (dates non communiquées)	0,6-2,3pp, (D/W) C ₁₄ -C ₂₀ (GC) 3-10m (0-5cm) 0,1-5,8 ppm (D/W) C ₁₄ -C ₂₄ (GC) 0,3-1,1 ppm (D/W) C ₁₅ -C ₂₄ (GC)	García-Regueira, J A, Rovira J Sanchez-Pardo, 1983 "
Turquie, baie d'Iskenderun 1980-82, 10-90 m de profondeur	1-62 ppm c.aliphatiques HC (D/W) (GC, GC-MS) 2-66 ppm c.aromatiques H (GC-MS, HPLC)	Albaiges et coll., 1982
Chypre (site inconnu) 90 m de profondeur, 1983	0,04-0,68 ug/g (PAHs) (GC) (moyenne: 0,24 ug/l)	Sunay et coll., 1982
Italie, Tarente, Mar Piccolo, 1983	0,114-0,135 ug/g fluorescence (4 échantillons)	(Lettre au COI)
Turquie Baie de Candarli, 1983-84 Aliaga, 1983-84 Baie de Saros, 1983 Baie d'Izmir, 1983 Côte sud de l'Egée, 1983	8 stations (1-10m de profondeur) 1,3-45 ug/g (D/W) moyenne: 14,73 4,3-375 ug/kg (f w), fluorescence 17,5-25 ug/kg (f w), " 1,000 ug/kg (f w), " 47,7 ug/kg (f w), " 157,5 ug/kg (f w), "	(Strusi, comm. personnelle) Topcu & Muezzinoglu, 1984 " " " "

Hydrocarbures de pétrole dans les sédiments benthiques

On dispose de très peu de données sur les concentrations d'hydrocarbures dans les sédiments benthiques (tableau 7). En ce qui concerne la Méditerranée occidentale, Garcia-Regueiro et coll. (1983) ont communiqué les résultats d'une étude réalisée au large de la côte espagnole. Les auteurs ont relevé des concentrations variant de 0,1 à 5,8 ppm (C₁₄ - C₂₄) en recourant à la technique GC. Les concentrations les plus élevées ont été décelées dans les sédiments au large d'Alicante (5,8 ppm), alors que les valeurs enregistrées au large du delta du Nil n'étaient que de 1 ppm. Ces concentrations sont faibles comparativement à celles communiquées par Albaiges et coll., (1982) pour la zone située entre Alicante et le fleuve Ter. Cette dernière étude indique des concentrations de 1-62 ppm (hydrocarbures aliphatiques) et de 2-66 ppm (hydrocarbures aromatiques) dans les sédiments recueillis au large des ports, des terminaux pétroliers et des embouchures de cours d'eau.

Pour le segment de la côte française compris entre Fos-sur-Mer et Monaco, Mille et coll. (1982) ont signalé des concentrations d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques variant entre 20 et 950 ppm. Les plus fortes concentrations ont été décelées au large d'une raffinerie.

Dans la Mar Piccolo, Tarente, Italie, on a enregistré dans 8 stations des concentrations moyennes de 14,7 ppm d'hydrocarbures aliphatiques et aromatiques à des profondeurs de 1 à 10 m (Strusi, 1984). La concentration maximale relevée dans cette étude s'établissait à 45 ppm, ce qui paraît plutôt élevé si l'on considère que la mytiliculture est pratiquée dans cette baie.

En ce qui concerne la Méditerranée orientale, on dispose de résultats pour Chypre et la Turquie. Les concentrations de 0,114 à 0,135 ug/g relevées à Chypre concernent des échantillons sédimentaires recueillis à 90 m de profondeur (Rapport adressée au COI, 1984). Dans la baie d'Iskenderun, Sunay et coll. (1982) ont relevé des concentrations moyennes de 0,24 ug/g dans les sédiments. Les échantillons avaient été prélevés à 10-90 m de profondeur et l'intervalle de variation des concentrations était de 0,04-0,68 ug/g.

Nappes de pétrole, goudrons flottants et goudrons decélés sur les rivages

Dans le cadre du MAPMOPP (Projet pilote de surveillance continue de la pollution des mers), il a été effectué à bord de navires des observations visuelles des nappes de pétrole (COI, 1981). Chaque fois qu'une nappe était aperçue, on relevait ses données: position, dimensions, date et heure, etc. Comme il est aussi important de connaître quelles zones ne sont pas polluées que celles qui le sont, un rapport était établi toutes les 24 heures, même lorsqu'aucune pollution n'avait été observée. En Méditerranée, des nappes de surface ont été décelées dans plus de 10 % des observations, et pratiquement sur toute l'étendue de la région (figure 3). Ces données, comparées avec les résultats du MAPMOPP communiqués pour d'autres régions, attestent qu'il existe une pollution de surface relativement étendue en Méditerranée.

Les rapports dont on dispose pour les goudrons flottants en Méditerranée sont donnés sur le tableau 8. Il ressort de ces données que les valeurs normales pour les zones du large atteignent jusqu'à 5 mg/m², alors que dans les eaux côtières les concentrations peuvent être beaucoup plus élevées (10-100 mg/m²). Oren (1970) a communiqué les concentrations de goudrons en Méditerranée orientale. Il a enregistré les concentrations comparativement

les plus élevées entre Chypre et le littoral du Liban. Ces constatations ont été mises en rapport avec les courants géostrophiques qui prédominent dans cette zone. Ces courants forment une giration avec des aires de calme entre Chypre et le Liban, et les goudrons se concentrent à cet endroit. Durant les tempêtes, cette zone alimente en goudrons les côtes de la Syrie, du Liban et du nord d'Israël.

Les données disponibles sur les goudrons des plages en Méditerranée figurent sur le tableau 9. Malheureusement, ces données sont exprimées en poids par mètre de plage, alors que dans la plupart des cas on utilise le poids par mètre carré. Les concentrations de goudrons les plus élevées ont été relevées en Méditerranée orientale. Golik (1982) fait état de concentrations moyennes de 884 à 4.388 g/m accumulées sur 6 plages d'Israël pendant 13 mois. On a decélé des concentrations maximales supérieures à 10.000 grammes sur 5 de ces 6 plages. Sur les rivages d'Israël, on a enregistré une quantité moyenne de goudrons de 3.625 kg/m de plage au cours du projet MED POL (1977).

Des valeurs moyennes se situant aux alentours ou au-dessus de 100 gr/m² sur une période de 7 ou 15 jours ont été communiquées pour les plages d'Alexandrie, Egypte (Aboul-Dahab & Halim, 1980a; Wahby & El Deeb, 1980; Wahby, 1978).

Pour Chypre, on a signalé les concentrations de goudrons de la plage de Lara (Paphos) (PNUE, 1980; rapport adressé au COI et non publié). Les valeurs correspondant à novembre 1977 - novembre 1978 peuvent être confrontées à celles de mai - décembre 1983. On constate en 1983 des concentrations considérablement plus faibles de goudrons par rapport à 1977 - 1978. Les valeurs moyennes par mois ont chuté de 360,4 g/m² (intervalle de variation: 23,7-967,1) à 90,8 g/m² (intervalle: 17,0 - 252,0). Malheureusement, les données disponibles ne permettent pas de procéder à d'autres comparaisons de ce type.

Hydrocarbures de pétrole dans les organismes marins

Quelques études ont été réalisées sur la fixation des hydrocarbures par les organismes de la Méditerranée. Pour la côte espagnole, les analyses d'échantillons de poissons et mollusques prélevés à l'embouchure du Ter et au sud du delta de l'Ebre ont été communiquées par Albaigés et coll., 1982; Ballester et coll., 1982; Albaigés et coll., 1984; Risebrough et coll., 1983.

Risebrough et coll. (1983) ont recouru au concept de surveillance des moules lors d'une étude portant sur les hydrocarbures dans des mollusques provenant du delta de l'Ebre. Des moules (Mytilus galloprovincialis), des huîtres (Ostrea edulis) et des clams (Vanus gallinae) ont été choisis comme organismes indicateurs. Les taux d'hydrocarbures accumulés par les moules étaient généralement élevés, de l'ordre de 100-800 ug/g. Ces concentrations étaient équivalentes à celles enregistrées dans les moules des ports et baies les plus pollués de la Californie (tableau 10). Toutefois, les répartitions respectives des stéranes et triterpanes pentacycliques dans les moules étaient différentes de celles relevées dans le pétrole d'une champ pétrolifère d'exploitation locale, ce qui indique que le pétrole local ne contribuait pas à la pollution observée.

Tableau 8. Goudrons flottants

Région	Concentrations	Référence
Egypte au large d'Alexandrie 1978-79	0-8,9 mg/m ² (moyenne 2.8 mg/m ²)	Aboul-Dahab & Halim, 1980a
au large d'Alexandrie 1977-79	0,05-1,33 mg/m ³	Wahby & El Deeb, 1980
au large d'Alexandrie	0,05-1,06 mg/m ³	Wahby, 1978
Méditerranée occidentale Mer d'Alboran	0,04 mg/m ² -77,7 mg/m ² 0,6 mg/m ² (moyenne)	Ros & Faraco, 1978 Ros & Faraco, 1978
Partie nord du bassin occidental	5,4 mg/m ² (moyenne)	Ros & Faraco, 1978
Partie sud du bassin occidental	3,9 mg/m ² (moyenne)	Ros & Faraco, 1978
Mer Tyrrhénienne 1975-77	0,9 mg/m ² (moyenne)	Ros & Faraco, 1978
Alexandrie, golfe d'El-Sallum, 1970-78	0-58,3 mg/m ²	El-Hehyawi, 1978
Mer d'Alboran 1981-82	0,01-25,6 mg/m ² (average 0,8 mg/m ²)	De Armas, 1984
Nord-est de la Méditerranée 1983-84	0-33,4 mg/m ²	Saydam et coll., 1984

Tableau 9. Goudrons décelés sur les rivages

Site de l'échantillonnage	Quantités de goudrons/ Fréquence d'échantillonnage	Référence
Egypte, Alexandrie sept. 1978 - juin 1979	3-406 g/m/7 jours moyenne 98 g/m/7 jours	Aboul-Dahab & Halim 1980a
Egypte, Alexandrie avril 1979 - oct. 1979	21-347 g/m ² /15 jours moyenne 131 g/m ² /15 jours	Wahby & El Deeb, 1980
Egypte, Alexandrie avril 1977 - avril 1978	3,5-380 g/m ² /15 jours	Wahby, 1978
Israël (moy. de 6 plages) avril 1975 - juin 1976	4,6 g/m ² /15 jours	Golik, 1982
Malte, baie d'Anchor avril 1977 - sept. 1978	62,3 g/m ² /15 jours	PNUE, 1980
Malte, baie de Marsaxlokk avril 1977 - sept. 1978	6,3 g/m ² /15 jours	PNUE, 1980
Chypre, Ladies Mile (Limassol) nov. 1977 - nov. 1978	32,8 g/m ² /30 jours (intervalle: 5,2-102)	PNUE, 1980
Chypre, Lara (Paphos) nov. 1977 - nov. 1978	360,4 g/m ² /30 jours (intervalle: 23,7-967,1)	PNUE, 1980
Liban, Ramlet avril 1977 - juin 1978	4 g/m ² /30 jours	PNUE, 1980
Liban, Sidar avril 1977 - juin 1978	3,4 g/m ² /30 jours	PNUE, 1980
Turquie, Erdemli 1977 - 78	24,3 g/m ² , 3 échantillons	PNUE, 1980
Chypre, Lara (Paphos) Markonisos (Ayia Napa) nov. - déc. 1983	17,0-252,0 g/m ² /30 jours (moyenne: 90,8) 2,5-62,0 g/m ² /30 jours (moyenne: 17,16)	(Rapport adressé ai COI et non publié)
ISRAEL		
El Arish (13 mois, 1975-76)	Moyenne: 884 g/m intervalle: 30-2.055	Golik, 1982
Ashgelon (13 mois, 1975-76)	Moyenne: 3.014 g/m intervalle: 391-11.138	"

Tableau 9. Suite

Site de l'échantillonnage	Quantités de goudrons/ Fréquence d'échantillonnage	Référence
Ga'ash (13 mois, 1975-76)	Moyenne: 4.186 g/m intervalle: 254-12.150	Golik, 1982
Bet Yannay (13 mois, 1975,76)	Moyenne: 4.114 g/m intervalle: 375-14.759	"
Atlit (13 mois, 1975-76)	Moyenne: 4.388 g/m intervalle: 678-13.052	"
Rosh Ha Nigra (13 mois, 1975-76)	Moyenne: 3.902 g/m intervalle: 4221-13.502	"
Espagne, 1983		(de Leon, lettre adressée au COI)
Castellon	Moyenne 0,10 mg/m ² (max 0,13)	"
Sagunto	Moyenne 7,0 mg/m ² (max 12,0)	"
Valence	Moyenne 0,06 mg/m ² (max. 2,0)	"
Cullera	Moyenne 0,06 mg/m ² (max 0,9)	"
Benidorm	Moyenne 2,0 mg/m ² (max 10,0)	"
Alicante	Moyenne 0,2 mg/m ² (max 0,4)	"
Guardamar	Moyenne 0,7 mg/m ² (max 2,0)	"
Portman	Moyenne 0,1 mg/m ² (max 0,3)	"
Carthagène	Moyenne 0,7 mg/m ² (max 0,6)	"
France, 1982		
Valras (Cap d'Adge, 1er mai)	19,2 g/m	CNEXO, 1982
Marseille-Montegenet (avril 28)	0,3 g/m	"
Antibes (27 avril)	36,4 g/m	"

Tableau 10. Répartition des mélanges d'hydrocarbures complexes, principalement de pétrole, dans des bivalves provenant du voisinage du delta de l'Ebre en 1980, et des côtes de Californie en 1978-1979.

Les concentrations sont exprimées en ug/g de poids à l'état sec, moyennes arithmétiques et écarts types. Données communiquées par Risebrough et coll., 1980 et 1983. Code des espèces: 1 = Mytilus galloprovincialis, 2 = Venus gallinae, 3 = Ostrea edulis, 4 = Mytilus edulis, and 5 = Mytilus californianus

Région	Code de l'espèce	Nombre d'échantillons	Fraction saturée	Fraction aromatique	Total
Espagne					
Vandellos	1	1	160	7,2	170
Ampolla	1	1	290	10	300
Fondeadero del Fangal	1	1	18	0,4	18
	2	1	28	0,9	29
	3	1	22	0,8	23
San Carlos de la Rapita	1	1	270	22	290
Casa de Alcanar	1	1	160	8,5	170
Nord de Vinaroz	1	1	94	3,0	97
Peniscola	1	1	740	66	810
Californie					
Baies et ports	4	3	180+50	47+7	220+45
Lieu de Goleta, suintement naturel	5	4	115+91	290+150	410+230
Iles de la Californie méridionale	5	14	10+3	3+0,8	12+4
Littoral de la Californie méridionale	5	12	53+59	11+10	64+68
Côte de la Californie centrale	5	16	7+3	3+1	9+4
Côte de la Californie septentrionale	5	16	7+3	3+2	9+4

Une étude des teneurs en hydrocarbures des tissus de trois espèces de poisson (Mullus barbatus, Merluccius merluccius, Trachurus trachurus) a été communiquée par Albaigés et coll. (1984). Cette étude a révélé que les taux de base dans les tissus musculaires pour la zone comprise entre Barcelone et la frontière française étaient respectivement de 5-12 ug/g et 2-7 ug/g (poids à l'état sec) pour les hydrocarbures saturés et aromatiques. On a décelé des concentrations plus élevées dans le poisson provenant du large de Barcelone et de l'Ebre.

Dans une autre étude réalisée par Albaiges et coll. (1982), les auteurs ont relevé des concentrations relativement élevées d'hydrocarbures dans des bivalves provenant de cette même zone. Des concentrations de 190-216 ug/g (poids à l'état sec) ont été enregistrées à proximité des ports et des embouchures de cours d'eau (delta de l'Ebre). Toutefois, pour les poissons pélagiques, on a relevé des concentrations plus faibles des échantillons tissulaires (moins de 10 ug/g). Une étude de Ballester et coll. (1982) portant sur des moules provenant d'une plate-forme de forage du delta de l'Ebre a indiqué des concentrations atteignant 20 à 30 ug/g.

Pour les autres régions de la Méditerranée, il existe peu d'études sur la contamination de organismes par le pétrole. Pour la côte turque, notamment la baie d'Iskenderun, il a été réalisé une étude sur la teneur du poisson en PAH (Sunay et coll., 1982). Cette étude a mis en évidence des concentrations de 0,04 à 7,3 ug/g dans le tissu musculaire et hépatique provenant de 5 espèces de poisson. Les concentrations moyennes dans le muscle et le foie s'établissaient respectivement à 0,13 et 0,79.

Pour la Mar Piccolo, Tarente, Italie, on a communiqué une étude sur les teneurs des moules en hydrocarbures (Strusi, 1984). Les résultats qui sont exprimés en concentrations par poids à l'état humide varient de 0,5 à 10,1 ug/g, soit une moyenne de 2,7 ug/g. Si ces résultats étaient exprimés en concentrations par poids à l'état sec, on obtiendrait des chiffres environ dix fois plus élevés.

Des données sur les hydrocarbures de pétrole ont été communiquées pour un nombre important de régions du monde (voir par exemple: Goldberg et coll., 1978; Farrington et coll., 1980). Dans les zones reculées, on enregistre normalement une augmentation de la concentration atteignant deux ordres de grandeur par rapport à la charge naturelle, à proximité de sources connues d'apport de composés de combustibles fossiles. Les niveaux naturels ou de base dans les zones non polluées sont normalement inférieurs à 10 ug/g (poids à l'état sec). Il s'ensuit donc que les concentrations relevées pour certaines parties de la côte espagnole indiquent nettement un état de pollution grave.

EFFETS DES HYDROCARBURES DE PETROLE SUR LES ECOSYSTEMES MEDITERRANEENS

La pollution des produits comestibles de la mer par les hydrocarbures a fait l'objet de communications sporadiques pour diverses zones de la mer Méditerranée. C'est ainsi que l'on a fait part d'Espagne, de France, d'Italie et de Yougoslavie (Le Sourd, 1977) de quelques études portant sur le goût de pétrole relevé dans les poissons et les moules. De Bizerte, en Tunisie, il a été adressé une communication concernant la pollution et éventuellement la mort de certains organismes marins, des langoustes notamment. Une dégradation du milieu due à la pollution par les hydrocarbures a également fait l'objet d'un rapport pour la mer de Marmara et la baie d'Izmir en Turquie, ainsi que pour le golfe de Naples et celui de Cagliari, les lagunes de Venise et la baie de Muggia en Italie (Le Sourd, 1977). Dans tous ces cas, la reproduction des poissons et des mollusques a été affectée, ce qui a entraîné des répercussions sur les pêches. A part ces données, on ne dispose pas d'études sur les effets de la pollution par les hydrocarbures sur les écosystèmes méditerranéens.

Toutefois, dans d'autres régions, on a mené des investigations qui ont mis en évidence le spectre complet des effets des déversements accidentels d'hydrocarbures sur diverses parties des écosystèmes. Parmi ces études, on citera celles qui ont suivi les déversements accidentels des navires suivants: Torrey Canyon, Cornouailles, Angleterre, 1967 (Southward & Southward, 1978); Florida, West Falmouth, Massachusetts, USA, 1969 (Sanders, 1978); Arrow, baie de Chedabucto, Nouvelle-Ecosse, Canada, 1970 (Thomas, 1978); Amoco Cadiz, Bretagne, France, 1978 (Laubier, 1980); Argo Merchant, banc de Geroges, nord-ouest de l'océan Atlantique, 1976 (Université de Rhode Island, 1978); et Tsesis, mer Baltique, 1977 (Linden et coll., 1979). Tous ces déversements accidentels sont survenus dans des zones de climat tempéré. Il est possible que, en raison de la température plus élevée de la Méditerranée, l'impact créé soit légèrement différent. Ainsi, les effets aigus peuvent être un peu plus marqués alors qu'à long terme il est possible qu'il se produise une reconstitution plus rapide. Toutefois, il y a tout lieu de penser que les conclusions générales susceptibles d'être tirées de ces études s'appliquent également à des déversements accidentels survenant en Méditerranée. Par conséquent, on donne ci-après une récapitulation succincte des conclusions générales déduites des déversements accidentels précités.

La reconstitution des écosystèmes altérés par la pollution pétrolière varie considérablement. Dans certains cas, des déversement massifs n'ont entraîné que des effets mineurs, alors que dans d'autres cas des quantités de pétrole réduites ont occasionné des effets graves et même à long terme sur des parties importantes de l'écosystème marin. Des facteurs à la fois abiotiques et biotiques régissent le degré d'ampleur des conséquences biologiques de chaque déversement de pétrole, et ce sont l'interaction et la contribution respective de chacun de ces facteurs qui sont déterminantes.

Un paramètre abiotique important pour le degré d'ampleur des dommages biologiques et le délai nécessaire à une reconstitution complète consiste dans la capacité de la zone d'eau polluée à être diluée à des concentrations trop faibles pour occasionner des effets létaux ou sublétaux prononcés. Sur ce point, il est manifeste que la quantité de pétrole déversée ainsi que la morphologie et l'hydrographie de la zone atteinte sont importantes. Il apparaît donc à l'évidence que des déversement pétroliers uniques dans des aires du large où les eaux ont une profondeurs considérable provoquent moins de dommages biologiques que le pétrole déchargé à proximité de la côte ou dans des masses d'eau peu profondes et enfermées. Les effets sur les populations d'oiseaux de mer peuvent toutefois être graves dans l'un ou l'autre de ces cas. Les conséquences de l'accident de l'Argo Merchant (1976) semblent offrir l'exemple d'un déversement occasionnant des dommages relativement réduits à l'écosystème de la région concernée, alors que celui du Florida, à West Falmouth, Massachusetts, illustre un déversement proche du littoral où la concentration au sein de la masse d'eau confinée atteint rapidement des niveaux toxiques. Cependant, le type de pétrole en cause a joué également un rôle important dans ces deux cas (voir plus bas).

En outre, les déversements survenant à proximité d'un littoral dégagé dans des zones comportant des marées de vaste amplitude et de bons échanges d'eau semblent provoquer des dommages considérablement moindres que les déversements se produisant dans des baies sans marée et des archipels où les vents et les courants ne peuvent diluer le pétrole. Bien que localement étendus, les dommages causés par les quantités massives de pétrole déversées par le Torrey Canyon n'ont pas semblé comporter d'effets à long terme. Mais cela ne s'applique pas aux zones où l'on fait un usage étendu de dispersants pour éliminer le pétrole. Si l'on tient compte de la quantité énorme de pétrole

qui a été libérée, les conséquences restreintes qu'a eues jusqu'à ce jour le naufrage de l'Amoco Cadiz donnent également à penser qu'il se produit une reconstitution assez rapide, du moins dans les sites exposés. En revanche, le déversement accidentel du Tsesis a occasionné des dommages relativement durables dans l'archipel enfermé et à faibles turbulences.

La plupart des études concernant les déversements accidentels qui ont révélé des effets à long terme sur les communautés marines avaient trait à des déversements dans lesquels le pétrole s'est accumulé dans des sédiments à fines particules dans la zone intertidale ou la zone sous-tidale où la dégradation et l'évaporation du pétrole sont lentes ou quasi inexistantes. L'action à long terme des hydrocarbures aromatiques à poids moléculaire élevé devient plus marquée en pareilles circonstances. Les accidents du Florida (West Falmouth), de l'Arrow et du Tsesis illustrent des déversements où le pétrole s'est accumulé dans des sédiments, ce qui a ainsi prolongé les effets.

Un autre facteur abiotique de grande importance pour l'ampleur des dommages consiste dans la composition du pétrole déversé. Les produits raffinés légers comme le fuel n° 2 ou des dérivés similaires renfermant une forte proportion d'hydrocarbures aromatiques légers, aisément solubles, sont considérablement plus toxiques que les pétroles bruts courants ou les produits raffinés lourds. En outre, les produits raffinés légers sont d'ordinaire plus facilement émulsifiés sous l'action des vagues au sein de la masse d'eau. Le déversement accidentel du Florida concernait justement un gas-oil léger qui a entraîné des effets à long terme très marqués sur les communautés voisines du littoral. Le déversement du Tsesis qui est également survenu à proximité de la côte et concernait approximativement la même quantité de produits raffinés lourds (fuel n° 5) a entraîné un impact moindre sur l'écosystème côtier.

L'ampleur des dommages causés à diverse communautés

Il existe quelques études portant sur les effets de déversement uniques de pétrole sur les communautés planctoniques. Certains effets ont été observés sur le phytoplancton à la suite des accidents pétroliers du Torrey Canyon, du Santa Barbara (Straughan, 1971) et du Tsesis. Ces effets ont cependant été mineurs. On a observé quelques répercussions sur le zooplancton à la suite du déversement du Torrey Canyon, bien que ces effets aient vraisemblablement été en relation avec la toxicité des dispersants plutôt qu'avec le pétrole lui-même. L'accident de l'Amoco Cadiz a, semble-t-il, entraîné des effets sur le zooplancton pendant une période de quelques mois consécutive au déversement dans des zones du large. Après l'accident de l'Argo Merchant, on a observé certains effets sur le zooplancton dans l'aire souillée par le pétrole. Mais ces effets ne paraissent avoir été très marqués. Après le déversement du Tsesis, le zooplancton n'a été sévèrement atteint qu'aussitôt après l'accident et dans les proches parages de l'épave.

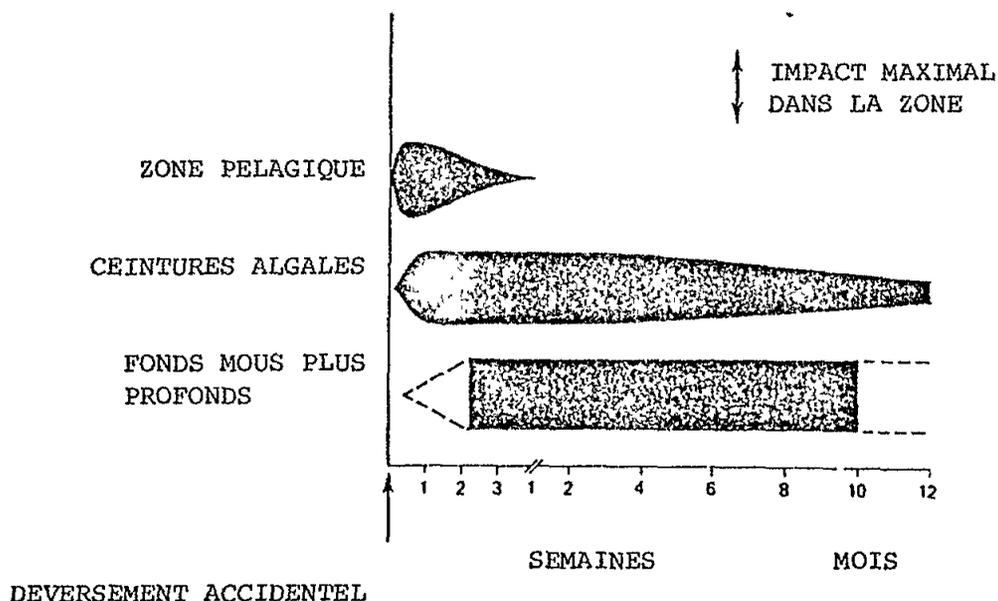
En se fondant sur ces observations, on peut en déduire que les effets des déversement pétroliers sur les communautés planctoniques n'ont pas un caractère durable. Les échanges d'eau et les turbulences dans les zones du large diluent rapidement le pétrole et replacent les communautés atteintes. Il paraît probable que le délai nécessaire à la reconstitution des communautés planctoniques altérées par des déversement uniques se pose en termes de semaines plutôt que de mois.

On a mené plus fréquemment des études dans la zone littorale. Des dommages étendus et durables ont été occasionnés aux communautés littorales à la suite des déversements accidentels du Tampico Maru, du Florida, de l'Arrow et du Tsesis. Ces accidents se sont produits dans des baies et des estuaires où le pétrole répandu n'a pas été suffisamment dilué. Dans plusieurs cas, le pétrole s'est accumulé et a été retenu dans les sédiments. Lors des accidents du Tampico Maru et du Florida, le pétrole déversé contenait des produits extrêmement toxiques. Dans le cas de l'Amoco Cadiz, ces produits ont provoqué des effets aigus graves le long du littoral de la Bretagne. Mais à l'exception des estuaires, le déversement ne semble pas avoir d'impact à long terme dans la zone littorale. Le pétrole provenant du Torrey Canyon n'a pas entraîné par lui-même d'effets marqués à long terme dans la zone littorale. Les effets durables ont été dus aux dispersants.

Il ressort de ces études que les répercussions sur les communautés littorales peuvent être sévères et durables en fonction de l'intervention d'un certain nombre de facteurs. La reconstitution des communautés atteintes est habituellement une question de plusieurs années. Dans le pire des cas, le délai nécessaire à une reconstitution complète peut prendre une ou plusieurs décennies.

On ne dispose que de quelques études concernant l'impact de déversements massifs de pétrole sur les communautés benthiques situées dans les zones sous-littorale et sous-tidale. Les études effectuées à la suite des accidents du Florida (West Flamouth) et du Tsesis indiquent toutefois que l'impact dans cette zone peut être prononcé et éventuellement durer plus longtemps que dans toute autre partie de l'écosystème. Le déversement du Tsesis a occasionné des effets sur les communautés de la zone sous-littorale à fonds mous; ces effets ont duré plus longtemps que dans la zone littorale. Le pétrole s'est incorporé au sein des sédiments et des organismes, et comme les échanges d'eau étaient restreints et que la température et la teneur en oxygène étaient faibles, le pétrole s'est maintenu sur une durée plus longue que dans la zone littorale.

La figure ci-dessous indique schématiquement quelles ont été les répercussions du déversement accidentel du Tsesis sur les diverses parties de l'écosystème.



Durée et intensité des perturbations écologiques consécutives au déversement pétrolier du Tsesis dans les trois principaux biotopes étudiés. L'intensité est donnée comme estimation subjective concernant l'impact maximal enregistré sur chaque biotope, étant donné que la valeur des comparaisons établies entre les biotopes est sujette à caution. D'après Linden et coll., 1979

On ignore si la figure ci-dessus rend également compte du processus général de reconstitution consécutif à tous les déversement accidentels dans lesquels le pétrole atteint à la fois les zones pélagique, littorale et sous-littorale, ou si elle reflète une situation exceptionnelle. La raison de cette ignorance tient surtout au fait que très rares sont les cas où les investigations ont porté à la fois sur ces trois habitats. Les notions générales acquises sur la tolérance envers les agressions des organismes vivant dans la zone littorale et la zone tidale par rapport à la tolérance des organismes vivant en zone plus profonde, ainsi que sur la fréquence des échanges d'eau et donc sur la capacité de dilution dans les zones de surface proches du littoral par rapport aux zones de fonds autorisent toutefois à penser que la figure rend compte d'un processus général applicable à tous les autres cas de déversement pétrolier. De plus, les conditions de dégradation du pétrole quant à la température et la teneur en oxygène permettent valablement de généraliser en ce qui concerne l'ampleur des dommages et le schéma de reconstitution observés dans les trois habitats marins à la suite du déversement pétrolier accidentel du Tsesis.

RECHERCHES PRECONISEES

Un examen des données actuelles sur la pollution par les hydrocarbures en Méditerranée montre qu'il existe des lacunes manifestes dans certaines zones:

- On connaît mal l'étendue de la pollution par les hydrocarbures dans plusieurs zones. Ainsi, pour la région de la côte sud de la Méditerranée, à l'exception de la Libye et de l'Egypte, on manque totalement de données sur les teneurs en hydrocarbures de l'eau, des sédiments et des organismes marins. Néanmoins, pour d'autres zones du nord et de l'est, on a besoin de données supplémentaires sur les concentrations d'hydrocarbures de pétrole.
- On devra s'employer à surveiller l'apport total d'hydrocarbures dans différentes régions de la mer Méditerranée. Cela implique notamment une évaluation des concentrations d'hydrocarbures dans les cours d'eau ainsi que dans les effluents des villes et des zones industrielles. On devra également s'efforcer de surveiller les retombées atmosphériques et les apports dûs aux suintements naturels.
- On dispose de fort peu de données sur les effets de la pollution par les hydrocarbures sur les écosystèmes méditerranéens. On devra réaliser des études à la fois dans les zones soumises à une pollution chronique et dans les zones exposées à des déversements accidentels massifs. Ces études porteront en premier lieu sur les écosystèmes benthiques et littoraux. Toutefois, il s'impose également d'étudier l'impact sur les populations d'oiseaux et sur les pêches.
- On mènera des investigations régionales afin de décrire les écosystèmes côtiers et d'en effectuer le relevé topographique, en s'attachant principalement aux bordures littorales et à la faune sensibles aux hydrocarbures, et afin de déterminer également leur vulnérabilité respective aux hydrocarbures déversés accidentellement. Ces données pourront fournir une base permettant d'établir les interventions prioritaires en cas de déversements accidentels et d'aider à sélectionner des méthodes de protection et de nettoyage pour les zones sensibles aux hydrocarbures.

CONCLUSIONS

La mer Méditerranée est l'une des régions du monde les plus polluées par les hydrocarbures. On estime à environ 0,8 millions de tonnes par année les quantités totales pénétrant en Méditerranée. Les concentrations de résidus d'hydrocarbures dissous/dispersés dans l'eau sont généralement inférieures à 5 ug/l dans les zones "non polluées" du large, tandis qu'on a observé des concentrations voisines ou supérieures à 10 ug/l dans les zones côtières. Les concentrations les plus élevées ont été relevées en Méditerranée orientale. Dans les eaux du large au sud de Chypre et au sud-est de la Crète, on a enregistré jusqu'à 40 ug/l, et par contre jusqu'à 35 ug/l dans les régions côtières d'Israël et de l'Égypte. On a décelé des concentrations relativement élevées (10 à 50 ug/l) à proximité des zones industrialisées dans la plupart des parties de la Méditerranée. Les concentrations d'hydrocarbures de pétrole dans les sédiments benthiques sont normalement très inférieures à 1 ppm dans les zones non polluées, alors qu'à proximité des ports, des terminaux pétroliers et des embouchures de cours d'eau on a relevé des concentrations atteignant jusqu'à 100 ppm ou plus. Les concentrations de goudrons flottants s'établissent fréquemment à quelques mg/m², tandis qu'on a enregistré, à l'occasion, des chiffres beaucoup plus élevés (30 à 80 mg/m²). Le degré de pollution par les goudrons a été enregistré et les zones qui paraissent être particulièrement exposées à ce type de pollution comprennent des parties de Chypre, d'Israël et de l'Égypte. On a communiqué les teneurs en hydrocarbures des organismes marins - notamment des poissons et des bivalves - pour certaines zones. Les teneurs des poissons sont normalement inférieures à 10 ug/g de poids à l'état sec, alors qu'on a signalé des teneurs beaucoup plus élevées chez les bivalves. Ainsi, dans les moules et les huîtres, on a fait part de teneurs de l'ordre de 100 à 800 ug/g (poids sec) pour certaines parties de la côte espagnole.

On dispose de peu de renseignements concernant les effets de la pollution par les hydrocarbures sur les écosystèmes de la mer Méditerranée. Toutefois, l'ampleur des dommages causés à l'écosystème marin et le délai nécessaire à la recolonisation et à la reconstitution des écosystèmes altérés résultent de l'interaction et de la contribution respective d'un certain nombre de facteurs, à savoir:

- La capacité de dilution de l'eau polluée, laquelle dépend des turbulences, des courants, des vents, des échanges d'eau, de la proximité du littoral, de la profondeur et de la quantité de pétrole déversée.
- La présence de milieux à faible énergie tels que les baies et estuaires vaseux, les sédiments de fonds mous dans les zones sous-littorale et sous-tidale.
- Le type de pétrole en cause est important, tant en ce qui concerne sa teneur en composés toxiques que son aptitude à être émulsionné.
- Les conditions météorologiques telles que les vents, l'action des vagues et la température.
- Les distances géographiques au sein de la zone atteinte par le déversement.
- La saison de l'année à laquelle le déversement se produit.

Les études sur les lieux du sinistre que l'on a effectuées jusqu'à présent à la suite des déversements pétroliers accidentels indiquent que:

- Les effets sur les communautés pélagiques sont rarement très marqués et le délai de reconstitution est habituellement une question de semaines, voire de un ou deux mois.
- Les effets sur les communautés des zones littorale et tidale peuvent être très agressifs, auquel cas la reconstitution nécessite éventuellement des années ou des décennies.
- Les effets sur les communautés de la zone sous-littorale ou sous-tidale peuvent également être très prononcés, et ils peuvent même s'exercer plus longtemps que sur les communautés de la bande littorale.
- Les effets sur les populations d'oiseaux sont souvent graves et certaines espèces sont menacées d'extinction.

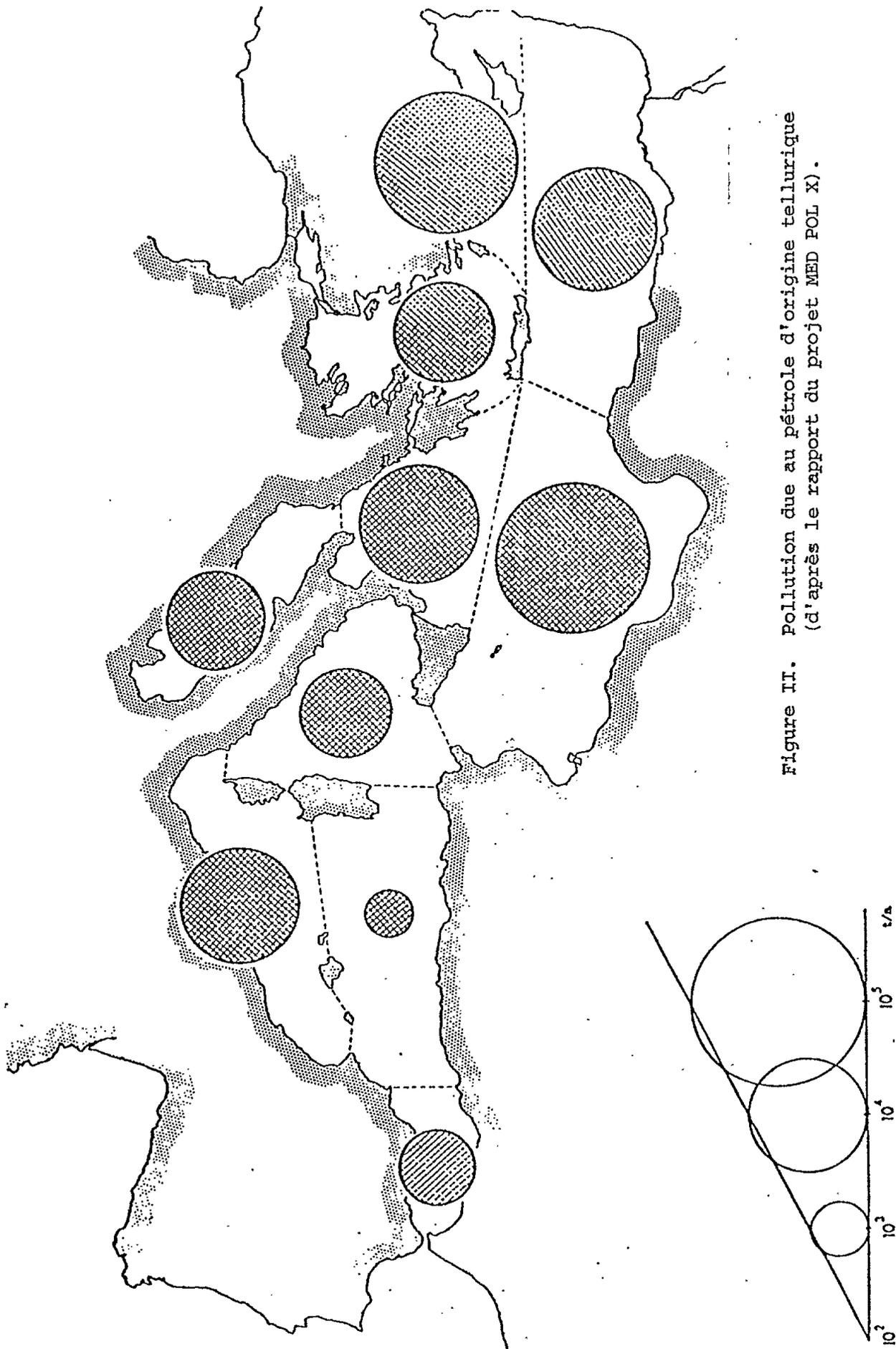


Figure II. Pollution due au pétrole d'origine tellurique
(d'après le rapport du projet MED POL X).

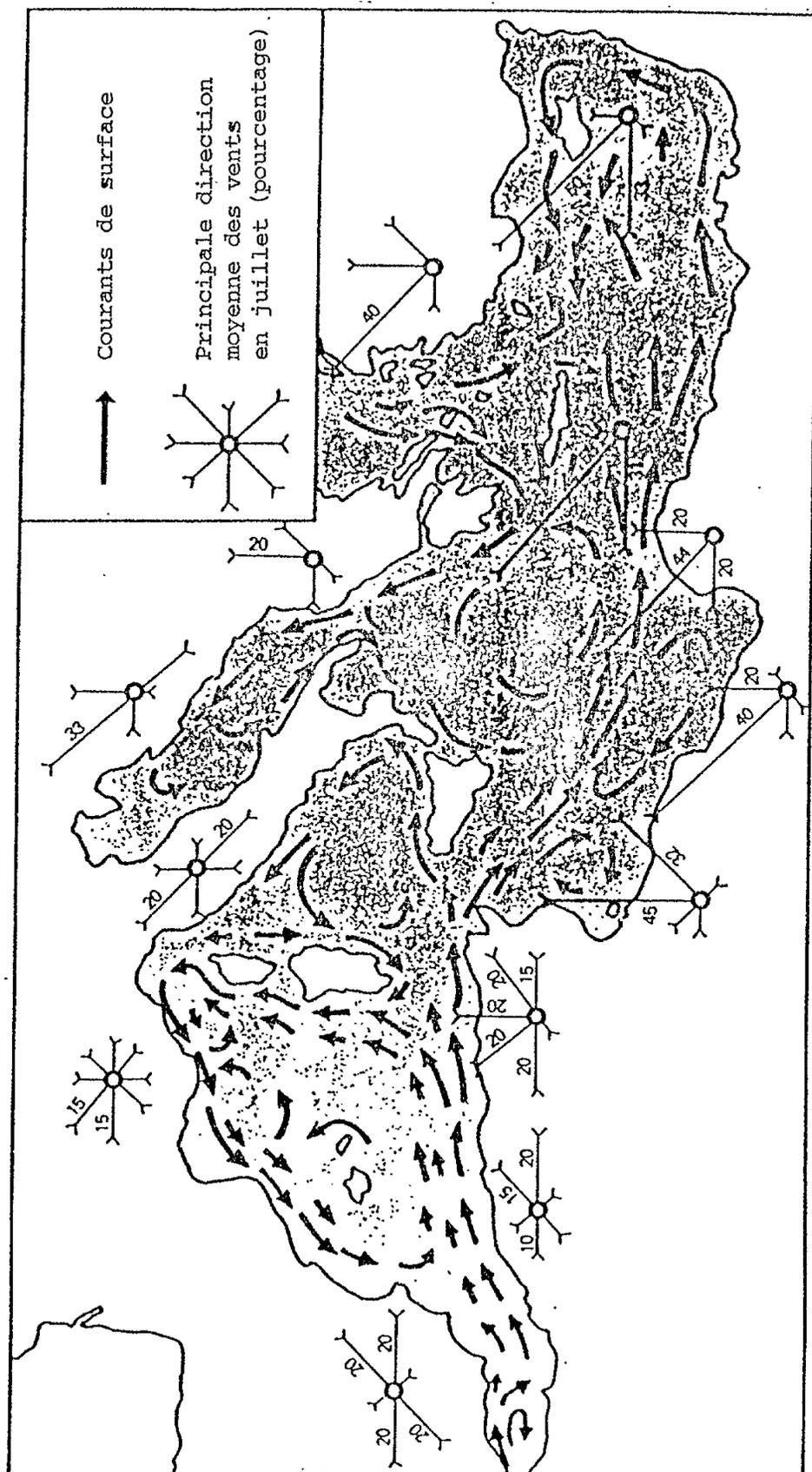


Figure III. Courants de surface et principaux vents dans la Méditerranée.
De PNUE (1978) et Le Lourd (1977).

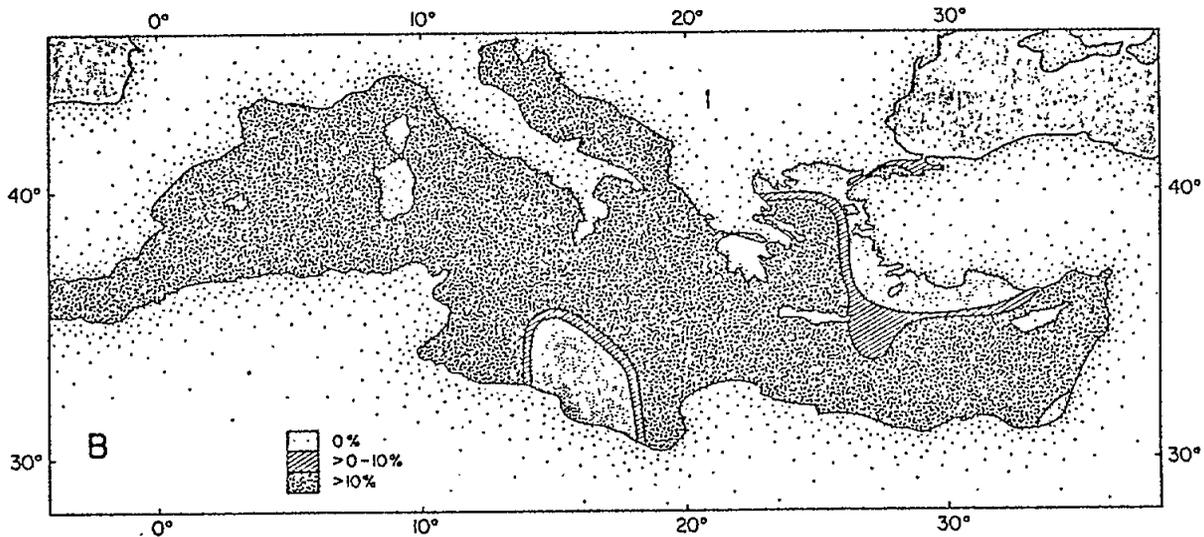
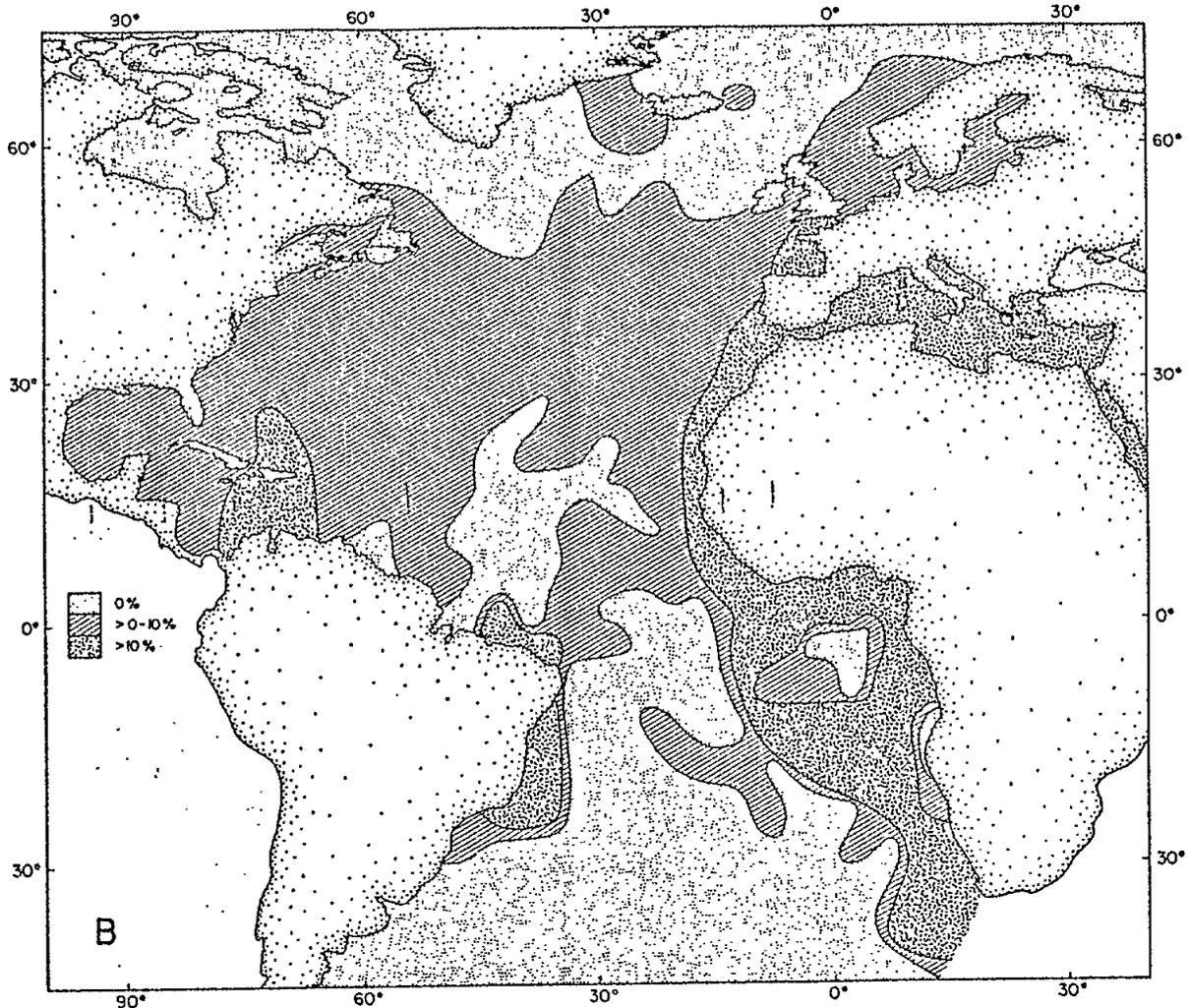


Figure IV. La distribution géographique des nappes d'hydrocarbures dans l'océan Atlantique (ci-dessus) et la mer Méditerranée, telle qu'elle ressort du pourcentage des rapports positifs par carrés 5° x 5° (océan Atlantique) ou 2° x 2° (mer Méditerranée) de latitude et longitude (COI, 1981).

REFERENCES

- Aboul-Dahab, O. and Halim, Y., (1980a). - Oil pollution of the marine environment in the area of Alexandria. Ves Jour. Etud. Poll., CIESM, Cagliari, pp. 201-208.
- Aboul-Dahab, O. and Halim, Y., (1980b). - Relationship between dissolved and dispersed petroleum hydrocarbons and floating tar in Alexandria coastal water. Ves Jour. Etud. Poll., CIESM, Cagliari, pp. 209-214.
- Ahel, M. and Picer, M., (1978). - Monitoring of dissolved and dispersed petroleum hydrocarbons in Rijeka Bay. IVes Jour. Etud. Poll., CIESM, Antalya.
- Ahel, M., (1984). - Petroleum hydrocarbon pollution in the Rijeka bay determined by fluorescence spectroscopy and gas chromatography. VIIes Jour. Etud. Poll., CIESM, Lucerne.
- Albaiges, J., Algaba, J., Bayona, J.M. and Grimalt, J., (1982). - New perspective in the evaluation of anthropogenic inputs of hydrocarbons in the western Mediterranean coast. Vies Jour. Etud. Poll., CIESM, Cannes.
- Albaiges, J., Farran, A., Martin P. and Soler, M., (1984). - Petroleum and chlorinated hydrocarbons in biota samples from Western Mediterranean. II fish samples. VIIes Jour. Etud. Poll., CIESM, Lucerne.
- Baker, J.M., (1983). - Impact of oil pollution on living resources. The Environmentalist 3, Suppl. No. 4.
- Ballester, A., Sanchez-Pardo, J., Garcia-Regueira, J.A., Modamia, X. and Julia, A., (1982). - Heavy metals, aliphatic hydrocarbons and organochlorinated pesticides in mussels from a pillar of the drilling platform "Amposta". The Ebro river delta. Thalassia, Jugoslavia 18 (1-4).
- Barbier, M., Joly, D., Saliat, A. and Tourres, D., (1973). - Hydrocarbons from sea-water. Deep Sea res., 20, 305-314.
- CNEXO, (1983). - Pollution du Littoral Français par les Macrodechets. Vol. II Analyses chimiques de résidus pétroliers
- CONCAWE, (1977). - Emissions and Effluents from European Refineries. CONCAWE pp. 4-5.
- De Armas, J.D. - Pelagic tar in the Western Mediterranean 1981-82. VIIes Jour. Etud. Poll., CIESM, Lucerne.
- El Samra, M.I., El-Deeb, K.Z. and Halim, Y., (1982). - Transport of pollutants along the Suez Canal and its effects on the southeast Mediterranean. Vies Jour. Etud. Poll., CIESM, Cannes.
- El-Hehyawi, M.L., (1978). - New data on the distribution of pollutants and their effect on some hyponeuston constituents in the SE Mediterranean. IVes Jour. Etud. Poll., CIESM, Antalya.
- Farrington, J.W., Albaiges, J., Burns, K.A., Dunn, B.P., Eaton, P., Laseter, J.C., Parker, P.C. and Wise, S., (1980). - Fossil Fuels. In: National Academy of Sciences, The International Mussel Watch, Washington, D.C., pp. 7-77.
- Faraco, F. et Ros, J., (1978). - Pollution par les hydrocarbures des eaux superficielles de la Méditerranée Occidentale. 2: Hydrocarbures dissous. IVes Jour. Etud. Poll., CIESM, Antalya.
- Gabrielides, G.P., Verykokakis, E. and Hadjigeorgiou, E., (1984). - Estimates of Oil Concentrations in Aegean Waters. Mar. Poll. Bull., 15/6: 231-233.
- Garcia-Regueiro, J.A., Rovira, J. y Sanchez-Pardo, J., (1983). - Microcontaminantes orgánicos en sedimentos de la plataforma continental mediterránea española. In: Estudio Oceanográfico de la Plataforma Continental, (Ed. J. Castellvi, Cadiz), pp. 305-332.

- Gerges, M.A., (1976). - Preliminary results of a numerical model of circulation using the density field in the Eastern Mediterranean. Acta Adriatic, 18(10): 163-67.
- Gerges, M.A., (1977). - A numerical investigation of the circulation in the Mediterranean Sea. Rapp. Comm. Int. Mer. Medit., 24(2): 25-30.
- Gerges, M.A. and Durgham, A., (1982). - Distribution and transport of oil pollutants along the Libyan Coast in relation to the physical factors and processes. Vies Jour. Etud. Poll., CIESM, Cannes.
- Golik, A., (1982). - The distribution and behaviour of tar belts along the Israeli coast. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 15/267-276.
- Goldberg, E.D., Bowen, V.T., Farrington, J.W., Harvey, G., Martin, J.H., Parker, P.L., Risebrough, R.W., Robertson, W., Schneider, E. and Gamble, E., (1978). - The Mussel Watch. Environ. Conserv., 5/101-125.
- Hopkins, T.S., (1983a). - A discussion of the Ionian and Levantine Seas. Proceedings of a NATO Workshop on Atmospheric and Oceanic Circulation in the Mediterranean Basin, Santa Teresa, Italy, September, 1983.
- Hopkins, T.S., (1983b). - Physics of the Sea. In: Western Mediterranean, R. Margalef (Ed.), Chap. IV, Pergamon Press, Oxford.
- IOC, (1981). - Global oil pollution. The IGOSS Pilot Project on Marine Pollution (Petroleum) Monitoring. (Levy, E.M., Ehrhardt, M., Kohnke, D., Sobotchenko, E., Suzuoki, T., Tokuhiko, A.) Intergovernmental Oceanographic Commission, Paris.
- IMCO, (1981). - Petroleum in the marine environment. Inputs of petroleum hydrocarbon in the ocean due to marine transportation activities. Intergovernmental Maritime Consultative Organization.
- Jeffery, P.G., (1974). - Marine Pollution from ships: Sources, effects and preventive measures. In: Proceedings of the Interparliamentary Conference of Coastal States on the Control of Pollution in the Mediterranean Sea (Camera dei Deputati, Rome), p. 5.
- Lacombe, H. and Tchernia, P., (1960). - Quelques traits généraux de l'hydrologie Méditerranéenne. Cahiers Océanogr., 12(8): 527-547.
- Lacombe, H. and Tchernia, P., (1972). - Caractères hydrologiques et circulation des eaux en Méditerranée. In: The Mediterranean Sea: A Natural Sedimentation Laboratory, D.J. Stanley (Ed.), Dowden, Hutchison and Ross, Inc. 765 pp.
- Laubier, L., (1980). - The Amoco Cadiz oil spill: An ecological impact study. Ambio, in press.
- Le Lourd, P., (1977). - Oil Pollution in the Mediterranean Sea. Ambio VI: 317-321.
- Lindén, O., Elmgren, R. and Boehm, P., (1979). - the Tsesis oil spill. Its impact on the coastal ecosystem of the Baltic Sea. Ambio VIII; 244-253.
- MFRC, Tripoli, (1981). - Dissolved and dispersed petroleum hydrocarbons in Libyan coastal waters. Bulletin Marine Research Centre, No. 1.
- Mimicos, N., (1980). - Pollution by petroleum hydrocarbons along several Greek island coasts and harbours. Ves Jour. Etd. Poll., CIESM, Cagliari, 489-492.
- Mimicos, N., Stavrianoudakis, E. and Scoullou, M., (1984). - Petroleum aromatic hydrocarbons in the Patraikos Gulf and the estuary of Acheloos river, Greece. Vies Jour. Etud. Poll., CIESM, Lucerne.
- Mille, G., Chen, Y.Y. and Dou, H., (1982). - Polycyclic aromatic hydrocarbons in Mediterranean coastal sediments. Intern. J. Environ. Anal. Chem., 11/295-304.

- Monaghan, P.H., Brandon, D.E., Borne, R.A., Searl, T.D. and Elliott, J.J., (1974). - Measurement and interpretation of non-volatile hydrocarbons in the ocean. Part 1: Measurements in Atlantic, Mediterranean, Gulf of Mexico and Persian Gulf. Prepared by Exxon Research and Engineering Company and Exxon Production Research Company for US Department of Commerce, Maritime Administration, Washington D.C., AID IDJB 74 EPR 4EX.
- NAS, (1975). - Pollution in the Mediterranean. IPRA-UNEP Seminar, Athens.
- Nielsen, J.N., (1912). - Hydrography of the Mediterranean and adjacent waters. Report of the Danish Oceanographical Expedition, 1980-1910., Copenhagen.
- Ovchinnikov, I.M., (1966). - Circulation in the surface and intermediate layers of the Mediterranean. Oceanology, 6, 48-59.
- Risebrough, R.W., De Lappe, B.W., Letterman, E.F., Lane, J.L., Firestone-Gillis, M., Springer A.M. and Walker, W., (1980). - II California State Mussel Watch, Volume III. Organic pollutants in mussels, Mytilus californianus and edulis. California State Water Resources Control Board, Water Quality Monitoring report 79-22. Sacramento. 108 + 7 appendices.
- Risebrough, R.W., De Lappe, B.W., Walker, W., Simoneit, B.R., Grimalt, G., Albaiges, J., Garcia, J., Ballester, A. and Marino, M., (1983). - Applications of the Mussel Watch Concept in Studies of the Distribution of Hydrocarbons in the Coastal Zone of the Ebro Delta. Mar. Pollut. Bull., 14/181-187.
- Ros, J. et Faraco, F., (1978). - Pollution par les hydrocarbures des eaux superficielles de la Méditerranée Occidentale. 2: Hydrocarbures dissous. IVes Jour. Etud. Poll., CIESM, Antalya.
- Rouit, C., (1975). - Pollution in the Mediterranean. IPRA-UNEP Seminar, Athens.
- Sakarya, M., Salihoglu, I. and Saydam, C., (1984). - Distribution of dissolved and dispersed polyaromatic hydrocarbons (PAHs) along the Turkish coast. Vies Journ. Etud. Poll., CIESM, Lucerne.
- Sanders, H.L., (1978). - Florida oil spill impact on the Buzzards Bay benthic fauna: West Falmouth. J. Fish. Res. Board. Can., 35/717-730.
- Saydam, C., Salihoglu, I., Sakarya, M. and Yilmaz, A., (1984). - Suspended sediment, plastic, pelagic tar and other litter in the northeastern Mediterranean. Vies Jour. Etud. Poll., CIESM, Lucerne.
- Sicre, M.A., Hô, R., Marty, J.C., Scribe, P. and Saliot, A., (1984). - Non-volatile hydrocarbons at the sea-air interface in the Western Mediterranean Sea in 1983. Vies Jour. Etud. Poll., CIESM, Lucerne.
- Smith, J.E., (1968). - Torrey Canyon pollution and marine life. Cambridge University Press, London, 196 p.
- Smith, J.W., (1975). - Oil spills from tankers. In: Proceedings of the Conference on Marine Ecology and Oil Pollution (IP & FSC, Avimore, Scotland).
- Southward, A.J. and Southward, E.C., (1978). - Recolonization of rocky shores in Cornwall after use of toxic dispersants to clean up the Torrey Canyon spill. J. Fish Res. Board Can., 35/682-706.
- Sunay, M., Balkas, T.I., Gaines, A. F. and Abbot, J., (1982). - Distribution and source identification of petroleum pollutants, particularly PAH, in the northeastern Mediterranean. Vies Journ. Etud. Poll., CIESM, Cannes.
- Talbot, J.W., (1972). - The influence of tides, waves and other factors on diffusion rates in marine and coastal situations. In: Marine pollution and sea life, edited by M. Ruivo. West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books) Ltd., P 122-30.
- Thomas, M.L.H., (1978). - Comparison of oiled and unoiled intertidal communities in the Chedabucto Bay. J. Fish. Res. Board. Can., 35/707-716.
- Topcu, N. and Muezzinoglu, A., (1984). - Dokuz Eylul Universitesi Report. Izmir 1984 (in Turkish).

- UNEP, (1977). - Preliminary report on the state of pollution of the Mediterranean Sea. UNEP/IG.11/INF.4.
- UNEP, (1980). - Summary Reports on the Scientific Results of MED POL I. UNEP/IG.18/INF.3.
- UNESCO, (1982). - The Determination of Petroleum Hydrocarbons in Sediments. IOC Manuals and Guides, No. 11
- UNESCO, (1984). - Manual for Monitoring Oil and Dissolved/Dispersed Petroleum Hydrocarbons in Marine Waters and on Beaches. IOC Manuals and Guides, No. 13.
- Univ. Rhode Island, (1978). - Proceedings of the Symposium "In the Wake of the Argo Merchant." Center for Ocean Management Studies, University of Rhode Island.
- Wahby, S.D., (1978). - Pollution by petroleum hydrocarbons along Alexandria coast. IVes Journ. Etud. Poll., CIESM, Antalya.
- Wahby, S.D. and El-Deeb, K.Z., (1980). - A study of the state of pollution by petroleum hydrocarbons along the Alexandria coast. Ves Jour. Etud. Poll., CIESM, Cagliari, pp. 257-262.
- Weidemann, H. and Sendner, H., (1972). - Dilution and dispersion of pollutant by physical processes. In: Marine pollution and sea life, edited by M. Ruivo. West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books) Ltd., p. 115-21. 1.2
- Wüst, G., (1961). - On the vertical circulation of the Mediterranean Sea. J. Geophys.Res., 66(10): 3261-3271.