

1. Introduction

Conformément à l'article 12 de la Convention de Barcelone, toutes les Parties contractantes instaurent des programmes de surveillance continue et désignent les autorités chargées de la surveillance continue de la pollution. En outre, l'article 8 du Protocole "tellurique" stipule que ces programmes de surveillance continue ont pour objet :

- a) d'évaluer systématiquement, dans la mesure du possible, les niveaux de pollution le long de leurs côtes, notamment en ce qui concerne les secteurs d'activité et les catégories de substances énumérés à l'annexe I, et de fournir périodiquement des renseignements à ce sujet; et
- b) d'évaluer le caractère effectif des plans d'action, programmes et mesures mis en œuvre en application du présent Protocole pour éliminer, dans toute la mesure du possible, la pollution du milieu marin.

Dans le cadre de MED POL-Phase III (1996-2005), les activités de surveillance continue ont été conçues en ayant à l'esprit les buts généraux ci-dessus ainsi que les objectifs spécifiques ci-après :

- Entreprendre des évaluations périodiques de l'état de l'environnement aux "points chauds" et dans les zones côtières de manière plus générale, nécessaires pour fournir aux décideurs des renseignements sur l'état fondamental des zones soumises à des pressions anthropiques ;
- Déterminer les tendances temporelles de quelques contaminants sélectionnés dans les eaux côtières, et plus concrètement aux "points chauds", en vue d'évaluer l'efficacité des mesures prises et des actions menées ; et
- Lutter contre la pollution au moyen du respect de limites réglementaires nationales/internationales.

Au titre de MED POL-Phase IV (2006-2013), les objectifs généraux de la surveillance continue sont restés similaires, à savoir :

- Évaluation des charges polluantes provenant de l'ensemble des sources ponctuelles et diffuses et de la charge polluante gagnant la Méditerranée ;
- Évaluation de l'état et des tendances de la qualité du milieu marin et côtier en tant que système d'alerte précoce de problèmes d'environnement potentiels causés par la pollution et d'autres pressions anthropiques ;
- Lutte contre la pollution d'origine terrestre au moyen du respect de limites réglementaires nationales/internationales (surveillance de l'application des plans d'action, programmes et mesures de lutte contre la pollution et évaluation de leur efficacité).

Avec l'ajout d'un nouvel objectif :

- Contribuer, en coopération avec d'autres composantes du PAM, à l'application de l'approche écosystémique à la gestion des activités humaines dans le cadre du PAM, le MED POL en constituant le volet "surveillance continue" et "évaluation".

Par ailleurs, dans le cadre de MED POL-Phase IV, il a été décidé (Document opérationnel MED POL, Décision 17/7, Almeria, 2008) que la surveillance continue devait être mieux intégrée dans le champ du Programme d'actions stratégiques (PAS) et de toutes les autres

mesures antipollution adoptées par les Parties contractantes en application du Protocole "tellurique". Il s'ensuit que l'objet (le contenu) des activités de surveillance doit être réadapté, selon le cas, afin de répondre aux besoins ci-dessus:

- a) Les activités de surveillance continue, d'évaluation et de maîtrise de la pollution, ainsi que les procédures et politiques d'assurance qualité, collecte et traitement, notification et gestion des données doivent faire l'objet d'une harmonisation fonctionnelle avec celles adoptées par les instances et organisations régionales, internationales et globales, telles que l'Union européenne et d'autres institutions et programmes des Nations Unies ;
- b) Les calendriers MED POL de l'évaluation et de la soumission de rapports doivent être synchronisés, et les procédures d'évaluation et de notification harmonisées, avec les calendriers et procédures qui seront adoptés pour l'évaluation en cours au plan mondial de l'état du milieu marin ;
- c) La surveillance continue et l'évaluation des incidences environnementales et des implications écologiques de la pêche, aquaculture y comprise, pour les écosystèmes (telles que préconisées au titre de l'approche écosystémique de la gestion des activités humaines et pratiquées par d'autres programmes de mers régionales établis en Europe) ainsi que des activités de dessalement de l'eau de mer ;
- d) La surveillance et l'évaluation des effets environnementaux associés à la production d'énergie et au transport maritime, en coopération avec d'autres instances régionales compétentes ;
- e) L'évaluation des risques sanitaires associés à la qualité des eaux de baignade et conchylicoles, aux établissements et aménagements touristiques.

Certaines des problématiques ci-dessus peuvent paraître sortir du domaine d'un programme conçu à l'origine pour lutter contre la pollution. Cependant, si la maîtrise de la pollution marine, au sens sectoriel et strictement défini du terme, peut avoir été considérée en 1975 comme un remède efficace aux maux du bassin méditerranéen, les changements adoptés depuis 1995 dans le cadre juridique du PAM montrent clairement que les Parties à la , Convention ont recentré leur priorité en passant de la *protection de la mer Méditerranée contre la pollution* à un objectif plus large et ambitieux: la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée.

Pour s'adapter aux nouveaux besoins en matière de surveillance continue dans la région méditerranéenne, et suite aux décisions d'Almeria sur cette question, les Points focaux du MED POL, à leur dernière réunion tenue à Kalamata (Grèce) (UNEP(DEPI)/MED WG.334/8 29 juillet 2009), ont abouti aux conclusions ci-après dans le domaine de la surveillance :

- "Les Points focaux ont demandé au Secrétariat d'évaluer la stratégie de surveillance continue actuelle en vue de l'améliorer et de la rationaliser, assurant que les Parties contractantes communiquent leurs données et résultats, et contribuant ainsi à la révision de ses objectifs. Ils considéraient, qu'étant donné l'importance de l'activité pour le Protocole «tellurique», les lacunes qui subsistaient n'étaient plus acceptables. L'évaluation devrait aussi porter sur le programme de surveillance continue nécessaire pour estimer l'efficacité des mesures convenues, la mobilisation des ressources extérieures à des fins de renforcement des capacités et d'aide technique et la coopération avec d'autres initiatives multinationales.

- Les Points focaux ont recommandé d'établir un comité permanent de surveillance ainsi qu'un comité permanent des programmes et mesures qui suivraient de façon régulière l'état d'avancement des activités relatives et donneraient des conseils pour les développements futurs. Il conviendrait d'élaborer en coopération avec les Points focaux du MED POL des mandats spécifiques en vue de les soumettre aux Parties contractantes pour adoption."

Pour évaluer et améliorer la Stratégie actuelle de surveillance continue, les questions suivantes sont abordées dans le présent document de travail :

- I. Examen et analyse des activités de surveillance continue et collecte des données
- II. Examen et analyse des activités d'assurance qualité des données
- III. Surveillance continue de l'état et des tendances: évaluation de la qualité écologique du milieu marin méditerranéen en se fondant sur la base de données MED POL
- IV. Progrès réalisés dans l'élaboration d'indicateurs de la pollution marine
- V. Vers un programme de surveillance continue harmonisé et intégré dans la région méditerranéenne

2. Examen et analyse des activités de surveillance continue

2.1. Participation des pays aux activités de surveillance continue de MED POL-Phase IV (2006-2009)

2.1.1 État et tendances des activités de surveillance continue: réalisations et problèmes

Au cours des deux derniers exercices biennaux (2006-2007 et 2008-2009), des mémorandums d'accord et des accords de financement à petite échelle pour l'exécution de programmes nationaux de surveillance continue ont été négociés et convenus avec 10 pays (Albanie, Algérie, Chypre, Croatie, Égypte, Maroc, Monténégro, Slovénie, Tunisie et Turquie – tableau 2.1). Les accords (à l'exception de la Slovénie) comportaient une assistance financière modique aux pays en vue de faciliter la mise en œuvre de leur programme de surveillance continue.

Au cours de cette période, hormis Chypre et la Slovénie, il n'y a pas eu de négociation d'accords de surveillance nationaux nouveaux ou révisés avec les autres pays de l'UE (Espagne, France, Grèce, Italie et Malte). Cependant, certains des pays de l'UE ont continué à communiquer des données en 2006-2009, mais seulement pour une partie des paramètres obligatoires convenus au titre de MED POL- Phase III et Phase IV.

Lors de la même période, des accords d'assistance du PAM/PNUE à la participation à des études de base au moyen de moules transplantées en vue d'évaluer la pollution marine (MYTILOS, MYTIMED, MYTIAD, MYTIOR) ont été signés avec 11 pays (Albanie, Chypre, Croatie, Égypte, Liban, Libye, Maroc, Monténégro, Slovénie, Syrie et Tunisie – tableau 2.1). En outre, le MED POL a financé la participation d'un autre pays (Bosnie-Herzégovine) à l'atelier de MYTIAD sur la présentation et la discussion des résultats de l'étude. Le concours fourni par le MED POL a contribué à exécuter le projet avec la participation de tous les pays méditerranéens intéressés. L'étude sera achevée en 2009 et le MED POL financera la participation de la Tunisie et de la Turquie.

Des projets pilotes concernant l'eutrophisation ont été financés au Maroc (lagune de Nador) et au Monténégro (baie de Boka). Les résultats de Nador ont été présentés et discutés lors d'une session spéciale de la Seizième réunion des Parties contractantes à la Convention de Barcelone à Marrakech (Maroc, 3-6 novembre 2009).

Tableau 2.1 - Programmes nationaux de surveillance continue et projets d'études de base finalisés au cours de la période 2006-2009 (mémorandums d'accord et accords de financement à petite échelle)

PAYS	Programmes nationaux de surveillance continue				Études de base (MYTILOS, MYTIAMED, MYTIAD, MYTIOR)			
	2006	2007	2008	2009	2006	2007	2008	2009
Albanie		X					X	
Algérie	X							
Bosnie-Herzégovine .								
Croatie		X		X			X	
Chypre		X						X
Égypte	X			X				X
France								
Grèce								
Israël								
Italie								
Liban						X		
Libye								X
Malte								
Monaco								
Maroc				X	X			
Monténégro.				X			X	
Espagne								
Slovénie	X*	X*	X*	X*			X	
Syrie						X		
Tunisie			X		X			
Turquie				X				

* Sans financement

2.1.2 - État de la communication des données issues de la surveillance du milieu marin

Les pays n'ont pas tous communiqué leurs données issues de la surveillance comme ils sont tenus de le faire au titre de MED POL- Phase IV. Dans l'ensemble, les pays se classent en quatre groupes en ce qui concerne la transmission des données de la surveillance à la base MED POL :

- a) Pays qui communiquent régulièrement leurs données pour la plupart des paramètres prescrits dans MED POL-Phase IV
- b) Pays qui communiquent régulièrement des données, mais seulement pour une petite partie des paramètres prescrits dans MED POL-Phase IV
- c) Pays qui ne communiquent des données que pour quelques années (lacunes temporelles)
- d) Pays qui ne communiquent pas de données (lacunes spatiales).

Sur le tableau 2.2. sont présentées les données disponibles qui ont été chargées dans la base de données MED POL depuis l'année 1998 (MED POL- Phase III et Phase IV).

Si l'on recense les cas de paramètres manquants ou d'années manquantes, il apparaît qu'il faille les attribuer à deux causes: soit le pays produit des données mais ne les communique pas au MED POL, soit le pays ne produit pas de données de surveillance du fait qu'il n'exécute pas de programme de surveillance continue. Dans les deux cas, il n'y pas de données disponibles qui pourraient être utilisées pour les évaluations régionales. Cependant, il va de soi que les mesures à prendre diffèrent dans l'un et l'autre cas.

Il convient de rappeler que toutes les réunions récentes des Parties contractantes (Portoroz 8-11 novembre 2005, Almeria 19-20 janvier 2008), des Points focaux du MED POL (San Gemini, 2005, Hammamet 2007, Kalamata 2009) de même que les dernières réunions MED POL sur la surveillance continue (Palerme 2005, Athènes 2007) ont recommandé aux Parties de formuler et de mettre en œuvre des programmes de surveillance de la pollution marine conformément à l'article 12 de la Convention de Barcelone et à l'article 8 du Protocole "tellurique" modifié. Malheureusement, la couverture spatiale présente encore des lacunes sur le littoral méditerranéen. Améliorer cette situation sera l'un des grands défis à relever pour l'avenir du programme MED POL de surveillance dans la région.

Tableau 2.2 - Données de MED POL- Phase III et Phase IV transmises (Base de données MED POL)

Pays	Éléments nutritifs	Chlorophylle-a	Métaux en traces dans les biotes	Contaminants organiques dans les biotes	Métaux en traces dans les sédiments	Contaminants organiques dans les sédiments	Éléments nutritifs dans les fleuves et cours d'eau	Paramètres océanographiques (température, etc.)
Albanie	2005 2006		2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007	2003 2004				
Algérie								
Bosnie-Herzégovine	2006 2007 2008							
Croatie				1999 2000 2003 2004 2005 2006	2002 2003 2004 2005		2000 2001 2002 2003 2004 2005	
Chypre	2001 2007	2004 2005 2006 2007	1999 2001 2005 2006	2000 2001 2002 2003 2004				2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007
Égypte	2006 2007 2008		2006					
France			1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006	1997, 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006				
Grèce	1999, 2000 (rares), 2004 2005	1999, 2000 (rares), 2004 2005	1999, 2004 2005	1999, 2004 2005	1999 2000 (rares), 2004 2005			
Israël	2002 2003 2004 2005 2006 2007	2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007	1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007		1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007			2003 2004 2005 2006 2007

Tableau 2.2 - État de la transmission des données MED POL-Phase III et Phase IV (Base de données MED POL (suite))

Pays	Éléments nutritifs	Chlorophylle-a	Métaux en traces dans les biotes	Contaminants organiques dans les biotes	Métaux en traces dans les sédiments	Contaminants organiques dans les sédiments	Éléments nutritifs dans les fleuves et cours d'eau	Paramètres océanographiques (température, etc.)
Italie	2001 2002 2003 2004 2005	2001 2002 2003 2004 2005	2001 2002 2003 2004 2005	2001 2002 2003 2004 2005	2001 2002 2003 2004 2005	2001 2002 2003 2004 2005		
Liban								
Libye								
Malte								
Monaco								
Monténégro								
Maroc	2006 2007 2008		1998 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008	2006 2007	2006 2007			2006 2007
Slovénie	1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005	1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005	1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006	2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006		1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006	2003 2004 2005	
Espagne			2004 2005 2006 2007	2004 2005 2006 2007				
Syrie	2007		2007		2007			
Tunisie	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008	2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008	2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008	2007	2001 2003 2004 2005 2006 2007 2008	2001-2002, 2004 2005 2006 2007 2008		2005 2006 2007 2008
Turquie	2005 2006 2007 2008	2005 2006 2007 2008	1998 1999 2000 2001 2002 2003, 2006 2007 2008	2003, 2005 2006 2007 2008	1999 2000 2001 2002 2003 2005 2006 2007 2008	2005 2006 2007 2008	2001, 2006 2007 2008	2006 2007 2008

Base de données issues de la surveillance du milieu marin au titre de MED POL III et IV

La base de données MED POL continue à être régulièrement mise à jour avec les nouvelles données communiquées par les pays. Cependant, il s'est avéré très difficile de combiner les données issues des Phases précédentes (I et II) du MED POL avec les données transmises au cours des Phases III et IV. De fait, à la différence des Phases I et II, les pays, au cours des Phases III et IV, ont utilisé des méthodologies similaires d'échantillonnage et d'analyse et les données ont été communiquées au moyen de formulaires normalisés (fiches Excel). Il s'ensuit que les données produites pendant les Phases III et IV sont davantage compatibles entre elles pour les raisons suivantes :

- Elles sont collectées chaque année aux mêmes stations; les stations ont des coordonnées géographiques connues et peuvent être marquées sur une carte SIG
- Elles sont collectées selon des méthodes d'échantillonnage et d'analyse similaires
- Elles se rapportent à des paramètres similaires dans des matrices comparables (eau, sédiments, biotes)
- Elles sont collectées par des institutions auxquelles il est demandé de suivre les procédures d'assurance qualité des données.

Par conséquent, après un contrôle de la qualité des données visant à corriger les erreurs et omissions de la mise en forme, une nouvelle base de données a été créée pour les données de MEDPOL-Phase III et Phase IV (à compter de 1998).

L'une des conditions requises initialement pour la préparation de la base de données de MED POL-Phase III et Phase IV consistait à indiquer l'emplacement exact des stations d'échantillonnage et de veiller à leur reproductibilité année après année. À cette fin, au début de la Phase III, les pays ont relevé les stations de surveillance avec leurs coordonnées exactes et la dénomination précise de chacune d'elles. L'idée était de recourir à la même station chaque année pour suivre les modifications de la qualité du milieu marin. Bien que certains pays aient observé ces modalités, dans quelques cas les stations consignées ont changé de dénomination ou de coordonnées d'une année à l'autre. Quand il l'a jugé nécessaire, le Secrétariat a contacté les pays concernés et s'est efforcé mettre au clair la dénomination et les coordonnées exactes des stations. **Il importe de souligner que, dans les années à venir, les emplacements (coordonnées) et les dénominations des stations devront rester les mêmes, afin de les charger correctement dans la base de données et d'éviter de notifier une même station comme étant différente. Au cas où une station de surveillance doit changer, le pays doit en informer le MED POL en conséquence afin de mettre à jour la base de données.**

Le système d'information MED POL est en cours de mise en place et il est actuellement prêt à être testé par les pays au moyen de données réelles.

3. Assurance qualité des données

3.1. Contaminants dangereux

Le MESL/AIEA est chargé au premier chef depuis trente ans de conduire, pour le MED POL, le programme d'assurance qualité des données (AQD) concernant les contaminants chimiques.

L'AQD comporte plusieurs éléments :

- Méthodes de référence
- Fourniture de matériaux de référence et de solutions étalons
- Formation à l'analyse des contaminants chimiques dans les sédiments et les biotes
- Formation aux bonnes pratiques de laboratoire, et notamment aux procédures d'AQ/CQ
- Études de performance des laboratoires (exercices d'intercomparaison, tests d'aptitude)
- Analyse d'échantillons fractionnés

3.1.1. Tests d'aptitude

Une importance particulière a été accordée aux études de performance des laboratoires. Ces tests d'aptitude ont été effectués régulièrement afin de déterminer les contaminants organiques et inorganiques. Une année sur deux, le matériau à tester est un échantillon sédimentaire ou un biote. Les laboratoires disposent d'un délai d'environ six mois pour mener à bien les analyses et en communiquer les résultats au MESL. Les composés organiques comprennent les hydrocarbures de carbone, notamment les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP); les polychlorobiphényles (PCB), plusieurs pesticides chlorés, en particulier le DDT et ses produits de dégradation, et toute une série de stéroïdes en certaines occasions. Plusieurs métaux ont été testés, notamment le mercure et le cadmium, ainsi que méthylmercure dans des études récentes.

Au cours de la période 2006-2009, les exercices d'interétalonnage ci-après ont été réalisés et les rapports correspondants publiés par le MESL/AIEA :

- a) Étude interlaboratoires de l'échantillon IAEA-435: *Intercomparaison à l'échelle mondiale et régionale pour la détermination des composés organochlorés et des hydrocarbures de pétrole dans l'homogénéat de thon IAEA-435*, Rapport IAEA/MEL/78, février 2006). Participation de 31 laboratoires représentant 14 pays.
- b) Étude de performance analytique pour le MED POL: détermination de composés chlorés et d'hydrocarbures de pétrole dans l'échantillon de sédiment IAEA-159, Rapport de juin 2007). Participation de 24 laboratoires représentant 10 pays.
- c) Étude de performance analytique pour le MED POL: détermination de pesticides chlorés et d'hydrocarbures de pétrole dans des échantillons de biote IAEA-432 (tissu de moule)(rapport IAEA de mars 2008). Participation de 19 laboratoires représentant 11 pays.
- d) Étude interlaboratoires de l'échantillon IAEA-436: *Exercice d'intercomparaison à l'échelle mondiale pour la détermination d'éléments traces et de méthylmercure dans l'homogénéat de poisson IAEA-436*, Rapport IAEA/MEL/77, février 2006). Participation de 31 laboratoires représentant 13 États membres.
- e) Test d'aptitude concernant des échantillons IAEA-436 (*Test d'aptitude pour la détermination de certains éléments traces dans les biotes – homogénéat de thon*) (Rapport IAEA 2008). Participation de 21 laboratoires représentant 12 pays.

- f) Étude de performance analytique pour le MED POL: détermination d'éléments traces dans un échantillon de sédiment estuarien MESS-3 (NRCC Canada) (SD-MEDPOL/TM PT 2008), Rapport IAEA 2009. Participation de 27 laboratoires représentant 13 pays.

En outre, deux études de performance analytique pour le MED POL sont en cours pour la détermination d'un élément trace (IAEA-158), de composés chlorés et d'hydrocarbures de pétrole (IAEA-159) dans des sédiments. Une évaluation statistique sera établie lorsque tous les résultats auront été reçus, et les rapports seront disponibles dans le courant 2010.

De plus, deux échantillons de biotes marins ont été préparés pour l'étude interlaboratoires de contaminants organiques (IAEA-451) et de métaux (IAEA-452). L'un des nouveaux groupes de polluants émergents, celui des retardateurs de flamme PBDE, est désormais inclus dans les échantillons de contaminants organiques. Les échantillons IAEA-451 et 452 ont été distribués en décembre 2008. Les échantillons IAEA-451 ont été adressés à 64 laboratoires représentant 19 pays méditerranéens et les échantillons IAEA-452 à 55 laboratoires représentant 13 pays. La date limite de notification des résultats a été fixée à la fin décembre 2009.

Dans l'ensemble, les relevés de la participation des laboratoires aux exercices d'AQD concernant les substances dangereuses dans les biotes et les sédiments au cours des dernières années indiquent que la plupart des pays méditerranéens participent aux tests d'aptitude organisés par le MESL/AIEA.

Les pays qui, pour diverses raisons, n'ont pas participé régulièrement jusqu'à présent doivent s'efforcer d'inciter les laboratoires associés aux programmes nationaux de surveillance du milieu marin dans le cadre du MED POL à prendre part aux futurs tests d'aptitude en vue d'assurer la qualité des données de la surveillance. Par ailleurs, les Points focaux nationaux du MED POL doivent veiller à ce que tous les laboratoires associés au programme national de surveillance de leurs pays respectifs participent à ces tests. Toutefois, compte tenu des contraintes financières, seuls les laboratoires participant au MED POL devraient prendre part aux tests que celui-ci dispense.

Tableau 3.1 - Nombre de laboratoires et de pays participant aux exercices d'interétalonnage récemment achevés et organisés par le MESL/AIEA

Échantillon testé	IAEA-435 2006	IAEA-159 2007	IAEA-432 2008	IAEA-436 2008	MESS-3 2009
	Composés chlorés dans le thon	Composés chlorés et HCP dans les sédiments	Composés chlorés et HCP dans le tissu de moule	Éléments traces dans la chair de thon	Éléments traces dans les sédiments marins
Albanie	2	1	2	1	1
Algérie					
Bosnie-Herzégovine					1
Croatie	7	5	1	3	3
Chypre	1			1	1
Égypte	1			1	
France	4	5		1	1
Grèce		2	1	3	5
Israël	1	2		2	2
Italie	1	2	3		
Liban					
Libye					
Malte					
Monaco	1	1			
Monténégro					
Maroc	2	1	3	2	3
Slovénie	3	2	3	1	1
Espagne	2	3	2		1
Syrie	1		1	1	2
Tunisie	2		1	2	2
Turquie	3		2	3	4
TOTAL	31	24	19	21	27

Dans les rapports du MESL/AIEA figure une analyse détaillée de la qualité des données pour chacun des laboratoires participants et les causes potentielles d'erreur sont mises en évidence. Cependant, un retour d'information et un suivi plus actifs sont nécessaires pour que ces erreurs soient corrigées et que soit améliorée la qualité des données analytiques communiquées par les laboratoires peu performants.

Une étude de la participation et des performances des laboratoires méditerranéens lors des récents tests d'aptitude organisés par le MED POL et des tests interlaboratoires concernant les **métaux en traces** est présentée sur le tableau 3.2 (2003-2009).

Tableau 3.2 - Participation et performances des laboratoires méditerranéens lors des tests d'aptitude et des tests interlaboratoires concernant l'analyse des métaux en traces

Exercice	Année	Matrice	Nombre de participants ¹	Nombre de résultats notifiés
IAEA 452	2009	Pétoncles	24	17 (71%)
MED POL PT	2008	Sédiment	33	25 (76%)
MED POL PT	2007	Poisson	36	21 (58%)
IAEA 158	2006	Sédiment	20	11 (55%)
SD MEDPOL/TM	2005	Sédiment	24	13 (54%)
IAEA 436	2004	Thon	30	16 (53%)
IAEA 433	2003	Sédiment	28	15 (54%)

¹ Nombre de laboratoires qui ont reçu le matériau

NOTE:

Pour le test d'aptitude (MED POL PT et SD MED POL/TM), une liste de laboratoires sélectionnés a été établie en collaboration avec le MED POL et tous les laboratoires figurant sur cette liste ont reçu le matériau du test d'aptitude.

Pour la comparaison interlaboratoires (tous les échantillons IAEA), les laboratoires enregistrés comme laboratoires MED POL dans notre base de données ont reçu avant l'exercice une lettre d'invitation (leur rappelant que cet exercice était réalisé au titre du projet MEDPOL) et seuls les laboratoires ayant accepté l'invitation ont reçu le matériau.

L'évaluation d'ensemble des laboratoires MED POL par exercice est présentée sur le tableau 3.3. Les laboratoires mieux performants des groupes 1 et 2 ont représenté respectivement 27-64% et 19-28% du total des laboratoires participants (soit pour les deux groupes réunis 52-82%). Ces résultats indiquent que l'AQD dans les laboratoires méditerranéens est encore loin d'être satisfaisante et demande de manière pressante à être améliorée.

Tableau 3.3 - Nombre de laboratoires dans les différents groupes de performance (métaux en traces)

Exercice	Année	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
MED POL PT 2008	2008	7 (28%)	7 (28%)	6 (24%)	5 (20%)
MED POL PT 2007	2007	10 (48%)	4 (19%)	4 (19%)	3 (14%)
IAEA 158	2006	7 (64%)	2 (18%)	2 (18%)	0
SD MED POL /TM	2005	7 (54%)	3 (23%)	1 (8%)	1 (8%)
IAEA 436	2004	8 (50%)	0	6 (38%)	2 (13%)
IAEA 433	2003	4 (27%)	3 (20%)	7 (47%)	1 (7%)

Groupe 1: laboratoires avec $|Z| < 3$ pour $\geq 90\%$ de leurs données
Groupe 2: laboratoires avec $|Z| < 3$ pour 75% à 90% de leurs données
Groupe 3: laboratoires avec $|Z| < 3$ pour 50% à 75% de leurs données
Groupe 4: laboratoires avec $|Z| < 3$ pour $< 50\%$ de leurs données

Tableau 3.4 - Pourcentage de valeurs aberrantes $|Z| > 3$ (moyenne et intervalle de variation) dans les résultats concernant les polluants organiques soumis par différents laboratoires participants.

Année	Pesticides chlorés	PCB	Hydrocarbures de pétrole
2008	5% (0-18,2%)	10% (9-100%)	6% (0-15,4%)
2007	17% (0-86%)	23% (0-50%)	17% (0-89%)
2006	18% (0-100%)	21% (0-100%)	21% (0-50%)
2005	48% (33,3-60%)	38% (0-50%)	26% (3,7-50%)
2004	6% (0-50%)	6% (0-40%)	13% (0-66,7%)

En conclusion, il apparaît que l'organisation de tests d'aptitude ne peut garantir à elle seule l'amélioration de la qualité des données issues de la surveillance continue. Bien que les résultats soient communiqués aux laboratoires participants et aux Points focaux nationaux du MED POL, une approche plus dynamique s'impose. Le seul moyen possible consiste à contacter directement les laboratoires peu performants pour les aider à améliorer leur performance analytique. L'AIEA pourrait, à cet égard, faire office de consultant en AQD. Mais le coût du suivi des tests de performance analytique doit être estimé.

Stages/cours de formation

Au cours de la période 2006-2009, 8 stages de formation bénéficiant de l'appui financier du MED POL ont été organisés au MESL en vue de former des scientifiques méditerranéens. Chaque année, un stage est consacré à l'analyse de polluants organiques (pesticides chlorés et PCB) et un autre à l'analyse de métaux lourds dans des échantillons marins. La participation de scientifiques méditerranéens à ces stages au cours de la période 2006-2009 est présentée sur le tableau 3.5.

Les relevés indiquent que, pendant les quatre dernières années, de nombreux pays ont envoyé des stagiaires à ces sessions de formation organisées par le MESL/AIEA et financées par le MED POL. Cependant, il paraît difficile de préciser si ces stages ont contribué à l'amélioration de l'AQD dans les laboratoires dont provenaient les scientifiques. Il conviendrait donc de procéder au suivi des laboratoires où travaillent ces scientifiques une fois leur stage de

formation achevé et de faire en sorte qu'ils participent à la production de données dans le cadre du MED POL.

Table 3.5 - Participation de scientifiques méditerranéens aux stages de formation concernant les métaux et contaminants organiques

Pays	2006		2007		2008		2009	
	Métaux	Contaminants organiques	Métaux	Contaminants organiques	Métaux	Contaminants	Métaux	Contaminants organiques
Albanie						X		
Algérie	X						X	X
Bosnie-Herzégovine		X			X		X	X
Croatie				X		X		X
Chypre	X		X		X		X	
Égypte	X			X			X	X
France								
Grèce								
Israël		X				X	X	X
Italie								
Liban		X						
Libye		X						
Malte						X		
Monaco								
Monténégro					X		X	
Maroc			X	XX	X	X	X	
Slovénie						X		
Espagne								
Syrie	X				X			
Tunisie			X		X		X	X
Turquie	X	X	X	X			X	X
TOTAL	5	5	4	5	6	6	9	7

3.2. Eutrophisation

En ce qui concerne les paramètres de l'eutrophisation, un exercice d'interétalonnage a été réalisé en 2008 en ayant recours aux services de QUASIMEME. Le MED POL a financé la participation de 15 laboratoires méditerranéens à l'exercice de détermination des éléments nutritifs et de la chlorophylle-a dans l'eau de mer (tableau 3.6).

Tableau 3.6 - Participation des laboratoires méditerranéens aux exercices d'interétalonnage concernant les éléments nutritifs et la chlorophylle-a (QUASIMEME)

Pays	AQ1 (Éléments nutritifs dans l'eau de mer)	AQ2 (Éléments nutritifs dans l'eau de mer à faible salinité)	AQ11 (Chlorophylle-a dans l'eau de mer)
Albanie	XXX		X
Algérie			
Bosnie-Herzégovine			
Croatie	X		X
Chypre	X		X
Égypte	X		X
France			
Grèce	X	X	X
Israël	X	X	X
Italie			
Liban	X		X
Libye			
Malte			
Monaco			
Monténégro			
Maroc	X		
Slovénie			
Espagne			
Syrie	X	X	
Tunisie	X	X	X
Turquie	XX	XX	XX

3.3. Surveillance des effets biologiques

Suite à l'expérience concluante des années précédentes, afin d'améliorer l'AQD dans la surveillance des effets biologiques, un nouvel accord a été signé entre le MED POL et la DiSAV (février 2009) pour l'organisation d'un exercice d'interétalonnage avec la participation de laboratoires méditerranéens et non méditerranéens (d'OSPAR et d'HELCOM). L'exercice d'interétalonnage sera finalisé en 2009 et un atelier chargé d'examiner ses résultats sera organisé en 2010.

Conclusions concernant l'AQD

Au cours des quatre dernières années, 19 à 31 laboratoires représentant 10 à 14 pays ont participé aux exercices d'interétalonnage concernant les substances dangereuses et 14 laboratoires représentant 11 pays pour les éléments nutritifs et la chlorophylle-a. Dans l'ensemble, les pays qui participent aux tests sont également ceux qui communiquent les données. Il est nécessaire d'accroître la participation des pays aux tests de performance analytique et d'améliorer la qualité des résultats des analyses. La participation aux exercices sur la qualité des données (organisés par le MED POL ou d'autres instances internationales/régionales) est considérée comme obligatoire pour tous les laboratoires communiquant à la base MED POL les données issues de la surveillance continue. En outre, la performance des laboratoires devrait être appropriée. D'après les résultats des exercices d'interétalonnage MED POL, si l'on a relevé une amélioration de la capacité des laboratoires de la région méditerranéenne à déterminer les métaux en traces, l'analyse des contaminants organiques continue à poser un défi majeur.

Il apparaît que le moment soit venu d'examiner de près les activités d'AQD qui sont menées depuis de nombreuses années dans le cadre du MED POL, afin d'augmenter leur impact sur l'amélioration de la qualité des données produites dans la région.

En ce qui concerne les stages de formation organisés par le MED POL et l'AIEA, depuis 1987 plus de 130 scientifiques méditerranéens ont été formés à l'analyse des métaux en traces et des contaminants organiques. Pour certains pays, plus de 10 personnes ont été formées et dans un cas plus de 20. Aussi est-il temps de se poser quelques questions sur les résultats de cette activité :

- A-t-on un nombre suffisant de personnes formées dans les pays?
- Les scientifiques formés par le MED POL/AIEA travaillent-ils dans leur programme national de surveillance continue?
- Les laboratoires méditerranéens participants ont-ils introduit des systèmes d'AQD dans leurs travaux de routine? Sinon, comment peut-on les aider?
- Devrait-on dispenser une formation ciblée à des méthodes analytiques/polluants spécifiques aux laboratoires présentant une performance analytique plus faible?
- Le MED POL devrait-il amorcer une formation concernant d'autres contaminants?

Il est temps de reconsidérer les effets bénéfiques du programme de formation existant et d'introduire les changements nécessaires pour améliorer les capacités réelles des laboratoires méditerranéens en matière d'analyse des polluants.

4. Surveillance continue de l'état et des tendances: Évaluation de la qualité écologique du milieu marin méditerranéen

4.1 Eutrophisation (d'après l'évaluation établie par M. Antonio Cruzado)

Les données de la base MED POL III et IV ont servi à établir une évaluation de l'état du milieu marin méditerranéen en relation avec l'eutrophisation. Huit pays ont communiqué des données en tant que contribution au programme MED POL de surveillance de l'eutrophisation (Albanie, Chypre, Grèce, Israël, Maroc, Slovénie, Tunisie, Turquie). La plupart des pays ont fourni des données sur les formes d'azote (la Tunisie n'a pas communiqué de données sur NO₃, NO₂ et NH₄, l'Albanie et la Turquie n'en ont pas communiqué sur N total et sur les formes de phosphore (Israël n'a pas communiqué de données sur P total ni la Tunisie sur PO₄). Cinq pays ont notifié des données sur l'oxygène dissous (Albanie, Chypre, Grèce, Slovénie et Turquie).

État récapitulatif des données de la base MED POL

Les fichiers MED POL portent sur 3 712 échantillons notifiés, dont 3 686 assortis des coordonnées géographiques. Les 255 stations visitées au total par les huit pays notifiants, entre 1999 et 2007, ont été surveillées à des fréquences variant de un échantillon unique (Albanie) à 252 échantillons (Slovénie) sur toute la durée de la période. Plus de la moitié des stations (56,4 %) avaient un nombre d'échantillons inférieur à 8 et seules 7,5 % d'entre elles en avaient plus de 30.

Évaluation des données MED POL

L'évaluation a été établie pour chacun des pays ayant communiqué des données. Les coordonnées géographiques ont été reportées sur la base de données géographiques Google (figure.4.1).



Fig. 4.1 - Position géographique des stations d'échantillonnage MED POL

Certains problèmes se sont posés lors de la visualisation des stations d'échantillonnage en raison, dans les rapports des pays, d'erreurs ou d'omissions dans l'entrée des coordonnées (absence des virgules décimales requises). Dans certains cas, il n'a pas été possible de vérifier la validité de concentrations occasionnelles extrêmement élevées, des valeurs qui étaient parfois d'un ordre de grandeur supérieures à celles que l'on peut s'attendre à trouver dans le milieu marin côtier.

Rapports des pays

ALBANIE

Les 6 entrées de ce pays dans la base de données MEDPOL correspondent à la surveillance effectuée en trois zones côtières différentes. La surveillance a eu lieu au cours des années 2005 et 2006. Les échantillons étaient prélevés à 0,1 m de profondeur. Le tableau 4.1 indique l'intervalle de variation des données.

Tableau 4.1 - Valeurs minimales et maximales des variables surveillées

TEMP	OD *	NH4	NO2	NO3/NO2	NO3	PO4	P TOTAL
13,60	2,15	0,71	0,14	1,75	0,29	1,02	0,39
19,20	9,05	21,42	0,75	8,64	7,86	8,30	3,97

Les mesures ont été réalisées en hiver et au printemps. À la station de référence, les concentrations d'oxygène se situaient autour de 7 ml O₂ L⁻¹ mais, à la station du nord, près de Durrës, les concentrations d'oxygène dissous présentaient de grandes variations, entre 2,15 et 9,05 ml O₂ L⁻¹, et c'était aussi le cas pour tous les éléments nutritifs, en particulier l'ammonium

qui présentait une valeur de 21,42 $\mu\text{g-at. à L}^{-1}$ à l'un des deux relevés. Il convient de noter que la station de référence présentait aussi des valeurs de 12,85 $\mu\text{g-at. L}^{-1}$ pour l'ammonium, de 4,79 $\mu\text{g-at. L}^{-1}$ pour les nitrates, de 4,57 $\mu\text{g-at. L}^{-1}$ pour les phosphates et de 8,30 $\mu\text{g-at. L}^{-1}$ pour les silicates, alors que le P total ne donnait qu'une valeur de 0,39 $\mu\text{g-at. L}^{-1}$, ce qui jetait le doute sur la qualité des données communiquées.

L'on peut conclure de ces rares informations que, à la station située au nord de Durrës du moins (ALB2_C1), l'on relevait quelques signes d'eutrophisation (teneurs faibles en oxygène et élevées en éléments nutritifs).

CHYPRE

Les 466 entrées concernées de la base de données MED POL correspondent à la surveillance effectuée entre 1999 et 2007 en diverses zones du littoral sud de Chypre.

Les sites surveillés avaient une profondeur du fond variant de 0,5 à 400 m et les échantillons étaient avant tout prélevés à la surface (moins de 1 m de profondeur), quelques-uns l'étant jusqu'à 50 m de profondeur.

Tableau 4.2 - Valeurs minimales et maximales des variables surveillées

TEMP	SALIN	OD	NH4	NO2	NO3	PO4	TN	TP
15,7	3,7	4,2	0	0	0	0	0,90	0,32
39,6	40	15,8	16,49	14,29	1642,86	102,14	130,97	310,97

Les eaux de surface à la TOXEFTRA, dans la baie de Corral, une zone vierge à l'ouest de l'île, présentait des valeurs de N total atteignant 2,23 à 30,00 $\mu\text{g-at. L}^{-1}$ et des valeurs de P total se situant dans un intervalle de 0,32 à 44,52 $\mu\text{g-at. L}^{-1}$, comparable à l'intervalle de valeurs signalées pour l'émissaire d'Agrotis, ce qui évoquait l'éventualité d'un problème analytique. Des concentrations extrêmement élevées d'éléments nutritifs sont relevées dans d'autres échantillons, y compris à la station de référence située à l'est de la péninsule d'Akrotiri, indiquant des valeurs totales de N dépassant 30 $\mu\text{g-at. L}^{-1}$. C'est également le cas de la station de référence au large du port de pêche de Zigy.

Des valeurs extrêmement élevées d'éléments nutritifs (nitrates dépassant 1500 $\mu\text{g-at L}^{-1}$) ont aussi été communiquées pour les eaux de surface en diverses zones, bien que les valeurs d'échantillons de subsurface semblaient être normales. Dans d'autres stations, comme celle de Sunwing à l'est de Larnaca, l'on relève des valeurs de nitrates atteignant 197 ou 714 $\mu\text{g-at L}^{-1}$, soit des valeurs plus élevées que celles décelées dans les zones les plus polluées au voisinage d'émissaires.

À en juger par les valeurs signalées pour les éléments nutritifs, diverses zones du pays pourraient être exposées à une forte pollution provenant d'activités menées à terre. Cependant, avant de conclure, il conviendrait de procéder avec les fournisseurs de données à une nouvelle évaluation de l'assurance qualité de celles-ci.

GRÈCE

Les 565 entrées concernées de la base de données MED POL correspondent à la surveillance effectuée entre 1999 et 2004 en diverses zones du littoral de la Grèce continentale et du pourtour de la mer Égée. Les sites surveillés avaient une profondeur du fond variant de 6 à

1000 m, mais la moitié des échantillons étaient prélevés à une profondeur de 10 m ou moins. Aucune valeur n'a été communiquée pour la salinité. La température de l'eau variait entre 12,69 °C et 27,60 °C, ce qui indique que toutes les saisons étaient surveillées. Un nombre important d'échantillons révélaient un oxygène dissous inférieur à 4 ml O₂ L⁻¹ dans les zones GRE1 et GRE10, dans la baie d'Eleusis et au nord du golfe d'Égine, avec certains des échantillons prélevés à des profondeurs supérieures à 200 m.

De fortes concentrations d'ammonium >10 µg-at L⁻¹ ont été décelées à Aghios Giorgios, à l'est de la péninsule de Chalcidique, les valeurs les plus élevées s'établissant à 50 µg-at. L⁻¹. De même, les nitrites présentaient des valeurs élevées supérieures à 10 µg-at L⁻¹ à certaines des stations autour de Thessalonique. Les nitrates atteignaient des valeurs > 10 µg-at L⁻¹, les plus fortes, soit > 100 µg-at L⁻¹, se situant dans le golfe de Patras. Les phosphates indiquaient > 1 µg-at L⁻¹, soit trois fois supérieures aux valeurs de fond, à diverses stations du golfe Saronique, du golfe de Patras et des zones de Kavala. Des concentrations d'azote total dépassant 100 µg-at L⁻¹ ont été relevées en particulier dans le golfe de Patras.

Tableau 4.3 - Valeurs minimales et maximales des variables surveillées

NH4	NO2	NO3/2	PO4	SiO4	TN	TP
0,00	0,00	0,08	0,01	0,31	0,00	0,09
51,11	15,22	163,18	9,79	298,07	163,18	0,69

À en juger par les valeurs signalées pour les éléments nutritifs, diverses zones du pays, en particulier près des grandes villes d'Athènes, Thessalonique et Patras, peuvent avoir été exposées à une forte pollution par les éléments nutritifs provenant de sources situées à terre.

Les échantillons présentant des concentrations de nitrates > 80 [µg-at L⁻¹] correspondent aux stations RE2_1WH, GRE2_2WC, GRE2_3, WC GRE2_4WC, GRE2_5WH, GRE2_6WC et GRE2_7WH, toutes situées dans le golfe de Patras (Patraikos Kolpos) entre le pont de Rion/Antirion et Missolonghi. Par contre, des concentrations de nitrates s'échelonnant entre 15 et 60 [µg-at L⁻¹] correspondent à la station GRE3_THE7_WRI du golfe de Thessalonique, juste en face d'une station d'épuration d'un collecteur de la zone de Chalastra. Les autres échantillons, à quelques exceptions près, se situent dans des limites raisonnables <10 [µg-at L⁻¹]. En revanche des valeurs élevées de chlorophylle ont été relevées aux stations GRE3_PIE1_BS, GRE3_STR-3 de la zone de Kavala et GRE3_THE1, GRE3_THE3, GRE3_THE4 du golfe de Thessalonique.

ISRAËL

Les 105 entrées concernées de la base de données MED POL correspondent à la surveillance effectuée en diverses zones d'Israël entre 2001 et 2007: Ashdod, Tel Aviv près du fleuve Yarkon et le port industriel, Mihmoret au large du port et la rivière Alexander, Césarée au large du fleuve drainant une vaste zone d'aquaculture, et la baie de Haïfa à partir de l'entrée du port, une installation de stockage de gaz et de liquides, l'émissaire d'Almogim, la zone industrielle et le port de la baie d'Acre.

Les sites surveillés avaient une profondeur du fond variant de 0,5 à 12 m et les échantillons étaient toujours prélevés en surface (moins d'un mètre de profondeur). La température variait de 28 à 33 °C et la salinité de 38,45 à 39,95. L'oxygène dissous oscillait entre 5,35 et 9,73 mlO₂ L⁻¹, à l'exception d'une valeur de 2,69 mlO₂ L⁻¹ relevée à Ashdod

Tous les éléments nutritifs donnaient des valeurs élevées d'un ou plusieurs échantillons: par exemple, l'ammonium, les nitrites et les nitrate étaient très élevés au large de la zone

industrielle d'Acre, et les phosphates l'étaient extrêmement au large de la zone d'Ashdod Marina et à l'entrée du port de Haïfa.

Tableau 1.4 - Valeurs minimales et maximales des variables surveillées

NH4	NO2	NO3/2	NO3	PO4	SiO4	TN
0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,22	0,08
2,29	1,50	11,97	10,47	20,91	15,48	24,26

Les stations ISR_TMC_22, ISR_TMC_23, ISR_TMC_26 et ISR_TMC_39 accusaient les valeurs les plus élevées de nitrates et de chlorophylle. À en juger par les valeurs communiquées pour les éléments nutritifs, les zones portuaires et industrielles des diverses régions du pays, notamment au large de Haïfa et d'Acre, étaient soumises à une forte pollution due à des activités menées à terre et/ou maritimes (stations 22, 23, 26 et 39). Les valeurs d'oxygène indiquaient que seule une zone au large du fleuve Yarkon, à Tel Aviv, présentait des valeurs pouvant résulter d'un appauvrissement en oxygène.

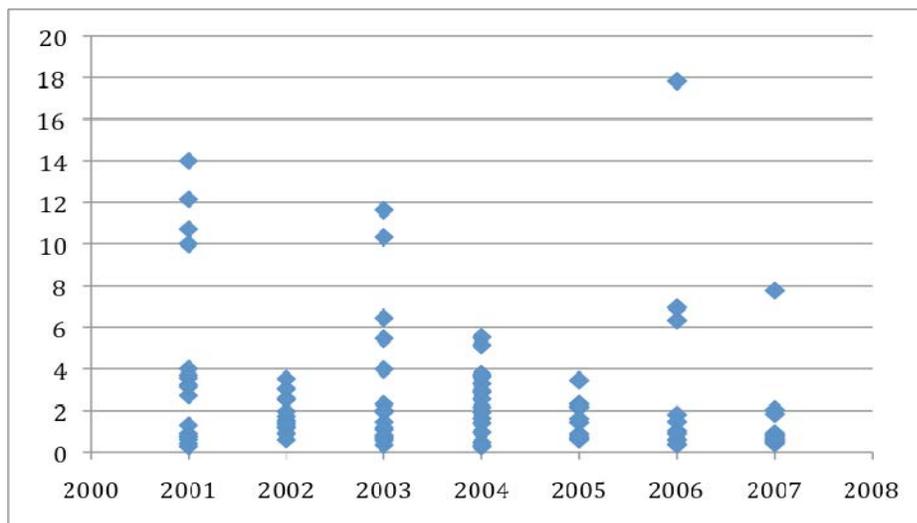


Figure 4.2 - Concentrations de chlorophylle-a [$\mu\text{g L}^{-1}$] dans des échantillons MED POL prélevés en Israël

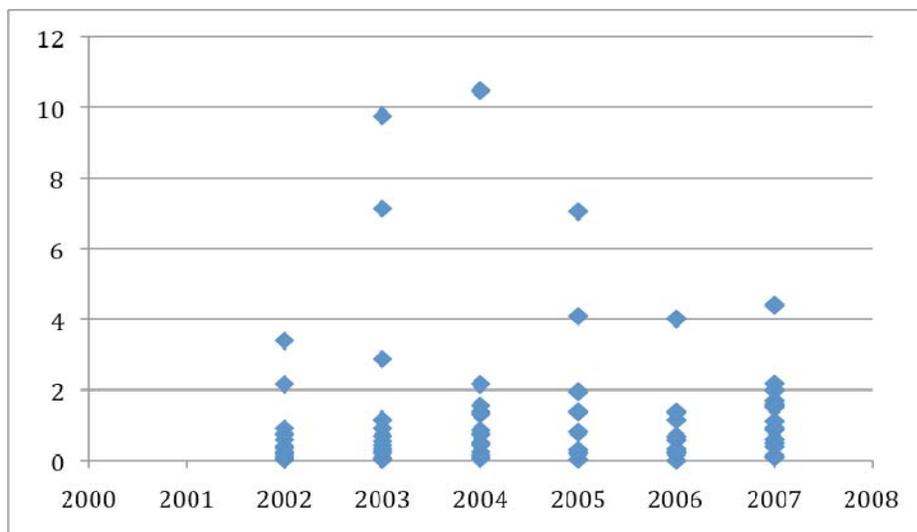


Figure 4.3 - Concentrations de nitrates [$\mu\text{g-at L}^{-1}$] dans des échantillons MED POL prélevés en Israël

MAROC

Les 48 entrées concernées de la base de données MED POL correspondent à la surveillance continue effectuée en diverses zones du nord du Maroc, de Tanger à Nador.

Il n'y a aucune indication sur la profondeur du fond ou sur celle de l'échantillonnage, et il n'a pas non plus été communiqué de données sur la salinité ou l'oxygène dissous. Le tableau 1 donne l'intervalle de variation des valeurs des éléments nutritifs en $\mu\text{g-at L}^{-1}$.

Tableau 4.5 - Valeurs minimales et maximales des variables surveillées

NH4	NO2	NO3	PO4	SiO4	TN	TP
1800	8	0	10	21200	2800	10
103 600	140	14 300	9 600	964 000	136 200	15 800

Aucune de ces valeurs ne paraît se situer dans une fourchette plausible pour des eaux côtières ou intérieures: seules quatre valeurs étaient inférieures à $10 \mu\text{g-at L}^{-1}$ pour les nitrates, quatre inférieures à $10 \mu\text{g-at L}^{-1}$ pour les phosphates et cinq à $100 \mu\text{g-at L}^{-1}$ pour P total.

Même en tenant compte du fait que les échantillons ont été pour la plupart prélevés à des "points chauds" de pollution, les chiffres communiqués sont trop élevés, même pour des eaux usées; il s'ensuit que l'on n'a pu procéder à une évaluation de l'impact sur les masses d'eau côtières ou intérieures en termes d'eutrophisation. Les données doivent être évaluées avec la collaboration des fournisseurs de données.

SLOVÉNIE

Les 1063 entrées concernées de la base de données MED POL correspondent à la surveillance effectuée entre 1999 et 2005 dans diverses zones du littoral slovène. Certaines entrées n'ont pu être analysées du fait que les coordonnées des points d'échantillonnage étaient manifestement erronées.

Les sites surveillés avaient une profondeur du fond variant de 0,4 à 24 m, mais la moitié des échantillons étaient prélevés à une profondeur de 10 m ou moins. Il n'a pas été communiqué de valeurs pour la salinité. La température de l'eau était comprise entre 1 °C et 28 °C environ, ce qui indique que toutes les saisons ont été surveillées. La plupart des échantillons analysés indiquaient des concentrations de OD entre 4 et 10 ml O₂ L⁻¹, mais certaines stations présentaient des valeurs de OD extrêmement faibles, un échantillon révélant 0 ml O₂ L⁻¹ et 26 échantillons variant dans des limites inférieures à 4 ml O₂ L⁻¹. Il n'a pas été notifié de valeurs pour la chlorophylle.

Tableau 4.6 - Valeurs minimales et maximales des variables surveillées

NO ₂	NO ₃	PO ₄	SIO ₄	TN	TP
0,01	0,01	0,01	0,1	0	0,1
47,16	1096,16	44,7	219,57	3821,7	54,17

Sur les échantillons analysés, 220 présentaient des concentrations d'ammonium > 2 µg-at L⁻¹, 45 des concentrations > 10 µg-at L⁻¹ et 5 des concentrations >100 µg-at L⁻¹. En ce qui concerne les nitrites, 55 échantillons se situaient au-dessus de 1 µg-at L⁻¹ et seuls 5 échantillons étaient > 5 µg-at L⁻¹. S'agissant des nitrates, 36 échantillons étaient relevés > 100 µg-at L⁻¹ et une station 00BA révélait des concentrations supérieures à 1000 µg-at L⁻¹. Pour les phosphates, 50 échantillons se situaient au-dessus de 1 µg-at L⁻¹ et 11 au-dessus de 5 µg-at L⁻¹. Les silicates se sont avérés supérieurs à 10 µg-at. L⁻¹ dans 247 échantillons, et à 100 µg-at. L⁻¹ dans 30 échantillons.

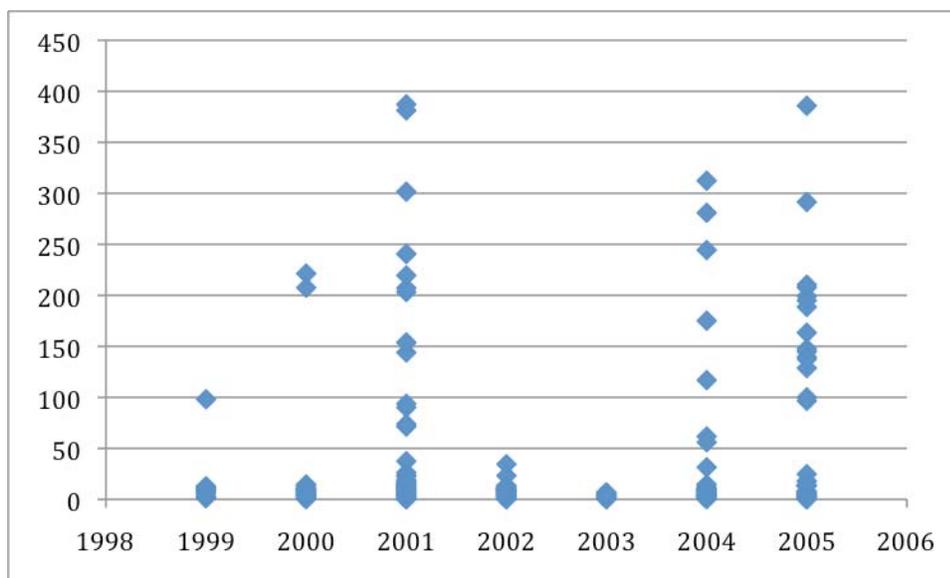


Figure 4.4 - Tendence des concentrations de nitrates [µg-at. L⁻¹] dans des échantillons MED POL prélevés en Slovénie

L'azote total était supérieur à 1000 µg-at. L⁻¹ dans 3 échantillons des stations SK04, 00BA et SK03, et supérieur à 100 µg-at. L⁻¹ dans 80 échantillons. Le phosphore total s'établissait au-dessus de 10 µg-at. L⁻¹ dans 7 échantillons des stations SK04, 00RI, SK03, SK04, 00IO, 00BA et 00DN.

À en juger par les valeurs en éléments nutritifs relevées (nitrates > 100 µg-at. L⁻¹), diverses zones du pays peuvent avoir été soumises à une forte pollution par les éléments nutritifs provenant de sources situées à terre (échantillons 00BA, 00DN, 00DR, 00RI, SK03, SK04).

TUNISIE

Les 44 entrées de la base de données MED POL correspondent à la surveillance effectuée dans cinq zones différentes. Une station est située dans le lac de Bizerte, une deuxième au large de Carthage, toutes les deux sur le littoral nord. Trois stations sont situées dans la zone de Tunis, deux dans le canal donnant accès au port industriel, au lac de Tunis, et l'une au large d'Hammamet (bien que les coordonnées fournies placent la station à 3,5 km environ à l'intérieur), et une cinquième dans le golfe de Gabès. Là encore, plusieurs échantillons étaient assortis de coordonnées situées à l'intérieur des terres. La question doit être examinée et clarifiée avec les fournisseurs de données.

La surveillance a été effectuée entre 2002 et 2007 à des profondeurs variant de 0,5 à 2 m et n'a porté que sur N total et P total. Cependant, huit des entrées de données indiquaient des valeurs anormalement élevées comprises entre 9 000 et 90,000 µg-at L⁻¹, associées seulement aux relevés de la salinité qui présentaient aussi des valeurs inacceptables le plus souvent supérieures à 300. Après avoir écarté ces données, les valeurs de N total variaient de 4, 56 à 123,55 µg-at L⁻¹ et celles de P total de 1,46 à 123,51 µg-at L⁻¹, la plupart de ces valeurs se situant à l'extrémité supérieure. Aussi n'est-il pas possible de procéder à une évaluation de l'eutrophisation dans les eaux tunisiennes avec les données disponibles.

TURQUIE

Les 83 entrées concernées de la base de données MED POL correspondent à la surveillance effectuée à proximité de Mersin, un port commercial actif situé sur le littoral sud-est de la Turquie, pendant les années 2006 et 2007. Les relevés portaient sur toutes les saisons et des profondeurs variant de la surface à 50 m.

Tableau 4.7 - Valeurs minimales et maximales des variables surveillées

TEMP	OD	NH4	NO2	NO3	PO4	SIO4	PT
15,64	5,57	0,04	0,02	0,03	0,02	0,31	0,10
27,27	9,79	25,54	0,76	15,80	2,15	8,30	6,32

La plupart des valeurs se situaient dans des fourchettes relativement normales. Seules 9 entrées indiquaient des valeurs d'éléments nutritifs tout à fait anormales à l'extrémité supérieure de l'intervalle. Les stations dans lesquelles ces valeurs étaient obtenues sont situées au large du port de Mersin. L'une d'elles, EUTMR2, se trouve juste en face de la plage de Dumlupinar, une autre au large du port EUTMR7 et une troisième, EUTMR4, non loin de l'embouchure de l'Efrent.

La température des stations surveillées indique des valeurs extrêmes autour de 16 °C en hiver et au-dessus de 27 °C en été. L'oxygène dissous était toujours élevé, même à 45 m de profondeur où les valeurs restaient comprises entre 7 et 8 ml O₂ l⁻¹. Les concentrations d'ammonium étaient le plus souvent inférieures à 1 µg-at L⁻¹, une valeur relativement élevée pour des eaux côtières, mais 26 des 83 points de données présentaient des concentrations d'ammonium au-dessus d'un tel seuil et atteignant jusqu'à 25 µg-at L⁻¹, dont bon nombre correspondaient aux stations du port de Mersin. Les nitrites, un bon indicateur d'eaux

relativement eutrophes, étaient toujours inférieurs à $0,3 \mu\text{g-at L}^{-1}$, avec seulement 16 valeurs au-dessus de cette concentration mais toujours inférieures à $0,76 \mu\text{g-at L}^{-1}$. Les plus fortes teneurs en nitrites se situaient toujours à la surface, particulièrement élevées aux stations du port de Mersin. Les nitrates, avec des concentrations comprises entre $0,03$ et $15,8 \mu\text{g-at L}^{-1}$, dénotent une tendance totalement inverse à celle que l'on pourrait attendre, avec des valeurs élevées à la surface et très faibles à proximité du fond, soit environ 45 m de profondeur. Les plus fortes valeurs correspondent aux stations du port de Mersin. Les phosphates, très rares dans le bassin du Levant, s'établissaient au-dessus de $0,3 \mu\text{g-at L}^{-1}$ seulement à la surface des stations du port de Mersin où le P total était également supérieur à $0,3 \mu\text{g-at L}^{-1}$ et assez élevé dans certains des échantillons. Les silicates, avec des valeurs profondes d'environ $1,5 \mu\text{g-at L}^{-1}$, présentaient une forte variation des valeurs de surface comprises entre $0,3$ et $8,3 \mu\text{g-at L}^{-1}$, les pics se situant aux stations du port de Mersin.

Le rapport nitrates/phosphates constitue un indice de la *qualité* des eaux de mer. Les eaux océaniques présentent un rapport N/P (rapport de Redfield) proche de 16, qui, pour les eaux de la Méditerranée occidentale, monte à 22 et même davantage pour le bassin oriental. Cependant, après avoir écarté les valeurs que l'on pouvait considérer comme aberrantes dans la colonne phosphates, l'on a trouvé un rapport N/P proche de 10, ce qui était un indice d'eaux de surface polluées par le phosphore dans la baie de Mersin.

Évaluation des images de la chlorophylle en mer Méditerranée

La carte ci-dessus repose sur une série d'images satellite obtenues par le système en ligne de Giovanni établi à partir de SeaWiFS/MODIS Aqua combiné avec des moyennes d'images sur 8 jours entre août 2002 et décembre 2008. Bien que l'on n'ait pas une très haute résolution spatiale (9×9 km) et que, de ce fait, les effets locaux ne puissent être correctement évalués, l'utilisation de capteurs satellitaires (SeaWiFS/MODIS, MERIS) peut être considérée comme un outil important.

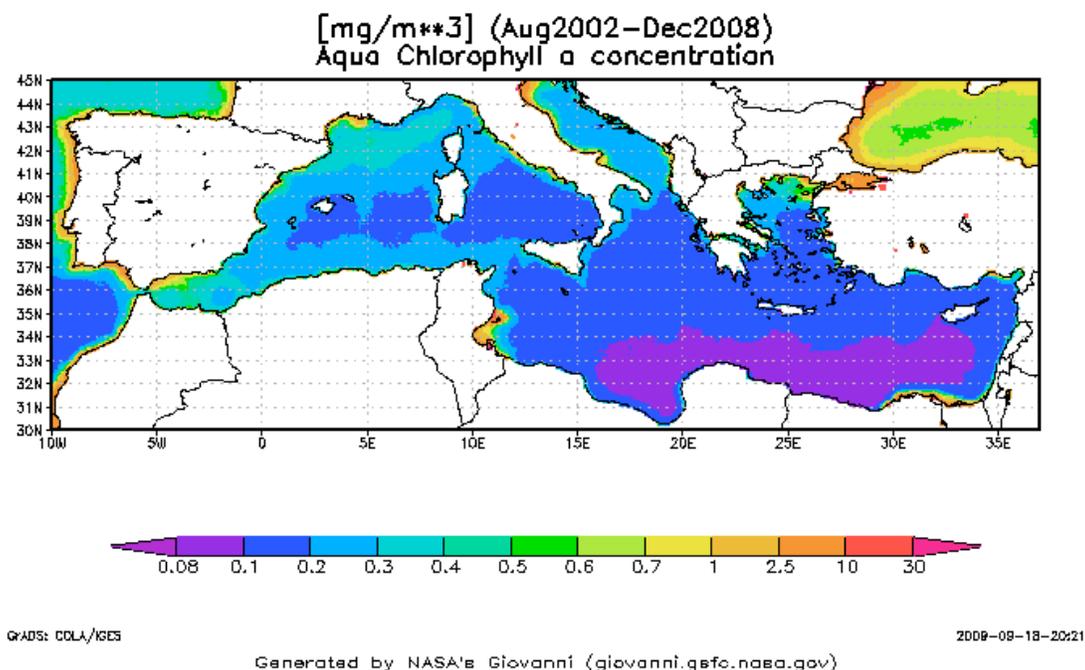


Figure 4.5 - Image composite de la chlorophylle-a en mer Méditerranée sur la base d'une moyenne calculée entre août 2002 et décembre 2008.

L'exemple de la figure 4.5 montre de faibles valeurs générales de la surface pour la chlorophylle-a ($< 0.5 \mu\text{g L}^{-1}$), ce qui traduit le caractère le plus souvent oligotrophe des eaux de la mer Méditerranée. Cependant, sur le pourtour de la région, plusieurs zones révèlent des valeurs supérieures à la moyenne. Ce sont, entre autres, sur la rive nord : la côte andalouse de l'Espagne, le golfe du Lion, le nord de la mer Adriatique; et sur la rive sud : le littoral de l'Égypte au niveau du delta du Nil et le golfe de Gabès en Tunisie. D'autres zones, moins manifestes, peuvent présenter des concentrations relativement élevées de chlorophylle-a, mais le large champ de l'image ne permet pas de localiser avec précision les sites.

Le recours aux capteurs satellitaires pour l'étude colorimétrique de l'eau est devenu une stratégie courante. Bien que les images et les données aient une valeur quantitative assez fiable, il convient de procéder à des corrections importantes pour tenir compte de la transparence de l'atmosphère, du scintillement solaire et d'autres facteurs qui modifient la couleur des eaux, en utilisant des algorithmes pour extraire les résultats valables des valeurs spectrométriques obtenues par télédétection.

Les informations librement disponibles ont une faible résolution (9 x 9 km). Cependant, des images peuvent être obtenues de la NASA ou de l'ASE avec pleine résolution (300 m pour MERIS dans les zones côtières). Des exemples d'imagerie à haute résolution de MERIS sont les deux images de la figure 4.6 ci-dessous : à droite le littoral espagnol de Tarragone à Cabo de Palos, et à gauche le littoral de l'Algérie. On peut observer sur chacune des images l'impact des fleuves et autres déversements et l'impact sur le système des structures hydrodynamiques. Elles constituent un outil très important pour évaluer l'étendue des déversements d'eaux douces

sur le système côtier. Cependant, l'eutrophisation n'est pas un phénomène généralisé en mer Méditerranée. Seules des zones très spécifiques présentent des symptômes de ce phénomène car les zones recevant des déversements d'eaux douces riches en éléments nutritifs peuvent être soumises à une hydrodynamique active qui favorise la dispersion des éléments nutritifs apportés et du phytoplancton produit par la suite.

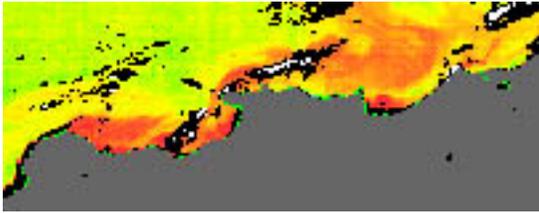
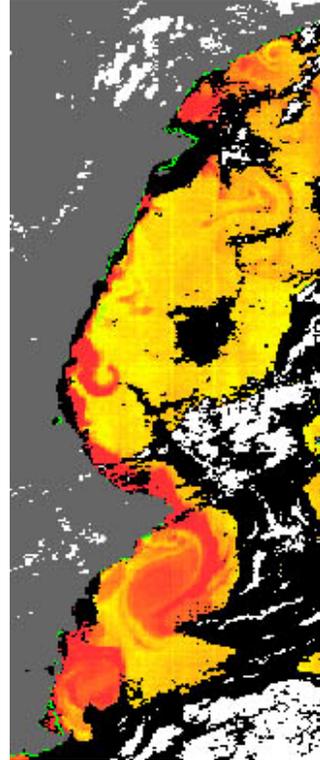


Figure 4.6 - Deux images de la chlorophylle superficielle obtenue par le capteur MERIS de l'ASE pour le littoral algérien (ci-dessus) et le littoral de l'est de l'Espagne (à droite).



Conclusions concernant l'eutrophisation

Le bassin méditerranéen ne connaît pas, dans l'ensemble, de problèmes étendus d'eutrophisation. De fait, les teneurs superficielles en chlorophylle sont extrêmement faibles et comparables à celles des zones les plus oligotrophes des mers et océans du globe comme la mer des Sargasses dans l'Atlantique Nord subtropical.

À une échelle plus réduite, de dizaines à des centaines de kilomètres, il existe des zones importantes qui peuvent montrer des signes d'eutrophisation en raison de l'existence d'importants apports d'éléments nutritifs d'origine anthropique qui augmentent la productivité par ailleurs faible des eaux côtières. Il est toutefois difficile de distinguer les apports anthropiques des apports naturels d'éléments nutritifs. De fait, les fleuves et cours d'eau véhiculent naturellement des éléments nutritifs provenant de la décomposition des matières organiques produites sur l'ensemble de leur bassin versant, entraînant des symptômes similaires à ce que nous appelons eutrophisation. L'excédent d'éléments nutritifs ajouté par les activités humaines (agriculture, industrie, développement urbain avec les réseaux de collecte des eaux résiduaires) engendre une eutrophisation culturelle.

L'eutrophisation culturelle paraît être un phénomène largement répandu dans la plupart des zones côtières des mers et océans du globe. Cela étant, l'intensité avec laquelle elle se manifeste en un site particulier et l'impact qu'elle a sur l'environnement est un élément important qui devrait conduire les administrations à la maîtriser et, si possible, à réduire la quantité excédentaire d'éléments nutritifs déversés. Les conditions dans lesquelles les rejets d'éléments nutritifs entrent dans le milieu marin sont d'une grande importance. L'hydrodynamique locale joue un rôle majeur en déterminant la capacité réceptrice d'une zone côtière. L'effet des éléments nutritifs rejetés par le Rhône dans le golfe du Lion n'est pas le même que celui produit par les éléments nutritifs rejetés par le Pô dans l'Adriatique Nord. Les éléments nutritifs déversés par l'agglomération urbaine de Barcelone n'ont pas le même effet que ceux déversés par la ville d'Izmir qui possède une population à peu près équivalente (> 4 millions d'habitants).

Certaines zones de la mer Méditerranée présentent des teneurs superficielles élevées en chlorophylle-a, ce qui dénote l'existence possible de problèmes d'eutrophisation culturelle d'ampleur moyenne. Elles sont le plus souvent adjacentes à de grandes embouchures comme celles de l'Èbre, du Rhône, du Tibre, du Pô, de l'Aliákmon, du Seyhan et du Nil. D'autres zones peuvent présenter les effets de sources ponctuelles comme les agglomérations urbaines et les ports (Valence, Barcelone, Marseille, Athènes, Izmir, Mersin, Tunis, etc.). D'autres zones peuvent aussi présenter des teneurs élevées en chlorophylle en raison de phénomènes naturels (par ex., mer d'Alboran, Méditerranée Nord-Ouest, Adriatique Nord, nord-est de l'Égée, etc.). La télédétection fournit des renseignements qui, s'ils sont bien exploités, constituent un excellent complément au travail sur le terrain, et son utilisation doit être encouragée.

4.2. Substances dangereuses dans les sédiments et les biotes (sur la base de l'évaluation établie par le Professeur Joan Albaiges, en coopération avec M.. Jordi Pon et Mme Carla Murciano).

Les activités de surveillance continue menées dans le cadre de MED POL III et IV ont porté essentiellement sur les métaux lourds (mercure et cadmium principalement) et les hydrocarbures halogénés (PCB et DDT) dans les sédiments et les biotes marins. Un résultat majeur de ces Phases a été la création d'une base de données MED POL et de la version web qui lui est étroitement liée (<http://195.97.36.231/medpol/>). La base MED POL issue de la surveillance continue abrite à l'heure actuelle les données de la surveillance de 14 pays méditerranéens, et bien que le contexte soit très fluctuant, avec une part inégale des données pour chaque composante et pour chaque pays, elle constitue une source d'information pertinente qui a été évaluée pour le présent rapport.

Dans son principe, l'évaluation a été centrée sur les sédiments et les biotes puisque ce sont les compartiments qui reflètent le mieux l'état de l'environnement. En outre, seules les données représentatives ont été utilisées, en envisageant essentiellement des ensembles de données importants. À cet égard, seuls les métaux en traces se sont avérés bien se prêter à l'évaluation au niveau régional dans les sédiments. Dans le cas des biotes, la base de données inclut un grand nombre d'espèces marines, mais l'accent a été mis sur un bivalve (*Mytilus galloprovincialis*) et un poisson benthique (*Mullus barbatus*) car ce sont les espèces les plus communes et les plus largement analysées dans la région.

S'agissant des paramètres, ils ont été choisis en tenant compte du nombre total d'échantillons et de la couverture géographique et temporelle. Ainsi, la sélection des métaux s'est faite sur la base de ceux considérés comme une préoccupation prioritaire, à savoir Cd, Hg, Pb, Zn et Cu. Parmi les hydrocarbures chlorés, l'étude a privilégié les familles des DDT et des PCB comme étant les POP les plus représentatifs. Les drines (aldrine, endrine et dieldrine), le HCB et le lindane ont été aussi pris en compte.

Afin d'harmoniser la base de données, toutes les concentrations ont été relevées en $\mu\text{g g}^{-1}$ ou ng g^{-1} poids sec. Dans les cas où elles étaient communiquées sous d'autres unités ou sur la base du poids humide, elles ont été converties en conséquence.. En résumé, après sélection et harmonisation des données, ce sont au total 28 210 observations, correspondant à plus de 400 stations surveillées au cours de MED POL-Phase III et Phase IV (1999-2007) qui ont été incluses dans l'évaluation. Celle-ci est divisée en trois sections: i) présence et répartition géographique des métaux en traces (dans les sédiments et les biotes) et des pesticides chlorés et PCB (dans les biotes); ii) évaluation des risques et recensement des "points chauds" ; et iii) tendances temporelles.

4.2.1. Présence et répartition géographique des métaux en traces et des composés chlorés

a) Métaux

Sédiments

Dans l'ensemble, l'on a relevé une bonne couverture par les données dans la partie nord du bassin méditerranéen, alors qu'un petit nombre seulement de points d'échantillonnage sont présents dans les pays riverains du sud. Bien que le nombre d'échantillons soit loin d'être représentatif du bassin et que la lithologie du plateau continental puisse influencer sur la présence

de métaux en traces dans les sédiments, les valeurs figurant sur le tableau 4.8 offrent un aperçu général de la région concernant les intervalles de concentrations de Cd, Hg total, Pb, Zn et Cu, les deux premiers présentant des valeurs inférieures de plusieurs ordres de grandeur à celles de Zn, alors que Pb et Cu occupent une position similaire et intermédiaire.

Tableau 4.8 - Métaux en traces dans les sédiments. Valeurs médianes et intervalles des valeurs ($\mu\text{g g}^{-1}$ ps)

Écorégion	Cd	Hg total	Pb	Zn	Cu
Adriatique	0,21 (0,01-18,5)	0,10 (0,01-166,9)	9,5 (0,39-1033)	65,7 (5,0-980)	16,1 (1,39-122)
Égée-Bassin Levantin	0,11 (0,01-8,47)	0,16 (0,00-5,18)	5,9 (0,03-132,3)	26,8 (0,07-1505)	11,2 (0,31-198)
Méditerranée centrale	0,53 (0,38-0,65)	0,05 (0,01-6,00)	4,3 (0,33-50,4)	34,4 (0,05-176)	5,14 (0,29-52,9)
Méditerranée occidentale	1,60 (0,23-7,61)	0,16 (0,02-12,6)	19,4 (0,24-256)	50,1 (1,0-731)	13,9 (0,68-107)

D'une manière générale, ces valeurs se situent dans une fourchette inférieure à celle communiquée dans les précédentes évaluations établies lors de MED POL I et II (PNUE, 1996). Par exemple, les valeurs relevées pour Cd, Pb, Zn et Cu ont été, respectivement, de 0,02-64, 3-3 000, 1,7-6 200 et 0,6-1 890 $\mu\text{g g}^{-1}$ ps (PNUE, 1996). L'analyse circonstanciée révèle que certaines stations ont des niveaux élevés de Hg, Pb et Zn dans les sédiments en Croatie, et de Zn et Cu en Turquie et en Israël. Un large intervalle de valeurs caractérise tous les métaux analysés en Italie, en particulier Pb. Les valeurs moyennes de Zn et Cu décelées au Maroc se situent dans une fourchette supérieure (figures 4.7 et 4.8).

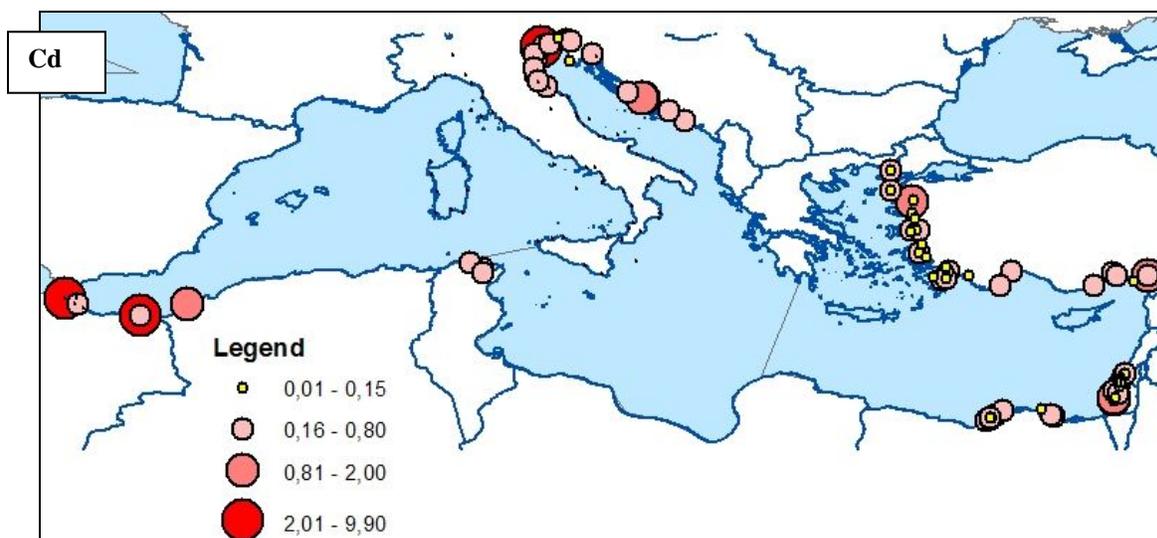


Figure 4.7 : Concentrations de Cd dans les sédiments ($\mu\text{g g}^{-1}$ ps).

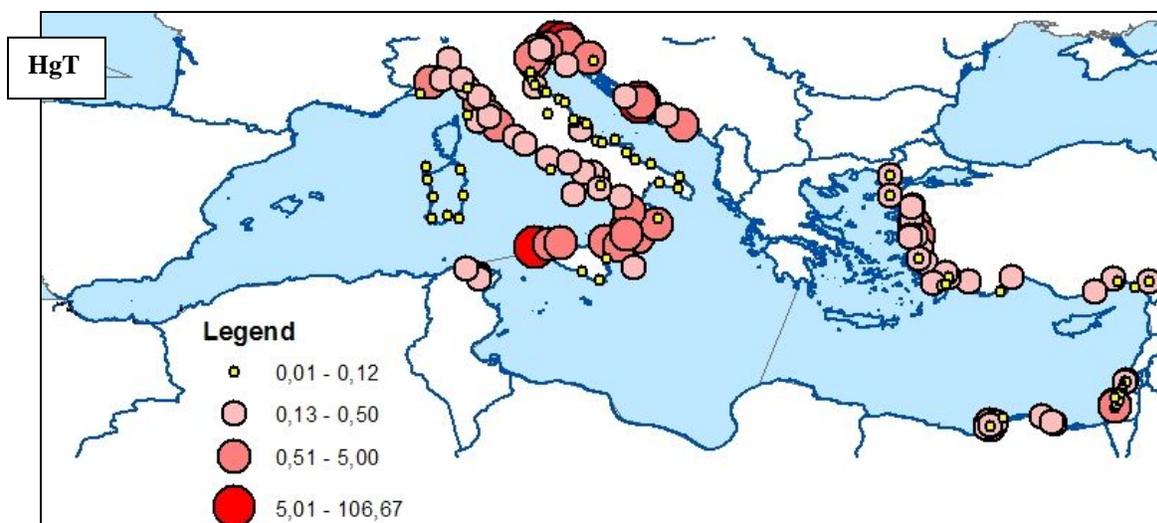


Figure 4.8: Concentrations moyennes de Hg dans les sédiments ($\mu\text{g g}^{-1}$ ps).

Biotes

La récapitulation des données correspondant aux métaux en traces chez *Mytilus galloprovincialis*, présentée sur le tableau 4.9, fournit l'intervalle des valeurs relevées dans chaque sous-région. L'accumulation dans les moules suit une tendance similaire que pour les sédiments : Cd > Hg total > Pb > Zn. Les niveaux moyens de Hg et Pb dans des moules espagnoles semblent être au-dessus et au-dessous des intervalles habituels, contrairement à l'Italie et la France, tandis que Cd, Zn et Cu présentent une répartition plus homogène, à l'exception de l'Espagne pour Cu, lequel se situe aussi en dessous des valeurs moyennes.

Tableau 4.9: Métaux en traces chez *Mytilus galloprovincialis*. Valeurs médianes et intervalles des valeurs ($\mu\text{g g}^{-1}$ ps)

Écorégion	Cd	Hg total	Pb	Zn	Cu
Adriatique	0,75 (0,03-2,73)	0,15 (0,01-8,45)	1,49 (0,07-67,5)	121 (5,7-467)	7,92 (0,51-81,6)
Égée-bassin Levantin	0,36 (0,05-5,27)	0,06 (0,01-0,63)	2,09 (0,84-5,97)	68 (6,7-325)	5,90 (1,01-36,1)
Méditerranée centrale	0,44 (0,13-3,40)	0,18 (0,01-7,00)	0,81 (0,07-5,36)	87 (11,6-565)	9,32 (1,36-70,5)
Méditerranée occidentale	0,66 (0,01-10,0)	0,16 (0,01-259)	1,30 (0,01-79,1)	122 (0,01-5337)	5,91 (0,04-114)

L'Adriatique et la Méditerranée occidentale sont, en général, les régions présentant les valeurs les plus élevées (figure 4. 9). Les concentrations des métaux en traces dans les sédiments et chez les moules sont en bonne corrélation, hormis dans le cas de Zn, ce que l'on peut attribuer à une forte influence de la lithologie sédimentaire.

Les métaux chez *Mullus barbatus* n'ont été notifiés que pour la région égéenne-levantine. En général, les concentrations se situent dans des fourchettes similaires mais certaines stations, en Grèce et en Turquie, présentent les niveaux supérieurs de Cd et Cu.

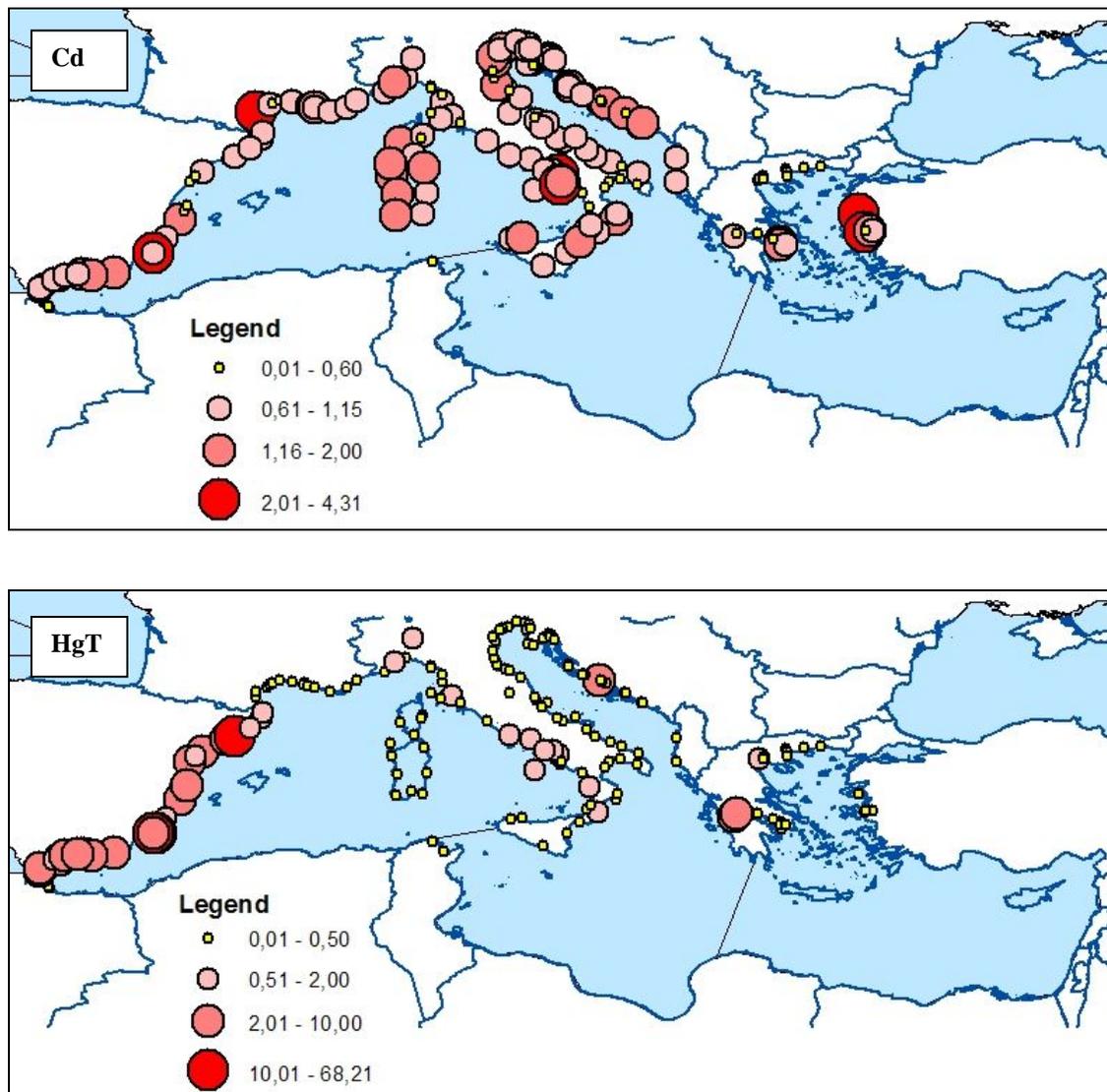


Figure 4.9 : Concentrations moyennes de métaux en traces chez *Mytilus galloprovincialis* ($\mu\text{g g}^{-1}$ ps).

b) Composés chlorés

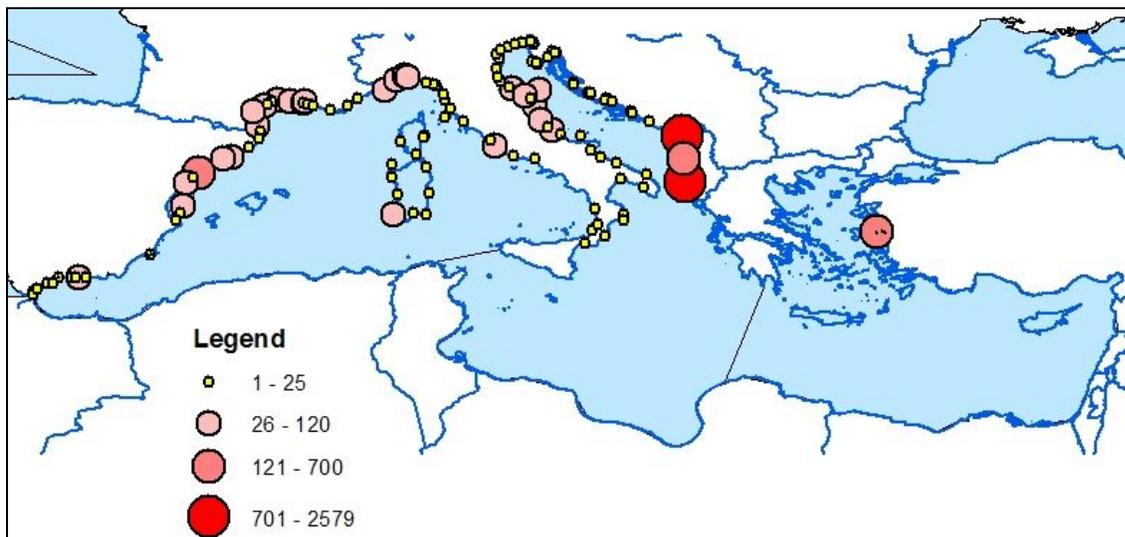
Les pesticides chlorés ont fait l'objet d'amples analyses dans les biotes en Méditerranée depuis la création du MED POL (PNUE, 1990). Les moules et le rouget barbet ont été les organismes le plus largement étudiés dans l'ensemble du bassin dans le cadre de nombreux travaux publiés dans la littérature et récemment évalués à l'occasion de la mise en œuvre de la Convention de Stockholm (PNUE, 2002). Cependant, ce n'est que depuis les dix dernières années qu'ils ont fait l'objet d'une surveillance continue et que les données ont été rassemblées dans la base MED POL.

Les concentrations de l'aldrine, de la dieldrine, de l'endrine, du lindane et de l'hexachlorobenzène chez *Mytilus galloprovincialis* se situent dans une fourchette basse ng g^{-1} ,

à l'exception de quelques stations de la Turquie et de l'Albanie. Comme on le constate sur le tableau 4.10, les concentrations des DDT étaient supérieures d'un ordre grandeur, le p,p'-DDE étant en général l'élément prédominant, bien que de récents apports de DDT dans certaines zones ne puissent être exclus. Des concentrations atteignant $9\,779\text{ ng g}^{-1}$ ps des DDT totaux ont été relevées chez des moules du littoral albanais, indiquant probablement la présence de stocks de DDT dans le pays, ainsi que de lindane (figure 4.10).

La répartition géographique des valeurs médianes des congénères du PCB obtenues dans le cadre du CIEM chez la moule (figure 4.11) présente les valeurs les plus élevées dans l'Adriatique où les échantillons albanais dépassent nettement la moyenne, tandis que les valeurs atteignent jusqu'à 1500 ng g^{-1} ps dans une station française.

a) DDT



b) Lindane

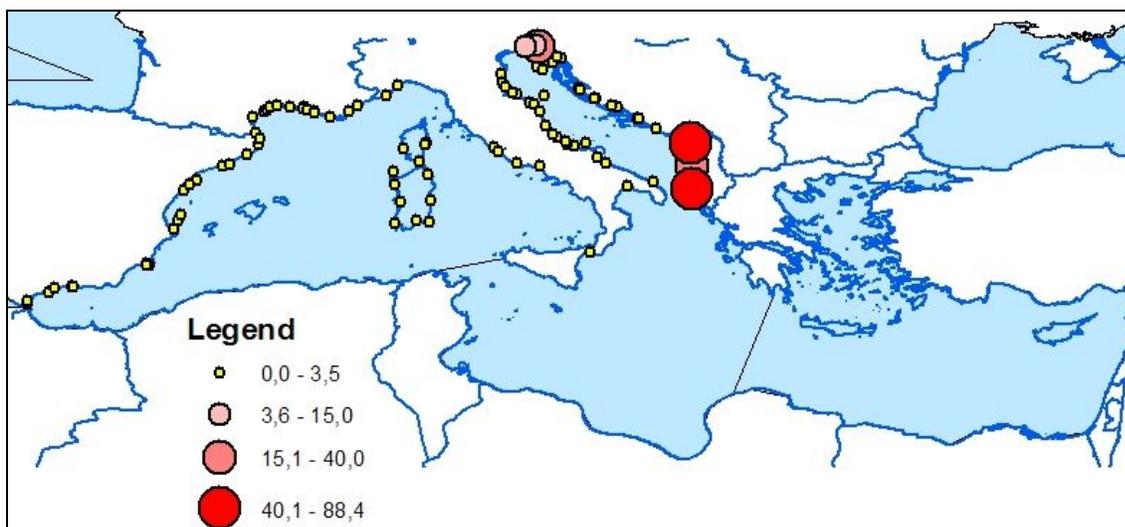
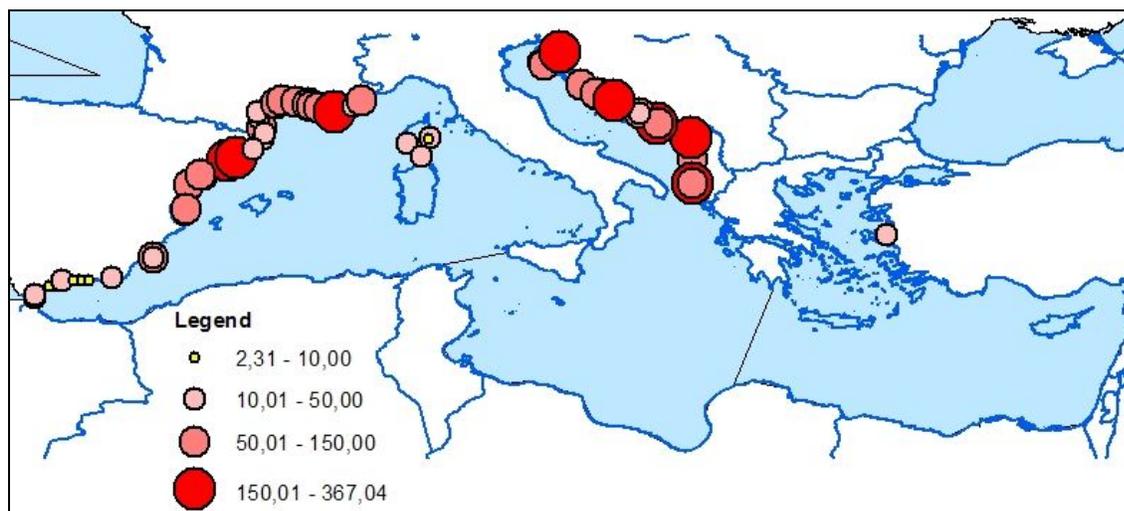


Figure 4.10: Concentrations moyennes (ng g^{-1} dw) des DDT (a) et du lindane (b) chez *Mytilus galloprovincialis*

Tableau 4.10: Composés chlorés chez *Mytilus galloprovincialis*. Valeurs médianes et intervalles des concentrations (ng g⁻¹ ps)

Écorégion	Σ DDT	Lindane	CB138	CB153	Σ7CBs
Adriatique	11,45 (0,01-9779)	0,24 (0,001-88,4)	6,67 (0,1-350)	5,00 (0,05-85,5)	96,6 (4,0-875)
Égée-Bassin Levantin	17,44 (6,02-440)		0,21 (0,01-20,6)	0,33 (0,02-32,4)	1,13 (0,07-110)
Méditerranée centrale	10,24 (0,40-26,0)	0,11 (0,1-1,40)	5,00 (0,30-23,0)	4,27 (0,70-38,0)	
Méditerranée occidentale	17,99 (0,60-322)	0,60 (0,01-20,95)	10,12 (0,09-566)	12,68 (0,19-603)	29,8 (1,58-1501)

Figure 4.11: Concentrations moyennes de Σ7CB (ng g⁻¹ ps) chez *Mytilus galloprovincialis*



Les valeurs peuvent être considérées comme se situant dans l'intervalle inférieur, compte tenu de la plus forte capacité d'accumulation du poisson par rapport aux moules.

À l'échelle régionale, un état récapitulatif des données correspondant aux métaux en traces et aux composés chlorés dans les sédiments et les moules prélevés dans quatre écorégions méditerranéennes est présenté sur le tableau 4.11 et la figure 4.12.

Dans l'ensemble, l'Adriatique et la Méditerranée occidentale sont les régions où les concentrations sont plus élevées. Les teneurs en métaux en traces des sédiments et des moules sont en bonne corrélation, hormis le cas de Zn que l'on peut attribuer à une forte influence de la lithologie sédimentaire.

S'agissant des composés chlorés, les concentrations des DDT et du lindane sont plus élevées dans l'Adriatique, alors que les teneurs plus fortes en PCB sont relevées en Méditerranée occidentale.

Tableau 4.11: Valeurs médianes et intervalles de concentrations:

- a) Métaux en traces dans les sédiments ($\mu\text{g g}^{-1}$ ps)
- b) Métaux en traces chez *Mytilus galloprovincialis* ($\mu\text{g g}^{-1}$ ps)
- c) Composés chlorés chez *Mytilus galloprovincialis* (ng g^{-1} ps)

a)

Écorégion	Cd	Hg total	Pb	Zn	Cu
ADR	0,21 (0,01-18,5)	0,10 (0,01-166,9)	9,5 (0,39-1033)	65,7 (5,0-980)	16,1 (1,39-122)
EG-LEV	0,11 (0,01-8,47)	0,16 (0,00-5,18)	5,9 (0,03-132,3)	26,8 (0,07-1505)	11,2 (0,31-198)
MED CEN	0,53 (0,38-0,65)	0,05 (0,01-6,00)	4,3 (0,33-50,4)	34,4 (0,05-176)	5,14 (0,29-52,9)
MED OCC	1,60 (0,23-7,61)	0,16 (0,02-12,6)	19,4 (0,24-256)	50,1 (1,0-731)	13,9 (0,68-107)

b)

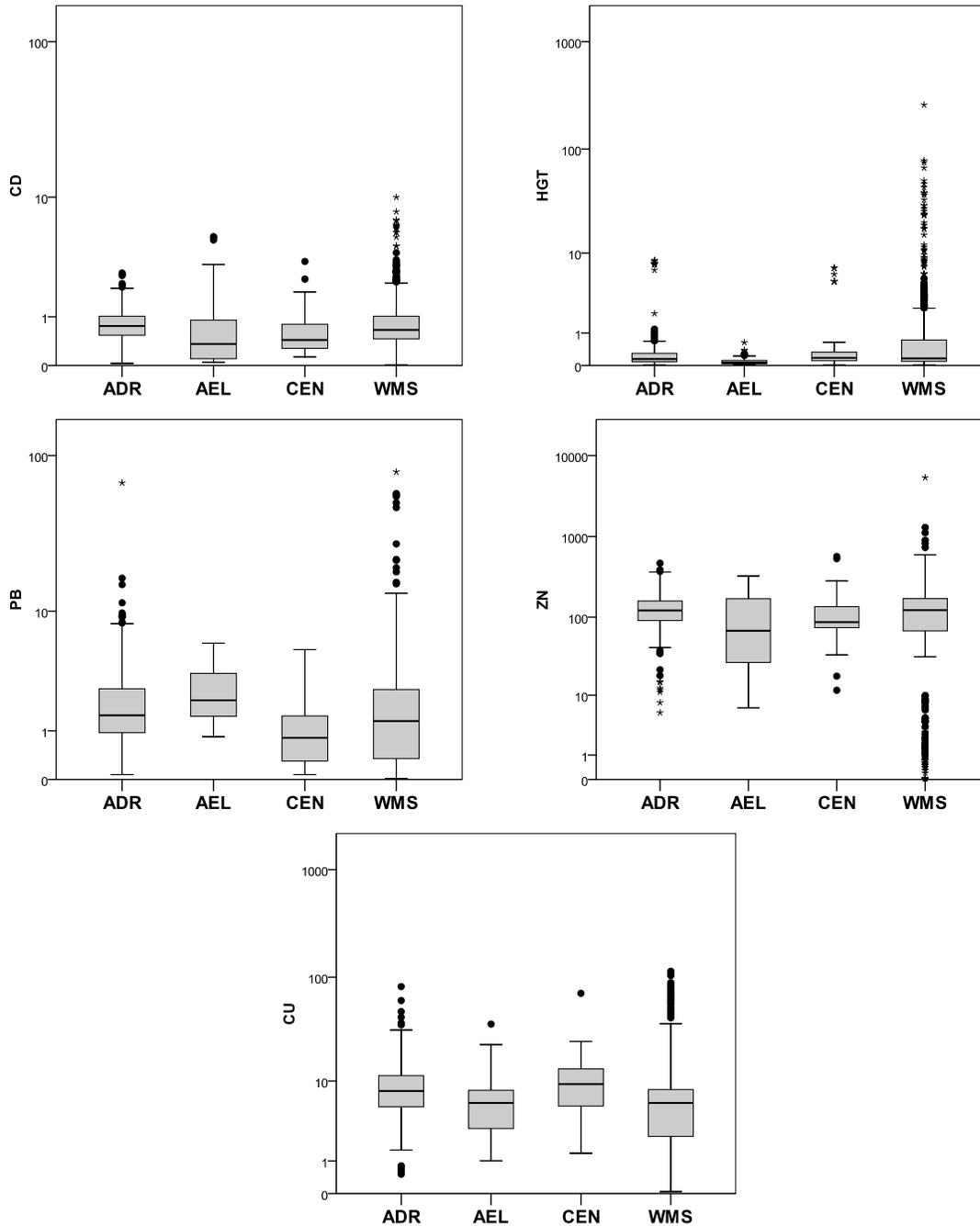
Écorégion	Cd	HgT	Pb	Zn	Cu
ADR	0,75 (0,03-2,73)	0,15 (0,01-8,45)	1,49 (0,07-67,5)	121 (5,7-467)	7,92 (0,51-81,6)
EG-LEV	0,36 (0,05-5,27)	0,06 (0,01-0,63)	2,09 (0,84-5,97)	68 (6,7-325)	5,90 (1,01-36,1)
MED CEN	0,44 (0,13-3,40)	0,18 (0,01-7,00)	0,81 (0,07-5,36)	87 (11,6-565)	9,32 (1,36-70,5)
MED OCC	0,66 (0,01-10,0)	0,16 (0,01-259)	1,30 (0,01-79,1)	122 (0,01-5337)	5,91 (0,04-114)

c)

Écorégion	Σ DDT	Lindane	CB138	CB153	Σ 7CB
ADR	11,45 (0,01-9779)	0,24 (0,001-88,4)	6,67 (0,1-350)	5,00 (0,05-85,5)	96,6 (4,0-875)
EG-LEV	17,44 (6,02-440)		0,21 (0,01-20,6)	0,33 (0,02-32,4)	1,13 (0,07-110)
MED CEN	10,24 (0,40-26,0)	0,11 (0,1-1,40)	5,00 (0,30-23,0)	4,27 (0,70-38,0)	
MED OCC	17,99 (0,60-322)	0,60 (0,01-20,95)	10,12 (0,09-566)	12,68 (0,19-603)	29,8 (1,58-1501)

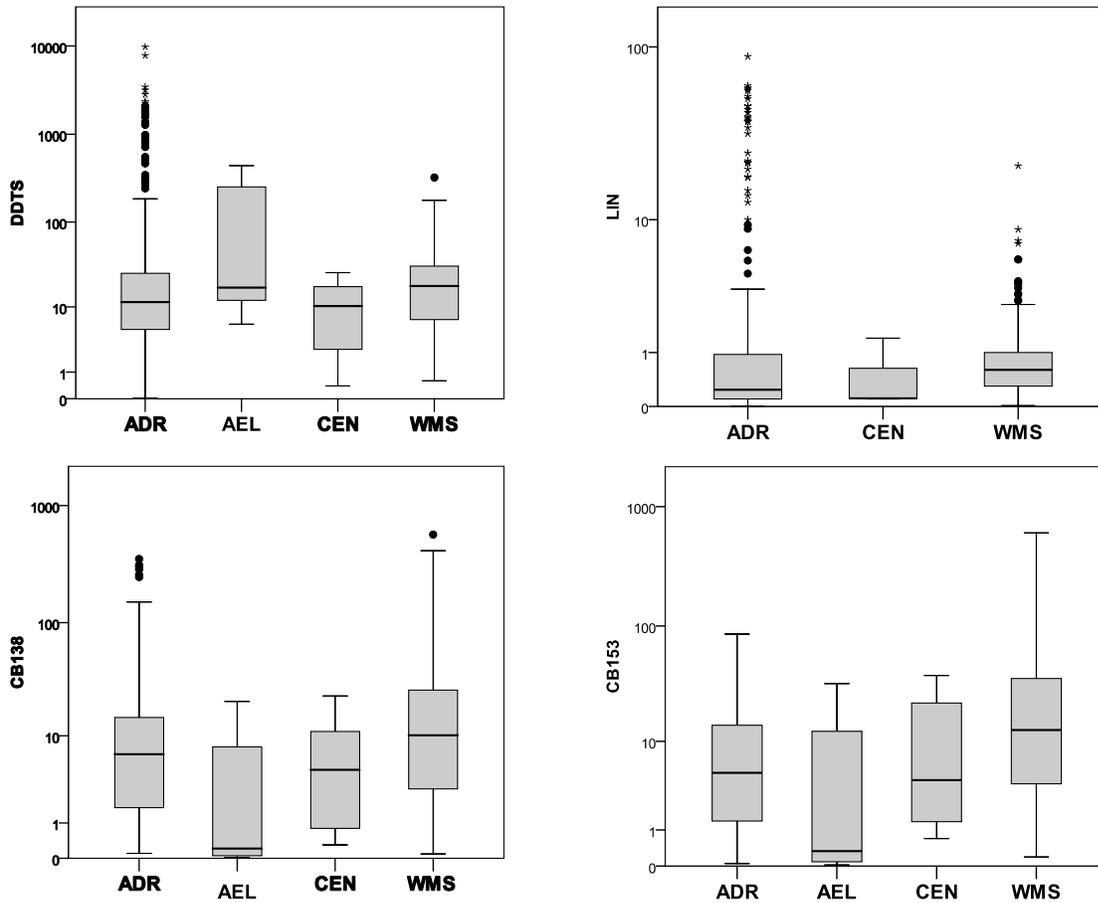
Figure 4.12 - Concentrations de : A) métaux en traces ($\mu\text{g g}^{-1}$ ps) et B) composés chlorés (ng g^{-1} ps) chez *Mytilus galloprovincialis* de différentes sous-régions méditerranéennes.

A)*



* ADR = Adriatique AEL = Egée-bassin Levantin CEN = MED centrale WMS = MED occidentale

B)*



* ADR = Adriatique AEL = Egée-bassin Levantin CEN = MED centrale WMS = MED occidentale

Un résultat utile de la base de données est de permettre d'établir les niveaux de fond des composés cibles dans les biotes et sédiments de la Méditerranée. Ce calcul est nécessaire afin d'avoir des valeurs de référence pour la comparaison avec les données expérimentales. Lorsqu'on étudie des composés de synthèse, les niveaux de fond théoriques devraient correspondre à la valeur zéro. Cependant, les POP sont ubiquitaires dans l'environnement et peuvent être décelés dans le monde entier, même en des sites éloignés ou apparemment préservés de toute influence humaine (AMAP, 1998). Aussi une méthode d'estimation des niveaux de fond réels est-elle nécessaire. Deux approches principales ont été utilisées à cet égard (OSPAR/ICES, 2004); la première se fonde sur l'analyse de carottes sédimentaires prélevées en vue de déterminer les concentrations conservées dans ces archives historiques, avant que l'homme n'ait utilisé les produits chimiques cibles. La deuxième approche consiste à estimer les niveaux dans les sédiments de surface actuels relativement à l'écart d'une contamination. De ce point de vue, l'étude des concentrations de contaminants trouvés en haute mer, à distance des sources de pollution côtières, pourrait donner une estimation fiable des niveaux de fond des contaminants dans les sédiments méditerranéens. Ainsi, Gomez *et al.* (2007) ont établi, à titre provisoire, les valeurs de fond dans une fourchette de 1 à 5 ng g⁻¹ (médiane: 2 ng g⁻¹) pour les PCB comme 7 ICES, de 0,08 à 5 ng g⁻¹ (médiane: 1 ng g⁻¹) pour les DDT, et de 0,04 à 0,5 ng g⁻¹ (médiane: 0,2 ng g⁻¹) pour l'hexachlorobenzène.

D'autre part, une analyse détaillée des données statistiques, tenant compte des valeurs relevées comme aberrantes pour chaque famille de produits chimiques, donne une bonne représentation des zones particulièrement contaminées et à considérer ainsi comme des "points chauds".

Conclusions concernant l'évaluation des niveaux de polluants dans les sédiments et les biotes et des risques potentiels dans le milieu marin côtier méditerranéen

La base de données MED POL sur la surveillance continue et sa version web associée (<http://195.97.36.231/medpol/>) constitue une source pertinente d'informations pour évaluer l'état de la mer Méditerranée. Les efforts faits au cours de MED POL- Phase III et Phase IV ont réussi à forger et améliorer cet instrument essentiel de politique environnementale. Bien que, à l'heure actuelle, la base n'abrite les données que de 14 pays méditerranéens, et que la part des données consacrée à chaque élément et à chaque pays soit inégale, elle représente les archives les plus complètes de données issues de la surveillance de l'ensemble du bassin et, de ce fait, elle doit être consolidée.

Sur la base de l'analyse ci-dessus, il convient de souligner la nécessité de mettre en place des programmes de surveillance continue dans davantage de pays afin de remédier aux lacunes de la couverture géographique par les données. Ces programmes doivent être à même de produire des données comparables et exactes, compte tenu de la variabilité intrinsèque des matrices environnementales étudiées. Par exemple, l'adoption de procédures de normalisation grâce auxquelles pourraient être prises en compte les différences des caractéristiques sédimentaires (teneur en carbone organique et granulométrie) ainsi que l'application de procédures de contrôle qualité/assurance qualité des données sont tenues pour essentielles.

Qui plus est, l'approche conceptuelle du programme MED POL, actualisée avec les connaissances et les expériences récentes qu'a générées la communauté scientifique, doit intégrer les outils d'évaluation pertinents des substances dangereuses dans les sédiments et les biotes marins. Plus concrètement, il est impératif d'instaurer des critères d'évaluation environnementale des substances dangereuses consignées dans la base de données MED POL : métaux en traces, pesticides chlorés et PCB.

4.3. Surveillance des tendances (sur la base de l'évaluation établie par M. Robert Precali)

L'une des composantes majeures des activités de surveillance continue de MED POL-Phase III et Phase IV a consisté à surveiller les contaminants aux "points chauds" et dans les zones côtières de la Méditerranée en vue d'obtenir des tendances temporelles spécifiques de sites en appliquant une stratégie appropriée et cohérente. La première évaluation des données collectées dans la base MED POL a été réalisée en 2003 pour déterminer les variances d'échantillonnage et d'analyse sous-jacentes à chaque pratique de surveillance. En 2005, une deuxième tentative a été faite pour recenser avant tout les parties les plus déficientes de la stratégie d'échantillonnage adoptée. Nous nous proposons ici d'effectuer une analyse détaillée des variances et tendances – si possible – de chaque site de surveillance. Il a été nécessaire de regrouper la base de données MED POL avec certaines sources de données nationales pour réaliser les tests tendanciels au moyen de séries chronologiques de données à long terme. Un premier essai a été fait pour évaluer les données sur les contaminants organiques et inorganiques recueillies sur les biotes à chaque site d'échantillonnage inclus dans MED POL-Phase III. Cependant, les ensembles de données étaient trop importants pour être en fin de compte évalués. Aussi l'évaluation s'est-elle concentrée sur les données relatives aux contaminants inorganiques (métaux en traces) et l'on a réalisé à cette fin une analyse complète dont seuls seront présentés ici quelques résultats concernant les contaminants inorganiques. Toutes les analyses par pays ont été enregistrées séparément sur CD pour être communiquées aux pays et laboratoires respectifs. Les CD comprennent aussi la documentation de référence et la suite logicielle utilisée pour l'analyse.

Qualité des données et analyse statistique des données disponibles

Dans les programmes de surveillance des tendances temporelles des contaminants dans les biotes, l'accent est mis sur le contrôle de l'échantillonnage, des variations analytiques et saisonnières pour fournir des informations sur les modalités temporelles des changements. Il existe divers moyens de contrôler les variations indésirables. Par exemple, les variations de l'échantillonnage peuvent être réduites en prélevant davantage d'organismes, les variations analytiques en répétant les analyses, ou en améliorant les procédures analytiques, et les variations saisonnières en prélevant des échantillons au même moment chaque année. La première évaluation des données mesurées réalisée au bout de trois ans de programmes suivis, présentée à la deuxième réunion chargée d'examiner les activités MED POL de surveillance (UNEP(DEC)MED WG.243/3, 2003), était censée indiquer les faiblesses des stratégies définies de même qu'aborder les principaux problèmes pour atteindre les objectifs assignés.

La présente évaluation a pour objet principal de marquer une avancée dans l'identification des tendances et des problèmes essentiels de la détection des tendances.

Conditions requises et critères

Après environ dix ans de programmes suivis de surveillance des tendances, certains pays n'ont toujours pas plus de cinq ans de données utiles et rencontrent des problèmes de qualité des données. Pour savoir si ces programmes - où le nombre d'années d'échantillonnage pour l'analyse des tendances n'est pas suffisant – remplissent les objectifs assignés, seule la conformité de la variance intra-annuelle aux valeurs seuil pourrait être vérifiée.

Cependant, l'évaluation tendancielle peut être réalisée pour les pays qui ont plus de cinq ans de programmes suivis et seulement pour les séries de données qui remplissent cette condition. Quelques pays, à des stades antérieurs, ont aussi communiqué des données additionnelles afin

d'allonger la durée de leur séries de données. Pour la détection des tendances, la suite logicielle "Trend-Y-tector" sera utilisée. Le logiciel a été élaboré par l'Institut national pour la gestion du milieu marin et côtier des Pays-Bas (RIKZ) afin de respecter les conditions requises par les pays OSPAR en vue d'une méthode ou suite de méthodes harmonisée, uniforme et objective d'analyse des données collectées chaque année.

Étude de la variance intra-annuelle

En général, l'objectif statistique assigné au programme consistait à déceler une tendance linéaire minimale de 10 % par an sur 10 ans avec une puissance de 90%. La puissance du programme est la probabilité que le test F rejette l'hypothèse zéro. Pour la tendance linéaire considérée, la puissance du test F dépend à la fois de T (nombre d'années) et du rapport signal sur bruit $|b|/\psi$. Nicholson *et al.* (1998) ont calculé une table très utile pour $|b|/\psi$ correspondant aux différentes puissances à mesure que T varie de 5 à 25. Pour une puissance de 90% et 10 années, le rapport signal sur bruit est : $|b|/\psi=0,409$. Si l'on admet que $b=0,1$ (tendance linéaire de 10%), alors la variance acceptable pour remplir les objectifs est $\psi=(0,1/0,409)$, en sorte que $\psi=0,244$ et que la variance du programme acceptable est $\psi^2=0,060$. Même si la tendance sous-jacente à un ensemble de données n'est pas toujours linéaire, l'objectif du programme est rempli si la variance intra-annuelle est inférieure au seuil de 0,060. Cette limite est correcte si l'on considère que, en général, la variance inter-annuelle est toujours significativement plus faible que la variance intra-annuelle (Nicholson *et al.* 1997).

Détection des tendance temporelles

Nous disposons aujourd'hui de toute une batterie de tests pour analyser les ensembles de données de base. Chacun a ses propres capacités et postulats qui le sous-tendent et, par conséquent, il faut du discernement pour choisir le test qui convient. OSPAR a proposé trois méthodes de détection des tendances en une suite. L'idée consiste à tirer parti de toutes les méthodes, car une seule méthode n'offre pas toujours la meilleure analyse.

Les trois méthodes (test de Mann-Kendall, régression linéaire, filtre lisseur Lowess) sont parmi les plus couramment utilisées dans ce domaine. La règle est d'aller de la méthode la plus simple à la plus complexe. Le test de Mann-Kendall est celui qui résiste le mieux aux données aberrantes, mais dans le cas d'une tendance linéaire, la régression linéaire a plus de puissance et est ainsi retenue en premier. Comme la nature n'est pas toujours linéaire, le filtre lisseur est choisi pour détecter une tendance non linéaire. Sur la base de ce qui précède, l'analyse tendancielle a été réalisée à un niveau de signification de 5 % et une puissance de 90 %, et la distribution log-normale a été utilisée, car il s'est souvent avéré que la log-concentration faisait approximativement l'objet d'une distribution normale avec une variance constante.

À un premier stade, une fois que les données ont été traitées avec le test de Mann-Kendall et si la tendance est décelée, la pente de la queue est calculée. Quand le test de Mann-Kendall est négatif (aucune tendance monotone n'a été décelée), la méthode du filtre lisseur est utilisée pour tester une tendance non linéaire. Quand le nombre d'année N est inférieur à <7 avec moyenne glissante sur 3 points et quand N est supérieur à 6, le filtre lisseur Lowess est utilisé pour évaluer la tendance. Toutes les estimations de tendances sont exprimées en pourcentages.

Évaluation tendancielle pondérée

Jusqu'à présent, lors de l'évaluation tendancielle, lorsque les données étaient vérifiées quant à la qualité analytique, il était de règle de les classer comme "acceptables" ou "inacceptables".

Seules les données d'assurance qualité (AQ) "acceptable" étaient utilisées pour évaluer les tendances au moyen de filtres lisseurs en attribuant à chaque observation un poids statistique égal. Cependant, de nombreuses données étaient rejetées comme "inacceptables", ce qui conduisait à amputer ou à perdre de nombreuses séries chronologiques. Nicholson *et al.* (2001) ont proposé que l'AQ puisse être utilisée dans les futures évaluations si un facteur de pondération était attribué aux données d'AQ douteuse dans l'analyse statistique.

Aux fins de la présente évaluation, seules les données d'une qualité assurée ont été présentées et commentées pour chaque pays et incluses dans les CD réalisés à l'intention de ceux-ci. Dans l'ensemble, la performance des laboratoires est acceptable quand $|z| < 2$ (Pedersen *et al.* 1997).

Albanie

En 2004, la stratégie d'échantillonnage est passée de la stratégie de veille des moules (un échantillon avec 50-120 spécimens) à 5 échantillons avec 15-20 spécimens en vue de comprendre la variance d'échantillonnage sous-jacente et de mieux traiter les questions statistiques relatives à l'évaluation tendancielle. Dans le même temps, l'emplacement des sites d'échantillonnage a été changé pour les rapprocher des agglomérations urbaines de Durrës et de Vlora. Aucune tendance n'a pu être estimée jusqu'ici en raison du nombre insuffisant d'années d'échantillonnage et du manque de données pour l'année 2002. La variance intra-annuelle d'échantillonnage a été estimée pour 2004 et est très faible et bien inférieure au seuil de 0,060. En outre, la variance analytique est même inférieure à celle d'échantillonnage et aussi peut-on s'attendre à ce que les objectifs du programme soient remplis. Les scores z d'interéchantillonnage obtenus par le laboratoire pour les métaux en traces dans les biotes dénotent seulement au cours de l'exercice 2003 quelques problèmes ayant trait aux niveaux très élevés de Pb.

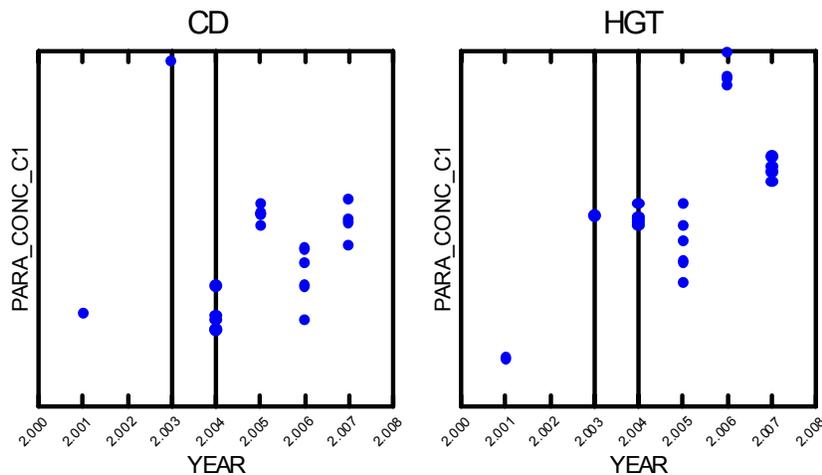


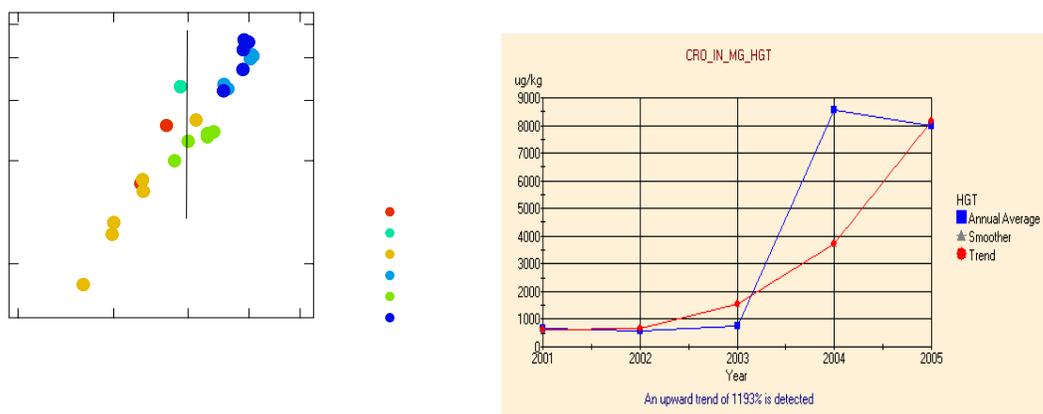
Figure 4.13: Valeurs (échelle log) par année de la fraction massique de métaux en traces chez *Mytilus galloprovincialis* (MG) à la station C2.2 dans les eaux côtières albanaises

Croatie

La Croatie a adopté la stratégie d'échantillonnage proposée (5 échantillons – 15 spécimens) en 2002. Il ressort manifestement de l'analyse statistique que, à partir de 2002, la variance intra-annuelle est stable et faible, ce qui témoigne d'une stratégie d'échantillonnage optimale. Seuls quelques cas de variance supérieure au seuil de 0,060 ont été observés. La variance analytique

intra-annuelle est aussi très faible et indique une bonne pratique de laboratoire. Les scores z de l'interétalonnage sont acceptables, à l'exception de Cd et Pb en 2003.

Une modification intéressante de la valeur peut être observée à la station IN (baie d'Inavinil – Kaštela) où des niveaux de mercure total plus élevés ont été mesurés et des problèmes relatifs à la contamination par le mercure signalés. En 2004, des niveaux supérieurs d'un ordre de grandeur aux valeurs déjà élevées ont été mesurés. La relation longueur/poids des échantillons de *Mytilus Galloprovincialis* (MG) (figure 4.14) n'indique aucune irrégularité dans l'échantillonnage. Seule une modification de la taille de MG avec l'année est notée, ce qui pourrait être l'indice d'un déplacement de la station vers un point plus proche de la source de pollution.



Tendance ascendante de 1193% décelée)

Figure 4.14: Relation longueur/poids et résultats de l'évaluation de la tendance (d'après la suite logicielle dite Trend-Y-tector) pour la fraction massique du mercure total (HGT) concernant des échantillons de *Mytilus galloprovincialis* prélevés à la station IN (Croatie).

Chypre

En 2003, Chypre a changé de laboratoire chargé de l'analyse des métaux en traces (TM) et les données ont été soumises au Secrétariat après 2005. Deux stations, Limassol et Larnaca, ont été régulièrement échantillonnées pour *Mullus barbatus*, puisqu'il n'existe pas de moules dans la zone. Avec le changement de laboratoire, les sites de l'échantillonnage ont aussi changé. Les nouveaux emplacements sont distants de 4 à 6 km des précédents et ils ont introduit une variance supplémentaire dans les séries chronologiques. La variance d'échantillonnage intra-annuelle est faible, se situe en dessous du seuil de 0,060 et est sur la bonne voie pour que les objectifs du programme soient remplis. Pour la première période, on ne dispose pas de données sur l'AQ. Les scores z de l'interétalonnage sont acceptables à l'exception de Pb.

À l'analyse statistique des données, certaines modalités sujettes à caution ont été relevées. Des modifications importantes des niveaux peuvent être observées d'une année sur l'autre. L'une des explications possibles est que l'échantillonnage a eu lieu à des saisons différentes (en mars pour 2005 et en novembre pour 2006 aux deux stations, et en juin et juillet pour les stations de Limassol et Larnaca, respectivement) et le cycle saisonnier devient le signal dominant dans les données. Il est évident qu'une stratégie d'échantillonnage plus rigoureuse concernant la période d'échantillonnage (avant la reproduction) et la fraction granulométrique (centrale sur une échelle log) doit être adoptée et maintenue à l'avenir.

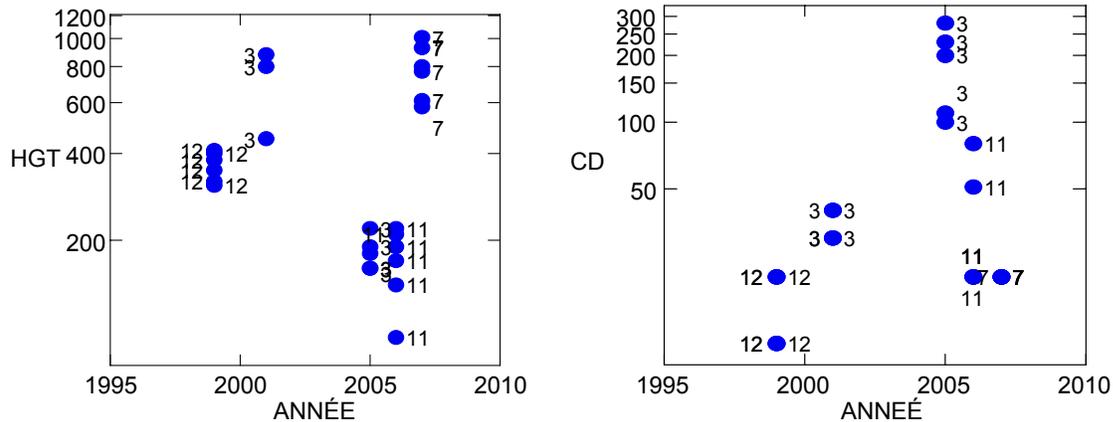


Figure 4.15 - Valeurs (échelle log) de la fraction massique du mercure total (HGT) et du cadmium (CD) chez *Mullus barbatus* par année aux stations de Larnaca dans les eaux côtières chypriotes. Le mois d'échantillonnage est juxtaposé aux données (Chypre).

Grèce

Les seuls ensembles de données disponibles dans la base MED POL portent sur 1999 et 2004.

Lors de la précédente évaluation des données (UNEP(DEC)MED WG.243/3, 2003), il avait été demandé à l'institut national exécutant le programme de communiquer des données supplémentaires dans le but d'analyser la tendance à l'un des sites de surveillance désignés du programme national, et les données concernant la période 1993-2001 ont été communiquées au Secrétariat en conséquence. Les données pour 1999 de ce site spécifique ont été élaborées et présentées dans l'ensemble de la période. La stratégie d'échantillonnage était saisonnière mais, pour l'évaluation tendancielle, une seule saison a été retenue. En consultation avec l'expert national, il a été convenu que septembre serait la période précédant la reproduction dans la zone, et tous les résultats se rapportent à cette saison.



Figure 4.16 - Résultats graphiques de la suite logicielle “Trend-Y-tector” pour Fe aux stations C3 (A) et C8A (B), et pour Zn à la station C3 (C) (Grèce)

Israël

Israël a régulièrement soumis des données à la base MED POL de 1999 à 2007. Dans l'accord conclu avec l'institut national désigné MED POL, des données à plus long terme (1991-1998) ont été communiquées aux fins de l'évaluation tendancielle sur plus de dix ans. Seules les données sur l'analyse de Cd et HgT sont fournies dans le présent rapport. Dans la stratégie d'échantillonnage de MED POL-Phase III, l'organisme cible de la surveillance retenu pour la Méditerranée orientale était *Mullus barbatus*. En outre, deux bivalves, *Macra corallina* et *Donax trunculus*, ont été adoptés par Israël comme espèces destinées à la biosurveillance.

Comme seules les données concernant *M. barbatus* sur quatre ans étaient disponibles, cet ensemble n'a pu être utilisé pour l'analyse tendancielle. Par conséquent, l'on ne peut procéder qu'à une analyse statistique descriptive concernant la fraction massique des métaux en traces chez *M. barbatus*. Dans l'ensemble, les données révèlent une variance d'échantillonnage faible, à l'exception du mercure total (HGT) pour lequel les variances étaient bien supérieures au seuil de 0,060. Il faut probablement attribuer ces variances élevées au fait que les valeurs sont plus proches de la limite de détection (LD). C'est également le cas pour le cadmium, dont toutes les valeurs étaient pratiquement inférieures à la LD. Il ressort également des statistiques exploratives que la classe de longueurs du poisson échantillonné était importante et changeait selon l'année d'échantillonnage. Pour réduire au minimum la variance d'échantillonnage, il convient de formuler une meilleure stratégie.

Les données relatives à *Macra corallina* étaient utilisables pour la période 1991-2007 et l'analyse tendancielle a été réalisée. S'agissant de Cd, le test de Mann-Kendall négatif indique que la tendance n'est pas monotone ou linéaire. Le test au filtre lisseur donne à penser que la tendance est non linéaire et caractérisée par une augmentation de la fraction massique de Cd à la fin des années 1990, s'accompagnant ensuite d'une diminution, à la fin de la période d'échantillonnage, à des valeurs inférieures à celles du début. Cette tendance peut être observée pratiquement à toutes les stations. De même, HGT témoigne d'une tendance ascendante marquée à toutes les stations. Le test de Mann-Kendall est fréquemment positif indiquant une tendance ascendante monotone (linéaire) à certaines stations. Les tendances de HGT et CD indiquent que les processus à l'œuvre dans la région sont dominants et que les effets locaux ne sont pas prononcés. Elles démontrent aussi que *M. corallina* peut être un bon organisme cible de la surveillance pour cette zone.

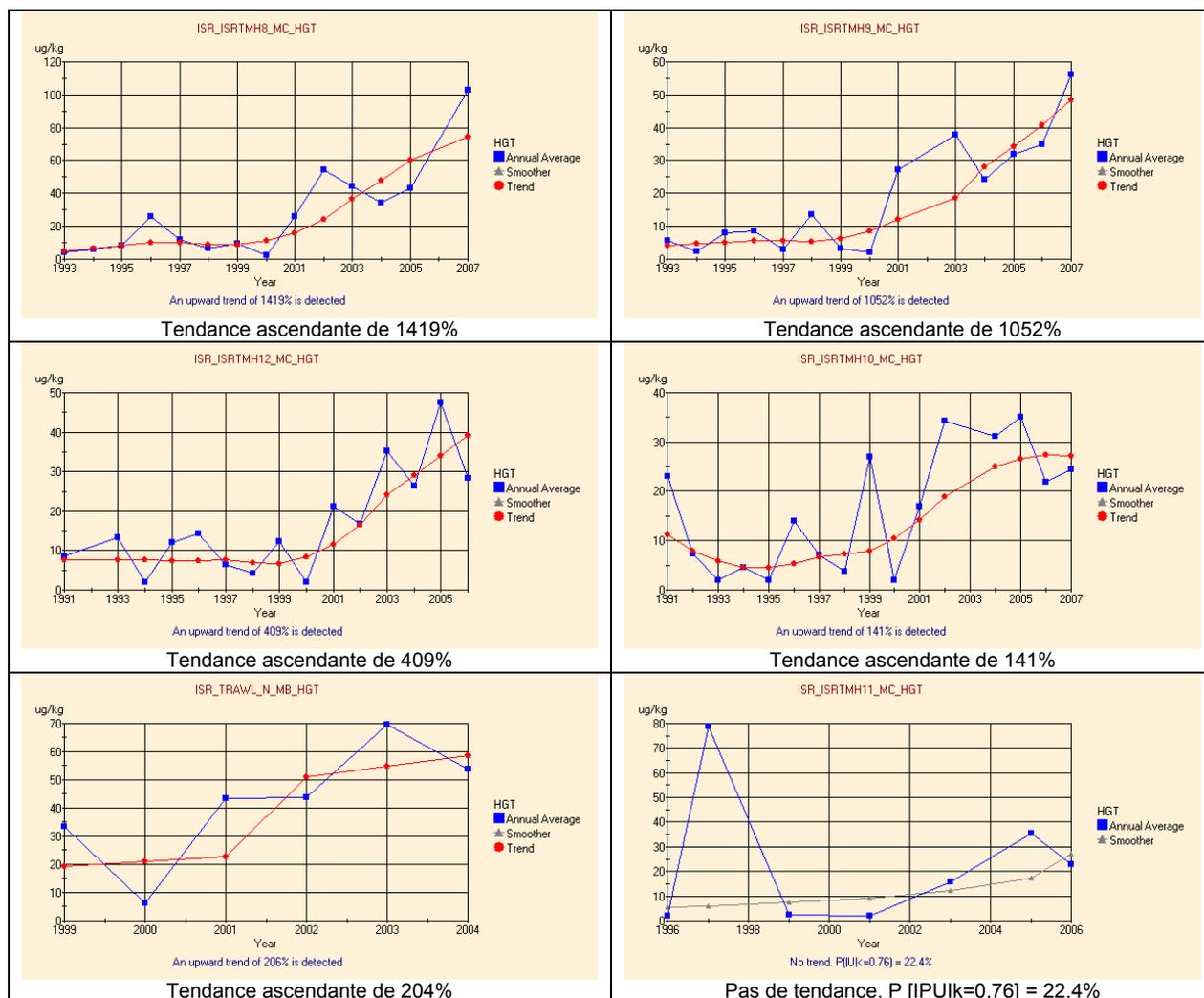


Figure 4.17 - Résultats graphiques de la suite logicielle “Trend-Y-tector” pour la fraction massique du mercure total aux stations de la baie de Haïfa (Israël).

Slovénie

Deux stations sont régulièrement surveillées pour l'évaluation tendancielle de métaux en traces dans les biotes le long du littoral slovène. Les données indiquent un maintien sérieux et strict de la stratégie d'échantillonnage adoptée. Cette approche est essentielle à la réussite de la surveillance tendancielle.

La variance intra-annuelle d'échantillonnage est très faible et bien en dessous du seuil de 0,060. Les scores z acceptables, $z \ll 2$, permettent d'évaluer les tendances en attribuant à chaque observation un poids statistique égal et avec un nombre d'années échantillonnées (8) pour réaliser une évaluation valable. Les résultats de l'évaluation indiquent une tendance descendante monotone (test de Mann-Kendall positif) pour la fraction massique de CD à la station TM (Figure 4.16). Le filtre lisseur (Lowess) indique qu'une tendance descendante probablement non linéaire était présente pour la fraction massique de CD à la station 24. Le test

statistique révèle une très faible probabilité de faux positif. Les valeurs de la fraction massique du mercure total n'ont montré aucune tendance et indiquent tout au plus une oscillation des valeurs autour de $120 \cdot 10^{-9}$ aux deux stations.

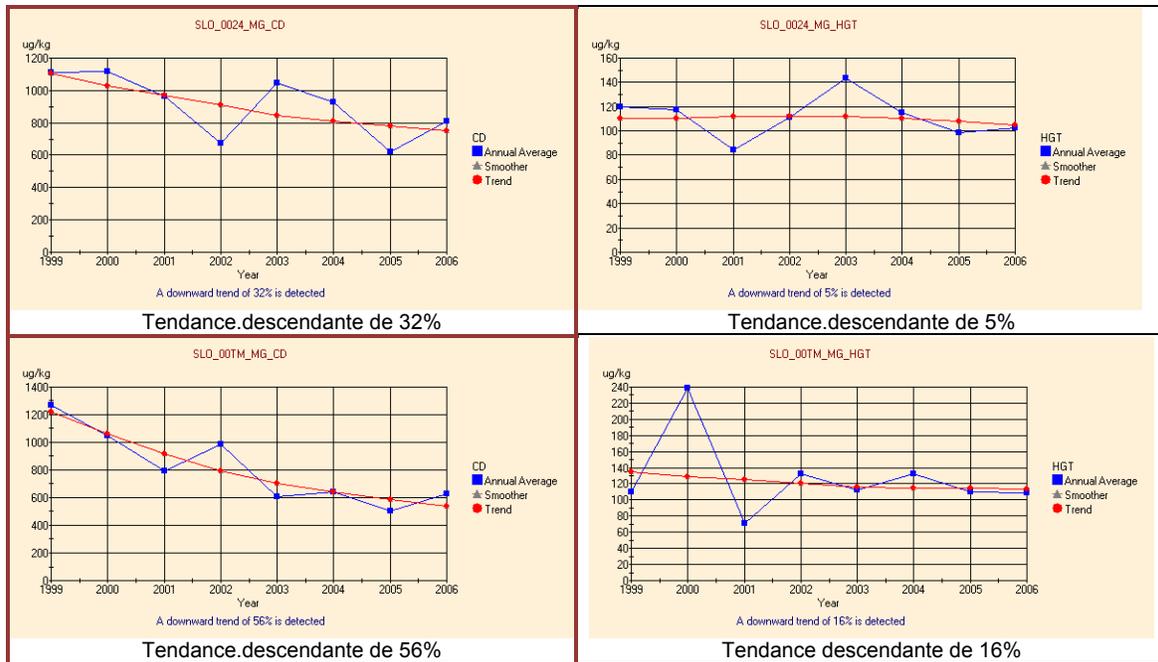


Figure 4.18: Résultats de l'évaluation tendancielle (suite Trend-Y-tector) de la fraction massique du cadmium et du mercure total chez *Mytilus galloprovincialis* (MG) par année aux stations 24 et TM dans les eaux côtières slovènes

Tunisie

Des données ont été soumises au Secrétariat jusqu'en 2008. Cinq stations étaient régulièrement échantillonnées. L'une est la station de la lagune de Bizerte, où deux organismes bivalves étaient échantillonnés (*Mytilus galloprovincialis* et *Ruditapes decussatus*). Aux autres stations, seul le dernier était prélevé.

La statistique descriptive montre que la variance intra-annuelle est très faible et bien en dessous du seuil de 0,060, ce qui témoigne d'un bon échantillonnage et probablement aussi d'une bonne pratique analytique. La variance analytique ne peut être déterminée car une seule valeur a été soumise, sans réplicats, pour l'analyse de CRM, bien que l'on ne prévoie pas que la pratique analytique puisse influencer notablement sur l'évaluation tendancielle. Comme il a été proposé pour d'autres pays, il conviendrait d'examiner cinq réplicats au cours de l'analyse de CRM, analyse qui, à l'avenir, avec les données des exercices d'AQ, pourrait servir à une évaluation tendancielle pondérée.

Les différences des valeurs entre les deux années soumises peuvent s'expliquer par les différences dans les mois d'échantillonnage. Le mois d'échantillonnage variait de manière aléatoire selon la station et l'année, indiquant que la période précédant la reproduction n'avait pas été fixée pour l'espèce prélevée et que, à l'avenir, il faudra formuler une meilleure stratégie d'échantillonnage. Une tendance descendante notable pour le cadmium et pour le mercure total a été observée à la plupart des stations.

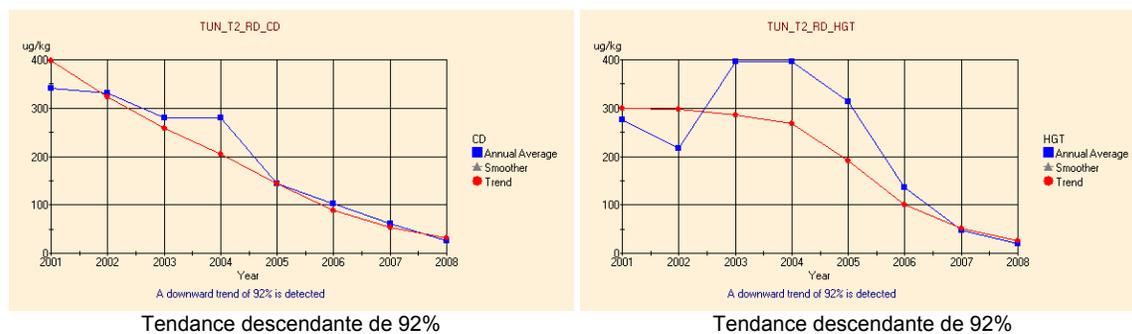


Figure 4.19 - Résultats de l'évaluation (suite Trend-Y-tector) pour la fraction massique du cadmium et du mercure total (HGT) d'échantillons de *Ruditapes decussatus* collectés à la station T2 (Tunisie).

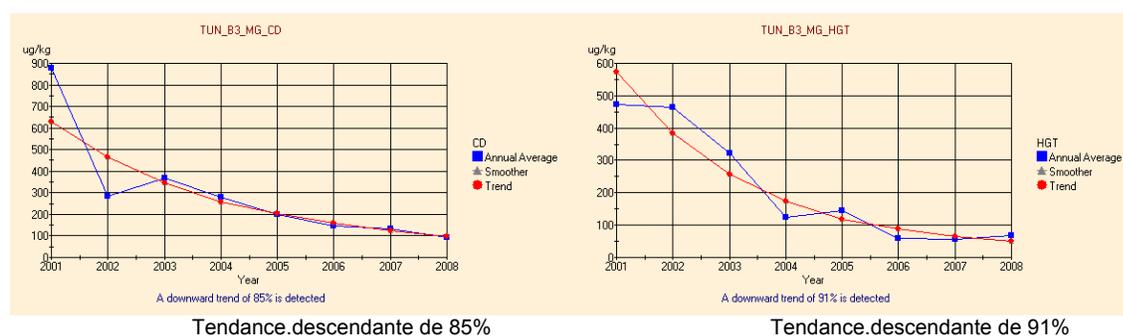


Figure 4.20. Résultats de l'évaluation tendancielle (suite Trend-Y-tector) pour la fraction massique du cadmium et du mercure total (HGT) d'échantillons de *Ruditapes decussatus* et *Mytilus galloprovincialis* collectés à la station B3 (Tunisie).

Turquie

La Turquie a soumis des données depuis 1998 pour la fraction massique de métaux en traces *Mullus barbatus* et a vérifié tout l'ensemble de données en 2009 avant la présente analyse. Les données représentent désormais un ensemble valable de données portant sur onze années. La statistique descriptive montre une variance intra-annuelle fluctuante qui, dans certains cas, dépasse notablement le seuil de 0,060. Au début, l'on pouvait s'attendre à une variabilité plus élevée car, au cours des trois premières années, un seul organisme était analysé, et ensuite 5-10 échantillons avec 4-5 organismes poolés. L'on a noté, d'après la relation longueur/poids, que la population de poisson échantillonnée n'était pas toujours la même. Dans les cinq premières années, la relation était homogène, et après 2003 l'on constaté un écart manifeste indiquant qu'une population de poisson différente était probablement échantillonnée. D'autre part, la fraction massique des métaux en traces ne paraît pas dépendre de la taille des poissons.

L'étude de la variance analytique et les résultats de l'exercice d'AQ témoignent d'une excellente pratique de laboratoire et, du point de vue analytique, l'évaluation tendancielle n'a pas été pondérée à la baisse.

D'une manière générale, la tendance décelée est réduite, voire inexistante, et elle ne présente des variations qu'autour d'une certaine valeur pour la fraction massique du cadmium (figure

4.21). Pour la fraction massique du mercure total, une modification importante est observée dans l'accumulation de ce métal en traces chez *Mullus barbatus*. Cette modification coïncide avec l'écart relevé dans les données métriques de la population (relation longueur/poids) de *Mullus barbatus* dans la zone. Une tendance descendante est observée t la fraction massique du cadmium.

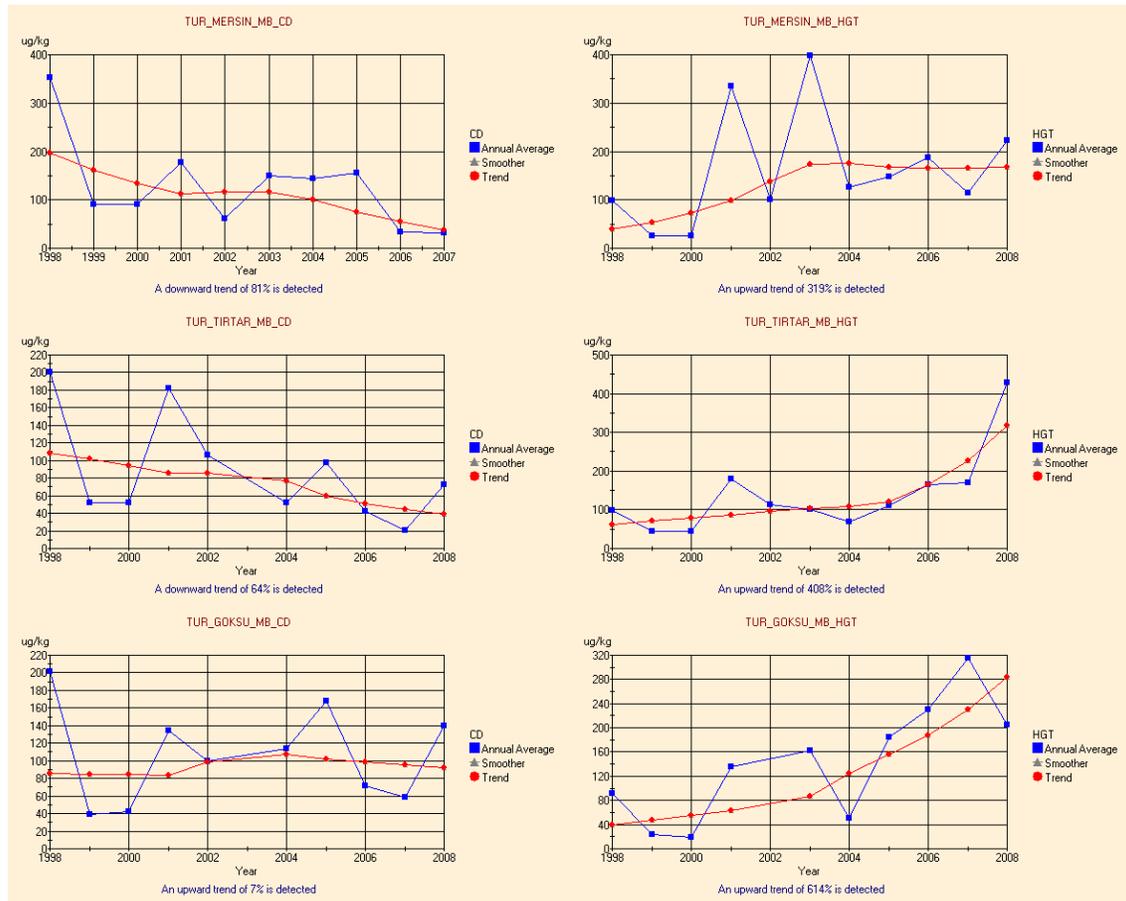


Figure 4.21: Résultats de l'évaluation tendancielle (suite Trend-Y-tector) de la fraction massique du cadmium et du mercure total de *Mullus barbatus* (MB) par année aux stations de Mersin, Tirtar et Goksu dans les eaux côtières turques quand les données aberrantes sont écartées.

Conclusions concernant les données de l'analyse tendancielle

La présente évaluation indique que la surveillance tendancielle des métaux en traces dans les biotes peut être utilisée pour évaluer une évolution dans le temps des niveaux environnementaux de contaminants chimiques quand des séries chronologiques de données plus longues sont communiquées par les pays grâce à des programmes de surveillance continue, ce qui peut servir d'outil important pour l'évaluation de l'efficacité des mesures antipollution prises aux "points chauds" et également pour l'évaluation de l'état du milieu marin.

Certains problèmes ont encore été relevés, ils concernent surtout le fait que l'on ne conserve pas la stratégie d'échantillonnage adoptée, même si à cet égard on observe une nette amélioration par rapport à l'évaluation de 2005. La partie la plus faible du programme concerne le transfert et la manipulation des données, Pour surmonter ces problèmes, les pays sont encouragés à rédiger un manuel de programme détaillé fixant des objectifs clairs et exposant une approche méthodologique circonstanciée dans le but de maintenir avec succès le programme au fil du temps (position des stations, échantillonnage, méthodes, élaboration, échange et présentation des données).

Au point de vue de la surveillance tendancielle, la meilleure stratégie d'échantillonnage vise toujours à obtenir les meilleures informations sur la variance d'échantillonnage avec une détermination valable de la tendance sous-jacente, en gardant à l'esprit qu'il est bon d'éviter autant que possible le pooling des organismes. La stratégie proposée pour les petits organismes, principalement les mollusques, qui ne sont pas toujours suffisants pour toutes les analyses, consiste à utiliser cinq échantillons avec 15 spécimens poolés. Si un seul organisme échantillonné, surtout un poisson, fournit suffisamment d'échantillon pour toutes les analyses, l'utilisation de 15 à 25, de préférence, échantillons est proposée si les variances sous-jacentes ne sont pas connues. L'échantillonnage devrait être effectué de manière stratifiée selon la longueur: diviser les tailles en trois ou cinq classes (échelle log et en fonction de la taille: MG -1 cm; MB - 2 cm.) et échantillonner la classe centrale; échantillonner toujours la même classe de taille.

La suite statistique utilisée (Trend-Y-tector) élaborée pour les pays OSPAR par l'Institut national de gestion marine et côtière des Pays-Bas (RIKZ) est d'un emploi commode et peut servir d'outil d'évaluation tendancielle.

5. Surveillance de la conformité

La surveillance de la conformité telle que définie par le MED POL comprend aussi la surveillance sanitaire des eaux côtières et marines. Ce type de surveillance est consacré aux activités relatives à la qualité des eaux côtières à usage récréatif, comme les eaux de baignade, ainsi que des eaux conchylicoles où se pratique l'élevage de mollusques/crustacés. Les critères communs provisoires pour les eaux de baignade et les eaux conchylicoles, adoptés à la Quatrième réunion ordinaire des Parties contractantes (Gênes, 1985), étaient fondés sur la concentration maximale admissible d'un seul organisme indicateur (coliformes fécaux).

Suite à la mise en œuvre du Protocole "tellurique" et à l'introduction des accords nationaux de surveillance continue, la surveillance de la conformité des eaux côtières à usage récréatif et des eaux conchylicoles a été lancée en 1985. Seul un nombre restreint de pays ont soumis les résultats de la surveillance de la conformité sanitaire dans le cadre de leurs accords nationaux de surveillance continue, au cours de la période 1985-1995. En 1996, l'«Évaluation de l'état de la pollution microbienne de la mer Méditerranée » a été établie. Ce document visait à intégrer et actualiser toutes les informations antérieures sur l'état de la pollution microbienne de la mer Méditerranée, l'accent étant mis sur les zones côtières à usage récréatif et sur les zones conchylicoles, avec l'inclusion des données issues de la surveillance et de la recherche, obtenues dans le cadre des programmes nationaux de surveillance continue MED POL, des projets de recherche MED POL, des rapports annuels de la CE sur les eaux de baignade et d'autres sources nationales et internationales. La comparaison des données des pays de l'UE avec celles des pays méditerranéens non membres de l'UE a alors paru très problématique car, de fait, les indicateurs n'étaient pas seulement différents mais les valeurs de l'UE étaient aussi plus rigoureuses que celles des autres pays.

En mai 2007, un rapport actualisé sur l'évaluation de la pollution microbienne en Méditerranée a été rédigé en vue de fournir les informations les plus récentes sur cette question et aussi de confronter les résultats du rapport de 1996 avec les données des dix dernières années. Un nombre important de pays, passant de treize en 1996 à vingt en 2005, avaient mis en œuvre des programmes de surveillance et avaient soumis des données relatives à la conformité des eaux de baignades. Le nombre de pays participants était donc passé de 13 à 20 en 2005 avec un léger ralentissement en 1998 et 1999, le nombre total de points d'échantillonnage avait progressé régulièrement, témoignant d'une extension des zones surveillées en Méditerranée (figure 5.4.)

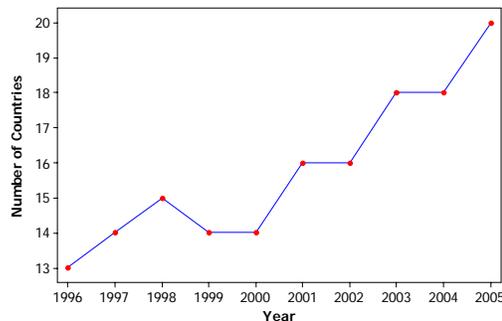


Figure 5.1 : Nombre de pays ayant soumis des données (1996-2005)

Le nombre total des sites de baignade de la Méditerranée respectant les normes nationales et le nombre de ceux n'y répondant pas, entre 1996 et 2005, figurent sur le tableau 5.1. Si l'on constate dans l'ensemble une très légère amélioration de ce chiffre (de 92,3% à 92,8%) en pourcentage de plages respectant la législation nationale, l'amélioration n'a pas été régulière au fil des ans. La qualité des plages faisant l'objet d'une surveillance continue paraît s'être régulièrement accrue jusqu'à 2003, puis l'on constate une légère régression en 2004. Une timide amélioration se produit à nouveau en 2004 et 2005. Il convient de noter que les entrées de données portent sur les eaux de baignade qui sont officiellement surveillées et qu'il peut y avoir un certain nombre de plages qui servent donc à des fins récréatives mais ne sont pas surveillées.

Tableau 5.1 : État récapitulatif par année des données de la surveillance des plages respectant et ne respectant pas la législation nationale (1996 – 2005)

ANNÉE	Sites de baignade RESPECTANT LES NORMES	Sites de baignade NE RESPECTANT PAS LES NORMES	Taux de CONFORMITÉ %	Taux de NON-CONFORMITÉ %
1996	8747	734	92,3	7,7
1997	9036	769	92,2	7,8
1998	9390	619	93,8	6,2
1999	8873	534	94,3	5,7
2000	8818	620	93,4	6,6
2001	9617	593	94,2	5,8
2002	9745	608	94,1	5,9
2003	9887	549	94,5	5,3
2004	9803	834	92,2	7,8
2005	10842	839	92,8	7,2

La tendance positive des eaux de baignade se reflète aussi dans le nombre de points d'échantillonnage où des prélèvements ont été faits aux fins d'analyse. De fait, après un recul minime en 1999-2000, le nombre de points d'échantillonnage est passé de 9 500 à 11 600 par an. Les résultats confirment que chaque année de plus en plus de pays mettent en place, dans le cadre de leurs programmes de surveillance, un nombre croissant de points d'échantillonnage.

Bien que l'on ne relève pas une tendance vraiment manifeste au cours de la période d'échantillonnage, l'on peut constater que 50% des pays ayant soumis des données pour 2005 ont obtenu une mise en conformité de plus de 90% avec les normes nationales de qualité des eaux de baignade. Environ 93% des eaux de baignade sont conformes à la législation, et par rapport aux conclusions de l'évaluation passée, il apparaît que la situation générale reste inchangée, même avec l'augmentation du nombre des points d'échantillonnage et du nombre de données. Il y a encore beaucoup à faire pour parvenir à un taux de conformité d'environ 97-99%, qui offrira le meilleur niveau de sécurité aux baigneurs. Cependant, si l'on regarde de plus près les données sur le respect des normes nationales, l'on constate que, dans certains pays, y compris ceux de l'UE, les données conformes à la législation sont de l'ordre de 98-100%, ce qui indique que le taux de conformité dans les pays restants est bien inférieur et que, par conséquent, ces pays doivent consentir davantage d'efforts.

Compte tenu de l'importance relative de la pollution microbienne des zones côtières, conformément au nouveau document opérationnel de MED POL- Phase IV (2006-2013), plusieurs tentatives ont été faites pour le suivi de normes et critères nouveaux pour les pays méditerranéens. Il convient de remarquer que, lors des années passées, grâce à des avancées dans le domaine des études épidémiologiques établissant une corrélation entre la qualité des eaux de baignade et les effets sur la santé, l'Organisation mondiale de la santé a publié en 2003 des "Directives pour des environnements hydriques à usage récréatif salubres" et que la Commission européenne a lancé en 2006 une directive mise à jour "concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade", qui repose sur les directives OMS. Les deux réglementations se basent sur un indicateur commun, les streptocoques fécaux, et comme de nouveaux pays Méditerranéens ont adhéré à l'Union européenne et sont tenus d'appliquer une législation rigoureuse, et qu'un certain nombre de pays non membres de l'UE ont décidé d'adopter ou de suivre les directives européennes pour éviter une duplication des efforts, tous les pays peuvent surveiller l'indicateur commun.

Il reste encore beaucoup à faire en matière d'amélioration de la qualité des eaux de baignade en Méditerranée, en particulier dans les parties Sud et Est de la région. Il y a tout lieu de s'attendre à ce que la qualité des eaux de baignade s'améliore encore à mesure que la législation se resserrera. Par exemple, la directive CE sur la qualité des eaux de baignade a été révisée et exigera des normes de qualité plus strictes. Il sera difficile de procéder aux améliorations si l'on ne parvient pas à une meilleure compréhension des sources de pollution, et en particulier de l'équilibre entre sources ponctuelles et sources diffuses. L'identification des sources d'organismes indicateurs constitue une partie importante de la gestion de la qualité de l'eau en permettant une gestion des risques ciblée, des mesures correctrices pour améliorer la qualité de l'eau et protéger la santé publique. Ces améliorations appelleront aussi des cours de formation continue et des exercices d'interétalonnage en matière de méthodes microbiologiques (notamment des procédures d'assurance qualité des données et une actualisation des procédures pertinentes pour l'application de la législation). En outre, une aide au renforcement des capacités devrait être fournie pour les méthodes d'échantillonnage, les méthodes microbiologiques d'analyse de l'eau de mer, les bonnes pratiques de laboratoire, l'évaluation et la maîtrise des risques sanitaires résultant de la baignade et de la nage, ou de la consommation de mollusques/crustacés.

6. L'élaboration des indicateurs de pollution marine

6.1. Introduction

La poursuite de l'approche écosystémique de la gestion de l'environnement et la stratégie de développement durable par l'intégration des objectifs d'environnement et de durabilité exigent un suivi qui doit être l'outil déterminant de leur formulation, de leur mise en œuvre et de leur correction. En outre, la gestion des écosystèmes côtiers nécessite l'évaluation de leur état de qualité écologique (EQE) au moyen d'une investigation et d'une évaluation fondées sur les indicateurs au niveau de la communauté biologique qui paraît le plus approprié pour décrire les tendances à long terme des pressions anthropiques s'exerçant sur l'écosystème (avec les paramètres hydrologiques et chimiques de la colonne d'eau).

Les Parties contractantes à la Convention de Barcelone, lors de leur Douzième réunion en novembre 2001, ont demandé que le Programme MED POL "examine et élabore un ensemble d'indicateurs de pollution marine, en coopération avec le Plan Bleu, l'AEE, le CIS-ONUDI, et d'autres instances et organisations compétentes" pour servir de base à la mise en place du système de rapports du MED POL (PAM/PNUE, 2003a). De plus, les Parties contractantes à la réunion des Coordonnateurs nationaux tenue à Barcelone du 24 au 27 mai 2005, ont adopté la stratégie d'élaboration des indicateurs de la pollution marine (IPM) à considérer comme base à l'établissement des évaluations du milieu marin d'une manière qui pourrait faciliter la formulation d'une politique de protection et de conservation de la mer Méditerranée et des zones côtières. Quatorze pays ont fait rapport au Secrétariat sur la faisabilité d'application des IPM proposés par le PAM/PNUE (2003b and 2004) au niveau national.

Dans l'Union européenne, la directive-cadre sur l'eau (DCE), qui est entrée en vigueur en décembre 2000, met l'accent sur l'évaluation et, si nécessaire, sur l'amélioration de la qualité de l'état écologique des eaux côtières et estuariennes. L'évaluation de l'état écologique qui est exigée doit reposer sur des indicateurs appropriés axés sur les caractéristiques physico-chimiques et hydromorphologiques ainsi que sur les différentes composantes biologiques de l'écosystème (comme le plancton, le benthos).

De même, la directive-cadre Stratégie pour le milieu marin (DCSM) de l'Union européenne vise à parvenir à un bon état écologique des eaux marines de l'UE à l'horizon 2021 et à protéger la base de ressources dont dépendent les activités économiques et sociales liées à la mer. La Stratégie pour le milieu marin constituera le pilier environnemental de la future politique maritime de la Commission européenne, destinée à développer pleinement le potentiel économique des océans et des mers en harmonie avec le milieu marin. Les stratégies marines régionales comporteront une évaluation détaillée de l'état de l'environnement, la définition d'un "bon état écologique" au niveau régional et l'instauration d'objectifs environnementaux clairs et de programmes de surveillance en concordance avec la DCE. Ainsi, les États membres seront tenus d'établir une évaluation des pressions et des menaces qui s'exercent sur le milieu marin, des objectifs environnementaux régionaux ainsi que des indicateurs et des mesures de surveillance en vue d'évaluer les progrès réalisés vers ces objectifs.

S'agissant de l'élaboration des critères et des normes méthodologiques visant à contribuer à l'application de la directive-cadre Stratégie pour le milieu marin, des groupes de travail (GT) ont été organisés par le CIEM et le CCR dans le cadre de la DG ENV. La DCSM définit 11 descripteurs de bon état écologique (BEC) et des GT ont été mis en place pour tous les descripteurs à l'exception du 7. Le MED POL a participé en tant qu'observateur aux GT5, GT8,

GT9 et GT10, et il a fourni des informations sur les activités concernées, la collecte de données, les méthodologies et les évaluations. Les travaux des GT sont en cours.

Descripteurs qualitatifs servant à définir le bon état écologique (DCSM-Annexe I)

- 1) La diversité biologique est conservée. La qualité des habitats et leur nombre, ainsi que la distribution et l'abondance des espèces sont adaptées aux conditions physiographiques, géographiques et climatiques existantes.
- 2) Les espèces non indigènes introduites par le biais des activités humaines sont à des niveaux qui ne perturbent pas les écosystèmes.
- 3) Les populations de tous les poissons et crustacés exploités à des fins commerciales se situent dans les limites de sécurité biologique, en présentant une répartition de la population par âge et par taille qui témoigne de la bonne santé du stock.
- 4) Tous les éléments constituant le réseau trophique marin, dans la mesure où ils sont connus, sont présents en abondance et diversité normales et à des niveaux pouvant garantir l'abondance des espèces à long terme et le maintien total de leurs capacités reproductives.
- 5) L'eutrophisation d'origine humaine, en particulier pour ce qui est de ses effets néfastes, tels que l'appauvrissement de la biodiversité, la dégradation des écosystèmes, la prolifération d'algues toxiques et la désoxygénation des eaux de fond, est réduite au minimum.
- 6) Le niveau d'intégrité des fonds marins garantit que la structure et les fonctions des écosystèmes sont préservées et que les écosystèmes benthiques, en particulier, ne sont pas perturbés.
- 7) Une modification permanente des conditions hydrographiques ne nuit pas aux écosystèmes marins.
- 8) Le niveau de concentration des contaminants ne provoque pas d'effets dus à la pollution.
- 9) Les quantités de contaminants présents dans les poissons et autres fruits de mer destinés à la consommation humaine ne dépassent pas les seuils fixés par la législation communautaire ou autres normes applicables.
- 10) Les propriétés et les quantités de déchets marins ne provoquent pas de dommages au milieu côtier et marin.
- 11) L'introduction d'énergie, y compris de sources sonores sous-marines, s'effectue à des niveaux qui ne nuisent pas au milieu marin.

6.2. Indicateurs chimiques

Les indicateurs relatifs à la Stratégie MED POL de surveillance de l'eutrophisation (T, S, pH, OD, transparence, orthophosphate, silicates, N total, P total, nitrates, nitrites, ammonium et chlorophylle-a) paraissent être à un stade plus avancé puisqu'ils sont les paramètres les plus mesurés dans la plupart des programmes de surveillance des pays méditerranéens. La

surveillance des métaux lourds dans les biotes et des niveaux bactériens dans les eaux de baignade est également bien développée, alors que celle des composés organiques chlorés et des hydrocarbures de pétrole dans l'eau reste à la traîne. La surveillance restreinte de ces paramètres peut être attribuée au fait qu'ils ne sont pas considérés comme des menaces de premier plan pour le milieu marin de nombreux pays (cas des hydrocarbures) et/ou que leur quantification soulève des difficultés intrinsèques (cas des composés organiques chlorés).

6.3. Indicateurs des effets biologiques

Le recours aux biomarqueurs est assez récent par comparaison avec la surveillance classique des substances chimiques. Aujourd'hui encore, dans les pays développés, ces biomarqueurs que l'on juge désormais bien appréhendés, manquent d'archives historiques et d'une gestion simple des données aux fins d'une évaluation des risques et d'une surveillance de routine. De plus, en dépit du principe important sous-tendant le concept de biomarqueur, à savoir que la réponse devrait conduire aux effets écologiques, on dispose encore de peu d'exemples où les mesures des biomarqueurs aient été directement liées aux réponses au niveau des communautés. Au cours des vingt dernières années, certains résultats ont été publiés dans le cadre de projets de recherche individuels et de programmes nationaux ou internationaux menés dans les eaux marines (BIOMAR, BEEP, Programme de l'étude mondiale de la pollution du milieu marin financé par le COI-OMI-PNUJ).

Pour une gestion intégrée des données obtenues par biomarqueurs, un "système expert" a été mis au point à la Di.S.A.V. (Université du Piémont oriental) dans le cadre du programme BEEP (Biological Effects of Environmental Pollutants) de l'UE. Ce "système expert" a pour fonction de classer le niveau de syndrome de stress induit par un polluant en intégrant les données obtenues par :

- a) les biomarqueurs d'alerte précoce: à savoir les biomarqueurs sensibles de stress, ou d'exposition, révélant les effets de polluants au niveau moléculaire et/ou cellulaire;
- b) les biomarqueurs de stress, à même de révéler le développement du syndrome de stress au niveau du tissu et/ou de l'organe: à savoir les biomarqueurs histologiques, mais aussi les biomarqueurs chimiques comme le test à la GST (glutathion-S-transférase), récemment mis au point (à savoir l'évaluation de la GST libérée par les cellules et présente dans l'hémolymphe des mollusques);
- c) les biomarqueurs de stress au niveau de l'organisme: à savoir les biomarqueurs à même d'indiquer que le syndrome de stress a réduit la capacité de survie, et/ou de croissance et de reproduction de la moule (comme une réponse du test "stress sur stress", un degré d'altération de la croissance, des gonades et des gamètes, l'indice de survie).

Une bonne interprétation du développement du syndrome de stress par le "système expert" dépend de la possibilité d'utiliser des biomarqueurs de stress capables d'intégrer les effets toxiques de polluants sur la période de mise en cage. Parmi ceux-ci figurent les biomarqueurs qui révèlent une tendance caractérisée par une hausse ou une baisse continue de la valeur du paramètre retenu (comme la stabilité de la membrane lysosomale, l'accumulation lysosomale de lipofuscine, l'accumulation lysosomale de lipides neutres, la fréquence des microyaux) en relation avec une augmentation de la toxicité. Par ailleurs le "système expert" tient compte des interférences éventuelles entre les différents biomarqueurs.

Dans le cadre de MED POL-Phase IV, il a été décidé d'appliquer une approche à deux paliers en ayant recours à des mollusques en cage:

- Le premier palier comporterait un biomarqueur unique, à savoir la stabilité de la membrane lysosomale, puis la mortalité relevée.

- Le second palier comporterait une batterie complète de biomarqueurs, et notamment: accumulation de la lipofuscine, accumulation des lipides neutres, fréquence des micronoyaux, stress oxydatif, teneur en métallothionéines, activité acétylcholinestérasique, prolifération des peroxisomes, rapport lysosomes/cytoplasme, test "stress sur stress".

6.4. Indicateurs écologiques

Les communautés benthiques (phytobenthos, zoobenthos) servent depuis près d'un siècle comme indicateurs de la santé de l'environnement et se sont avérés être un élément utile pour décrire l'état écologique d'une zone géographique donnée. Un grand nombre de concepts et de techniques numériques ont été mis au point en vue d'une interprétation correcte des données. Récemment, compte tenu de l'importance des indicateurs écologiques dans la perspective de l'application de la directive-cadre sur l'eau de l'UE, un groupe spécialisé a entrepris la tâche de tester leur applicabilité dans les pays de l'UE en réalisant un exercice d'interétalonnage. Le Groupe d'interétalonnage géographique Méditerranée (MED-GIG), qui opère depuis 2004, se compose de représentants nationaux des pays suivants : Chypre, Espagne, France, Grèce et Italie, avec la Slovénie et la Croatie comme observateurs. Certains États membres de l'UE ont identifié des sites/conditions de référence existants, d'autres prennent en compte des conditions de référence virtuelles. Selon l'atelier le plus récent (MED-GIG, 2007), il existe un grand nombre de données, mais qui ne concernent pas tous les éléments de qualité biologique ni tous les pays. Les éléments de qualité les plus prometteurs paraissent être les macroalgues et les angiospermes. Enfin, il est nécessaire d'envisager différentes sous-régions au sein de la Méditerranée et des différences dans les valeurs de référence pour différents habitats (par ex. fonds vaseux/sableux).

Étant donné que les pays méditerranéens non membres de l'UE adoptent progressivement une méthodologie comparable pour évaluer la qualité de l'environnement dans leurs eaux de transition et leurs eaux côtières, un atelier a été organisé le 12 octobre 2009 par le MED POL pour faire le point sur les avancées réalisées au titre de MED GIG-Phase I, en vue d'élaborer un tronc commun harmonisé d'indicateurs écologiques de la qualité du milieu marin à utiliser pour l'évaluation de l'état du milieu marin côtier de la Méditerranée dans le cadre du PAM/PNUE.

Dans l'avant-projet de conclusions de la réunion, il a été admis que la chlorophylle-a peut servir d'indicateur de biomasse phytoplanctonique (ainsi que de niveau d'eutrophisation) en employant des moyennes annuelles de données collectées mensuellement.

Pour les angiospermes, l'utilisation de la densité et de la limite inférieure de profondeur des racines des herbiers de *Posidonia oceanica* est un indicateur de l'état du milieu marin étayé par de nombreuses données dans maints pays méditerranéens. Cependant, la plupart de ces données se trouvent dans la littérature scientifique et ne sont pas communiquées régulièrement dans le cadre de programmes nationaux de surveillance. Le CAR/ASP élabore aussi un programme de surveillance des espèces végétales dans le cadre de son plan d'action pour la végétation marine. Pour certaines zones côtières de la Méditerranée (Méditerranée orientale-Israël, Liban, Syrie; et Méditerranée occidentale - sud-est de l'Espagne et Maroc), où ne se trouve pas la posidonie, l'angiosperme *Cymodocea* pourrait être utilisée à la même fin. L'on a estimé que cet indicateur pouvait être utilisé immédiatement.

Pour les macroalgues, les indicateurs testés dans le cadre de MED GIG semblent être bien élaborés. Toutefois, bien que des groupes scientifiques travaillent sur les macroalgues dans

bon nombre de pays méditerranéens, ces données ne sont généralement pas collectées dans le cadre des programmes nationaux de surveillance. L'exploitabilité de cet indicateur est à vérifier.

Les macroinvertébrés utilisés comme indicateur constituent une méthode solide utilisant 1-2 échantillons par an et ils peuvent livrer un bon signal de l'état du milieu marin côtier (dans les écosystèmes à fonds mous). L'indicateur se fonde sur des listes d'espèces et d'abondance établies par des experts taxinomistes. La nécessité d'avoir recours à des taxinomistes semble être l'obstacle majeur à l'emploi de cet indicateur, car ces experts sont en nombre relativement limité dans la plupart des pays méditerranéens.

Conclusions concernant les indicateurs de pollution marine

Selon les conclusions du Rapport sur le point des connaissances concernant les indicateurs de pollution marine dans les pays méditerranéens (UNEP(DEPI)/MED WG. 316/Inf.11, 13 juin 2007), très peu de pays surveillent tous les paramètres stipulés; cependant, il en est beaucoup qui surveillent des paramètres supplémentaires qu'ils tiennent pour plus importants (sur la base de critères scientifiques et locaux), comme le phytoplancton. Les pays de l'UE paraissent entreprendre des programmes de surveillance plus détaillés.

Les indicateurs chimiques sont plus avancés en ce qui concerne la notation (scores), suivis par les indicateurs écologiques, alors que les biomarqueurs occupent le bas de l'échelle à cet égard. Il existe des données sur les IPM écologiques des écosystèmes permettant d'étayer des rapports d'évaluation nationaux, tout comme la possibilité de compléter les données dans les zones qui ne sont pas couvertes jusqu'à présent.

S'agissant des IPM chimiques et des biomarqueurs, les méthodologies paraissent être uniformes et normalisées à la suite des procédures analytiques instaurées par le MED POL au titre des protocoles d'AQ/CQ nationaux et internationaux et des exercices d'interétalonnage. Par contre, il y a encore beaucoup à faire pour harmoniser les indicateurs écologiques (définir des limites de classes écologiques, mettre en place des stations de référence, développer des bases de données).

Il n'en reste pas moins manifeste que la capacité et la volonté existent d'étendre les programmes de surveillance conformément à la stratégie d'IPM du MED POL, notamment si des ressources (en financement, personnel qualifié et expertise) deviennent disponibles.

7. Vers un programme harmonisé et intégré de surveillance du milieu marin dans la région méditerranéenne

À leur Quinzième réunion tenue à Almeria (2008), les Parties contractantes à la Convention de Barcelone ont adopté le Document opérationnel MED POL-Phase IV, qui préconisait le développement d'une approche holistique de la surveillance continue et de l'évaluation des impacts humains sur le milieu marin et côtier. Selon le principe sous-jacent à l'approche holistique, toutes les activités de surveillance sont intégrées dans un seul but bien défini : obtenir un degré donné de qualité de l'environnement dans un écosystème spécifié. Dans le cadre du MED POL, il faut entendre par là que des pratiques uniformes seront adoptées dans tous les types d'activités de surveillance continue et de gestion des données. Plusieurs éléments sont à normaliser: indicateurs, méthodologies de collecte d'échantillons et de mesures analytiques chimiques, interprétation des résultats et évaluation de la pollution. Toutes ces tâches sont à entreprendre dans le cadre d'un dispositif harmonisé de gestion de la qualité, en

vue d'intégrer les résultats dans une base de données commune, régionale, et en utilisant les données scientifiques pour améliorer la protection du milieu marin..

À cette même Quinzième réunion des Parties contractantes d'Almeria de 2008, il a aussi été décidé d'appliquer progressivement l'approche écosystémique à la gestion des activités humaines qui peuvent affecter le milieu marin et côtier de la Méditerranée (Décision IG 17/6 à l'annexe II). La feuille de route de l'application progressive de l'approche comportait les grandes étapes suivantes :

- i) Définition d'une vision écologique pour la Méditerranée
- ii) Fixation de buts stratégiques méditerranéens communs
- iii) Identification de propriétés importantes de l'écosystème et évaluation de l'état écologique et des pressions qui s'exercent sur celui-ci
- iv) Élaboration d'un ensemble d'objectifs écologiques correspondant à la vision et aux buts stratégiques
- v) Établissement des objectifs opérationnels avec des indicateurs et des valeurs cibles
- vi) **Révision des programmes de surveillance continue existants pour l'évaluation en cours et actualisation régulière des buts**
- vii) Élaboration et examen des plans d'action et programmes existants.

La Quinzième réunion des Parties contractantes est convenue que la vision écologique pour la Méditerranée s'énonçait ainsi: "Une Méditerranée saine aux écosystèmes marins et côtiers productifs et biologiquement divers au profit des générations présentes et futures". La réunion est également convenue des buts stratégiques suivants pour les zones marines et côtières :

- protéger, permettre la remise en état et, s'il y a lieu, restaurer la structure et la fonction des écosystèmes marins et côtiers en protégeant ainsi également la biodiversité, en vue d'obtenir et de maintenir un bon état écologique et d'en permettre l'utilisation durable
- réduire la pollution du milieu marin et côtier afin de minimiser les impacts ou les risques pour la santé humaine et/ou les écosystèmes et/ou les utilisations de la mer et des côtes
- prévenir, réduire et gérer la vulnérabilité de la mer et des côtes aux risques dus à l'activité de l'homme et aux événements naturels.

En outre, les Parties contractantes ont décidé de resserrer la coopération et de rechercher des synergies avec les initiatives poursuivant des objectifs environnementaux similaires, et notamment les directives de l'Union européenne (directive-cadre sur l'eau (DCE) et directive-cadre Stratégie pour le milieu marin (DCSM)), en vue de parvenir à une vision partagée d'une Méditerranée saine aux écosystèmes marins et côtiers productifs et biologiquement divers au profit des générations présentes et futures.

L'Union européenne, au titre de la DCSM, promeut également la coopération avec les conventions régionales, et expressément avec la Convention de Barcelone. Il est stipulé dans la DCSM:

"La présente directive devrait contribuer au respect des obligations et importants engagements de la Communauté et des États membres découlant de plusieurs accords internationaux pertinents ayant trait à la protection du milieu marin contre la pollution: la Convention sur la protection de l'environnement marin de la zone de la mer Baltique, approuvée par la décision 94/157/CE du Conseil, la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-

Est, approuvée par la décision 98/249/CE du Conseil, y compris sa nouvelle annexe V sur la protection et la conservation des écosystèmes et la diversité biologique de la zone maritime et l'appendice 3 correspondant, approuvés par la décision 2000/340/CE du Conseil, la Convention sur la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée, approuvée par la décision 77/585/CEE du Conseil, et telle que modifiée en 1995, telle qu'approuvée par la décision 1999/802/CE du Conseil, de même que son protocole relatif à la protection de la mer Méditerranée contre la pollution d'origine tellurique, approuvé par la décision 83/101/CEE du Conseil, et tel que modifié en 1996, tel qu'approuvé par la décision 1999/801/CE du Conseil."

La DCSM stipule également :

"Il convient d'inviter les pays tiers ayant des eaux dans la même région ou sous-région marine qu'un État membre, à participer au processus établi par la présente directive, ce qui faciliterait la réalisation d'un bon état écologique dans la région ou sous-région marine concernée."
(DCSM, 2008/56/CE)

Il ressort avec évidence de ce qui précède qu'il existe dans la région méditerranéenne une volonté politique et la possibilité d'harmoniser les stratégies de protection de la mer, y compris celles de surveillance continue et d'évaluation de l'état écologique et des tendances de la pollution.

Cependant, il existe présentement quelques différences dans les objectifs des programmes de surveillance entre les divers acteurs de la région méditerranéenne :

Aux termes de l'article 12 de la Convention de Barcelone, toutes les Parties contractantes instaurent des programmes de surveillance et désignent les autorités chargées de la surveillance continue de la pollution. Par ailleurs, l'article 8 du Protocole "tellurique stipule que ces programmes de surveillance continue ont pour objet :

- a) d'évaluer systématiquement, dans la mesure du possible, les niveaux de pollution le long de leurs côtes, notamment en ce qui concerne les secteurs d'activité et les catégories de substances énumérées à l'annexe I, et de fournir périodiquement des renseignements à ce sujet;
- b) d'évaluer le caractère effectif des plans d'action, programmes et mesures mis en œuvre en application du présent Protocole pour éliminer, dans toute la mesure possible, la pollution du milieu marin.

Les activités de surveillance continue de MED POL-Phase III et Phase IV ont été conçues en considération des dispositions ci-dessus et avec les objectifs spécifiques ci-après :

- Déterminer les tendances temporelles de quelques contaminants sélectionnés dans les eaux côtières, et plus concrètement aux "points chauds", en vue d'évaluer l'efficacité des mesures prises et des actions menées ;
- Entreprendre des évaluations périodiques de l'état de l'environnement aux "points chauds" et dans les zones côtières de manière plus générale, nécessaires pour fournir aux décideurs des renseignements sur l'état fondamental des zones soumises à des pressions anthropiques ;
- Lutter contre la pollution au moyen du respect de limites réglementaires nationales/internationales.

En ce qui concerne la composante "surveillance tendancielle", elle vise spécifiquement à déceler les tendances temporelles, spécifiques de sites, de certains contaminants, et essentiellement aux "aux points chauds" désignés du milieu marin côtier. Il s'agit, en dernier ressort, de surveiller l'efficacité des mesures prises aux "points chauds" de pollution au moyen de données à long terme portant sur plusieurs dizaine d'années ou davantage.

Comme la stratégie de surveillance continue de la Convention de Barcelone avait pour finalité de produire des données sur l'état du milieu marin et les tendances de la pollution aux "points chauds", les activités de surveillance continue de la plupart des pays méditerranéens ont été centrées avant tout sur les zones côtières, à proximité des sources de pollution situées à terre, ce qui a abouti à créer d'importantes lacunes dans la couverture des eaux côtières méditerranéennes.

D'autre part, en ce qui concerne la stratégie de surveillance de l'UE, elle vise à évaluer l'état des eaux côtières, des eaux de transition et des eaux marines, sur la base d'indicateurs spécifiques, en ayant pour but ultime la préservation d'un "bon état écologique" de toutes les eaux européennes. Il s'ensuit que :

"Chaque État membre élabore, pour chaque région ou sous-région marine concernée, une stratégie pour le milieu marin applicable à ses eaux marines en respectant le plan d'action."

"Les États membres partageant une région ou une sous-région marine coopèrent afin de veiller à ce qu'au sein de chaque région ou sous-région marine les mesures requises pour atteindre les objectifs de la présente directive, et en particulier les différents éléments des stratégies marines... soient cohérents et fassent l'objet d'une coordination au niveau de l'ensemble de la région ou sous-région marine concernée..."

Le plan d'action de la DCSM comprend la préparation par tous les États membres, d'ici le 15 juillet 2012, d'une évaluation initiale de l'état écologique actuel sur la base des 11 descripteurs, la définition du bon état écologique pour les eaux concernées et la fixation d'objectifs environnementaux et d'indicateurs associés. D'ici le 15 juillet 2014, les États membres sont tenus d'instaurer et d'appliquer des programmes de surveillance continue en vue de l'évaluation permanente et de la mise à jour périodique des objectifs. Enfin, en 2015 au plus tard, ils sont tenus d'élaborer un programme de mesures destinées à parvenir à un bon état écologique ou à conserver celui-ci. Les programmes doivent être lancés au plus tard en 2016.

Cette approche exige une couverture géographique adéquate des masses d'eau ainsi que la fixation de seuils entre les différents états, notamment la fixation d'une ligne de démarcation entre "bon état écologique" et "état écologique modéré".

Il existe donc des différences dans les buts entre la Convention de Barcelone et les directives de l'UE :

La Convention de Barcelone exige la réduction de la pollution provenant de sources et activités situées à terre et, en conséquence, les stations d'échantillonnage des programmes de surveillance continue sont principalement situées à proximité des "points chauds" de pollution.

Les directives de l'UE ont pour objet d'améliorer la qualité de l'environnement (bon état écologique) de la mer et, de ce fait, l'effort de surveillance se situe dans toutes les masses d'eau de transition, côtières et marines des pays.

Cependant, l'adoption par les Parties contractantes à la Convention de Barcelone de l'approche écosystémique de la gestion des activités humaines et les prescriptions du Protocole "tellurique" (article 8) "... d'évaluer le caractère effectif des plans d'action, programmes et mesures mis en œuvre ..." offre le contexte politique permettant d'adapter la stratégie de surveillance MED POL, de manière à étendre le programme de surveillance des pays méditerranéens à l'ensemble des masses d'eau côtières (sans le confiner aux "points chauds" de pollution), et d'adapter les stratégies de production des données de manière à utiliser des indicateurs pour évaluer leurs états écologiques, en concordance avec la DCSM.

Naturellement, le nombre et l'emplacement des sites d'échantillonnage, les indicateurs à utiliser pour l'évaluation de l'état écologique en Méditerranée, les valeurs seuils pour désigner cet "état", ainsi que les paramètres nécessaires à mesurer pour "alimenter" les indicateurs, doivent être débattus par les pays avec le concours d'experts compétents dans le cadre du MED POL. Cependant, il paraît indispensable d'avancer dans cette direction en vue de parvenir à l'harmonisation des efforts de surveillance continue dans la région méditerranéenne. Il reste néanmoins à rappeler que la mise au point d'indicateurs concerne les objectifs environnementaux qui leur sont associés et leurs liens avec les politiques régionales et nationales existant en Méditerranée.

Il convient de souligner qu'obtenir des données de la surveillance continue est un moyen et pas une fin en soi. L'interprétation des données, à différents niveaux, est essentielle, avec des résultats ayant trait à la création d'une base de données accessible, à la diffusion des informations sur la pollution et la lutte antipollution dans la région méditerranéenne, et à des conseils politiques adressés à la réunion des Parties contractantes.

Le concept principal de l'élaboration de la nouvelle stratégie de surveillance du milieu marin devrait reposer sur la surveillance de masses d'eau représentatives, y compris les "points chauds" de pollution, en vue d'évaluer la qualité de l'écosystème marin côtier.

Les aspects ci-après devraient être envisagés dans la révision de la stratégie de surveillance continue des pays méditerranéens dans le cadre du MED POL :

- Les "points chauds" continueront à être surveillés en permanence à des stations représentatives
- De nouvelles stations de surveillance peuvent être introduites en vue de couvrir de manière appropriée l'ensemble des masses d'eau de chaque pays
- Il incombe à chaque pays de décider du choix de ses masses d'eau et du nombre de ses stations d'échantillonnage représentatives
- Les paramètres à surveiller et la fréquence d'échantillonnage doivent faire l'objet d'un réexamen, et les changements nécessaires doivent être introduits dans les programmes MED POL de surveillance continue, conformément aux priorités régionales et internationales

- L'utilisation des indicateurs à convenir servira à l'évaluation continue de l'état écologique des masses d'eau marines et côtières de la Méditerranée
- Des méthodologies communes doivent être élaborées en Méditerranée pour l'identification des indicateurs. Les travaux déjà réalisés dans le cadre des directives de l'UE seront pris en compte.
- Les critères d'évaluation doivent être élaborés pour la Méditerranée, afin de distinguer entre les divers stades de l'état écologique, de celui qui est inaltéré à celui qui est pollué. Les progrès réalisés sur cette question dans l'UE et dans le cadre d'autres Conventions régionales (comme OSPAR et HELCOM) seront pris en considération.

Références

- AMAP (1998). AMAP Assessment Report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. 859 pp
- Gómez-Gutiérrez A.I., Garnacho E., Bayona J.M., Albaigés J. (2007). Assessment of the mediterranean sediments contamination by persistent organic pollutants. *Environmental Pollution*, 148, 396-408.
- Nicholson, M., and Fryer, R. (2001). Weighting Procedures for Assessing Trend Data of Variable Quality. ICES WGS/AEM Report 2001.
- Nicholson M., R. Fryer, C. A. Ross (1997). Designing Monitoring Programmes for Detecting Temporal Trends in Contaminants in Fish and Shellfish. *Mar. Poll. Bull.* 34(10):821-826.
- OSPAR/ICES, 2004. OSPAR/ICES Workshop on the evaluation and update of background reference concentration (B/RCS) and ecotoxicological assessment criteria (EACs) and how these assessment tools should be used in assessing contaminants in water, sediment and biota. OSPAR Commission, The Hague
- Pedersen, B., W. Cofino, I.M. Davies (1997). The 1993–1995 QUASIMEME laboratory performance studies: trace metals in sediment and biota. *Mar. Poll. Bull.* 35(1-6):42-51.
- PAM/PNUE, 2003a. Note d'orientation sur les indicateurs de pollution marine en Méditerranée. UNEP(DEC)MED WG.231
- PAM/PNUE, 2003b. Lignes directrices pour l'élaboration d'indicateurs d'état écologique et de réduction du stress (UNEP(DEC)MED WG.231/18)
- PAM/PNUE, 2007. Rapport sur le point des connaissances concernant les indicateurs de pollution marine dans les pays méditerranéens. UNEP(DEPI)/MED WG. 316/Inf.11
- PNUE (1996). L'état du milieu marin et côtier de la région méditerranéenne, N° 100 de la Série des rapports techniques du PAM. PNUE, Athènes, 142 pp.
- PNUE (1990). Évaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les composés organohalogénés, N° 38 de la Série des rapports techniques du PAM
- PNUE. Décision 17/7. Document MED POL-Phase IV (2006-2013). UNEP(DEPI)/MED IG.17/10 (2008)
- PAM/PNUE (2009). Rapport de la réunion des Points focaux duMED POL, Kalamata, Grèce. UNEP(DEPI)/MED WG.334/8
- UNEP (2002). Regionally Based Assessment of Persistent Toxic Substances. Mediterranean Regional Report. UNEP, Geneva, Switzerland.