

ETUDE DE FAISABILITE DE LA MISE EN PLACE
D'UN RESEAU NATIONAL D'OBSERVATION DE LA
QUALITE DES EAUX LAGUNAIRES ET MARINES
EN COTE D'IVOIRE (R.N.O.C.I.)

Rubrique VII

OPERATION - TEST

par

J.M. CHANTRAINE*, M. MARCHAND**,
J.L. MARTIN** et J.L. PESCHET***.

1 - Introduction	VII,2
2 - Résultats d'analyses	VII,3
3 - Evaluation du potentiel	VII,3
4 - Conclusion	VII,4
5 - Annexe	VII,5

* Chercheur ORSTOM - Centre de Recherches Océanographiques
B.P. V 18 - Abidjan - Côte d'Ivoire.

** Chercheur CNEOX - Centre Océanographique de Bretagne
B.P. 337 - 29273 BREST Cedex - France

*** Ingénieur biochimiste - Ministère de l'Environnement
B.P. V 254 - Abidjan - Côte d'Ivoire.

1. - INTRODUCTION

Une étude de faisabilité serait incomplète si elle ne comportait pas, lorsque cela est possible, une opération-test d'où l'on tire toujours une grande quantité d'enseignements attendus ou inattendus, en tout cas fort utiles dans l'élaboration du programme visé.

Aussi, et à la suite d'une mission au Centre Océanologique de Bretagne à Brest, nous avons convenu de la nécessité de la venue en Côte d'Ivoire de deux experts du R. N. O. français, Messieurs MARCHAND et MARTIN, avec de multiples objectifs.

- réalisation d'une campagne de prélèvements de sédiments en lagune Ebrié en vue de dresser un premier tableau de la pollution de la lagune (hydrocarbures, pesticides, métaux lourds). Au cours de cette même campagne, mesure de la plupart des paramètres hydrobiologiques et bactériologiques avec le concours du Ministère de l'Environnement (Laboratoire des Eaux usées) et du Ministère de la Recherche Scientifique (Centre de Recherches Océanographiques) pour les moyens navigants et analytiques.
- évaluation du potentiel scientifique et technique réel des laboratoires retenus par l'enquête (Rubrique II) pour l'analyse des micropolluants (visite des laboratoires et mise en place d'un exercice d'intercalibration).
- proposition d'alternatives relatives à la surveillance des pollutions d'origine chimique et de schémas de mise en route progressive du R. N. O. G. I.

Cette mission s'est déroulée du 24 janvier au 7 février 1983. Nous exposerons ici un résumé des principales conclusions concernant cette rubrique. Le rapport de mission des deux experts français figure en annexe VII,1.

2. - RESULTATS D'ANALYSES

A l'heure où ce rapport est sous presse, tous les résultats ne sont pas encore connus. Une conclusion provisoire partielle peut cependant être tirée : l'état de contamination des sédiments par les hydrocarbures, les pesticides et les métaux lourds n'est pas jugé alarmant, mais il est cependant réel dans la zone abidjanaise (surtout dans les baies) et aussi dans la partie occidentale de la lagune en ce qui concerne le lindane ; le degré de pollution bactériologique est également sérieux mais non catastrophique.

3. - EVALUATION DU POTENTIEL ANALYTIQUE (MICROPOLLUANTS)

3.1. - Hydrocarbures

Ces analyses seraient confiées à la S. I. R. (Société Ivoirienne de Raffinage). Si ce laboratoire est habilité à analyser les eaux résiduaires d'une manière conforme aux normes (spectrophotométrie I.R., seuil de détectabilité : mg/l), il n'en est plus de même dans un programme de surveillance des eaux lagunaires et marines, puisque les critères de pollution se situent dans la gamme du $\mu\text{g/l}$. La technique à envisager est celle de la spectrofluorimétrie U.V. pour laquelle la S.I.R. n'envisage pas de s'équiper sur ses fonds propres. Par contre, ce laboratoire peut effectuer dès maintenant les analyses d'hydrocarbures dans les sédiments (spectrophotométrie I.R.). Il a été alors convenu d'un exercice d'intercalibration entre le C. O. B. et la S. I. R. qui est en cours de réalisation. Par la suite, la S. I. R. pourra effectuer les contrôles d'hydrocarbures totaux dans l'eau par la technique de spectrophotométrie I.R. mais avec un seuil de détectabilité de 20 $\mu\text{g/l}$ seulement.

3.2. - Métaux lourds

La SODEMI (Société pour le Développement Minier de la Côte d'Ivoire) dont les activités sont essentiellement axées vers les analyses de roches et de minerais, pourrait être à même de s'adapter à la recherche de micropolluants métalliques dans les sédiments et la matière vivante, puisqu'elle possède le matériel adéquat : absorption atomique et four à graphite.

L'expérience d'intercalibration citée dans le paragraphe précédent est également en cours avec cet organisme, sauf en ce qui concerne le mercure et le cadmium (le mercure exige en particulier un investissement complémentaire). Par contre, ce laboratoire ne peut envisager pour le moment, par manque d'expérience, l'analyse des métaux lourds dans la matière vivante et dans l'eau (analyse à l'état de traces, niveau de quelques mg/l ou µg/l selon les métaux).

3.3. - Pesticides

Le laboratoire de Nutrition de l'I. N. S. P. (Institut National de Santé Publique) a, a priori, les compétences nécessaires à ces analyses (expérience de la chromatographie en phase gazeuse) mais il lui manque encore certains produits chimiques, du petit matériel et un détecteur à capture d'électrons. De même, l'exercice d'intercalibration ne pourra être envisageable que dans un délai d'une année au moins. Ce laboratoire devra commencer par l'analyse des organochlorés dans les sédiments et la matière vivante, pour n'aborder qu'ensuite l'analyse de l'eau où les concentrations sont beaucoup plus faibles, de l'ordre du ng/l.

4. - CONCLUSION

Les résultats de cette opération-test ont été très positifs. Au plan de la campagne de mesure, qui s'est fort bien déroulée en 3 jours avec la participation de 2 marins et 4 scientifiques, et l'utilisation d'une vedette, une embarcation légère et un petit matériel courant, la moisson de résultats attendus est prometteuse puisqu'elle fournira une description du "point-zéro - pollution lagune Ebrié" qui pourra faire l'objet d'une publication de haut intérêt scientifique d'une part et du point de vue de la politique de l'environnement d'autre part.

Au plan de l'évaluation des potentialités matérielles et humaines en Côte d'Ivoire, les résultats de l'enquête (rubrique II) ont été partiellement confirmés. Une restriction doit en effet être formulée car les analyses de micropolluant sont des opérations très délicates qui exigent une formation sérieuse ; seuls des spécialistes pouvaient donner un avis juste qui s'est montré plus exigeant que les conclusions de l'enquête.

Centre Océanologique de Bretagne

5. ANNEXE VII,1

ETUDE DE FAISABILITE DU R.N.O.

COTE D'IVOIRE

POLLUANTS CHIMIQUES

Extraits

M. MARCHAND et J-L. MARTIN

Mars 1983

RESUME

Cette mission s'inscrit dans le cadre de l'étude de faisabilité d'un RNO en Côte d'Ivoire, étude à la charge de l'ORSTOM. Elle ne concerne que les aspects polluants chimiques (métaux, hydrocarbures, pesticides). Trois objectifs étaient fixés : visite de laboratoires locaux pour évaluer les potentiels scientifiques réels dans le domaine concerné ; prélèvements de sédiments dans la lagune d'Abidjan pour évaluer l'état de pollution du milieu ; exercices d'intercomparaison croisés, avec des laboratoires ivoiriens déclarés, sur la base de quelques échantillons prélevés.

Le compte-rendu de mission a été rédigé dans un double but : vis-à-vis du CNEEXO d'une part, et vis-à-vis du responsable de l'étude de faisabilité du RNO CI, M. Ph. DUFOUR de l'ORSTOM, d'autre part.

Il s'articule sur différents points :

- contexte et objet de la mission ;
- déroulement de la mission (rappel chronologique) ;
- surveillance des polluants chimiques. Ce chapitre a été rédigé pour faire apparaître les problèmes posés pour la surveillance des polluants chimiques. Quels sont les polluants chimiques recherchés ? Nécessité de définir un cadre géographique de surveillance. Comment surveiller le milieu environnant ? Signification et problèmes posés par la surveillance de l'eau, du sédiment, de la matière vivante ? Quels sont les moyens analytiques nécessaires pour la surveillance des hydrocarbures totaux, pesticides et métaux, dans l'eau, la matière vivante et le sédiment ? Ces généralités apparaissent nécessaires pour tenter de définir une stratégie RNO adaptée au contexte ivoirien ;
- prélèvements dans la lagune d'Abidjan. Ce chapitre traite du plan d'échantillonnage de sédiments réalisé dans la lagune pour dresser un premier état de pollution. Il mentionne également la définition de l'exercice d'intercomparaison envisagé ;
- ministère de l'environnement ivoirien. Ce chapitre relate les rencontres que nous avons eues avec les responsables du Ministère : responsable de coordination du RNO CI, responsable technique du futur laboratoire pilote d'environnement ;
- visite des laboratoires locaux. Ce chapitre définit les potentiels scientifiques réels de 3 laboratoires ivoiriens visités ;

- surveillance des polluants chimiques dans le cadre du RNO CI. Ce chapitre établit, en fonction des quelques réflexions générales développées précédemment, et sur la base de la visite des laboratoires locaux, l'ébauche d'une première démarche pour la surveillance des polluants chimiques qui peut constituer une programmation sur 2 ou 5 ans. Les résultats des prélèvements effectués dans la lagune devraient pouvoir compléter et affiner la définition de cette stratégie.

I. CONTEXTE ET OBJET DE LA MISSION.

A la demande du Ministère Ivoirien de l'Environnement, un Réseau National d'Observation de la qualité des eaux marines et lagunaires doit être créé en Côte d'Ivoire. Les différentes justifications pour l'implantation de ce réseau sont rappelées dans l'annexe A.

L'opération se décompose en deux étapes :

- une étude de faisabilité à la charge de l'ORSTOM. Le rapport final doit être remis par le coordinateur (Ph. DUFOUR) fin mars 1983.
- la mise en place du réseau dès 1983.

Dans le cadre de cette étude de faisabilité pour la mise en place du RNO CI, une mission ORSTOM était effectuée au COB par MM. DUFOUR et CHANTRAINE, du 03 au 08 juillet 82. Les objectifs généraux étaient de dégager les éléments d'une stratégie adaptée au contexte ivoirien dans la création du RNO CI. A l'issue de cette mission, il était demandé l'appui de deux chercheurs du COB, spécialistes en micropolluants minéraux (métaux) et micropolluants organiques (hydrocarbures, pesticides) pour effectuer une mission de deux semaines en Côte d'Ivoire avec les objectifs suivants :

- * Evaluer sur place le potentiel de travail scientifique réel des laboratoires spécialisés dans le domaine analytique concerné (polluants chimiques).
- * Réaliser une campagne de prélèvements de sédiments dans la lagune d'Abidjan en vue :
 - . de dresser un premier état de pollution dans la lagune (hydrocarbures, pesticides, métaux) à partir des échantillons prélevés.
 - . de réaliser un exercice d'intercomparaison avec les laboratoires locaux déclarés en distribuant une fraction aliquote des échantillons prélevés.
- * Au retour, rédiger un rapport d'évaluation des alternatives relatives à la surveillance des pollutions chimiques.

L'intérêt de la participation CNEXO à cette opération est rappelée par la note de M. CHAUSSEPIED à DP du 09 Juillet 1982 (annexe B). La note technique d'intervention figure en annexe C. La demande officielle auprès de l'ORSTOM était faite le 05 Novembre 1982 (annexe D). La réponse d'agrément était formulée le 06 Janvier 1983 par la Direction des Affaires Economiques et Internationales du Ministère de l'Environnement (annexe E).

La mission s'est effectuée, sur la base des objectifs fixés, du 24 Janvier au 07 Février 1983. Notre interlocuteur ORSTOM en Côte d'Ivoire fut M. CHANTRAINE qui travaille au Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan.

II. DEROULEMENT DE LA MISSION.

Trois phases principales constituent la base de notre travail :

- réalisation de la campagne de prélèvements de sédiments dans la lagune d'Abidjan (travail en collaboration avec l'ORSTOM) ;
- contacts avec le Ministère de l'Environnement Ivoirien : cellule de coordination RNO CI, laboratoire pilote local ;
- visite des laboratoires locaux spécialisés dans le domaine analytique des polluants chimiques.

III. SURVEILLANCE DES POLLUANTS CHIMIQUES.

Chercher à trouver, par rapport à l'exemple français du R.N.O. des critères pour la mise en place d'un réseau de surveillance des pollutions chimiques en milieu marin et lagunaire de la Côte d'Ivoire, c'est, sur un plan concernant l'environnement, tenter de répondre à 4 questions :

- Surveiller quoi ?
- Surveiller où ?
- Surveiller comment ? (vis à vis du milieu)
- Surveiller avec quels moyens ?

Surveiller quoi ?

Les polluants chimiques se caractérisent par le fait qu'ils sont introduits dans le milieu aquatique, accidentellement ou chroniquement, par suite des activités humaines : agriculture, industrialisation, urbanisation. Leur origine (exogène, anthropique) les différencie donc de ce que nous appelons les paramètres hydrobiologiques (S %, O₂, pH, sels nutritifs, chlorophylle, ...) qui, en ce qui les concerne, donnent un état descriptif du milieu (masses d'eau, activités biologiques) influencé par les apports d'eaux continentales, les variations climatiques, les cycles saisonniers et éventuellement par les grands aménagements ou les rejets polluants.

Par rapport aux paramètres hydrobiologiques, les polluants chimiques sont donc les marques des activités humaines. Ils sont très nombreux. Un choix s'impose. Dans une première étape, (adoptée par le R.N.O. français) ils sont classés en 3 catégories liées aux 3 types d'activités humaines définies précédemment :

- Les métaux (Cu, Zn, Cd, Pb, Hg, Fe, Cr, Co, Mn, Ni)
- Les hydrocarbures (pris dans leur intégralité : hydrocarbures totaux)
- Les organochlorés (pesticides et PCB).

Surveiller où ?

Il apparaît nécessaire de surveiller les pollutions chimiques essentiellement lorsqu'elles se manifestent. Ceci impose donc de définir le cadre géographique du milieu aquatique atteint par ces pollutions.

Le cadre défini permet ainsi de situer d'une part les zones de surveillance pour suivre selon une certaine fréquence l'évolution de la pollution du milieu atteint, d'autre part les zones de référence pour vérifier, avec une fréquence plus espacée (par exemple annuelle), qu'elles restent non agressées.

Surveiller comment ?

Par rapport au milieu aquatique, 3 compartiments distincts peuvent être surveiller, conjointement ou sélectivement :

- l'eau
- le sédiment
- la matière vivante

Chacun d'entre eux à sa propre spécificité, tant vis à vis du milieu environnant, que vis à vis des moyens à mettre en oeuvre (ceci rejoint donc la quatrième question).

1. L'eau

est le vecteur de la pollution du milieu aquatique. Il est l'échantillon de choix car indice instantané de la pollution et vecteur de dispersion. Toutefois, ce compartiment est difficile à mesurer car les niveaux de pollutions chimiques restent extrêmement faibles (métaux, hydrocarbures : gamme du $\mu\text{g}/\text{l}$; organochlorés : gamme de ng/l).

Analyser ce type d'échantillon nécessite d'une part un personnel qualifié, d'autre part un coût analytique élevé (pureté extrême des réactifs et produits chimiques).

2. La matière vivante

Le choix s'est essentiellement porté vers l'utilisation d'espèces sédentaires et filtreurs, comme indicateurs biologiques de la pollution. Ce sont généralement des mollusques bivalves : moules, huitres.

Ces espèces ont la capacité d'accumuler les polluants chimiques présents dans l'eau. Vivant en équilibre avec l'eau, elles constituent généralement de bons indicateurs, au moment présent, de la pollution du milieu aquatique. Toutefois, en tant qu'espèces biologiques, elles restent soumises à leur propre rythme physiologique (croissance, mue, reproduction...), ce qui peut modifier de façon saisonnière cette capacité de bio-accumulation. Malgré ces

réerves, la moule et l'huitre ont été largement utilisées en Europe et aux Etats-Unis comme "sentinelles" de la pollution chimique du milieu marin côtier. Du point de vue analytique, la compétence reste nécessaire, mais les difficultés liées aux niveaux de concentrations rencontrées, sont moindres.

3. Le sédiment

La plupart des polluants chimiques précédemment énumérés sont absorbés par la matière en suspension, et ont tendance à sédimenter. Le sédiment de surface constitue un bon indicateur de pollution. Mais à l'inverse de l'eau et de la matière vivante, le sédiment représente un indicateur intégré de la pollution sur plusieurs années. Avantage par rapport aux mollusques filtreurs, le sédiment est beaucoup mieux représenté dans le milieu aquatique. Son analyse permet généralement de bien situer les apports de pollution et de déterminer les taches de dispersion. Il est par contre mal adapté pour certains composés solubles dans l'eau, tel que le lindane, insecticide chloré, qui n'ont aucune tendance à se fixer préférentiellement sur le matériel particulaire. Du point de vue analytique, le sédiment est l'échantillon le plus facile à analyser.

Chaque compartiment du milieu environnant possède ses propres avantages et inconvénients vis à vis de la surveillance des pollutions chimiques.

<u>Echantillon</u>	<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>	<u>Difficultés analytiques</u>
Eau	Indicateur instantané de la pollution. Vecteur de dispersion	niveaux de concentration très bas	+ + +
Matière vivante (mollusques)	Espèces bio-accumulatrices indicateurs à court terme de la pollution	rythme physiologique présence des espèces (?) suivi côtier uniquement	+ +
Sédiment	Capacité d'accumulation, indicateur intégré de la pollution. Zonation de la pollution (tache de dispersion)	indicateur non instantané. Non accumulation pour certains composés (ex : le lindane)	+

Surveiller avec quels moyens ?

L'analyse des polluants chimiques dans l'environnement, que ce soit dans l'eau, la matière vivante ou le sédiment, reste une analyse de traces. Ceci nécessite un personnel qualifié, un appareillage coûteux, des réactifs et produits chimiques (acides, solvants) de grande pureté, des protocoles expérimentaux bien adaptés, et (pour la qualité de la mesure) une remise en cause régulière par le biais d'exercices d'intercomparaison (ou intercalibration).

Les protocoles expérimentaux adoptés à la mesure dans l'environnement sont donnés dans un document R.N.O. "Manuel". Un nouvel ouvrage est en cours d'édition et doit paraître en 1983.

1. Hydrocarbures

Que ce soit pour l'eau, le sédiment ou la matière vivante, l'analyse procède en première étape par une extraction par un solvant organique, suivie d'une phase de purification de l'extrait organique. Deux techniques de mesure sont disponibles pour apprécier ce que l'on appelle des "hydrocarbures totaux" :

- la spectrophotométrie infra rouge (I.R.)
- la spectrofluorescence ultraviolette (SFUV).

La première technique de mesure (IR) répond à la vibration de la liaison C-H. Les hydrocarbures extraits sont donc dissous avant la mesure dans un solvant ne possédant pas ce type de liaison ; on utilise le tétrachlorure de carbone (CCl_4). La seconde technique (SFUV) mesure la fluorescence des hydrocarbures aromatiques ; l'extrait est dissous dans un solvant non fluorescent, par exemple l'hexane.

Quelle technique choisir ?

La technique IR est la meilleure approche pour l'estimation des hydrocarbures totaux, elle possède en outre une gamme de réponse linéaire grande par rapport à la technique SFUV. Elle souffre toutefois d'une faible limite de détectabilité, ce qui constitue un inconvénient très réel pour les mesures dans l'eau.

On admet un seuil de $2 \mu\text{g}/\text{l}$ d'hydrocarbures totaux dans l'eau comme critère de pollution. La mesure IR ne permet pas de descendre en dessous de $20 \mu\text{g}/\text{l}$, tandis que la mesure par SFUV permet de déceler des teneurs inférieures à $1 \mu\text{g}/\text{l}$. La technique par SFUV est également recommandée pour les dosages dans la matière vivante.

En effet, la phase de purification de l'extrait ne permet généralement pas d'éliminer tous les lipides co-extraits avec les hydrocarbures. Ces substances, par la présence de liaison C-H, interfèrent si l'on utilise la mesure IR. Les inconvénients de la technique IR indiqués pour l'eau (seuil de détectabilité) et pour la matière vivante (lipides co-extraits) n'existent pas pour le sédiment. Ce sera par conséquent la méthode recommandée pour ce type d'analyse. Le tableau ci-dessous récapitule ces quelques remarques.

D'un point de vue strictement analytique, la mesure des hydrocarbures totaux (extraction, purification, mesure IR ou SFUV) ne présente pas de difficultés majeures. Un soin doit être apporté à la propreté de la verrerie utilisée et des réactifs. Les solvants doivent être très purs. Un soin plus particulier doit être pris pour éviter toute contamination accidentelle si l'on analyse des échantillons d'eau, compte tenu des niveaux très faibles rencontrés.

<u>Techniques de mesures</u>	<u>Avantages</u>	<u>Inconvénients</u>
Spectrophotométrie IR.	<ul style="list-style-type: none">- Répond à la liaison C-H- Meilleure approche pour la mesure des hydrocarbures totaux.- Gamme linéaire de réponse : importante.	Limite de détectabilité faible (pour l'eau 20 µg/l)
Spectrofluorescence UV.	<ul style="list-style-type: none">- Sensible aux hydrocarbures aromatiques. (représentatifs d'une pollution pétrolière dans l'environnement)- Méthode très sensible (pour l'eau 1 µg/l)	Gamme de réponse linéaire faible (effet quenching)

Choix d'une technique

		<u>Caractéristiques</u>	<u>Niveaux rencontrés</u>
Eau	S F U V	Sensible aux hydrocarbures aromatiques, bons indicateurs de pollution pétrolière, méthode très sensible.	Eau non polluée < 1 µg/l Seuil de pollution > 2 µg/l Eaux polluées 10-100 µg/l
Matière vivante (mollusque)	S F U V	Sensible aux hydrocarbures aromatiques, absence de risque d'interférence par la présence de lipides co-extraits non totalement éliminés	Mollusques non contaminés : ≈ 1-2 ppm (poids frais) Pollution significative : 10-100 (poids frais)
Sédiment	I R	Meilleure approche des hydrocarbures totaux Gamme linéaire de réponse importante	Absence de pollution (*) < 50 ppm Pollution significative (*) > 100 ppm (*) Il faut tenir compte de la nature du sédiment : sable ; vase ...

2. Organochlorés

Cette classe de composés englobe simultanément les pesticides chlorés (DDT, Lindane, heptachlore, aldrin, dieldrin) et les résidus industriels de polychlorobiphényles(PCB). Comme pour le dosage des hydrocarbures, une extraction ou une purification de l'extrait sont effectuées avant la mesure proprement dite. A la différence des hydrocarbures, une seule technique est utilisée : la chromatographie en phase gazeuse, technique sélective qui sépare les différents composés présents dans l'extrait et les mesures par un détecteur spécifique aux composés halogènes : le détecteur à capture d'électrons. L'analyse des organochlorés nécessite obligatoirement l'utilisation d'une technique fine de mesure dont chaque élément doit être soigneusement contrôlé : pureté des gaz, propreté du détecteur, choix de la colonne chromatographique.

Une très grande rigueur doit être observée durant les phases d'extraction et de purification (principalement pour l'analyse de l'eau) pour éviter toute contamination accidentelle, au niveau de la verrerie, des réactifs des solvants. La recherche des organochlorés est une analyse longue, difficile et coûteuse. Elle nécessite un personnel qualifié, un budget de fonctionnement élevé, nécessité par l'achat de solvants de très haute pureté.

Vis à vis de la technique chromatographique elle-même, un choix s'impose. Faut-il investir et débiter en adoptant ce que l'on appelle la chromatographie à basse résolution (CPG) ou le système chromatographique à haute résolution (CPG)². Les deux systèmes sont rigoureusement identiques dans le principe de la mesure. Ils diffèrent uniquement par les caractéristiques des colonnes chromatographiques.

Il y a 10 ans, la plupart des laboratoires d'analyses utilisaient des colonnes chromatographiques de 2 m de long et 2 à 3 cm de diamètre système chromatographique qualifié de basse résolution (CPG). Les pics sont relativement mal résolus et pour des composés voisins, sur le plan de la vitesse de déplacement dans la colonne, il y a risque de recouvrement des pics.

Pour le dosage des organochlorés, cela pose de réels problèmes à l'analyste. Plusieurs insecticides chlorés, (DDT, DDE,DDD, dieldrine, aldrine) sont mal identifiés en présence de PCB, il y a interférence entre les pics chromatographiques (exemple. Fig.1), ceci complique l'interprétation des chromatogrammes.

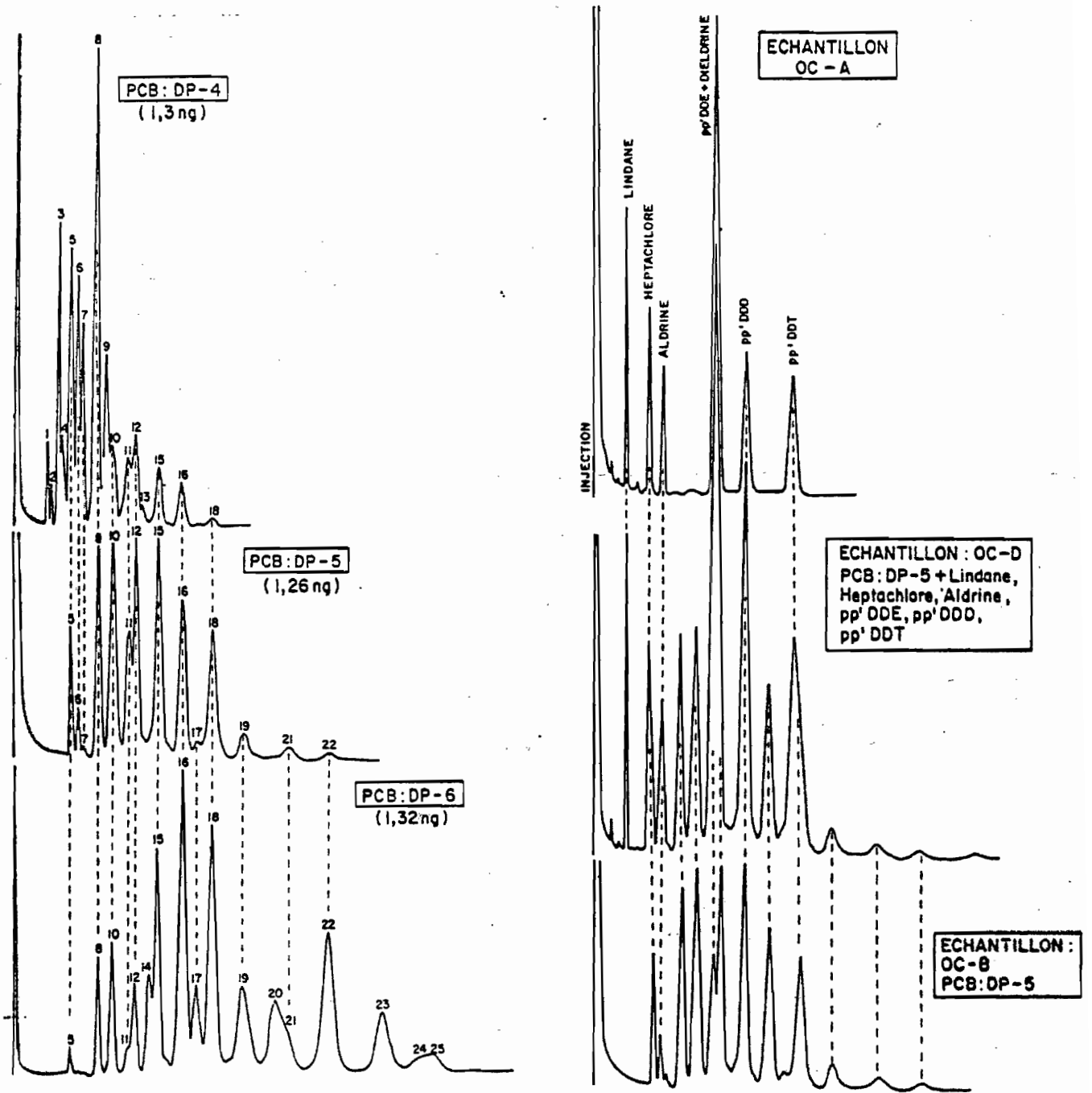


Figure Ia

Analyse chromatographique de différents organochlorés sur colonne remplie (9 % OV-101 sur chromosorb W)

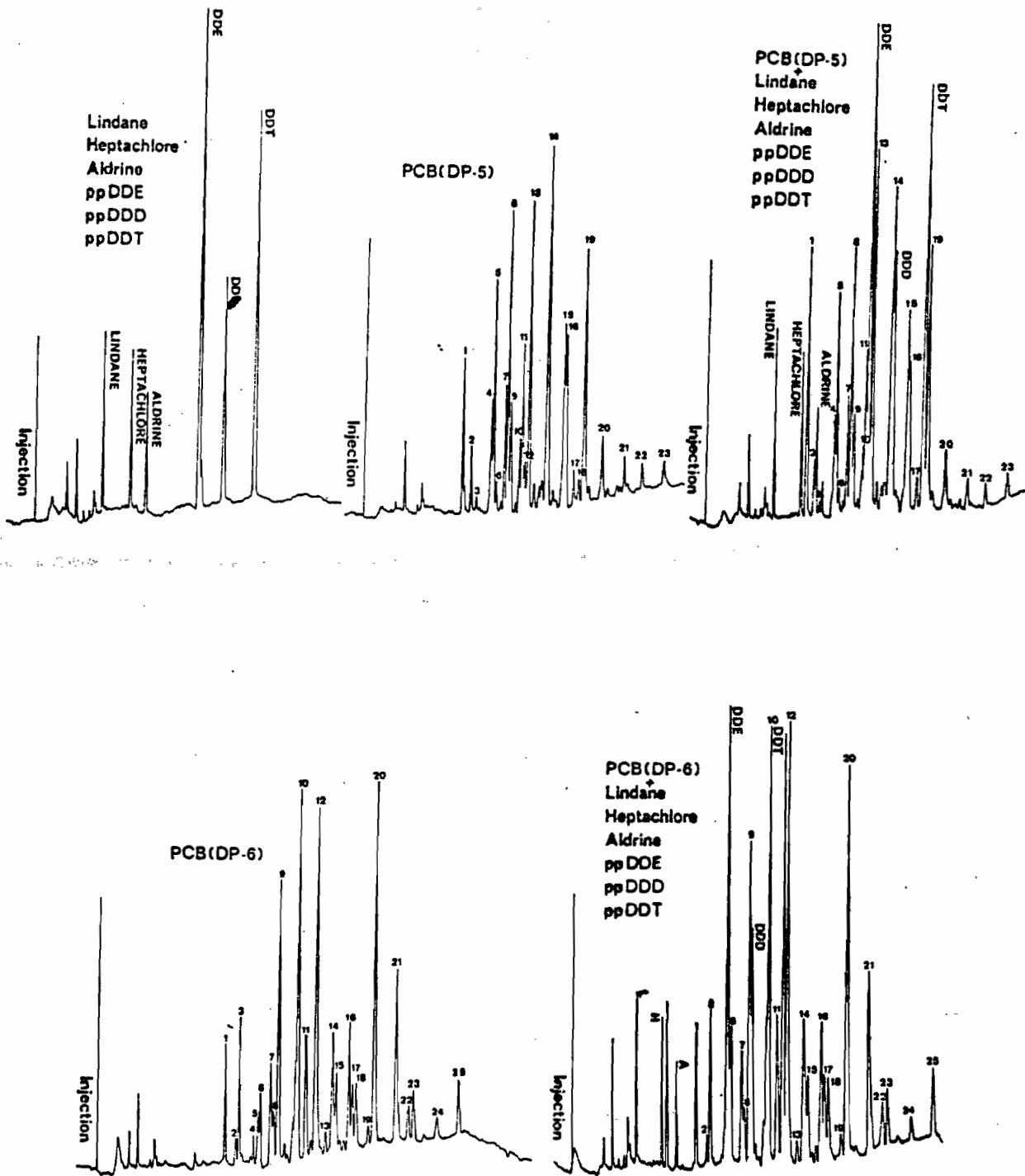


Figure Ib

Analyse chromatographique de différents organochlorés
sur colonne capillaire (WCOT SE-30)

Les progrès récents en chromatographie phase gazeuse ont introduit l'utilisation des colonnes capillaires en verre ou en silice fondue. Ce sont des colonnes de longueur variable (20 à 50 m) et de diamètre très fin (0,2 à 0,4 mm). Le pouvoir de séparation est ainsi considérablement amélioré. Les interférences citées précédemment sont éliminées (ex Fig. 2). Le système chromatographique est qualifié de haute résolution (C.P.G.)².

La majorité des laboratoires d'analyse utilisent à présent ce type de colonnes très performantes. La plupart des appareils de mesure, actuellement commercialisés, utilisent des colonnes capillaires à haute résolution.

La technique chromatographique en phase gazeuse nécessite une qualification certaine, tant dans la maintenance de l'appareil que dans ses réglages. Par rapport au système à basse résolution, il est certain que l'utilisation des colonnes capillaires nécessite une maîtrise technique encore plus grande, ne serait-ce que dans la préparation des colonnes elles-mêmes (étirage du verre, remplissage, traitements chimiques...). En terme d'investissement, le choix se situe non dans le coût de l'appareillage mais plutôt au niveau de la formation du responsable chimiste qui sera chargé de mettre en oeuvre ce type d'analyse.

Sur un plan strictement scientifique, nous ne pourrions que recommander l'approche directe de la chromatographie à haute résolution sur colonnes capillaires pour l'analyse des organochlorés dans l'environnement. Toutefois, la chromatographie à basse résolution reste une technique de mesure utilisable pour aborder ce type d'analyse.

Pour évaluer les difficultés analytiques rencontrées lorsque l'on mesure les organochlorés dans l'environnement, il suffit de constater les niveaux de concentrations rencontrés. La mesure la plus difficile est celle effectuée sur l'eau, les teneurs sont extrêmement faibles du niveau du ng/l. Mis à part le lindane, composé relativement soluble dans l'eau (10 mg/l) les organochlorés ont tendance à s'adsorber sur le matériel particulaire et à s'accumuler dans les mollusques. Les précautions à prendre pour éviter les contaminations accidentelles sont donc moins importantes, pour ce qui concerne l'analyse de ces composés dans les mollusques et les sédiments, dans la mesure où les niveaux de concentration seront plus élevés que dans l'eau.

Le tableau ci-dessous donne quelques gammes de valeurs généralement rencontrées. :

EAU	non polluée < 5 ng/l pollution 10-50 ng/l très forte pollution > 100 ng/l
SEDIMENT	non polluée < 2 ng/g Pollution chronique 5 - 50 ng/g faible pollution chronique 50-400 ng/g très fortes pollutions / pollutions accidentelles > 1000 ng/g
MOLLUSQUES (moules-huitres)	non polluée < 10 ng/g (poids sec) pollution chronique 100-1000 ng/g (poids sec) Très forte pollution > 1000 ng/g (poids sec)

3. Les métaux

L'analyse des métaux dans le milieu marin, qu'il s'agisse du sédiment, de la matière vivante ou de l'eau, passe par une phase préalable qui consiste à isoler la partie à analyser (le ou les métaux proprement dits) de leur support (matrice) : le sédiment, la matière organique, l'eau salée. Les techniques de préparation seront sensiblement ou totalement différentes selon la nature de ces matrices :

Phase préparative

* Le sédiment

=====

Dans ce milieu, deux matrices sont à considérer :

la particule sédimentaire d'une part ; la matière organique liée à cette particule d'autre part.

L'élimination de ces matrices s'effectuera par minéralisation acide (élimination de la matière organique) suivie d'une filtration ou d'une centrifugation (élimination des particules).

* La matière vivante

=====

L'élimination de la matrice organique sera réalisée par une minéralisation acide, ou par une minéralisation à haute température, en fonction des éléments métalliques à analyser.

* L'eau de mer

=====

L'élimination de la matrice " eau salée" pourra s'effectuer par différentes méthodes = extraction par composés chélateurs (ex : Méthyl Isobutyl Cétone) ou par résine échangeuse d'ions.

Phase analytique

L'analyse des métaux dans les solutions purifiées obtenues peut s'effectuer, pour le sédiment, la matière vivante ou l'eau, sur un seul et même outil analytique : la Spectrophotométrie d'Absorption Atomique, possédant des options diverses (four ou graphite sans flamme, par exemple) permettant de couvrir la gamme de concentrations de métaux présentée par ces différents milieux = de quelques fractions de $\mu\text{g/l}$ à quelques $\mu\text{g/l}$ pour le cadmium et

le cuivre dans l'eau par exemple, ou bien quelques mg/kg ou centaines de mg/kg pour le cuivre, le zinc, le plomb par exemple, dans les sédiments.

L'avantage présenté par le Spectrophotométrie d'Absorption Atomique réside dans le fait que ce seul et unique "outil" est suffisant et parfaitement adapté à l'ensemble des analyses concernant la plus grande majorité des micro-polluants minéraux dans les sédiments, la matière vivante et l'eau.

IV. PRELEVEMENTS DANS LA LAGUNE D'ABIDIJAN

L'objectif de cette campagne était double :

- dresser un premier état de la pollution chimique de la lagune, en utilisant le sédiment comme indicateur de pollution vis à vis des métaux (Cu, Zn, Cd, Pb, Hg, Fe, Cr, Co, Ni, Mn) des hydrocarbures et des organochlorés (pesticides et PCB).

- permettre une intercomparaison des techniques utilisées par des laboratoires ivoiriens concernés en distribuant une fraction aliquote d'une partie des prélèvements effectués.

La campagne était organisée par L'ORSTOM qui fournissait le bateau et les moyens de prélèvement (bennes). Conjointement participaient un chercheur ORSTOM (J.M.CHANTRAINE) pour les paramètres hydrobiologiques et un ingénieur chimiste du Ministère de l'Environnement (J.L. PESCHET) pour l'analyse des germes fécaux dans l'eau.

Nous disposions de deux documents pour positionner les stations de prélèvements de sédiments, le rapport de MM COLCANAP et DUFOUR concernant "l'Assainissement de la Ville d'Abidjan", et un inventaire des rejets existants en lagune d'Abidjan établi par M. PESCHET.

La lagune d'Abidjan est longue de 120 km, au centre se situe la ville d'Abidjan. Notre stratégie d'échantillonnage était simple :

une couverture sur l'ensemble de la lagune, avec un quadrillage plus serré dans l'agglomération abidjanaise.

La campagne s'est déroulée du 28 Janvier au 1er février. Au total 42 échantillons ont été prélevés (cf. Fig. 3,4)

Partie Ouest : 8
Abidjan : 28
Partie Est : 6

(cf. tableau I)

Les échantillons seront analysés au COB. Le rapport est prévu pour Mai Juin 1983. Son objectif sera de dresser une carte de la pollution de la lagune (métaux, pesticides, hydrocarbures) en relation avec les apports de rivières (drainage des sols), des rejets urbains et industriels. Ce travail devrait pouvoir constituer un élément fiable de réflexion pour la détermination des stations d'échantillonnage du R.N.O. CI.

Un exercice d'intercomparaison croisé entre le COB et 3 laboratoires ivoiriens sera réalisé sur la base d'une partie des échantillons prélevés. Ces échantillons seront séchés (et tamisés à 63 μ m pour les métaux) au COB et envoyés à M. CHANTRAINE qui assurera la coordination locale (distribution des échantillons, réception des résultats). L'exercice sera effectué sur la base d'un protocole expérimental unique envoyé par le COB et correspondant au manuel d'analyses RNO. Les 3 laboratoires ivoiriens sont les suivants :

- Laboratoire de la Société Ivoirienne de Raffinage (S.I.R.)
Paramètres : hydrocarbures totaux. 5 échantillons

- Laboratoire de la Société de Développement Minier (SODEMI)
Paramètres : métaux 10 échantillons

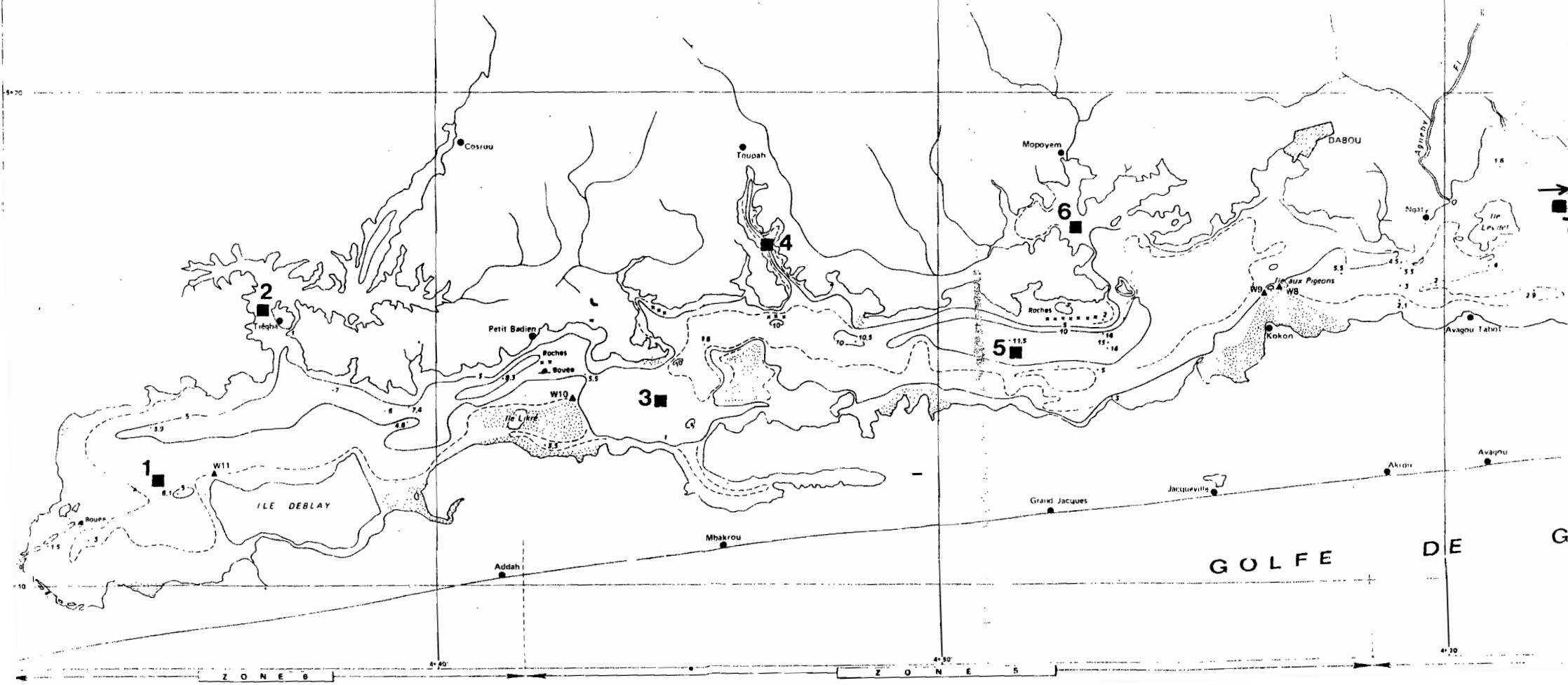
- Laboratoire de Nutrition de l'Institut National de la Santé Publique.
Paramètres : organochlorés 5 échantillons

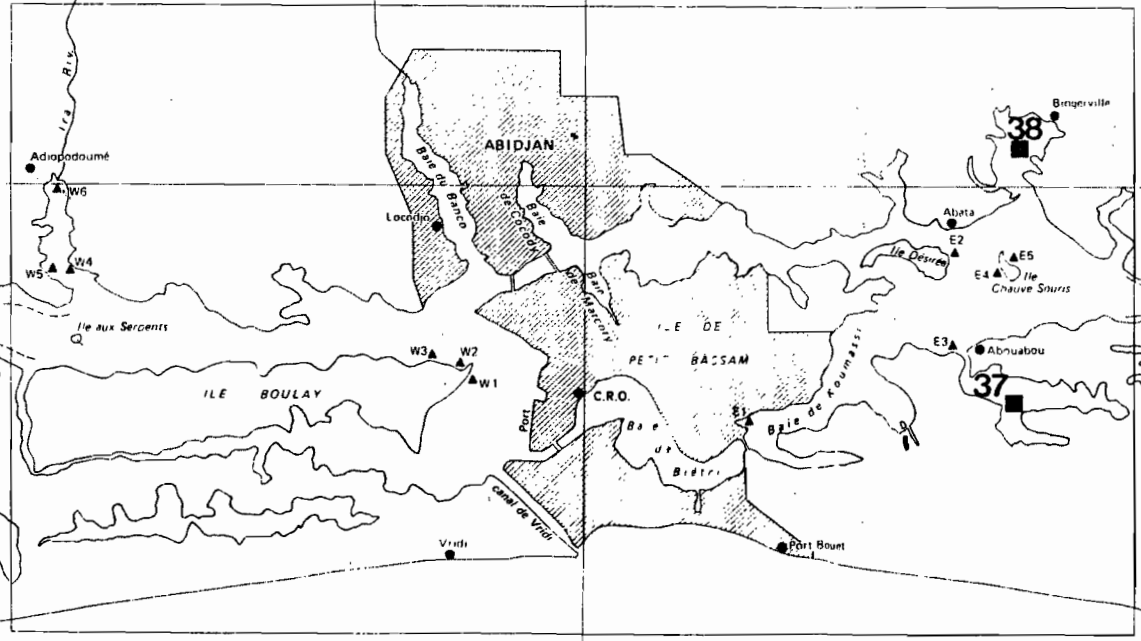
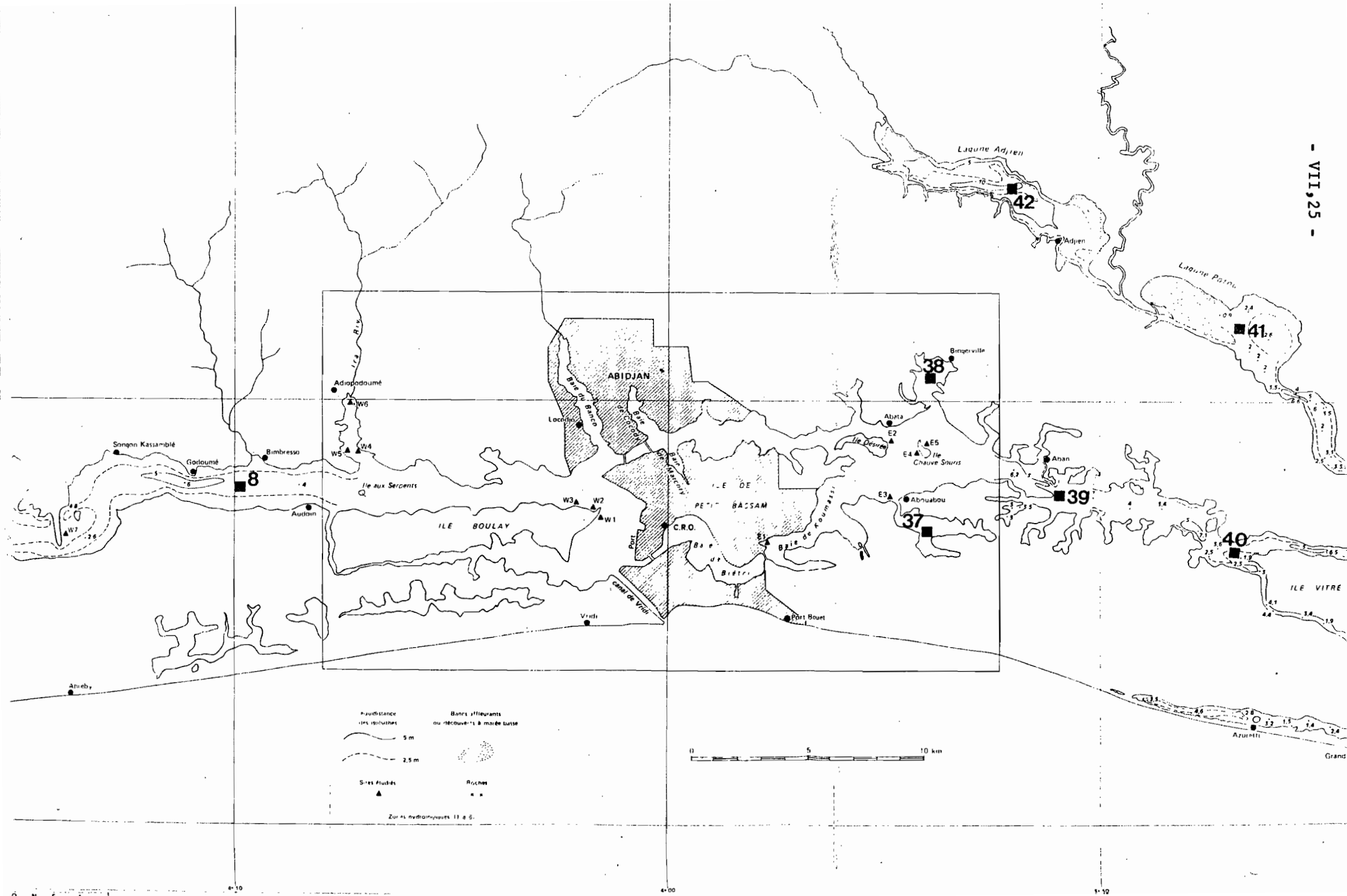
Le bilan de ces 3 exercices d'intercomparaison sera effectué par le COB, dès réception des résultats.

SECTEURS	Lagune ABIDJAN & POTOU	BASSAM à ABIDJAN	ABIDJAN	d'ABIDJAN à AGREBY	d'Abidjan à 15 km du canal d'ASSAGNY	Extrémité Occidentale	TOTAL
	I	II	III	IV	V	VI	
Surface (km ²) Volume (km ³) Profondeur (m)	42 141 3,4	62 341 5,5	71 538 (est)6,8-8,5 (ouest)	86 206 2,4	170 1026 6,1	135 464 3,4	566 2716
Bassin-versant (km ²) Précipitation sur le plan d'eau 10 ⁶ m ³ /an Apports par les rivières 10 ⁶ m ³ /an Evaporation 10 ⁶ m ³ /an Apport net eau douce Taux de renouvel ^t /an	88 1534 52 1570 11,1	78250 130 7122 77 7175 25,6	350 149 30 88 93 (est)30,4-5,8 (ouest)	9100 181 917 107 991 6,6	400 357 34 211 178 0,4	800 284 69 168 185 0,4	93600 1189 9706 703 10192 3,7
Pêches kg/ha 1977							
crevettes	-	6 (37,2)	-	33 (284)	-	-	(321)
crabes	-	?	-	47 (404)	25 (425)	-	(829)
poissons		79 (490)	420 (2982)	71 (611)	126 (2142)	43 (580)	(6805)
Total		85 (527)	420 (2982)	151 (1299)	151 (2567)	43 (580)	(7955)
() total/an (tonne)							
Prélèvement des sédiments (pollutions)	2	4	28	2	4	2	42

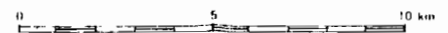
TABLEAU I : CARACTERISTIQUES DE LA LAGUNE D'ABIDJAN (*)

(*) Références DUFOUR 1982 hydrobiologica 94 : 105-120
DURAND & SKURICH aquaculture 27 : 211-50

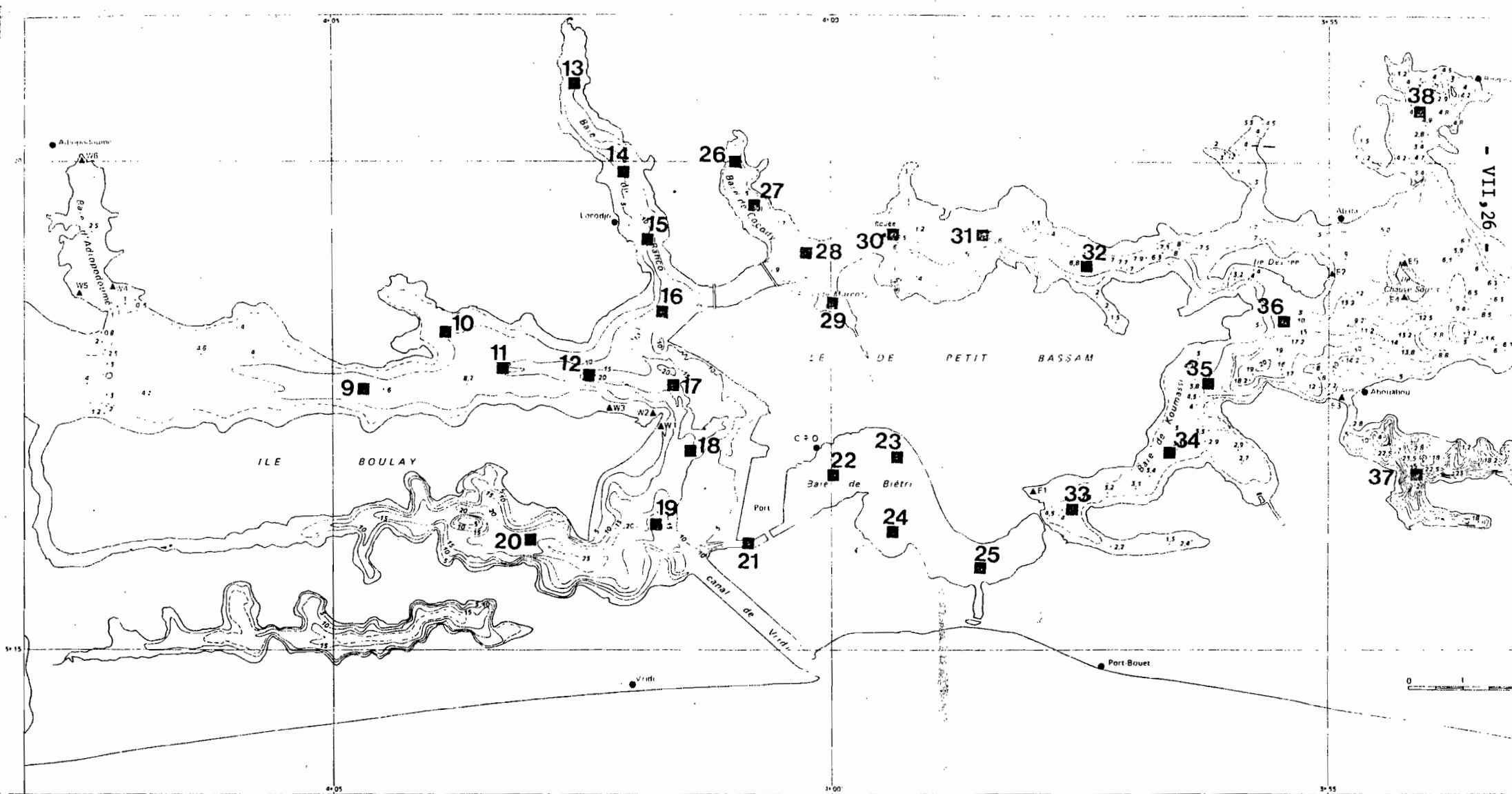




Profondeurs
 des isobathes
 5 m
 2,5 m
 Sites étudiés
 Bancs affleurants
 ou récifs : 1 à marée basse
 Roches
 " "



Zur 1:50000 (échelle 1:50000)



V. MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT IVOIRIEN

Notre contact officiel auprès du ministère était Mme WAGNER, chargée des relations extérieures, qui nous mit en rapport avec les responsables techniques et de coordination du RNO CI. Ces responsables sont tous des coopérants français, plusieurs d'entre eux sont installés ici depuis peu (1 à 3 mois). Au total un groupe de 8 coopérants sont chargés d'instruire et de réaliser des actions techniques ou de coordination :

Coordination RNO CI	Mme BAILLY
Laboratoire pilote de M.E.	M. BROCHE
Responsable Microbiologie	M. PESCHET
Assainissement des eaux	M. BEC
Valorisation des déchets	M. BRIAND

Nos deux principaux interlocuteurs furent Mme BAILLY (coordination RNO) et M. BROCHE (responsable de la mise en oeuvre du laboratoire pilote du Ministère de l'Environnement).

Visite du laboratoire pilote :

Ce laboratoire actuellement et provisoirement abrité au sein de la Société SODEMI, (société pour le Développement Minier en CI), n'existe qu'à l'état embryonnaire. Cinq ivoiriens, niveau technicien, y travaillent sous la responsabilité de M. BROCHE. L'équipement actuel est sommaire et ne permet en aucune façon d'aborder, dès cette année, l'analyse des polluants chimiques minéraux ou organiques. Le développement de ce laboratoire est prévu pour répondre aux besoins du Ministère de l'Environnement, besoins qui dépassent le cadre du RNO CI. Ainsi M. BROCHE, responsable de sa mise en oeuvre prévoit 4 sections

- Eau (répondre aux besoins analytiques du RNO/CI)
- Microbiologie (RNO et assainissement)
- Air
- Bruit

Les besoins, RNO CI sembleraient être la priorité actuelle. Le budget investissement 83 serait de 25 millions CFA, celui de 84 de 50 millions CFA, provenant des fonds F.A.C. (Fonds d'Aide à la Coopération).

Les budgets construction de locaux, fonctionnement restent à la charge du Gouverneur Ivoirien.

M. BROCHE possède une longue expérience au sein de la SODEMI. Chimiste minéraliste, sa compétence est tournée vers l'analyse des roches. Il n'a de ce fait aucune véritable expérience pour l'analyse des polluants chimiques minéraux (métaux) dans l'environnement, bien moins encore pour ce qui concerne les polluants organiques. Responsable technique pour la mise en oeuvre de ce laboratoire pilote, appelé théoriquement à se développer pour répondre aux besoins du Ministère de l'Environnement, M. BROCHE souhaite bénéficier d'avis et de soutiens au niveau :

- de l'équipement et de l'infrastructure du futur laboratoire
- des protocoles analytiques
- des stages de formation.

Nous avons abordé les thèmes suivants :

- Classes de paramètres recherchés : métaux, hydrocarbures, pesticides
- Protocoles analytiques et techniques de mesure
 - . métaux : minéralisation, absorption atomique, polarographie
 - . hydrocarbure : extraction, spectrométrie I.R., spectrofluorescence U.V.
 - . Pesticides : extraction, chromatographique en phase gazeuse à basse résolution (colonne remplie), à haute résolution (colonnes capillaires)
 - . Compartiments analyses : eau, sédiment, matière vivante.

Une réunion générale était ensuite organisée avec les responsables ivoiriens du Ministère de l'Environnement. Nous avons présenté le fonctionnement du RNO français et le bilan qui peut en être fait en ce qui concerne la surveillance des polluants chimiques, la signification de la mesure dans l'eau, le sédiment et la matière vivante.

Nous avons par ailleurs exposé notre travail de prélèvements dans la lagune d'Abidjan, réalisé au cours de cette mission et donné notre avis sur les potentiels analytiques disponibles à la suite des visites que nous avons effectuées dans 3 laboratoires ivoiriens (SIR, SODEMI et INSP).

VI. VISITE DES LABORATOIRES LOCAUX

Nous avons visité 3 laboratoires ivoiriens, chacun d'entre eux spécialisé dans un domaine analytique concerné :
hydrocarbures, métaux, pesticides.

1. Société Ivoirienne de Raffinage (S.I.R.)

Nous avons rencontré le responsable du Département Technique (M. KONE ABOUBAKAR), le responsable du laboratoire d'analyse (Mme NIOUPIN). Le laboratoire d'analyse est spécialisé pour toutes les analyses de routine concernant les activités d'une société de raffinage : analyses chimiques et physicochimiques des pétroles bruts et produits de raffinage. Le laboratoire réalise également des opérations de contrôle des eaux de rejets au niveau des hydrocarbures totaux et des phénols totaux. L'équipement du laboratoire est important et semble bénéficier d'une excellente infrastructure.

L'analyse des eaux résiduaires est conforme aux normes adoptées par les sociétés pétrolières ; C'est à dire technique de mesure par spectrophotométrie IR, seuil de détectabilité au niveau du ppm (mg/l). Ces normes ne sont évidemment pas applicables pour la surveillance des eaux marines ou lagunaires, puisque les critères de pollutions se situent dans la gamme du $\mu\text{g/l}$. Par ailleurs, la technique de mesure par spectrofluorimétrie UV, recommandée pour les analyses d'hydrocarbures totaux dans l'eau ou la matière vivante, n'est pas utilisée par ce laboratoire, qui n'entrevoit pas l'éventualité d'un tel investissement sur ses fonds propres.

Dans le cadre du RND CI, le potentiel de travail réel de ce laboratoire se situe actuellement dans le dosage des hydrocarbures totaux dans les sédiments (technique par spectrophotométrie IR). Il a été convenu d'un exercice d'intercomparaison croisé entre le CNEXO et ce laboratoire sur la base de 5 échantillons de sédiments prélevés dans la lagune d'Abidjan et d'un protocole expérimental unique qui sera communiqué par le CNEXO.

Dans une étape ultérieure, le laboratoire de la SIR devrait avoir la capacité analytique pour effectuer les contrôles d'hydrocarbures totaux dans l'eau, en utilisant la spectrophotométrie IR comme technique de mesure (rappelons que le seuil de détectabilité ne sera que de 20 à 25 $\mu\text{g/l}$).

2. Laboratoire de la Société de Développement Minier de la Côte d'Ivoire. (SODEMI)

Nous avons rencontré le responsable du Département Analyse de la SODEMI, M. MENUAN ainsi que M. BROCHE, responsable technique du laboratoire. Les activités de la SODEMI sont essentiellement tournées vers les analyses de routine physiques et chimiques des roches et minerais. Concernant les analyses des polluants métalliques à l'état de trace dans l'environnement, le laboratoire possède la technique de mesure adaptée à ce type d'analyse. Il possède 2 appareils d'absorption atomique PERKIN ELMER 5000 et 603, ainsi qu'un four à graphite pouvant être utilisé pour l'analyse de certains métaux dans les organismes marins.

Après mise au point des protocoles expérimentaux adaptés pour la mesure de l'environnement (minéralisation, dissolution en milieu acide dilué), le laboratoire devrait être capable, dans une première phase, d'analyser les métaux dans les sédiments. Le laboratoire jusqu'à présent ne procède à aucune analyse de cadmium et du mercure. Pour ce dernier composé, un protocole expérimental et une technique de mesure spécifiques sont nécessaires, et nécessitent un investissement particulier.

Le laboratoire ne possède actuellement aucune expérience dans la mesure des métaux dans la matière vivante, ni dans l'eau (analyse à l'état de traces, niveau de quelques ng/l ou de quelques µg/l selon les métaux).

3. Laboratoire de nutrition de l'Institut National de Santé Publique (I.N.S.P.)

Le responsable de ce laboratoire de nutrition est M. PIQUE, coopérant militaire, pharmacien chimiste de formation. Ce laboratoire dispose d'un chromatographe en phase gazeuse à basse résolution (appareil VARIAN), mais ne pratique pas actuellement l'analyse de pesticides, il ne possède pas de détecteur à capture d'électrons, spécifique pour ce type d'analyse. Il y a donc nécessité de prévoir d'une part un investissement en matériel et produits chimiques : détecteurs à capture d'électrons, colonnes chromatographiques, gaz, solvants, absorbant chromatographique (Florisil), verreries standards de pesticides. D'autre part un délai pour la mise au point des méthodes et de leur contrôle (intercalibration), avant que ce laboratoire puisse pratiquer l'analyse des organochlorés

(pesticides, PCB) dans l'environnement (RNO CI). Dans le meilleur des cas, un délai d'un an est nécessaire. De notre côté, nous pouvons faciliter les travaux de mise au point des méthodes en fournissant à M. PIQUE des protocoles expérimentaux d'analyse, des échantillons étalons de pesticides et PCB, des échantillons naturels d'intercalibration, ainsi que des échantillons de sédiment prélevés dans la lagune d'Abidjan qui pourront être conservés au Centre Océanologique de Bretagne (CNEXO).

M. PIQUE possède, semble t-il, une certaine expérience en chromatographie en phase gazeuse, ce qui devrait faciliter la mise au point de la méthodologie d'analyse pour la mesure des organochlorés. Nous recommandons dans une première étape l'analyse dans le sédiment et la matière vivante où les résidus organochlorés se retrouvent concentrés par adsorption ou bio-accumulation avant d'aborder le contrôle dans l'eau où des concentrations rencontrées restent toujours très faibles (gamme de ng/l).

VII. SURVEILLANCE DES POLLUANTS CHIMIQUES DANS LE CADRE DU RNO CI.

1. Compétences actuelles et futures

Trois laboratoires ont été visités pouvant présenter certaines compétences en matière d'analyse des micro-polluants. Ces trois laboratoires sont respectivement la Société Ivoirienne de Raffinage (SIR), la Société et Développement Minier (SODEMI), et l'Institut National de Santé Publique (INSP). Le tableau I fait le bilan des possibilités actuelles de chacun des laboratoires visités en matière d'analyse, en fonction de la catégorie de micro-polluants, en fonction du matériel déjà en place et réellement fonctionnel, et en fonction du milieu investigué (sédiment, matière vivante, eau). Il apparaît que deux laboratoires semblent pouvoir être immédiatement fonctionnel :

- la SIR pour ce qui concerne les hydrocarbures dans le sédiment
- la SODEMI pour ce qui concerne les métaux dans le sédiment, à l'exception du Mercure.

Les possibilités d'analyse de ces deux laboratoires, pour ce qui concerne la matière vivante et l'eau, pour les paramètres précités, c'est à dire hydrocarbures et métaux respectivement, ne nécessiteraient aucun investissement, mais la formation de personnel avant d'être effectives.

Pour ce qui concerne les pesticides, aucun des trois laboratoires visités ne possède ni l'infrastructure matérielle, ni le personnel qualifié pour être opérationnels dans un futur immédiat.

Dans l'hypothèse du développement d'un laboratoire propre du Ministère de l'Environnement Ivoirien, la deuxième partie du tableau II fait la synthèse des investissements qui seront nécessaires ainsi que de la formation du personnel.

2. Schéma de développement

Le tableau III propose un schéma de développement d'un Réseau National d'Observation tenant compte de différents facteurs :

- les délais nécessaires à l'équipement des laboratoires
- les délais nécessaires à la formation des utilisateurs
- les difficultés croissantes dans l'analyse et donc dans l'obtention de résultats fiables, selon que l'on s'adresse à du sédiment, de la matière vivante ou de l'eau.

En fonction des différents paramètres :

- moyens financiers qui seront disponibles
- moyens humains - qualification de ces moyens
- complexité variable du milieu (sédiment, matière vivante, eau) auquel on s'adresse
- expérience du RNO français,

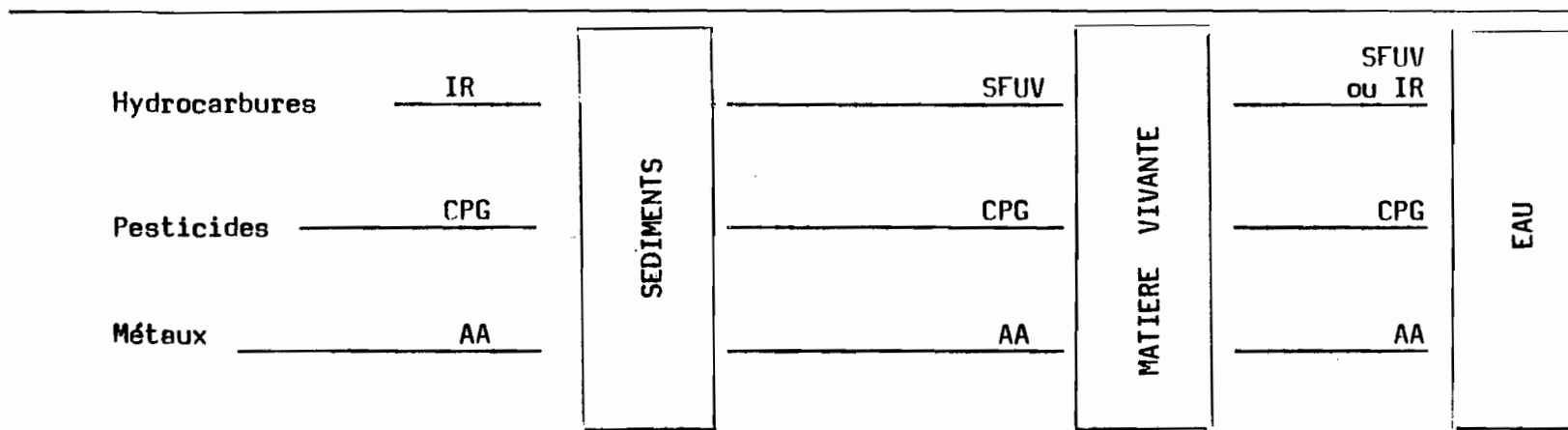
il apparaît probable que 2 à 5 années seront nécessaires avant de pouvoir bénéficier d'un laboratoire d'analyse opérationnel dans le cadre d'un Réseau National d'Observation.

3. Développement et objectifs

Les tableaux III et IV synthétisent une approche de fonctionnement ainsi que les objectifs d'un RNO.

LABORATOIRES IVOIRIENS	Paramètres analysés	Possibilités actuelles	Possibilités futures	
- S.I.R.	Hydrocarbures	Sédiment (technique I.R.)	Eau (technique I.R.)	
- SODEMI	Métaux	Sédiment (technique AA) et Hg	?	
- I.N.S.P.	Pesticides	nulles	Sédiment, matière vivante (chromatographie phase gazeuse basse résolution)	
LABORATOIRE MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT				
	Possibilités actuelles	Investissements nécessaires	Formation	Mesure dans l'environnement par difficulté croissante
Hydrocarbures	I n e x i s t a n t e s	- Spectrophotométrie infra rouge	Indispensable Commune	Sédiment - Matière vivante - Eau
Pesticides		- Spectrofluorimétrie UV.		
Métaux		- Chromatographie en phase gazeuse	Souhaitable	Pour l'ensemble des composés : Contrôle de la qualité de la mesure : - exercice d'intercalibration
		- Absorption atomique Four au graphite "Mercury Monitor" pour Hg		

TABEAU II : COMPETENCES ACTUELLES ET FUTURES.



AA : Absorption atomique
 CPG : Chromatographie phase gazeuse

IR : Spectrophotométrie infra-rouge
 SFUV : Spectrofluorescence ultra-violette

TABLEAU III : SCHEMA DE DEVELOPPEMENT DES PROTOCOLES ANALYTIQUES SUR 2 à 5 ANS.

1er ETAPE : Définir le cadre géographique des secteurs pollués

Moyens : Contrôle du sédiment comme indicateur de pollution.

Paramètres recherchés : Hydrocarbures, métaux, pesticides. (*)

(*) *Technique de mesure non disponible actuellement.*

Objectifs : Identifier les polluants chimiques présents dans le milieu.

Identifier les zones d'apports (ex : apports d'eaux douces, rejets urbains activités industrielles, portuaires).

Cerner les zones de dispersion des polluants dans le milieu.

Identifier les secteurs soumis aux apports polluants, les secteurs non pollués (zones de références)

2ème ETAPE : Contrôle de la pollution du milieu. Son évolution, son impact sur le milieu

Zones polluées : Les zones géographiques sont déterminées \Rightarrow choix de stations représentatives
Les polluants chimiques identifiés \Rightarrow choix des paramètres recherchés.

Evolution :

à long terme : poursuite du contrôle dans le sédiment (fréquence biennale).

à court terme : Contrôle dans l'eau sur des polluants les plus significatifs (fréquence mensuelle).

Impact : Contrôle des polluants dans les organismes marins. Eventualité d'un contrôle sanitaire sur les espèces commercialisées (mollusques, crabes, crevettes, poissons) (fréquence annuelle ou bi-annuelle selon résultats préliminaires et degré de pollution).

Zones non polluées : Contrôle annuel des zones de référence
indicateur de pollution : le sédiment.
Fréquence : annuelle

TABLEAU IV : APPROCHE POUR LA SURVEILLANCE DES POLLUANTS CHIMIQUES.

Deux étapes doivent être considérées :

a- Tout d'abord, il apparait nécessaire de définir ce qui doit être surveillé et les aires géographiques où doit s'exercer la surveillance.

Cette première phase peut, pour ce qui concerne les micro-polluants organiques et minéraux, être effectuée par une étude au niveau du sédiment.

b- La deuxième étape, à long terme, a pour but et objectif le contrôle de l'évolution de la pollution dans les zones répertoriées en (a), pour les micro-polluants répertoriés. De même qu'au cours de cette deuxième étape, mais avec des fréquences moindres, le contrôle de l'évolution du milieu sera effectué pour des zones non soumises à pollution, considérées comme zones de référence.