

Direction de l'environnement et de l'aménagement littoral
Direction des ressources vivantes

Laboratoire Environnement Ressources de Normandie

Luis LAMPERT

mars 2005

ifremer

Suivi de la contamination métallique et
organique de deux lots de moules
(*Mytilus edulis*) implantés au port de
Goury et à l'Anse des Moulinets (Manche)

Année 2004



Port de Goury

Contrat COGEMA N° 5510158

Suivi de la contamination métallique et organique de deux lots de moules (*Mytilus edulis*) implantés au port de Goury et à l'Anse des Moulinets (Manche) – Année 2004

Rapport Luis Lampert (LER/N).

Prélèvements et Analyses Albert Aubray (Cogema),
Claude Etourneau (LER/N).

Participation Hervé du Boullay (LER/N),

1. Introduction

La présente étude, contractualisée avec la COGEMA, a pour objectif de suivre les contaminations organiques et métalliques de deux lots de moules (*Mytilus edulis*) implantés au port de Goury et à l'Anse des Moulinets, dans le nord ouest du Cotentin. Elle constitue le volet *contaminants* de la surveillance du site de La Hague, définie par l'arrêté interministériel du 10 janvier 2003. C'est la deuxième année de suivi des contaminants avec la stratégie actuelle. Un premier rapport préliminaire de résultats obtenus en 2002 a été édité en 2003, au même temps que l'étude du suivi des contaminants de l'année 2003 (édité en mai 2004).

Les contaminants suivis sont les métaux lourds, les organochlorés (pesticides et polychlorobiphényles) et les hydrocarbures (15 de leurs composants). Il s'agit du suivi de moules de pêche implantées le 24 novembre 2003 et le 12 mai 2004 en provenance du secteur conchylicole de Grandcamp-Maisy dans le Calvados

2. Matériel et Méthodes

Le 24 novembre 2004, quatre poches contenant des moules ont été implantées au port de Goury et quatre autres à l'Anse des Moulinets. Après une période de stabulation permettant aux moules d'atteindre l'état d'équilibre de contaminations avec leur milieu environnant, le premier prélèvement a eu lieu le 5 février 2004 à Goury. Aux Moulinets les installations avaient été détruites pendant les mois d'hiver et aucune poche de moules n'a pas été retrouvée. Un transfert de poches a eu lieu de Goury aux Moulinets afin d'assurer l'échantillonnage du mois de mai. Le 12 mai des nouvelles poches ont été implantées pour remplacer celles disparues. Les prélèvements de l'année 2004 sont indiqués dans le tableau 1.

Date	GOURY	MOULINETS
05/02/2004	X	---
12/05/2004	X	X
26/08/2004	X	X
16/11/2004	X	X

Tableau 1 : Prélèvements de moules effectués aux points d'échantillonnage de Goury et des Moulinets en 2004

Les analyses effectuées sont celles imposées par l'arrêté interministériel du 10 janvier 2003 :

- Métaux lourds : Cuivre, Cobalt, Nickel, Cadmium, Mercure, Plomb, Aluminium, Fer, Manganèse, Chrome et Zinc ;
- Composés organochlorés et hydrocarbures : pesticides organochlorés (DDT, DDE, DDD, α HCH, β HCH et Lindane), polychlorobiphényles (PCB) et hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Nous comparerons les valeurs obtenues dans le cadre du présent suivi à celles obtenues ces dernières années sur les points du réseau national de surveillance RNO les plus proches, ainsi qu'aux dernières moyennes nationales disponibles (série 2000 à 2002). Les valeurs analytiques inférieures au seuil de détection sont assimilées à cette valeur seuil, sauf dans le cas des hydrocarbures, où elles sont ramenées à zéro pour la somme des HAP. Les informations générales sur les métaux et les produits organiques sont celles de Andral et *al.*, 2001 et Andral et Stanisière, 1999.

Enfin, pour certains des contaminants, dont le suivi est rendu obligatoire par l'arrêté du 10 janvier 2003, mais qui ne sont pas suivis dans le cadre du RNO (cas du fer, du manganèse et de l'aluminium), nous avons effectué des comparaisons avec les niveaux de contamination de l'état *zéro* des lots implantés. Ceux-ci reflètent les concentrations des contaminants dans les moules à Grandcap-Maisy les 24 novembre 2003 et 12 mai 2004.

2.1. Données du réseau RNO

Les données de contamination dans les lots de moules implantés sont donc comparées aux données du Réseau National d'Observation de la qualité du milieu marin (RNO).

Le réseau RNO a pour objectif l'évaluation des niveaux et des tendances des contaminants chimiques et des paramètres généraux de la qualité du milieu marin, dans la matière vivante et le sédiment. Créé en 1974 par le Ministère chargé de l'Environnement, le RNO est coordonné par l'IFREMER. Les trois grands volets structurant le réseau ont été mis en place successivement :

- 1974 : Paramètres généraux de qualité : mesures dans l'eau,
- 1979 : Contaminants : mesures dans les organismes et dans les sédiments,
- 1991 : Effets biologiques : suivis expérimentaux.

Les données du RNO permettent à la France de remplir ses obligations dans le cadre de certaines conventions internationales.

Plusieurs documents IFREMER reprennent les résultats marquants de l'année et les modifications méthodologiques (documents annuels du réseau RNO, Stanisière, 2001 ; Stanisière et Andral, 2001 ; Andral *et al.*, 2001 ; Andral et Stanisière, 1999).

Depuis la mise en place du réseau la fréquence d'échantillonnage du RNO était de quatre prélèvements par an centrés sur les mois de février, mai, août et novembre. Depuis 2002, cette fréquence est passée à deux échantillons par an.

Les paramètres étudiés par le réseau RNO sont :

Contaminants mesurés dans la matière vivante
Métaux :
mercure (Hg), cadmium (Cd), plomb (Pb), zinc (Zn), cuivre (Cu). Depuis 2002 sont ajoutés le chrome (Cr), l'argent (Ag), le nickel (Ni) et le vanadium (V).
Organochlorés :
DDT, DDD, DDE, lindane (g -HCH), a -HCH, polychlorobiphényles (Congénères 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 180).
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
Naphtalène, Acénaphthylène, Acénaphthène, Fluorène, Phénanthrène, Anthracène, Fluoranthène, Pyrène, Benzo(a)anthracène, Chrysène, Benzo(b)fluoranthène, Benzo(k)fluoranthène, Benzo(a)pyrène, Dibenzo(a,h)anthracène, Benzo(g,h,i)pérylène, Indéno(1,2,3-cd)pyrène.

Les points RNO de Basse Normandie utilisés pour réaliser les comparaisons avec les valeurs obtenues à Goury et aux Moulinets sont positionnés sur la figure 1.

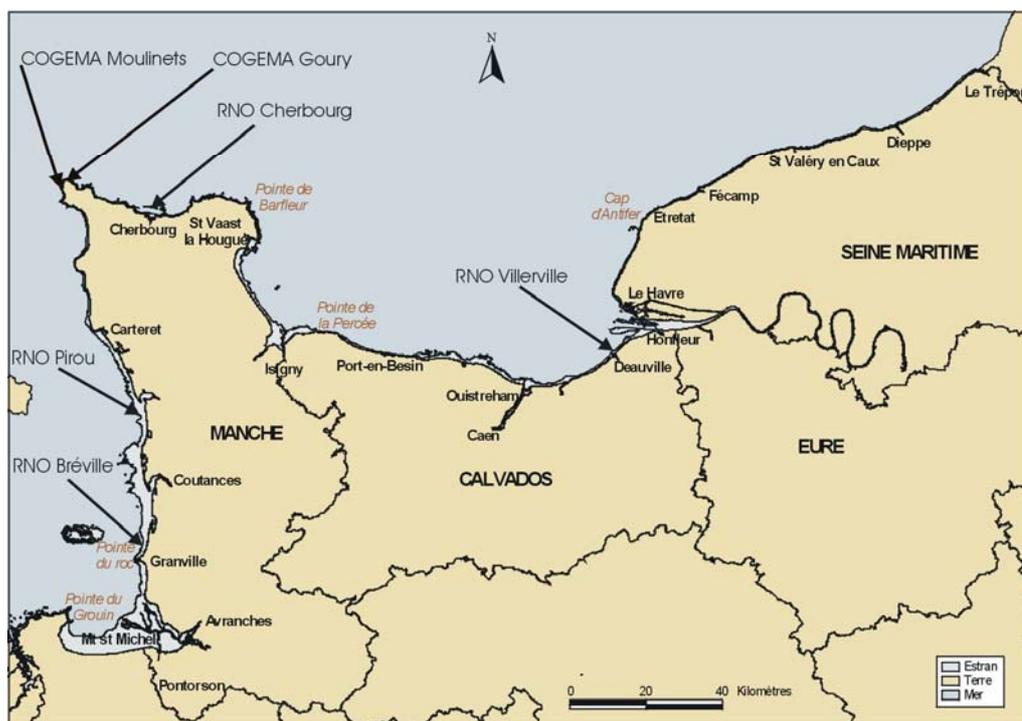


Figure 1 : Situation des points RNO et COGEMA sur le plan régional utilisés pour les comparaisons

Depuis 1994, les niveaux des contaminations par les HAP sont donnés par la somme de 15 molécules d'hydrocarbures (au lieu de 16 mesurées initialement, les résultats sur l'acénaphthylène étant peu fiables).

Depuis 1979 la stratégie du RNO pour plusieurs contaminants a évolué. Par exemple, depuis 1992 les teneurs en PCB étaient exprimées par la somme des concentrations de huit congénères (CB 28, 52, 101, 105, 118, 138, 153, 180) et non plus en équivalent de mélange technique (Aroclor 1254). Depuis peu, le CB₁₅₃ seul est utilisé pour représenter la contamination par le PCB. En effet, les difficultés analytiques de la mesure des PCB induisent un nombre de valeurs manquantes non négligeable pouvant fausser la somme des huit congénères mesurés.

1.1. Implantation du lot de moules

Point Goury :

Le point de suivi où le lot de moules est implanté se situe au nord-ouest du port de Goury dans un ancien puits construit sur la falaise rocheuse (sonde marine de +4,3 m environ). Un grillage en acier galvanisé, fermé par un cadenas, protège l'accès aux poches contenant les moules (figures 2 et 3).

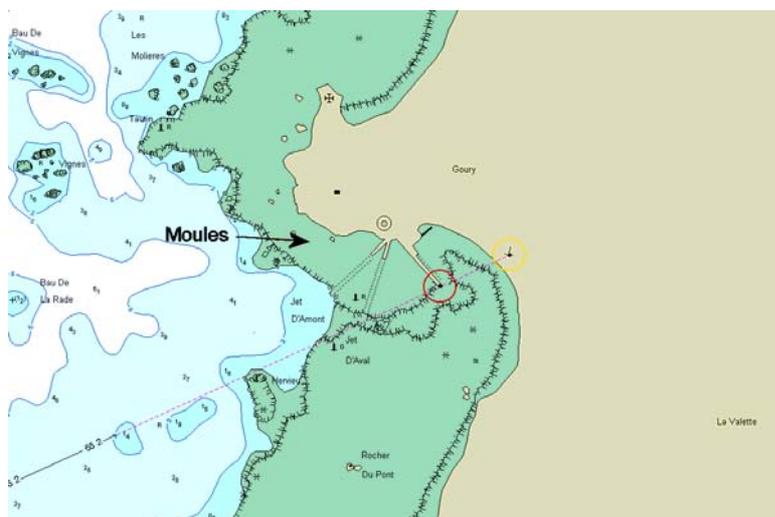


Figure 2 : Position des poches à moules au port de Goury



Figure 3 : Port de Goury. Détail du puits grillagé où les moules sont entreposées

Point Anse des Moulinets :

C'est le point le plus proche de l'usine de la COGEMA. Il se situe sur l'estran rocheux en contrebas du barrage des Moulinets (bassin de rétention COGEMA) au niveau de la sonde marine de +5,4 m environ. Les lots de moules ont été placés à l'intérieur d'une ancienne bâtisse en béton utilisé autrefois par la COGEMA pour le pompage d'eau de mer (figures 4 et 5).

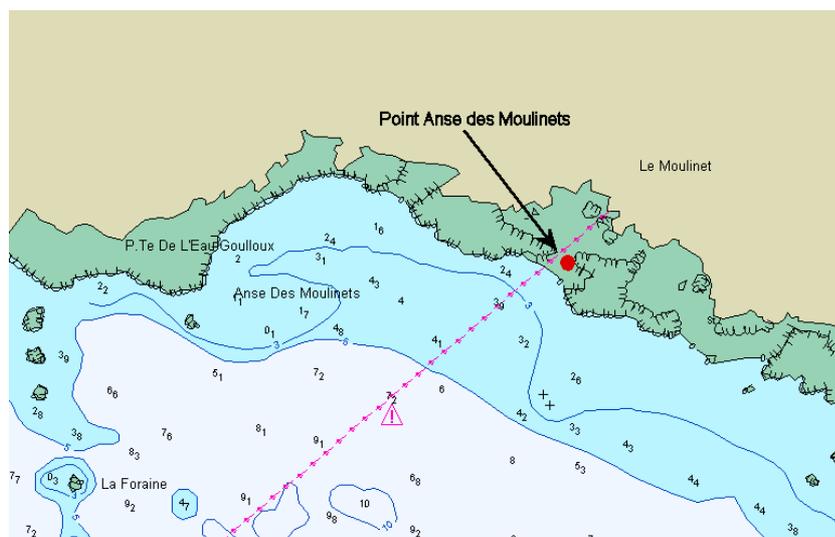


Figure 4 : Position des poches à moules au point de l'Anse des Moulins



Figure 5 : Anse des Moulins. Détail de l'abri grillagé où les moules sont entreposées

Les moules, en provenance des parcs du secteur de Grandcamp-Maisy, sont laissées sur les points de suivi de Goury et des Moulins pendant trois mois afin d'assurer l'équilibre cinétique des contaminants.

Suite à la prise des échantillons (tableau 1) les moules ont été transportées au laboratoire de l'IFREMER de Port-en-Bessin, décortiquées et conditionnées pour leur envoi pour analyses au laboratoire de Rouen (Laboratoire agréé RNO).

1.2. Protocoles analytiques

Biométrie

50 individus sont prélevés au hasard dans chaque poche après 18h à 24h d'épuration dans un bac rempli d'eau filtrée à 30 µm. La chair totale est prélevée. L'opérateur utilise des gants en polyéthylène et un bistouri en inox pour mise en Büchner 30 minutes. Pour chaque échantillon, un poids net égoutté d'environ 250 mg est congelé pour analyse selon les procédures RNO.

La hauteur maximale des coquilles est mesurée au moyen d'un pied à coulisse au 1/10^{ème} de mm. Les coquilles vides sont nettoyées et séchées à l'étuve à 110 °C pendant 2 heures, puis pesées afin d'obtenir l'indice de condition (IC) qui est le rapport du poids sec de la chair sur le poids sec des coquilles.

Contaminants métalliques :

Pb – Zn – Cd – Cu : la préparation est effectuée suivant le document IFREMER DERO 89-07-MR sur une prise d'essai de 0,5 g. Les dosages sont réalisés par spectrométrie d'absorption atomique four ou flamme suivant la concentration de l'élément à analyser.

Hg : sur la minéralisation effectuée pour les éléments *Pb – Zn – Cd* et *Cu*, une prise d'essai de 10 mL est effectuée. Après bromisation, le dosage est effectué par fluorescence atomique après formation de vapeurs froides en présence de chlorure stanneux.

Ni – Cr : la préparation est effectuée d'après le document IFREMER DERO 89-03-MR. Le dosage est réalisé par spectrométrie d'adsorption atomique four graphite.

Al – Fe – Mn : la préparation suit la procédure du document IFREMER 'Dosage de certains métaux' (Chiffolleau *et al.*, 2003).

La précision des méthodes analytiques utilisées pour les métaux se situe entre 5 % et 10 %.

Contaminants organiques :

Pesticides organochlorés et PCB : les extraits organiques sont purifiés par de l'acide sulfurique concentré et par du mercure et du cuivre. Après ajout de l'étalon interne (décachlorobiphényle), l'analyse est réalisée par chromatographie capillaire en phase gazeuse couplée à un détecteur à capture d'électrons.

- colonne : 60 m DB5 ; 0,25 mm ; 0,25 µm
- injecteur : spittless 270 °C
- gaz vecteur : hydrogène
- injection automatique

Hydrocarbures polycycliques Aromatiques (HAP) : les extraits organiques sont purifiés sur colonne de gel de silice (Seppak). Après reprise des extraits par de l'acétonitrile, l'analyse est réalisée par chromatographie haute performance (HPLC) couplée à un détecteur à fluorescence de longueurs d'ondes d'excitation et d'émission programmables.

- colonne / Vydack 201 TP, 25 cm, 4,6 mm
- mode à phase inverse
- volume injecté : boucle de 10 µm
- four colonne : 30 °C
- injection automatique
- Fluoranthène, Benzo (b) fluoranthène : excitation 260 nm, émission 420 nm
- Benzo (k)fluoranthène, Benzo (a) pyrène, Benzo (ghi) pérylène : excitation 290 nm, émission 430 nm
- Indéno (1,2,3-cd) pyrène : excitation 300 nm, émission 500 nm.

La précision des méthodes analytiques utilisées pour les composés organiques se situe entre 10 % et 20 %.

1.3. Données météorologiques

Les données météorologiques ont été synthétisées à partir des fichiers mensuels communiqués par METEO-FRANCE pour le département de La Manche avec des séries temporelles de température de l'air et de pluviométrie acquises depuis 1949.

2. Résultats et discussion

2.1. Météorologie

3.1.1. Pluviométrie

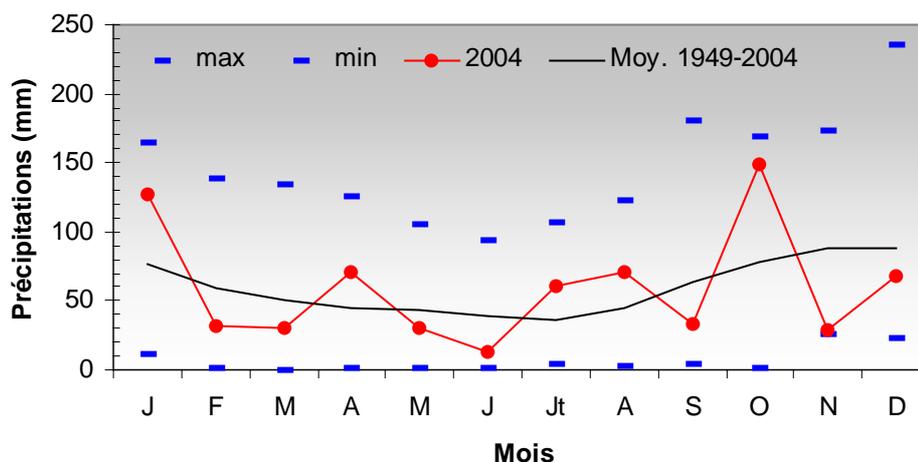


Figure 6 : Précipitations (mm) par mois en 2004 et moyenne pluriannuelle, maximum et minimum sur la période 1949-2004. Données Météo-France sur La Hague

La pluviométrie en 2004 a connue une forte variabilité mensuelle, avec des mois de janvier, avril, juillet, août et octobre excédentaires par rapport à la moyenne 1949-2004 et le restant des mois déficitaires (figure 6). Les mois de janvier et octobre ont été nettement excédentaires avec des valeurs de précipitations pouvant atteindre le double de la moyenne pluriannuelle, tandis qu'au mois de novembre les faibles précipitations se sont rapprochées du minimum pluriannuel.

3.1.2. Température de l'air

Les températures enregistrées en 2004 à Flamanville par Météo France ont été au-dessus de la moyenne pluriannuelle 1949-2002 (figure 7) ; en mars et juin elles sont restées proches de la moyenne, en janvier, juin et août les écarts par rapport à cette moyenne pluriannuelle ont été les plus forts. Bien qu'avec des températures journalières inférieures à celles enregistrées en 2003, l'année 2004 s'inscrit dans le même schéma que l'année précédente.

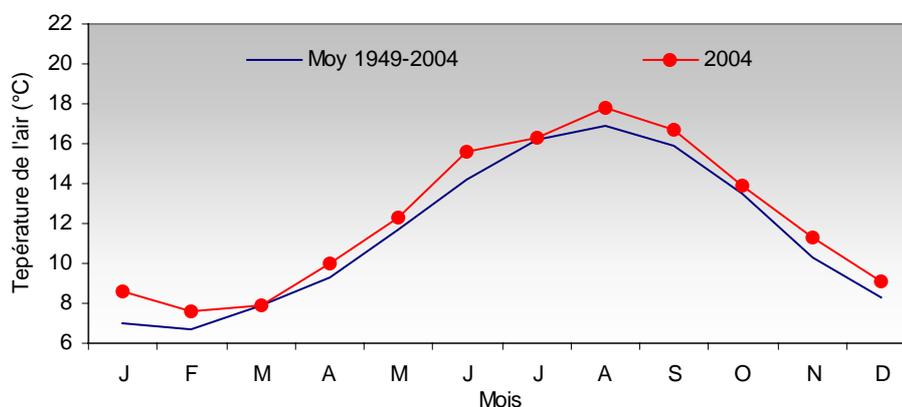


Figure 7 : Température de l'air moyenne mensuelle en 2004 et moyenne, maximum et minimum sur la période 1949-2004. Données Météo-France.

En conclusion, la météorologie de la période au cours de laquelle s'est déroulé ce suivi a été similaire à celle observée en 2003 pour la température. Les précipitations ont cependant présenté une saisonnalité moins marquée.

3.2. Métaux lourds

Synthèse des résultats analytiques

Le tableau 2 présente les résultats de contamination par les métaux.

GOURY											
Date	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Mn	Al	Fe
05/02/2004	1,6	0,65	0,17	6,2	69,1	0,4	1,0	0,9	6,3	80	231
12/05/2004	2,0	0,73	0,16	6,7	79,3	0,4	1,5	3,6	6,0	65	242
26/08/2004	1,2	0,51	0,09	4,7	51,9	0,2	0,9	0,7	3,2	16	101
17/11/2004	1,6	0,68	0,12	4,7	59,4	0,3	1,2	1,3	3,5	23	131

MOULINETS											
Date	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Mn	Al	Fe
05/02/2004	Pas de prélèvement en février										
12/05/2004	2,0	0,88	0,19	6,5	81,5	0,5	1,4	1,0	6,1	51	239
26/08/2004	1,2	0,53	0,09	4,9	44,5	0,2	0,9	0,9	4,8	70	242
17/11/2004	1,4	0,60	0,10	4,6	54,7	0,3	0,9	0,9	5,4	86	283

Tableau 2 : Concentrations en métaux lourds pour les points Goury et Anse des Moulinets en 2004. Concentrations en $\text{mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de poids sec (ps)

PLOMB

Rarement disponible à l'état natif, le plomb est présent dans de nombreux minerais, notamment la galène (PbS). Utilisé pour la fabrication d'accumulateurs et il y a quelques années comme antidétonant dans les carburants, il arrive majoritairement en milieu marin par les apports atmosphériques. Le rejet en mer annuel de plomb autorisé par arrêté à COGEMA est de 100 Kg.

Les formes inorganiques sont moins écotoxiques que les formes organiques (composés alkylés) qui inhibent la croissance du phytoplancton. Le plomb peut également provoquer des anomalies dans le développement embryonnaire des bivalves.

Le règlement européen N° 221/2002 qui a pris application le 6 février 2002 fixe la teneur maximale en plomb dans les mollusques bivalves à $1,5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de poids humide. Les résultats du RNO étant exprimés en poids sec, il convient d'appliquer un facteur de conversion de 0,20 (rapport du poids sec sur poids humide) aux valeurs observées pour les comparer au seuil sus-mentionné. Ce seuil est matérialisé par la zone orange de la figure 8 ($7,5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de poids sec).

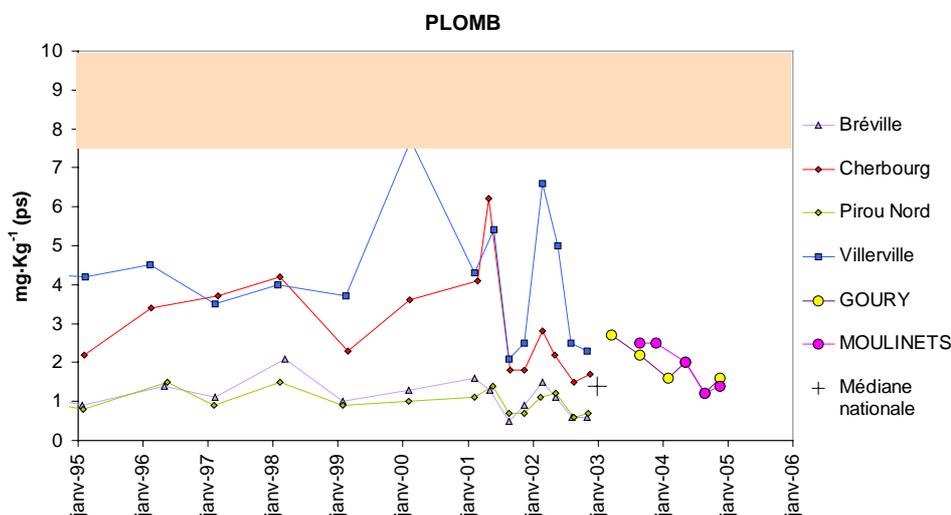


Figure 8 : Concentrations en plomb à Goury, au Moulinets et sur les sites RNO régionaux (jusqu'à 2002). Rappel de la médiane nationale (2000-2002)

L'évolution des valeurs des sites régionaux depuis 1995 montre que les plus fortes valeurs sont situées à Cherbourg et en Baie de Seine. Les valeurs obtenues à Goury et aux Moulinets se trouvent dans la plage de valeurs observées à Cherbourg. Ces valeurs sont légèrement supérieures à la médiane nationale.

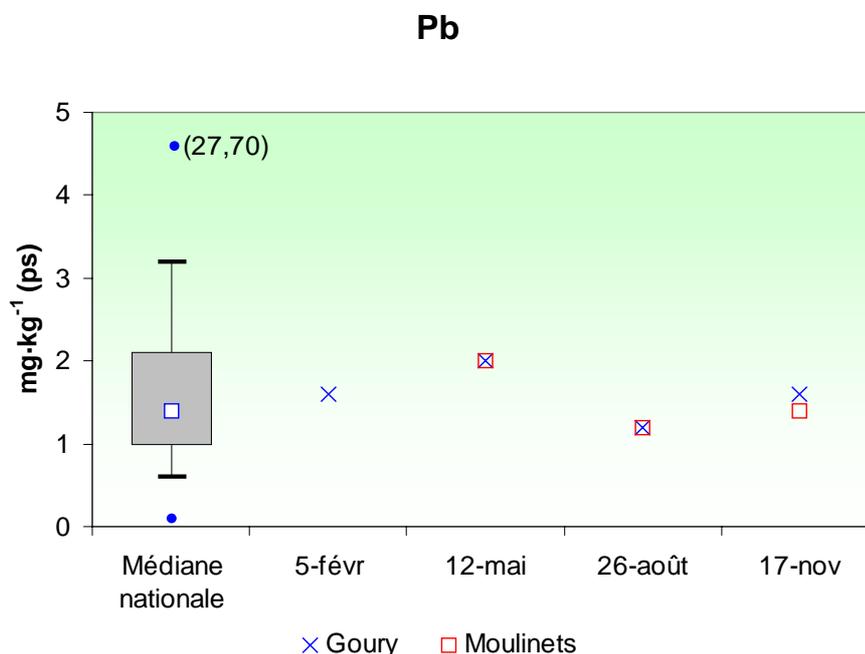


Figure 9 : Boîte à moustaches présentant les valeurs de plomb sur la série nationale RNO (2000-2002) en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ps). Le point central représente la médiane (\square) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (\square) ; les moustaches 80% des valeurs (\perp). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (\bullet). Le carré rouge et la croix bleue représentent les valeurs obtenues en 2004 aux Moulinets et à Goury

La figure 9 présente, la médiane nationale 2000-2002 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. Les concentrations observées à Goury et aux Moulinets se situent à l'intérieur de la boîte contenant 50 % des valeurs observées par le réseau RNO entre 2000 à 2002 sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse). Une très faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis. La figure 9 met en évidence la variabilité annuelle des valeurs, avec un maximum observé en mai et un minimum en août.

CADMIUM

Le cadmium n'existe pas à l'état natif. Son minerai, très rare, est un sulfure, la greenockite (CdS), mais il se trouve dans presque tous les minerais de zinc et il est exploité industriellement comme un sous-produit de la métallurgie du zinc. Il est principalement utilisé pour la fabrication de batteries et le traitement de surfaces des aciers (revêtements anti-corrosion). Il est également employé pour la décoration des porcelaines, en peinture, en caoutchouterie, en émaillerie et pour la fabrication des antiseptiques. En milieu marin, le cadmium provoque des effets sur le développement larvaire de certains organismes, notamment les crustacés. Les processus responsables de la détoxification des molécules organiques sont par ailleurs inhibés par le cadmium. Le rejet en mer annuel de cadmium autorisé par arrêté à COGEMA est de 50 Kg.

Le règlement européen N° 466/2001 qui a pris application le 5 avril 2002 fixe la teneur maximale en cadmium dans les mollusques bivalves à $1 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de poids

humide. Les résultats du RNO étant exprimés en poids sec, il convient d'appliquer un facteur de conversion de 0,2 aux valeurs observées pour les comparer au seuil sus-mentionné. Ce seuil est matérialisé par la zone orange de la figure 10. Ainsi ce seuil est égal à $5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ en poids sec.

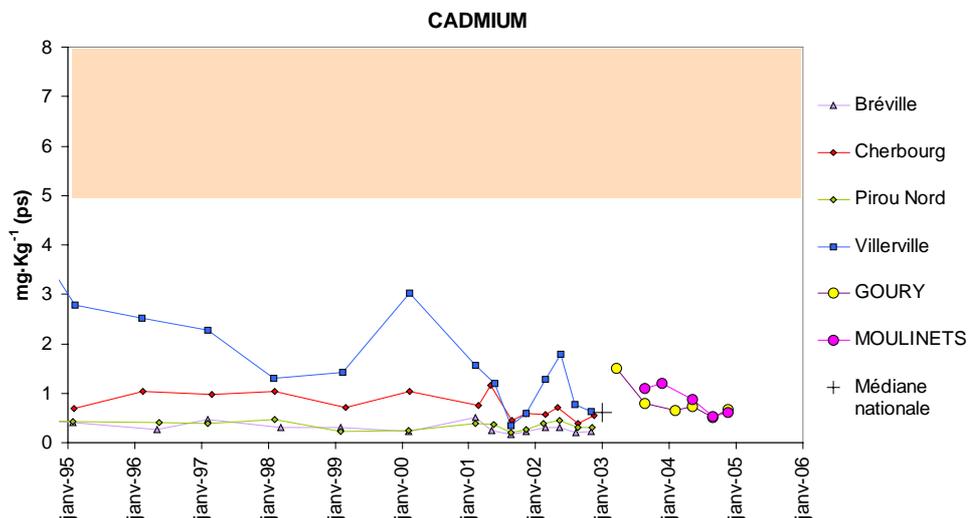


Figure 10 : Concentrations en cadmium à Goury, au Moulinets et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (2000-2002)

Les valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2004 ont été inférieures à celles enregistrées en 2003 et proches de la médiane nationale 2000-2002. Toutes ces valeurs restent inférieures au seuil européen de $1 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ph] ($5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ps]). Il faudra cependant attendre les données du RNO pour la même période pour pouvoir comparer efficacement ces dernières valeurs.

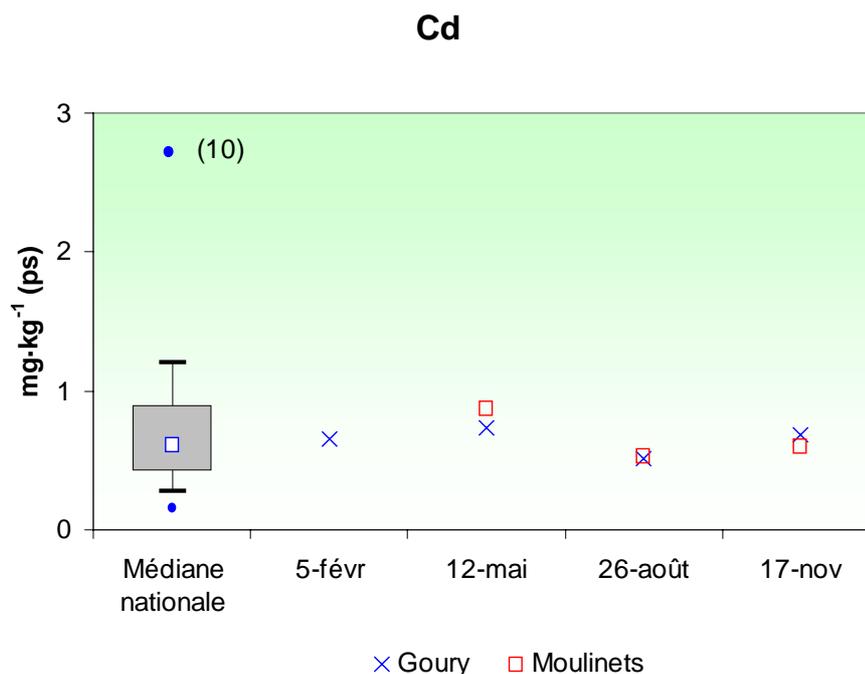


Figure 11 : Médiane nationale RNO de cadmium (2000-2002) et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2004

La figure 11 présente la médiane nationale 2000-2002 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. L'ensemble de valeurs observées à Goury et aux Moulinets se situent à l'intérieur de la boîte contenant 50 % des valeurs observées par le réseau RNO entre 2000 à 2002 sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse).

Une faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis. La concentration au point Moulinets est supérieure à celle de Goury en mai et inférieure en novembre. La figure 11 met en évidence la variabilité annuelle des valeurs, avec un maximum observé en mai et un minimum en août.

MERCURE

Les composés du mercure connaissent de nombreuses utilisations : industrie chimique, agriculture (fongicide), traitement du bois, explosif d'amorçage, piles ou batteries, plastiques et caoutchoucs. Le mercure pur est utilisé sous forme métallique, comme électrode dans la fabrication de la soude et du chlore. Il est utilisé dans la fabrication d'instruments de mesures (thermomètres, baromètres, etc), d'appareillages électriques (contacts au mercure, etc.) et dans les lampes à décharge.

Le mercure est le plus toxique des métaux traces, plus particulièrement sous ses formes organiques. La méthylation du mercure est effective dans les sédiments sous l'action des microorganismes et, dans la colonne d'eau, en présence de phytoplancton. La croissance du plancton et de larves de bivalves est retardée à de très faibles concentrations. La bioaccumulation du mercure est très importante dans les chaînes trophiques ; des concentrations en méthylmercure toxiques pour l'homme peuvent être atteintes dans la chair de poissons situés en fin de chaîne alimentaire (thonidés, squales). Le rejet en mer annuel de mercure autorisé par arrêté à COGEMA est de 35 Kg.

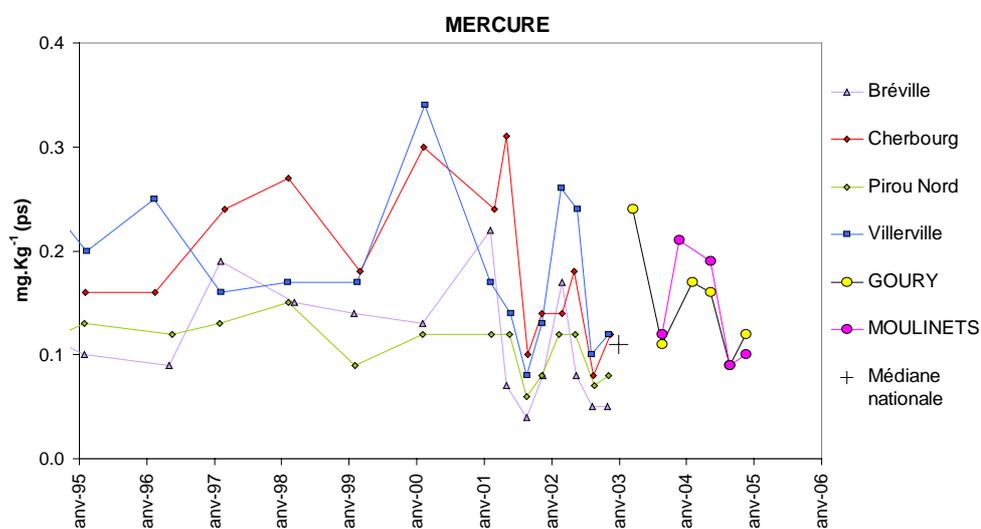


Figure 12 : Concentrations en mercure à Goury, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (2000-2002)

Le règlement européen N° 466/2001 qui a pris application le 5 avril 2002 fixe la teneur maximale en mercure dans les mollusques bivalves à $0,5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de poids humide. Les résultats du RNO étant exprimés en poids sec, il convient d'appliquer un facteur de conversion de 0,2 aux valeurs observées pour les comparer aux seuils susmentionnés. Ainsi ce seuil est égal à $2,5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ en poids sec.

Les valeurs en mercure observées à Goury et aux Moulinets en 2004 ont été inférieures à celles enregistrées en 2003 (figure 12). Elles oscillent autour de la médiane nationale avec des valeurs comparables à celles observées à Cherbourg en 2002. Toutes ces valeurs se trouvent très éloignées du seuil réglementaire de $2,5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps). Il faudra cependant attendre les données du RNO pour la même période pour pouvoir comparer efficacement ces dernières valeurs.

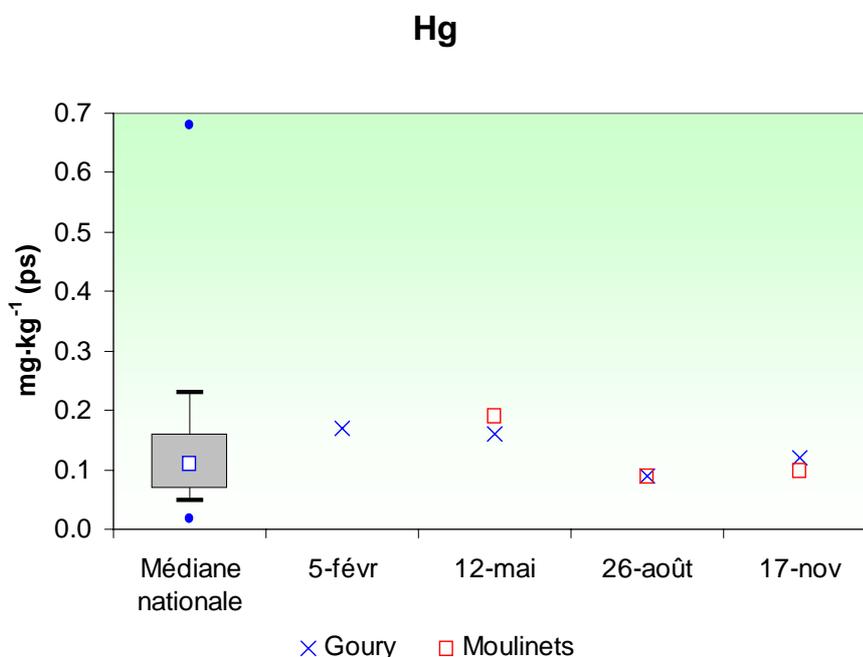


Figure 13 : Médiane nationale RNO du mercure (2000-2002) et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2004

La figure 13 présente la médiane nationale 2000-2002 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. Les valeurs observées à Goury et aux Moulinets en août et novembre se situent à l'intérieur de la boîte contenant 50 % des valeurs observées par le réseau RNO entre 2000 à 2002 sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse). En février et mai ces valeurs sont légèrement supérieures à la limite haute de 50 % de valeurs.

Une faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis. La concentration au point Moulinets est supérieure à celle de Goury en mai et inférieure en novembre. La figure 13 met en évidence la variabilité annuelle des valeurs, avec un maximum observé en mai et un minimum en août.

CUIVRE

Son emploi est extrêmement diversifié, sa toxicité étant mise à profit dans les peintures antisalissures (en remplacement du tributylétain), dans le traitement des bois et dans des produits phytosanitaires (désherbants, insecticides, fongicides). Le cuivre est un matériau de base de l'industrie électrique (en concurrence avec l'aluminium) et de la construction (conduites d'eau). Ses qualités mécaniques rendent possibles de nombreux procédés d'usinage (emboutissage, forgeage, laminage, matriçage, tréfilage). Il perturbe le développement embryonnaire des bivalves et la croissance du phytoplancton.

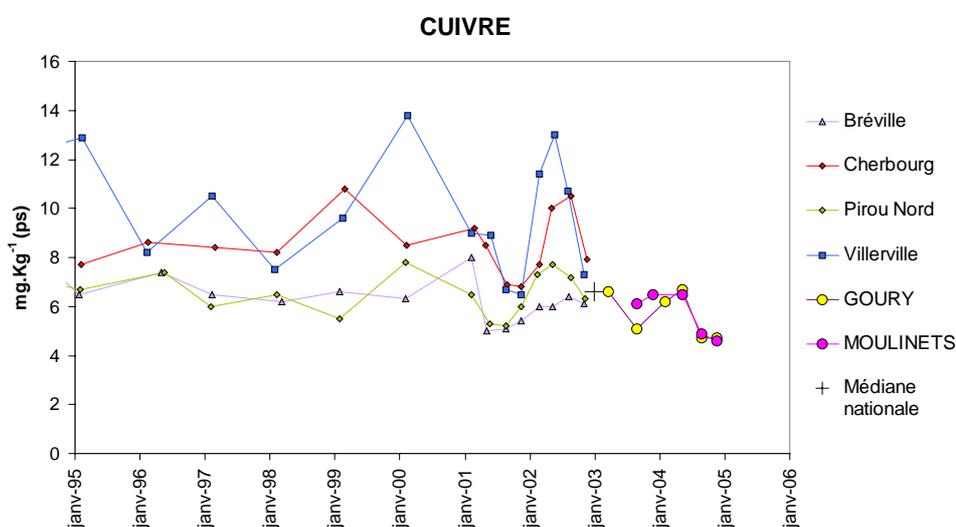


Figure 14 : Concentrations en cuivre à Goury, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux et médiane nationale (2000-2002)

Les valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2004 ont été inférieures à celles enregistrées en 2003 (figure 14). Elles se situent en dessous de la médiane nationale avec de valeurs proches de celles observées aux points Pirou nord et Bréville, situés au sud de la pointe de La Hague. Il faudra cependant attendre les données du RNO pour la même période pour pouvoir comparer efficacement ces dernières valeurs.

La figure 15 présente la médiane nationale 2000-2002 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. Les valeurs observées à Goury et aux Moulinets en février et mai se situent à l'intérieur de la boîte contenant 50 % des valeurs observées par le réseau RNO entre 2000 à 2002 sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse). En août et novembre elles sont légèrement inférieures à la limite basse de la boîte contenant 50 % des valeurs.

La figure 15 met en évidence la variabilité annuelle des valeurs, avec un maximum observé en mai et un minimum en août. Une faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis.

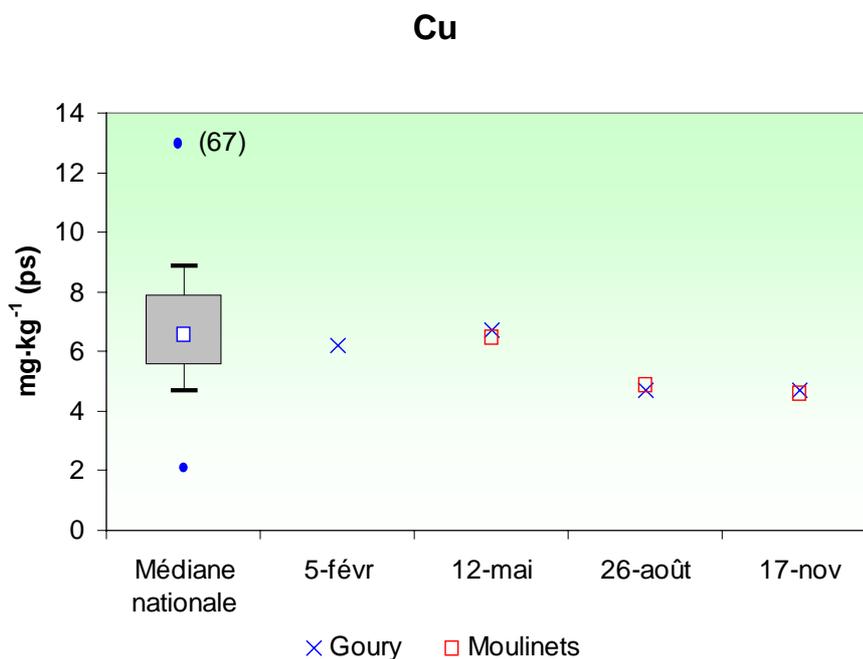


Figure 15 : Médiane nationale RNO du cuivre (2000-2002) et valeurs à Gourey et aux Moulinets en 2004

ZINC

Il s'agit d'un oligo-élément indispensable au développement de la vie. Les usages du zinc sont multiples : peintures antisalissures, produits pharmaceutiques et phytosanitaires, conduits d'évacuation des eaux pluviales (gouttières, tuyaux de descente, etc.) et piles. Une grande partie des apports en zinc dans l'environnement est imputable à la métallurgie, à la combustion des bois et des charbons. A des fortes concentrations il perturbe la reproduction des huîtres et la croissance des larves. Le rejet en mer annuel de zinc autorisé par arrêté à COGEMA est de 250 Kg.

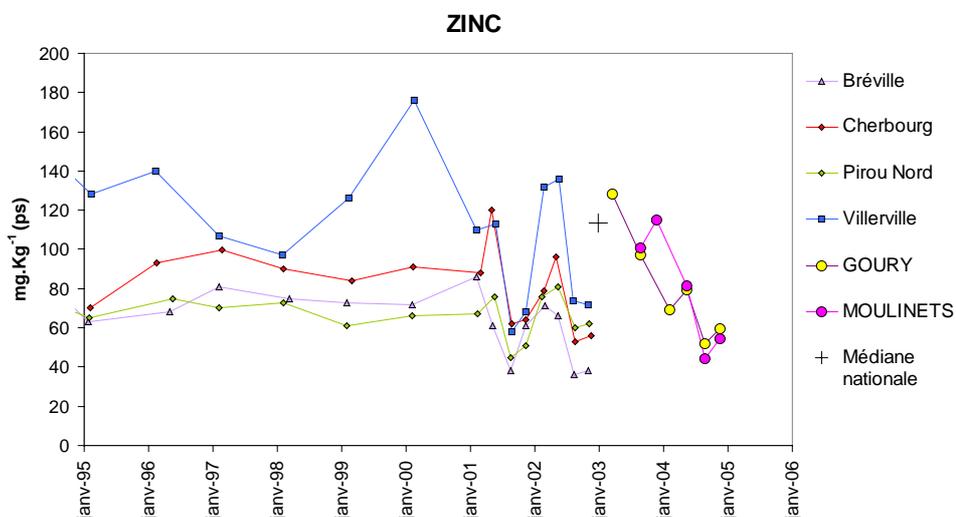


Figure 16 : Concentrations en zinc à Gourey, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (2000-2002)

Les valeurs obtenues sur les points de Goury et des Moulinets en 2004 ont été inférieures à celles enregistrées en 2003 (figure 16). Elles se situent en dessous de la médiane nationale et proches de celles observées à Pirou et Bréville en 2002 aux mêmes périodes. La Manche présente des valeurs de concentration en zinc inférieures à la zone atlantique et à la Méditerranée.

La figure 17 présente la médiane nationale 2000-2002 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. L'ensemble de valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2004 se situent en dessous la limite basse de la boîte contenant 50 % de valeurs observées par le réseau RNO entre 2000 à 2002 sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse).

Une faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis. La concentration au point Moulinets est similaire à celle de Goury en mai et inférieure en août et novembre. La figure 17 met en évidence la variabilité annuelle des valeurs, avec un maximum observé en mai et un minimum en août.

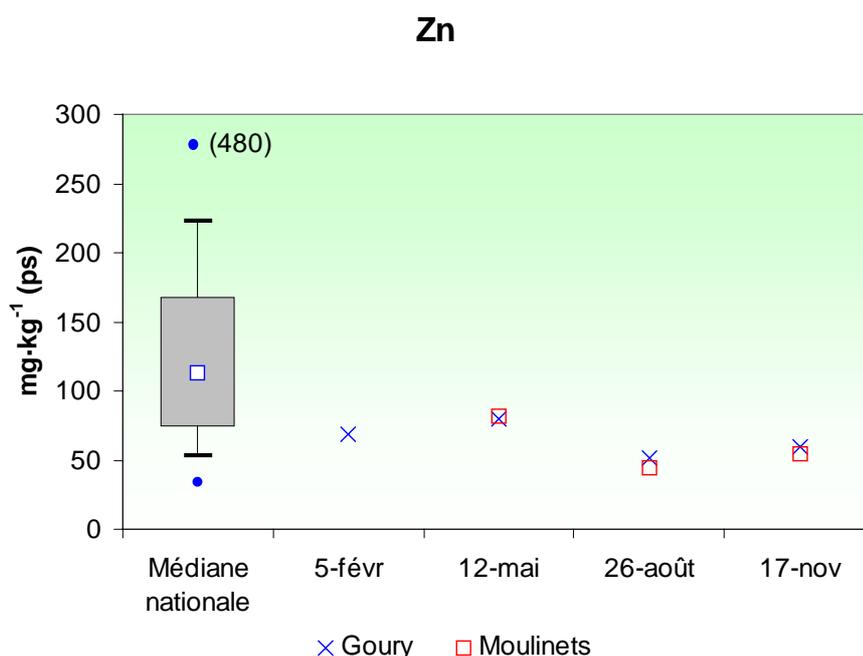


Figure 17 : Médiane nationale RNO du zinc (2000-2002) et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2004

COBALT

Le cobalt se trouve sous forme organique et inorganique dans tous les milieux terrestres et aquatiques du globe. A l'état pur est un métal dur et brillant. Leur concentration moyenne dans la croûte terrestre est de 8 ppm et il est considéré nuisible pour les végétaux au-delà de 40 ppm. Il est utilisé pour les alliages résistant aux hautes températures, pour les peintures, les traitements de surface et comme

aditif dans la bière. L'isotope ^{60}Co est utilisé en médecine thérapeutique et pour la recherche. Indispensable à la vie humaine, il est présent dans la vitamine B₁₂ et sa présence favorise la production de globules rouges. Le rejet en mer annuel de cobalt autorisé par arrêté à COGEMA est de 200 Kg.

Dans l'eau de mer les concentrations couramment observées varient de 1 à 5 mg·kg⁻¹, mais elles ont atteint 200 mg·kg⁻¹ dans l'estuaire de la Seine. Dans la chair des bivalves ont été observées des concentrations de 3,5 mg·kg⁻¹ en hiver dans le Devon (Angleterre) et de 1,9 mg·kg⁻¹ au Mexique.

Le cobalt n'est pas un élément suivi en routine par le réseau RNO, mais nous disposons de certains résultats obtenus en février 1999 sur des points proches de l'usine de La Hague (figure 18) et des valeurs obtenues lors de la réalisation des états zéro des moules avant leur implantation (situation à Grandcamp-Maisy).

Les valeurs obtenues sur les points de Goury et des Moulinets en 2004 ont été inférieures à celles enregistrées en 2003 (figure 18). En début d'année les concentrations observées au point Moulinets ont été supérieures à celles du point Goury. La concentration en cobalt suit le cycle saisonnier classique des contaminants métalliques, avec des concentrations en début d'année supérieures à celles du deuxième semestre. L'ensemble des valeurs reste dans la plage de celles observées sur les sites régionaux. Les concentrations en cobalt à Grandcamp-Maisy se trouvent dans la même plage de valeurs.

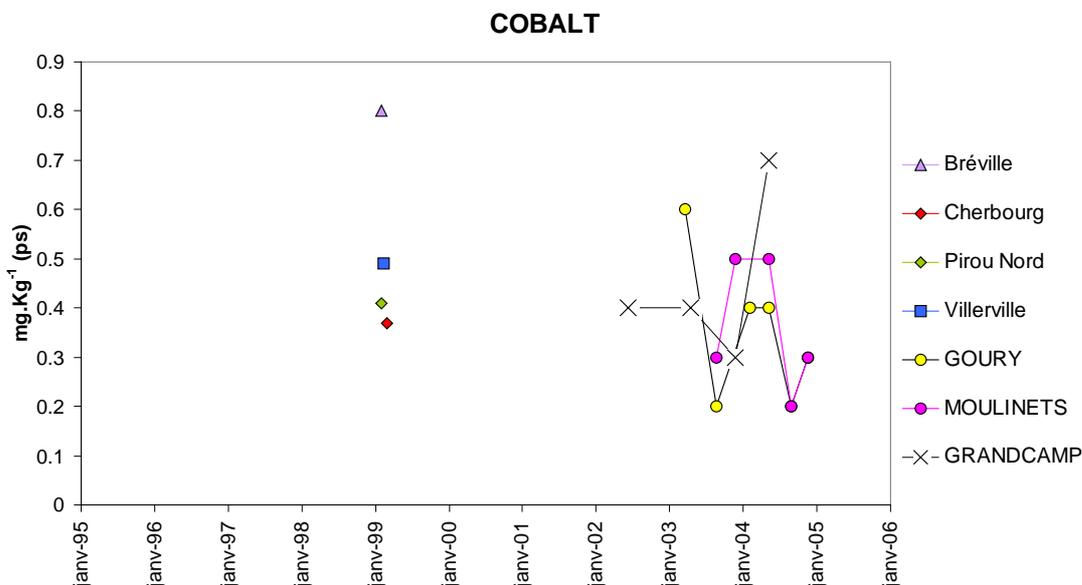


Figure 18 : Concentrations en cobalt à Goury, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux

La figure 19 présente la médiane nationale obtenue lors de la campagne de mesures de février 1999 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. L'ensemble de valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2004 se situent en dessous la limite basse de la boîte

contenant 50 % de valeurs observées par l'IFREMER en 1999 sur l'ensemble de la France métropolitaine.

Une faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis au mois de mai. La concentration au point Moulinets étant légèrement supérieure à celle du point Goury. La figure 19 met en évidence la variabilité annuelle des valeurs, avec un maximum observé en mai et un minimum en août.

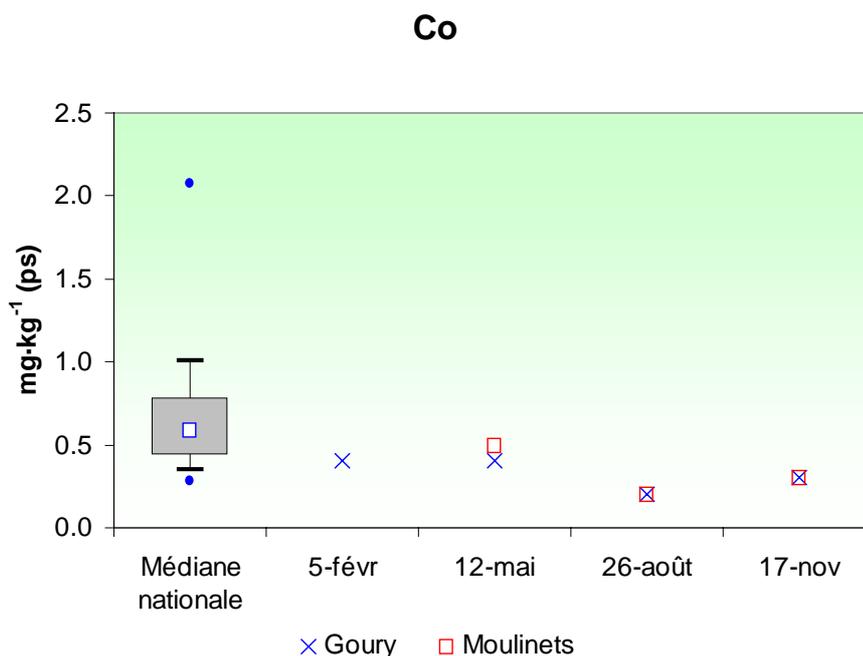


Figure 19 : Médiane RNO du cobalt en 1999 et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2004

NICKEL

L'introduction de nickel d'origine anthropique vers l'atmosphère provient de l'utilisation des combustibles fossiles et de la production de métaux non ferreux. L'activité volcanique et l'érosion éolienne constituent l'essentiel des flux naturels vers l'atmosphère. Le nickel est beaucoup moins toxique pour les organismes marins que le cadmium ou le mercure. Faiblement bio-accumulable, des effets sur le développement embryonnaire d'invertébrés marins ont cependant été observés. Le rejet en mer annuel de nickel autorisé par arrêté à COGEMA est de 250 Kg.

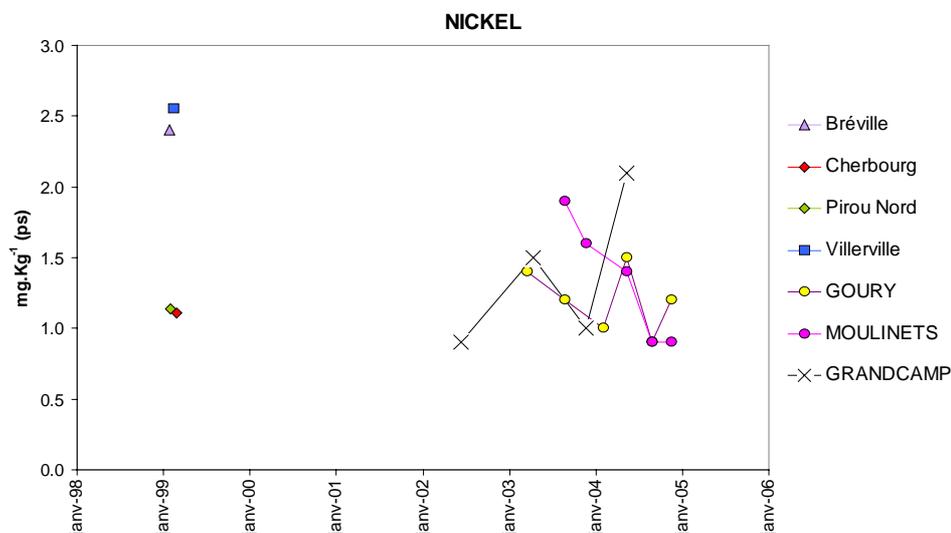


Figure 20 : Concentrations en nickel à Goury, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux en 1999

Le nickel n'est suivi en routine par le réseau RNO que depuis 2002, mais nous disposons de résultats obtenus en février 1999 sur les points proches de l'usine de La Hague (figure 20) et des valeurs obtenues lors de la réalisation des états *zéro* dans les moules avant leur implantation (situation à Grandcamp-Maisy).

Les valeurs obtenues aux points de Goury et des Moulinets en 2004 ont été inférieures à celles enregistrées en 2003 (figure 20). Au point Moulinets nous observons une diminution constante des concentrations entre août 2003 et novembre 2004. Aux mois de mai et de novembre, les valeurs au point Goury ont été supérieures à celles du point Moulinets.

Les valeurs sur les deux points COGEMA sont proches de celles observées à Pirou et Cherbourg en 1999. Les concentrations en nickel à Grandcamp-maisy présentent une augmentation au mois de mai 2004 par rapport à celles enregistrées en novembre 2003, restant toutefois inférieures à celles des points Villerville et Bréville en février 1999.

La figure 21 présente la médiane nationale obtenue lors de la campagne de mesures de février 1999 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. L'ensemble de valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2004 se situe en dessous la médiane obtenue par l'IFREMER en 1999 pour la France métropolitaine.

Une faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage entre mai et novembre. La concentration au point Moulinets étant légèrement inférieure à celle du point Goury. La figure 21 met en évidence la variabilité annuelle des valeurs, avec un maximum observé en mai et un minimum en août.

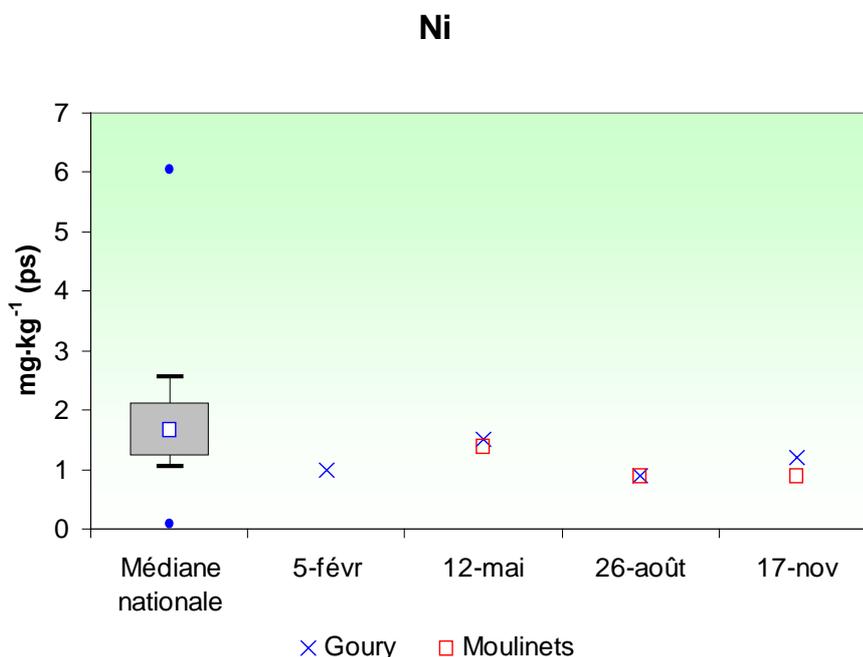


Figure 21 : Médiane RNO du nickel en 1999 et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2004

CHROME

Le chrome fait partie des métaux les plus utilisés (10 millions de tonnes par an) dans le monde (industrie chimique, métallurgie, technologie des réfractaires). La majeure partie du chrome parvenant à la mer depuis le continent provient des fleuves, l'atmosphère constituant une source beaucoup moins importante. Sa forme réduite (Cr III) fait partie des éléments essentiels dans la vie animale, la forme oxydée (Cr VI) est par contre extrêmement toxique, cancérigène à forte dose pour l'homme, et elle provoque des anomalies dans le développement larvaire des bivalves. Le rejet en mer annuel de chrome autorisé par arrêté à COGEMA est de 250 Kg.

Bien que le chrome n'a pas été un élément suivi en routine par le réseau RNO avant 2002, nous disposons des résultats obtenus depuis 2001 sur les points proches de l'usine de La Hague (figure 22). D'août 2003 à novembre 2004, la concentration en chrome au point Moulinets présente une diminution constante pour atteindre la valeur de la médiane nationale 2001-2002. Au point Goury nous observons une forte augmentation de la concentration en chrome au mois de mai 2004, proche de la valeur observée au point Villerville en mai 2002.

La figure 23 présente la médiane nationale obtenue lors de la campagne de mesures de 2001 et 2002 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. L'ensemble de valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2004 se situent dans le cadre de la boîte contenant 50 % des valeurs obtenues par l'IFREMER entre 2001 et 2002 sur l'ensemble de la France métropolitaine, à l'exception de la valeur du point Goury en mai.

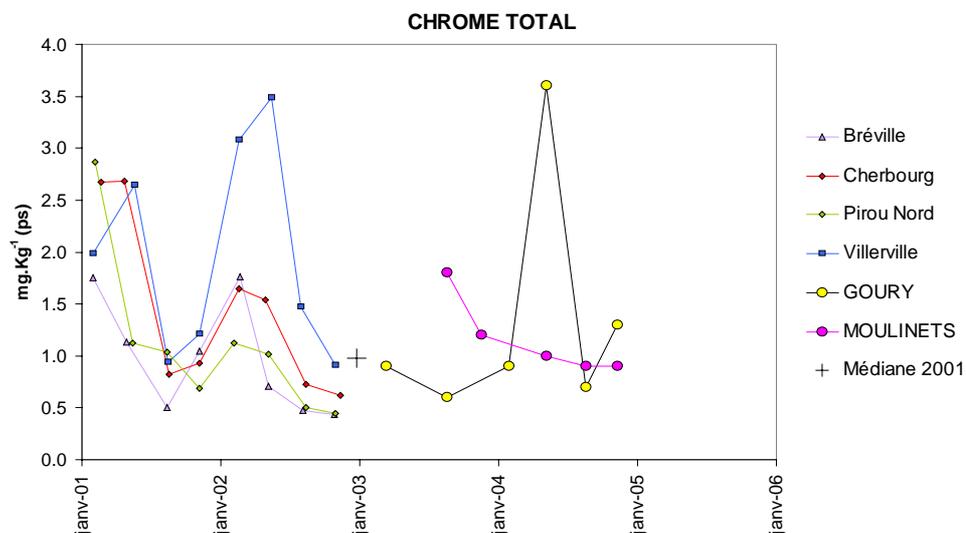


Figure 22 : Concentrations en chrome à Goury, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux

La concentration observée sur le point Goury en mai, bien que plus élevée par rapport aux mesures déjà observées, elle reste assez éloignée de la valeur maximale enregistrée ($> 9 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ps]). Une faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis aux mois d'août et novembre. La figure 23 met en évidence la variabilité annuelle des valeurs, avec un maximum observé en mai et un minimum en août et novembre.

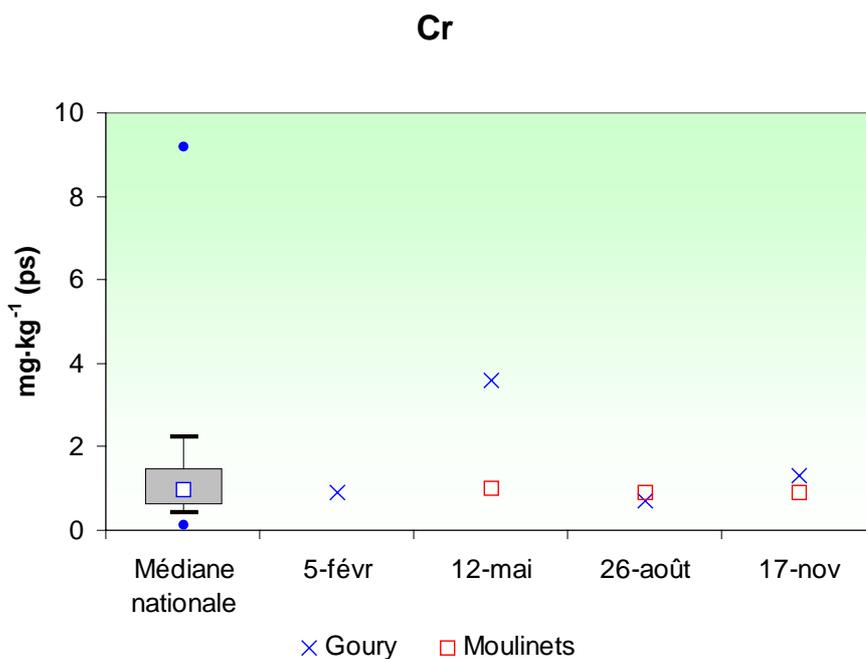


Figure 23 : Médiane RNO du chrome en 2001 et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2004

FER

Après l'oxygène, le silicium et l'aluminium, le fer est l'élément le plus abondant de la croûte terrestre, environ 45 g de fer par kilogramme de croûte terrestre. Il ne se trouve à l'état natif que dans les nombreux météorites arrivées sur terre. Ses composés dans la nature se trouvent sous la forme de magnétite et d'hématite. Il est très peu soluble dans les eaux bien oxygénées et il est très présent dans les bassins anoxiques sous forme de Fe (II).

Utilisé depuis plus de vingt siècles par l'Homme, le fer rentre dans la composition de nombreux alliages, notamment avec le carbone, le nickel, le chrome et le vanadium. Le fer rejeté en mer est principalement dû aux activités industrielles et à la fabrication des engrais. Ces rejets sont en nette diminution depuis 1991. Le fer est un élément nécessaire à la vie ; il rentre dans la composition de l'hémoglobine des mammifères et il est nécessaire pour le développement de l'activité phytoplanctonique en mer. Le rejet en mer annuel de fer autorisé par arrêté à COGEMA est de 500 Kg.

Le fer n'est pas un élément suivi en routine par le réseau national RNO. Nous pouvons cependant comparer les résultats obtenus sur les points Goury et Moulinets de 2004 avec les valeurs des états *zéro* des lots de moules utilisés jusqu'à présent pour le suivi de la matière vivante lors de leur prise en charge chez un producteur à Grandcamp-Maisy (Calvados).

Bien qu'au mois de mai 2004 les valeurs en fer à Goury et au Moulinets ont été égales, les concentrations au Moulinets sont toujours supérieures à celles du point Goury (figure 24). L'ensemble de concentrations en fer enregistrées aux deux points de suivi restent en dessous du maximum observée au mai 2004 à Grandcamp-maisy.

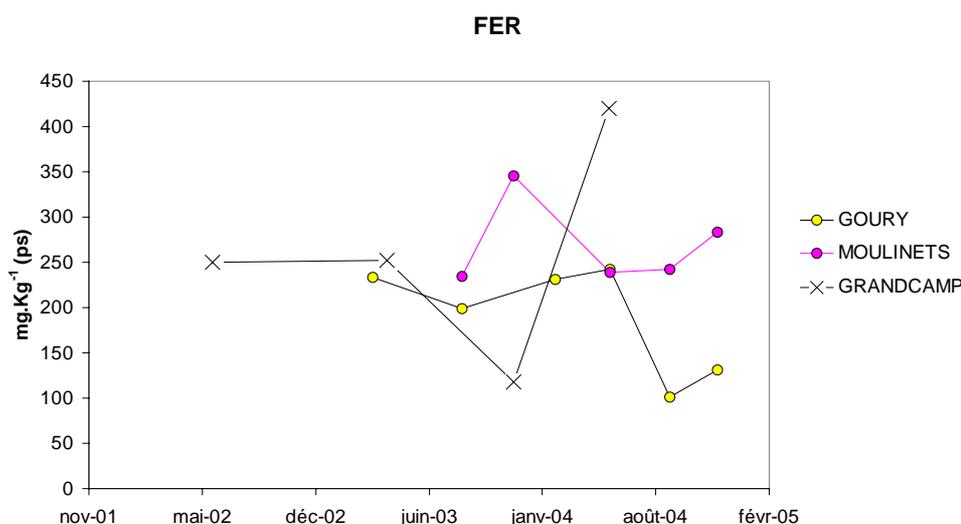


Figure 24 : Concentrations en fer des lots de moules sur Grandcamp-Maisy (état *zéro*), à Goury et aux Moulinets en 2004

Il faudra attendre plusieurs années pour que la série temporelle soit conséquente et ainsi réaliser des statistiques permettant d'évaluer une éventuelle tendance pour ce contaminant.

MANGANESE

Le manganèse se trouve dans la croûte terrestre sous forme d'oxydes, de silicates et des carbonates (moins d'un gramme par kilogramme de croûte terrestre). Le manganèse rentre dans la composition de nombreux alliages avec le fer, l'aluminium et le cuivre. Il rentre dans divers procédés chimiques pour la fabrication des peintures, le verre, les piles sèches, des pesticides, la conservation du bois, le traitement du cuir, l'alimentation du bétail et les engrais. Il est nécessaire pour le développement des os chez les êtres vivants et certaines maladies ont leur origine à la suite de l'inhalation de poussières ou des fumées riches en manganèse. Il joue un premier rôle dans l'utilisation de la vitamine B1 et sa toxicité dans le milieu aquatique est réduite. Le rejet en mer annuel de manganèse autorisé par arrêté à COGEMA est de 100 Kg.

Le manganèse n'est pas un élément suivi en routine par le réseau national RNO. Nous pouvons cependant comparer les résultats obtenus sur les points Goury et Moulinets de 2004 avec les valeurs des états *zéro* des lots de moules utilisés jusqu'à présent pour le suivi de la matière vivante lors de leur prise en charge chez un producteur à Grandcamp-Maisy (Calvados).

Bien qu'au mois de mai 2004 les valeurs en fer à Goury et au Moulinets ont été égales, les concentrations au Moulinets sont toujours supérieures à celles du point Goury (figure 25). L'ensemble de concentrations en manganèse enregistrées aux deux points de suivi restent en dessous du maximum observée au mai 2004 à Grandcamp-maisy.

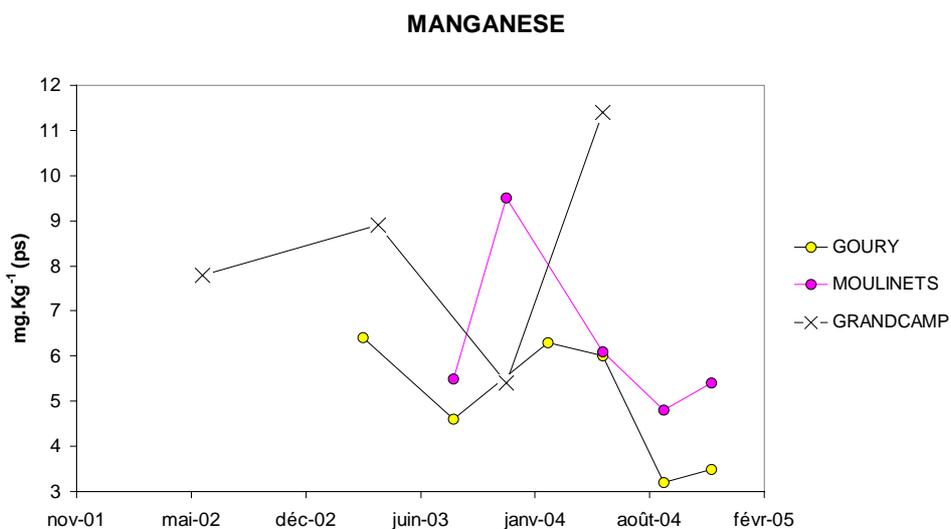


Figure 25 : Concentrations en manganèse des lots de moules sur Grandcamp-Maisy (état *zéro*) et à Goury et aux Moulinets en 2004

L'évolution du manganèse est similaire à celle déjà mise en évidence par le fer. Il faudra attendre plusieurs années pour que la série temporelle soit conséquente pour réaliser des statistiques permettant d'évaluer une éventuelle tendance de ce contaminant.

ALUMINIUM

L'aluminium, troisième élément le plus répandu sur la terre, représente 8% de la masse de la croûte terrestre. Très réactif, il ne se trouve pas à l'état pur dans la nature, mais combiné avec l'oxygène, le silicium ou le fluor. La production d'aluminium, très consommatrice d'énergie, a notablement augmenté dans les dernières 50 années, atteignant une production de $14 \cdot 10^6$ tonnes dans le monde. L'aluminium est utilisé dans l'industrie automobile, le bâtiment, l'électroménager, dans la fabrication de câbles électriques, l'industrie alimentaire et cosmétique ainsi que dans la composition des médicaments. Très controversé actuellement à cause des effets neurologiques, il est responsable des pathologies affectant les os, les reins, l'estomac et le cerveau. Le rejet en mer annuel d'aluminium autorisé par arrêté à COGEMA est de 500 Kg.

L'aluminium n'est pas un élément suivi en routine par le réseau national RNO. Nous pouvons cependant comparer les résultats obtenus sur les points Goury et Moulinets de 2004 avec les valeurs des états *zéro* des lots de moules utilisés jusqu'à présent pour le suivi de la matière vivante lors de leur prise en charge chez un producteur à Grandcamp-Maisy (Calvados).

Les concentrations observées au point Goury en février et mai 2004 ont été supérieures à celles du point Moulinets (figure 25). Aux mois d'août et novembre la situation s'est inversée. L'ensemble de concentrations en aluminium enregistrées aux deux points de suivi restent en dessous du maximum observée au mai 2004 à Grandcamp-maisy.

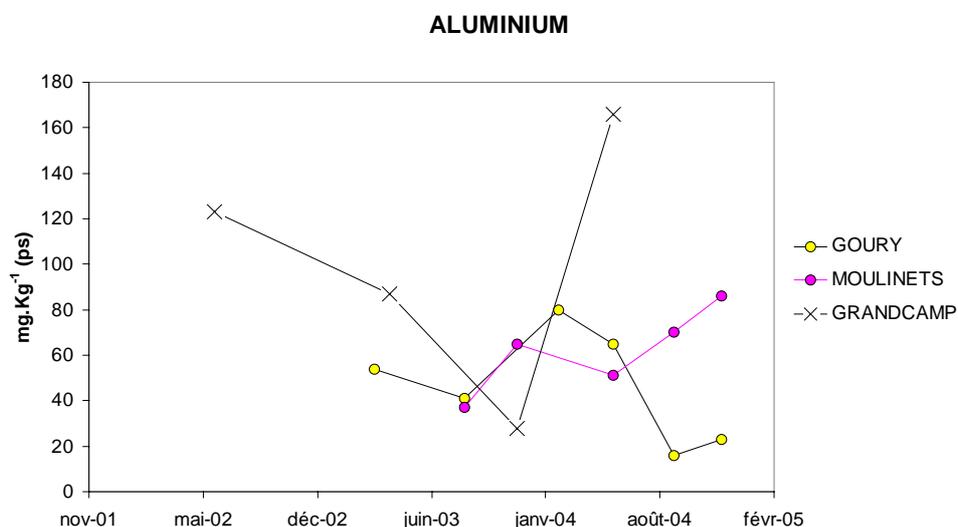


Figure 26 : Concentrations en aluminium des lots de moules sur Grandcamp-Maisy (état *zéro*), à Goury et aux Moulinets en 2004

Il faudra attendre plusieurs années pour que la série temporelle soit conséquente pour réaliser des statistiques permettant d'évaluer une tendance éventuelle de ce contaminant.

3.3. Organochlorés

Pour avoir une comparaison des résultats entre les sites COGEMA et ceux du réseau RNO, nous présenterons les résultats du DDT et de ses métabolites, DDD et DDE sommé.

Le Lindane (γ HCH) a été choisi comme marqueur de cette famille d'insecticides. Ce choix est basé sur les études effectuées par le réseau RNO qui ont montré une tendance à la baisse des concentrations dans le milieu plus rapide pour le α HCH que pour le Lindane. Ces choix ont été adoptés au niveau national par le réseau RNO.

Depuis peu, le congénère CB₁₅₃ a été choisi comme seul marqueur dans le suivi de l'évolutions des PCB par le réseau RNO.

Synthèse des résultats analytiques

Les tableaux 3 et 4 présentent les valeurs analytiques de pesticides (Lindane et DDT) et PCB obtenues sur les lots de moules étudiées.

Pesticides (GOURY)						
Date	DDT	DDE	DDD	α HCH	β HCH	γ HCH
05/02/2004	3,1	2,1	<1	<1	<1	<1
12/05/2004	1,0	1,1	<1	<1	<1	<1
26/08/2004	<1	<1	1,3	<1	<1	<1
17/11/2004	1,7	<1	1,2	<1	<1	<1

Pesticides (MOULINETS)						
Date	DDT	DDE	DDD	α HCH	β HCH	γ HCH
12/05/2004	1,4	<1	<1	<1	<1	<1
26/08/2004	<1	<1	1,2	<1	<1	<1
17/11/2004	<1	<1	1,5	<1	<1	<1

Tableau 3 : Concentrations en pesticides des lots de moules pour les points COGEMA de Goury et Moulinets ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ps]) en 2004

POLYCHLOROBIPHENYLES (GOURY)											
Date	CB28	CB31	CB35	CB52	CB101	CB105	CB118	CB138	CB153	CB156	CB180
05/02/2004	1,6	1	11	1	11	2,9	14	30	79	1,1	1,3
12/05/2004	2,6	1	10	25	4	1,6	5,9	13	26	1,1	1
26/08/2004	2,8	1	21	15	3	1	4,4	7,8	16	1	1
17/11/2004	1	1	12	11	2	1	2,8	4,9	11	1	1

POLYCHLOROBIPHENYLES (MOULINETS)											
Date	CB28	CB31	CB35	CB52	CB101	CB105	CB118	CB138	CB153	CB156	CB180
12/05/2004	3,3	1	10	28	2,6	1	4,4	10	16	1	1
26/08/2004	1	1	12	15	1,7	1	1,8	3	6,3	1	1
17/11/2004	1	1	11	16	1,9	1	2,1	3,2	7,6	1	1

Tableau 4 : Concentrations en PCBdes lots de moules pour les points COGEMA de Goury et Moulinets en ($\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ps]) en 2004

DDT + DDE + DDD

Le DDT, insecticide organochloré utilisé en grandes quantités à partir de 1940 pour la lutte contre les larves et les stades adultes d'insectes (notamment la démoustication), a fait l'objet dès 1972 d'importantes limitations d'emploi et il est interdit en France depuis plus de vingt ans. Le DDD provient de la transformation du DDT en milieu réducteur, c'est à dire principalement dans les sédiments. Le DDE est métabolisé par les organismes. Extrêmement rémanent et bioaccumulable, le DDT est doté d'une forte toxicité. Il provoque des perturbations du métabolisme chez de nombreux organismes terrestres et marins. Il est potentiellement cancérigène et mutagène.

Les valeurs observées sur les points Goury et Moulinets en 2004 sont inférieures à celle de la médiane nationale ($6,5 \mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ps]), tout comme celles enregistrées en 2002 sur les sites régionaux (figure 27).

La figure 28 présente la médiane nationale obtenue lors de la campagne de mesures de 2000 à 2002 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. L'ensemble de valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2004 se situent dans le cadre inférieur de la boîte contenant 50 % des valeurs de l'ensemble de la France métropolitaine.

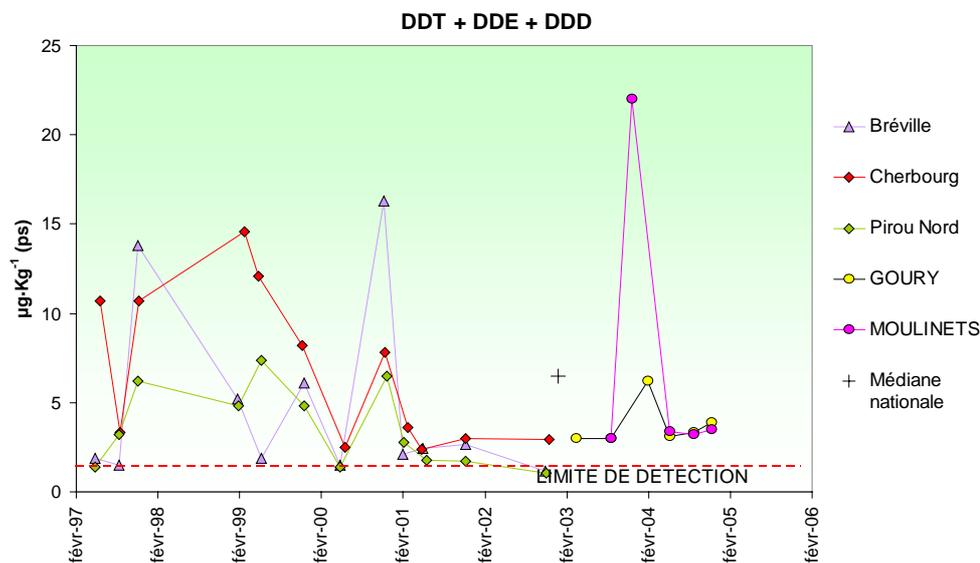


Figure 27 : Concentrations en DDT+DDD+DDE à Goury, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (2000-2002)

La concentration observée sur le point Goury en février est supérieure à celles enregistrées le reste de l'année. Une faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage de mai à novembre. La figure 28 met en évidence la variabilité annuelle, avec un maximum observé en hiver et un minimum en été.

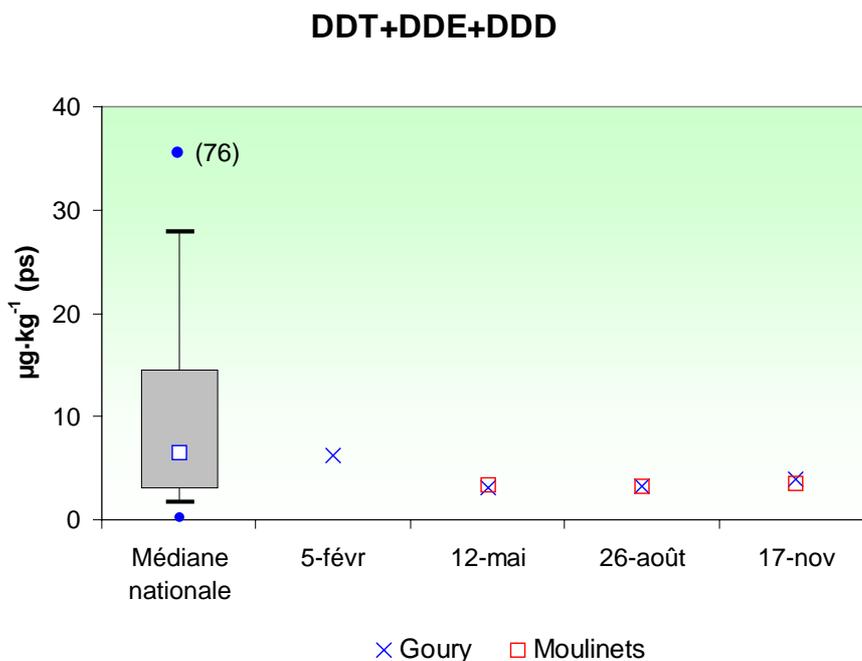


Figure 28 : Concentrations en DDT+DDD+DDE à Goury et aux Moulinets en 2004 et médiane nationale 2000-2002

γ HCH (LINDANE)

Le gamma hexachlorocyclohexane (Lindane) est un insecticide chloré toxique et rémanent, qui a été largement utilisé pour le traitement des cultures et la lutte contre les moustiques et les termites. L'isomère alpha est un sous produit de fabrication. Les produits commerciaux doivent contenir plus de 99 % de γ HCH pour avoir droit à l'appellation Lindane. Facilement bioaccumulable dans la matière vivante, le Lindane présente une forte toxicité aiguë pour les crustacés. Il a été interdit à l'emploi depuis le 01/08/1998.

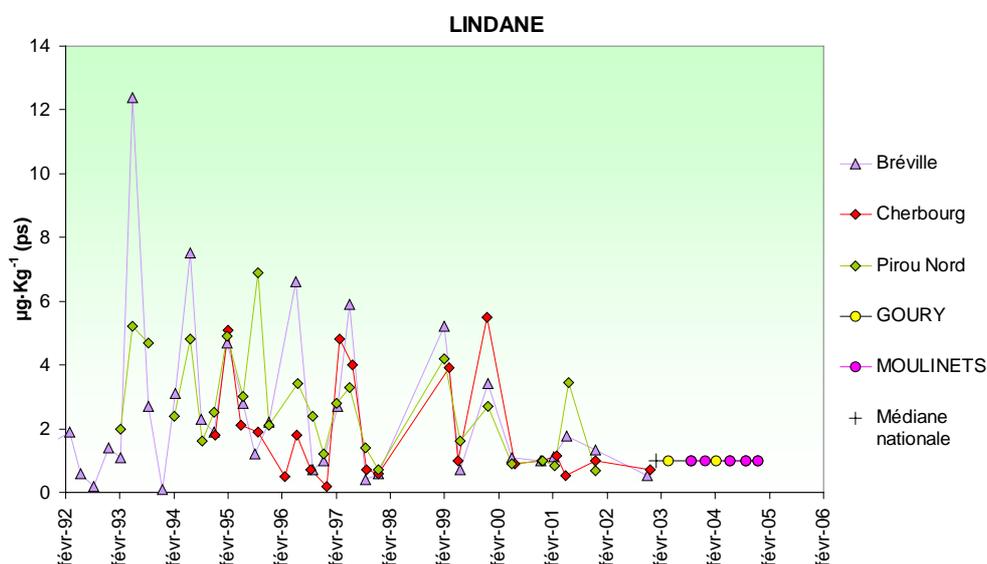


Figure 29 : Concentrations en Lindane à Goury, aux Moulinets, sur les sites RNO régionaux et médiane nationale (2000-2002)

A Goury et aux Moulinets les concentrations en Lindane en 2004 sont égales à la médiane nationale 2000-2002 (figure 29). En novembre 2002, les sites régionaux présentent des valeurs inférieures à la médiane nationale. La faible activité agricole de la pointe de La Hague peut expliquer ces concentrations en Lindane.

La figure 30 présente la médiane nationale obtenue lors de la campagne de mesures de 2000 à 2002 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. L'ensemble de valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2004 se situent dans le cadre contenant 50 % des valeurs de l'ensemble de la France métropolitaine. Une très faible variabilité saisonnière et entre les points d'échantillonnage est observée.

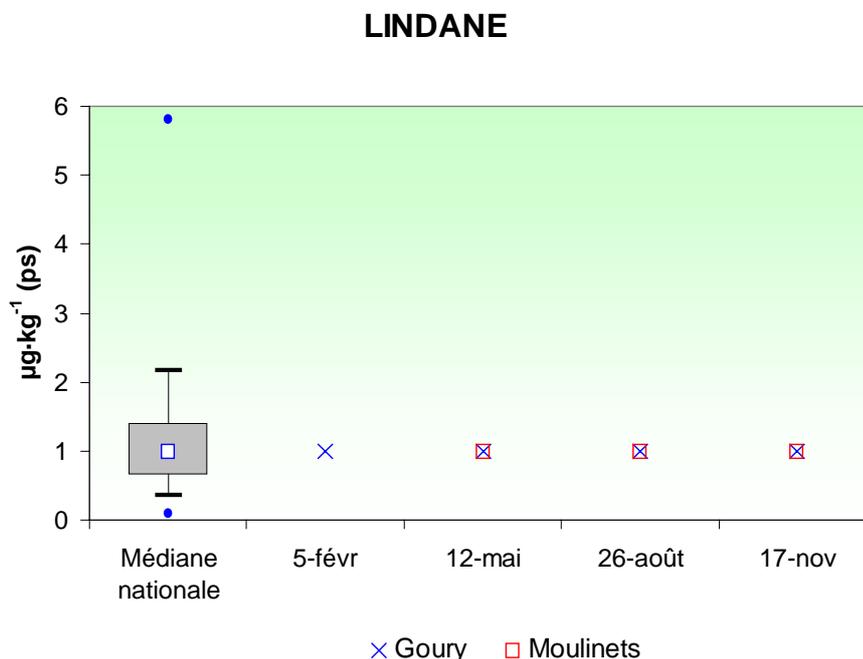


Figure 30 : Concentrations en Lindane à Goury et aux Moulinets en 2004 et médiane nationale 2000-2002

POLYCHLOROBIPHENYLES (PCB)

La présence de résidus de PCB dans l'environnement résulte de leur importante utilisation comme fluides diélectriques, utilisations strictement réglementées depuis plusieurs années (1973). En plus des pertes lors des remplissages et retraitement des systèmes clos, les rejets urbains, les décharges de matériel usagé et les activités liées à la récupération des matériaux ferreux sont potentiellement des sources d'apport dans l'environnement. En raison de leur persistance, de leur caractère bio-accumulable et de leur toxicité, les PCB font partie des contaminants prioritaires. Ils ne présentent pas de caractère de toxicité aiguë. Par contre, l'exposition chronique à de faibles doses peut être à l'origine de divers dysfonctionnements observés chez les animaux de laboratoire : hypertrophie hépatique, effets cancérigènes, altération des fonctions reproductrices, etc. L'usage de PCB est interdit en France depuis février 1987. L'estuaire de la Seine est le site le plus touché par les contaminations aux PCB de l'ensemble du littoral français.

Les concentrations en PCB (CB₁₅₃) des échantillons de la rade de Cherbourg sont supérieures à celles observées sur les autres points du réseau RNO proche (figure 31), mais restent inférieures, en 2002, à la médiane nationale 2000-2002. Les concentrations du CB₁₅₃ sont en diminution et semblent se stabiliser depuis 2001. Les valeurs observées aux Moulinets se situent en dessous de la médiane nationale, tandis que celles observées au point Goury en février et mai ont été supérieures.

La figure 32 présente la médiane nationale obtenue lors de la campagne de mesures de 2000 à 2002 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. L'ensemble de valeurs observées à

Goury et aux Moulinets en 2004 se situent dans le cadre contenant 50 % des valeurs ou légèrement en dessous, à l'exception de la valeur observée au point Goury en février (79 $\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ps]), assez loin, cependant, de la valeur maximale enregistrée par le RNO et égale à 494 $\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ps] (figure 32).

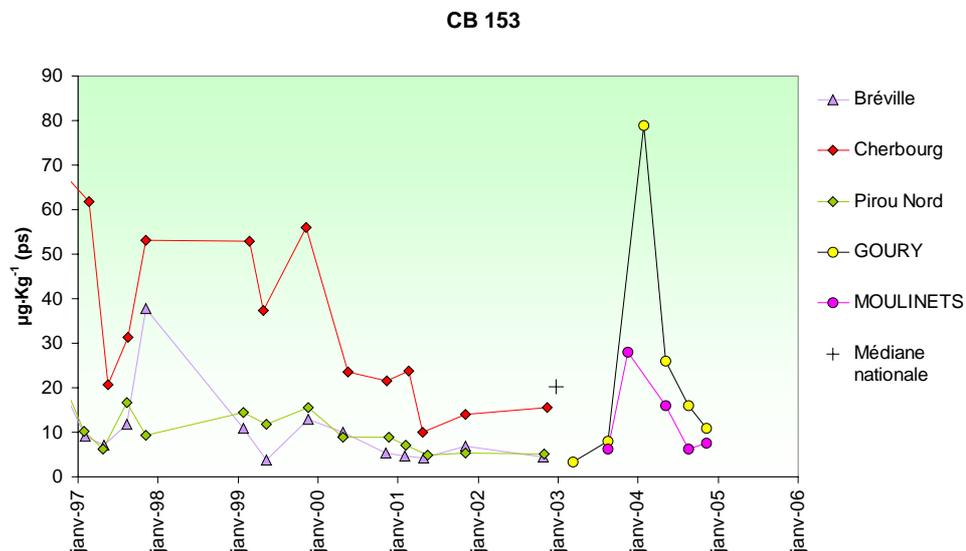


Figure 31 : Concentrations en CB₁₅₃ à Goury et aux Moulinets en 2004 sur les sites RNO régionaux et médiane nationale 2000-2002

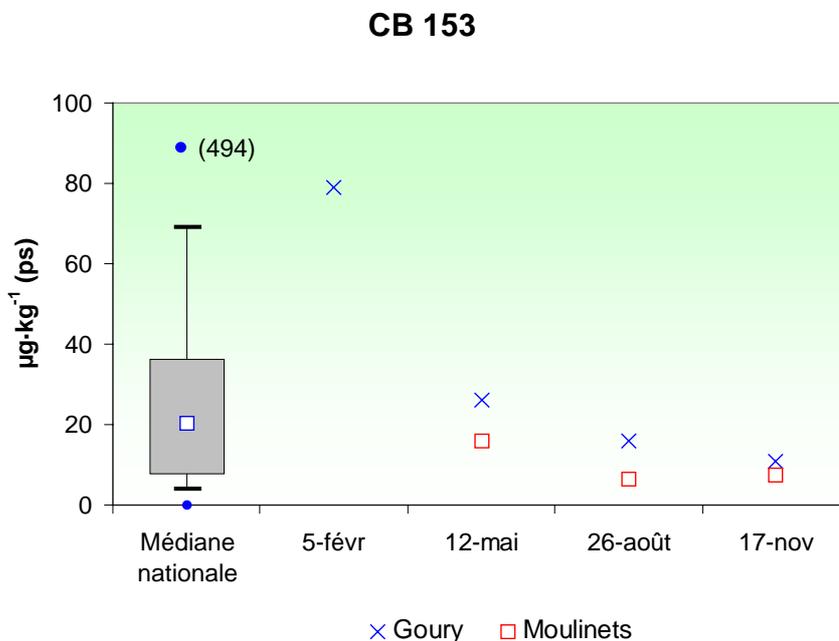


Figure 32 : Concentrations en Lindane à Goury et aux Moulinets en 2004 et médiane nationale 2000-2002

Les concentrations observées au point Goury de mai à novembre ont été supérieures à celles observées au point Moulinets. en février est supérieures à celles enregistrées le reste de l'année. La plus faible différence entre les deux points d'échantillonnage est observée au mois de novembre. La figure 32 met en évidence la variabilité

annuelle, avec un maximum observé en février et un minimum entre août et novembre.

3.4. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les HAP présents dans l'environnement résultent de différents processus : la biosynthèse par les organismes vivants, les pertes à partir du transport, la pyrolyse des matières organiques à haute température, les feux de forêts ou l'utilisation des carburants fossiles, charbons, pétroles. La combustion des charbons et pétroles constitue la principale voie d'introduction des HAP dans l'environnement et résulte majoritairement des activités anthropiques. Les activités industrielles telles que les usines de production d'aluminium, les raffineries de pétrole ou les rejets urbains contribuent également de manière importante aux apports atmosphériques et aquatiques.

Certains HAP sont cancérigènes pour l'homme et toxiques pour la flore et la faune marine. Certains sont également très rémanents dans l'environnement.

Synthèse des résultats analytiques

Les tableaux 5 et 6 présentent les valeurs analytiques des HAP obtenues pour les lots de moules.

H A P (GOURY)																
DATE	ACEPHT	ANTHRAC	BZAANT	BZAPYR	BZBFLU	BZGHIPER	BZKFLU	CHRYSEN	DBZAHANT	FLUORAN	FLUOREN	IND123PY	NAPHTAL	PHENATH	PYRENE	ΣHAP
05/02/2004	<10	3,3	4,6	4,2	11	≤5	3,1	12	≤5	11	1,2	≤5	13	10	7,4	80,8
12/05/2004	<10	<1	<1	<1	<1	≤5	<1	<1	≤5	1,6	1	≤5	17	5	1,1	25,7
26/08/2004	<10	<1	<1	<1	<1	≤5	<1	1,1	≤5	2	1,4	≤5	2,7	5,1	1,5	13,8
17/11/2004	<10	1,2	<1	2	3	≤5	<1	2,8	≤5	3,4	1,4	≤5	13	5,9	2,6	35,3

Tableau 5 : Concentrations en HAP pour le point Goury en $\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps)

H A P (MOULINETS)																
DATE	ACEPHT	ANTHRAC	BZAANT	BZAPYR	BZBFLU	BZGHIPER	BZKFLU	CHRYSEN	DBZAHANT	FLUORAN	FLUOREN	IND123PY	NAPHTAL	PHENATH	PYRENE	ΣHAP
12/05/2004	<10	1,6	<1	3,6	2	≤5	<1	3,1	≤5	3,7	1,2	≤5	7,7	8,3	2	33,2
26/08/2004	<10	<1	<1	<1	<1	≤5	<1	<1	≤5	1,4	1,6	≤5	9,1	7	1,5	20,6
17/11/2004	<1	<1	<1	<1	1,3	≤5	<1	1,7	≤5	2,4	1,6	≤5	11	5,3	1,5	24,8

ACEPHT : Acénaphène ; ANTHRAC : Anthracène ; BZAANT : Benzo (a) anthracène ; BZAPYR : Benzo (a) pyrène ; BZBFLU : Benzo (b) fluoranthène ; BZGHIPER : Benzo (ghi) pérylène ; BZKFLU : Benzo (k) fluoranthène ; CHRYSEN : Chrysène ; DBZAHANT : Dibenzo (a,h) anthracène ; FLUORAN : fluoranthène ; FLUOREN : fluorène ; IND123PY : indéno (1-2-3-cd) pyrène ; NAPHTAL : naphthalène ; PHENATH : phénanthrène ; PYRENE : pyrène

Tableau 6 : Concentrations en HAP pour le point Moulinets en 2004 en $\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps)

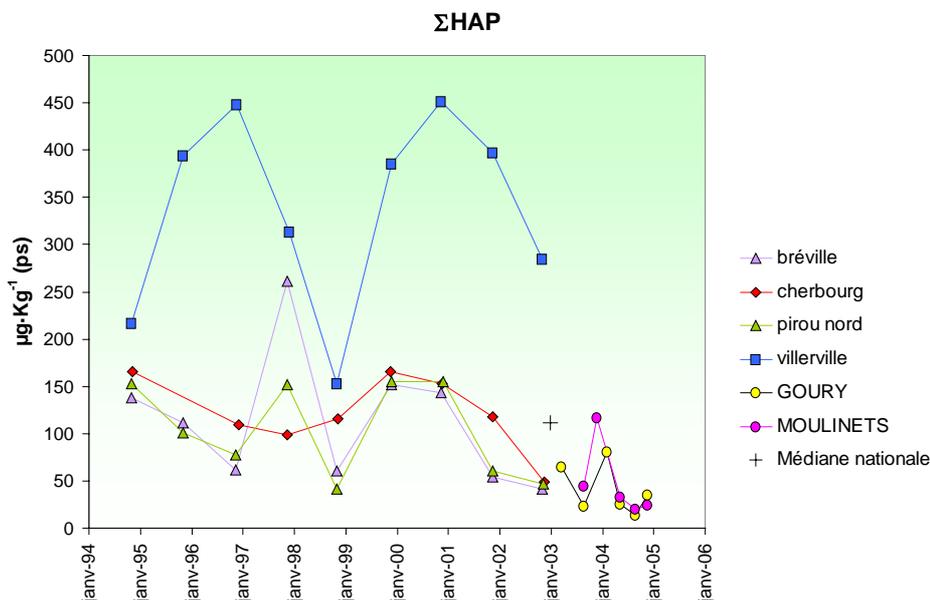


Figure 33 : Concentrations en HAP à Goury et aux Moulinets en 2004 et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale 2000-2000

Les concentrations en HAP observées sur le site de Villerville sont les plus élevées de l'ensemble des sites régionaux (figure 33), mais encore bien loin des valeurs extrêmes observées dans la période 2000-2002 (figure 34). Ceci s'explique par la forte activité pétrochimique du Havre et de Méditerranée. Les valeurs enregistrées en 2002 sur l'ensemble de points régionaux et celles des points Goury et Moulinets en 2004, sont inférieures à la valeur de la médiane nationale (111 µg·kg⁻¹ [ps] sur la période 2000-2002), à l'exception de celles observées au point Villerville situé à l'embouchure de la Seine.

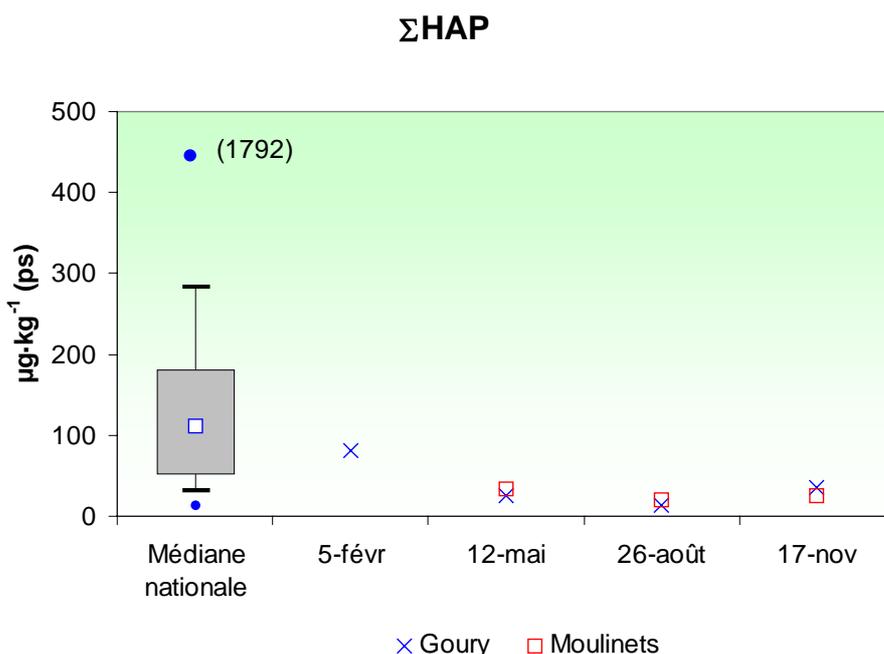


Figure 34 : Concentrations en HAP à Goury et aux Moulinets en 2004 et médiane nationale 2000-2002

La figure 34 présente la médiane nationale obtenue lors de la campagne de mesures de 2000 à 2002 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. L'ensemble de valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2004 se situent en dessous de la médiane nationale.

4. Conclusions

Les résultats de contaminations métalliques présentent des concentrations dépassant les médianes nationales pour le plomb, le cadmium et le mercure aux mois de février et mai. Cependant ces valeurs restent à l'intérieur de la boîte contenant 50 % des valeurs enregistrées par le RNO au niveau nationale entre 2000 et 2002. Une plus forte concentration en chrome est observée au point Goury en mai 2004, bien qu'une diminution générale de sa concentration est observée en 2004 par rapport aux valeurs enregistrées en 2003.

De l'étude réalisée en 2004, à partir des prélèvements effectués en février, mai, août et novembre, un cycle saisonnier est mis en évidence pour les contaminants métalliques, avec un maximum observée au mois de mai et un minimum en août. A l'exception de la valeur en chrome enregistrée au point Goury en mai, les différences de concentrations observées entre les point Goury et Moulinets ont été minimales aux mois de mai, août et novembre ; le mois de février ne pouvant pas être comparé par manque de données au point Moulinets.

Les concentrations en fer restent stables par rapport aux valeurs observées en 2003, tandis que le manganèse et l'aluminium présentent des concentrations en diminution. La seule exception étant les concentrations en aluminium en augmentation observées au point Moulinets, qui restent cependant, inférieures à celles enregistrées à Grandcamp-Maisy, dans la côte est du Cotentin

Pour l'ensemble de pesticides (DDT, DDE, DDE et hexachlorocyclohexanes) les valeurs observées en 2004 se situent en dessous des valeurs des médianes nationales (2000-2002). Le Lindane présente depuis 2003 des concentrations inférieures au seuil de détection de la méthode analytique.

Le congénère CB₁₅₃ des polychlorobiphényles présente un cycle saisonnier, avec une diminution des concentrations de l'hiver vers l'automne. La plus forte valeur enregistrée en 2004 a été observée au point Goury au mois de février avec 79 µg.kg⁻¹ (ps). Pour l'année 2004, les concentrations du CB₁₅₃ au point Goury restent supérieures à celles enregistrées au point Moulinets.

Les concentrations en hydrocarbures observées au mois de novembre sont en diminution par rapport à celles enregistrées en 2003. Elles se situent toutes en dessous de la médiane nationale 2000-2002. Les plus fortes valeurs sont observées au mois de février et les plus faibles en août.

En conclusion, en 2004 nous n'observons pas d'effet de l'activité industrielle de la COGEMA sur les concentrations des paramètres suivis. Les deux valeurs des concentrations qui ont été sensiblement supérieures (chrome et PCB) ont été

observées au point Goury. Aucune valeur n'a présentée cependant des dépassements des normes sanitaires ou des valeurs extrêmes par rapport à la série pluriannuelle RNO. Il serait hasardeux de vouloir conclure à partir d'une si faible série de données, et seul un suivi régulier nous permettra d'apprécier convenablement l'effet des rejets non actifs de l'usine COGEMA de La Hague sur le milieu marin. Dès 2005, il sera possible de comparer les valeurs des points COGEMA avec celles des points régionaux et nationaux de la même période.

5. Bibliographie

ANDRAL, B., STANISIÈRE, J.Y. 1999

Réseau intégrateurs biologiques RINBIO : évaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en Méditerranée. Rapport de contrat dans le cadre des conventions n°991452 et n°992461 pour l'agence de l'Eau RMC, *IFREMER Toulon*. 67 pp.

ANDRAL, B., STANISIÈRE, J.Y., MERCIER S. 2001

Réseau intégrateurs biologiques RINBIO : évaluation de la contamination chimique des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en Méditerranée : résultats de la campagne 2000. Convention avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse n° 010706. *IFREMER Toulon*. 87 pp.

CHIFFOLEAU, J-F., AUGER, D., BOUTIER, B., ROUZEL, E., TRUQUET, I. 2003

Dosage de certains métaux dans les sédiments et la matière en suspension par absorption atomique. *Ed. IFREMER, Brest, France* ; 45 pp.

Lampert, L. 2003

Suivi de la contamination métallique et organique de deux lots de moules (*Mytilus edulis*) implantés au port de Goury (Manche) – Année 2002-2003. *IFREMER/DEL RST 03 08* du 10 décembre 2003, 28 pp.

Lampert, L. 2004

Surveillance hydrologique et phytoplanctonique du site de la Cogéma (la Hague) – Année 2003. *IFREMER / LERN RST 04* du 02 de février 2004. 25 pp.

Lampert, L. 2004

Suivi de la contamination métallique et organique de deux lots de moules (*Mytilus edulis*) implantés au port de Goury et à l'Anse des Moulins (Manche) – Année 2003. *IFREMER / LERN RST 04* du 10 de mai 2004. 37 pp.

STANISIÈRE, J.Y. 2001

Réseau intégrateurs biologiques RINBIO (campagne 1999): caractérisation des apports du Rhône en contaminants biodisponibles. Qualification d'une stratégie de sécurisation des stations contre le chalutage. *Rapport IFREMER Toulon*. 28 pp.

STANISIÈRE, J.Y. 2001

Effet de l'indice de condition sur la bioaccumulation des contaminants chez *Mytilus galloprovincialis* : validation d'une méthode d'ajustement applicable au biomonitoring actif en milieux hétérotrophes. *Rapport IFREMER Toulon*. 26 pp.