

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

Laboratoire Environnement Ressources de Normandie (LERN)

Luis LAMPERT

mars 2006

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 2005



Station SNSM -Port de Goury

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 2005

Rapport Luis Lampert (LER/N).

Prélèvements et Analyses Albert Auvray (Cogema),
Claude Etourneau (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 troisième 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 et plus particulièrement le Fluoranthène). Il s'agit du suivi de moules de pêche implantées le 17 novembre 2004 et le 4 août 2005 en provenance du secteur conchylicole de Grandcamp-Maisy dans le Calvados

2. Matériel et Méthodes

Le 17 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 22 février 2005. Lors du prélèvement du mois de mai, nous avons constaté la prédation des poches à Goury par un homard. Une des poches des Moulinets a été alors transférée à Goury afin d'assurer le prélèvement du mois d'août. Au mois d'août, deux nouvelles poches en provenance de Grandcamp-Maisy ont été réintroduites pour le dernier prélèvement du mois de novembre.

Les prélèvements de l'année 2005 sont indiqués dans le tableau 1.

Date	GOURY	MOULINETS
22/02/2005	X	X
11/05/2005	X	X
04/08/2005	X	X
14/11/2005	X	X

Tableau 1 : Prélèvements de moules effectués aux points d'échantillonnage de Goury et des Moulinets en 2005

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 2002 à 2004). Les valeurs analytiques inférieures au seuil de détection sont assimilées à cette valeur seuil, sauf dans le cas des hydrocarbures. Contrairement aux années précédentes, nous utiliserons le Fluoranthène comme marqueur de l'évolution des HAP et non la somme des 15 principaux composants. Cette démarche a déjà été adoptée lors de la confection des bulletins régionaux de la surveillance (<http://www.ifremer.fr/lern/Pages/actualites.htm>). 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 17 novembre 2004 et 4 août 2005.

2.1. 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).

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 2002-2003 sont ajoutés le chrome (Cr), l'argent (Ag), le nickel (Ni) et le vanadium (V).
Organochlorés : DDT, DDD, DDE, lindane (γ -HCH), α -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.

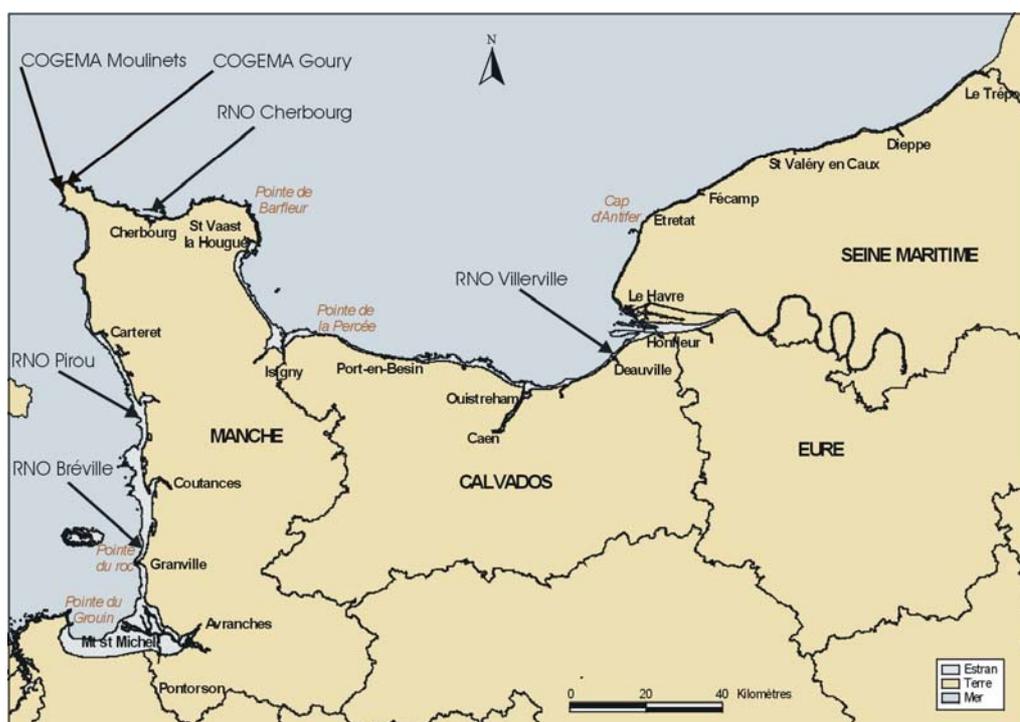


Figure 1 : Situation des points RNO et COGEMA sur le plan régional utilisés pour les comparaisons

Depuis 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, voir une pour certains paramètres. Dans le tableau ci-dessous sont indiqués les mois du prélèvement, par catégorie de contaminants du RNO.

	2002	2003	2004
Métaux	2, 5, 8, 11	2, 11	2, 11
HAP	11	11	11
PCB	11	11	11
HCH	11	11	11

Le suivi des métaux était encore trimestriel en 2002, puis il est passé semestriel dès 2003. Pour conserver l'homogénéité des résultats RNO, nous n'avons conservé que les résultats des mois de février et de novembre de 2002. Le reste de contaminants a été échantillonné au mois de novembre, et leur médiane nationale n'est valable que pour cette période de l'année.

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.

2.2. 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 puit 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).

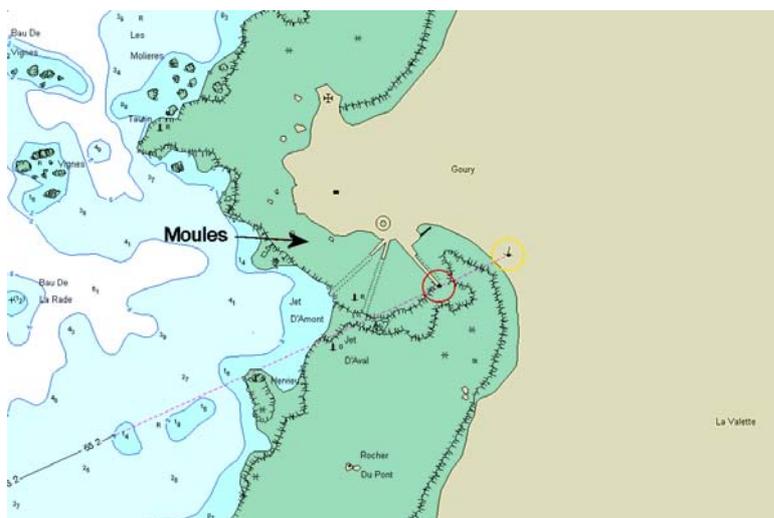


Figure 2 : Position des poches à moules au port de Goury



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

Point Anse des Moulins :

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 Moulins (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 utilisée autrefois par la COGEMA pour le pompage d'eau de mer (figures 4 et 5).

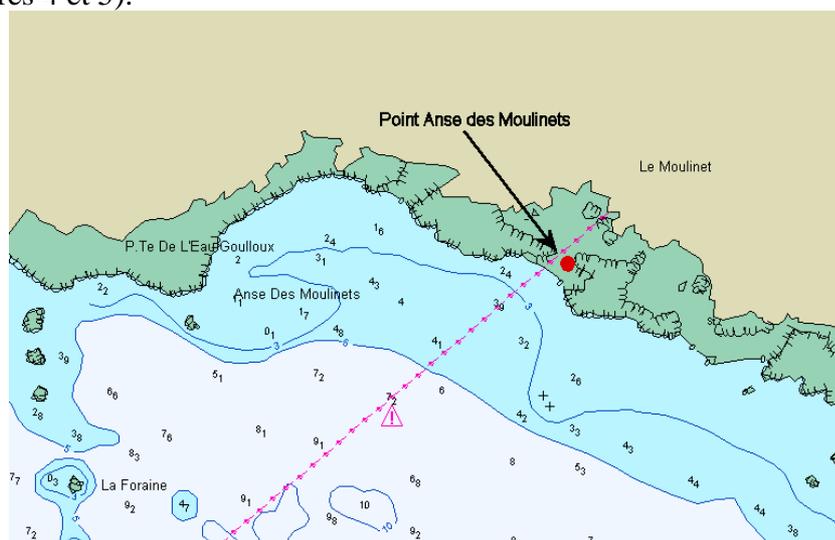


Figure 4 : Position des poches à moules au point de l'Anse des Moulins



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).

2.3. 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 μ m
- 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 μ m
- 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 %.

2.4. 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.

2.5. Traitements statistiques

Tendances temporelles : Afin de mettre en évidence les tendances éventuelles des séries temporelles (à la hausse ou à la baisse des concentrations), nous avons procédé au test de la pente de la droite de régression de chaque série. Si la probabilité associée p est inférieure à 0,05, il existe une tendance significative.

Différences entre Goury et Moulinets : Afin d'effectuer des tests statistiques appropriés, il est essentiel de vérifier la normalité de distribution des données. Cette vérification a été réalisée grâce aux coefficients d'asymétrie et d'aplatissement standardisés. Lorsque la distribution s'avérait normale, le test de Student pour échantillons appariés a été utilisé pour comparer les données. Dans le cas contraire, la comparaison des données a été réalisée par le test de signes.

Si p est inférieure à 0,05, il existe une différence significative entre les deux séries de données. A l'inverse, si p est supérieure à 0,05, nous ne pouvons pas conclure à une différence significative au seuil de 95 %.

3. Résultats et discussion

3.1. Météorologie

3.1.1. Pluviométrie

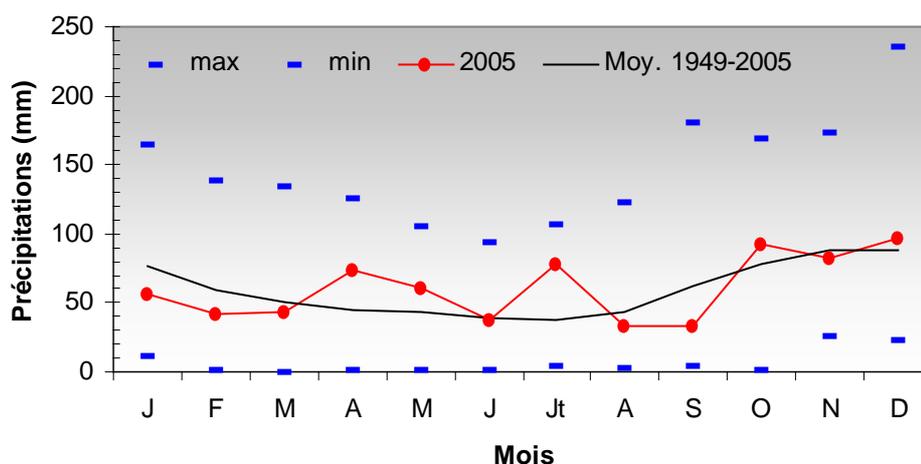


Figure 6 : Précipitations (mm) par mois en 2005 et moyenne pluriannuelle, maximum et minimum sur la période 1949-2005. Données Météo-France sur La Hague

La pluviométrie en 2005 a connue une forte variabilité mensuelle, avec des mois de janvier, février, mars, août et septembre déficitaires par rapport à la moyenne 1949-2005. Les mois de avril, mai et juillet ont été excédentaires, et le restant des mois proches de la moyenne (figure 6).

3.1.2. Température de l'air

Les températures enregistrées en 2005 à Flamanville par Météo France ont été au-dessus de la moyenne pluriannuelle 1949-2005 (figure 7). En février, mars novembre et décembre, elles sont restées proches de la moyenne, tandis qu'en janvier et octobre les écarts par rapport à cette moyenne pluriannuelle ont été les plus forts. Les températures de l'air observées en 2005 s'inscrivent dans le même schéma que celles enregistrées en 2003 et 2004.

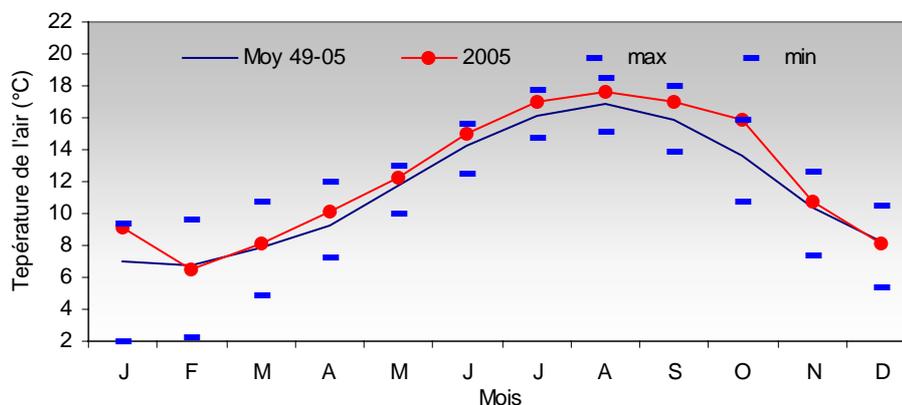


Figure 7 : Température de l'air moyenne mensuelle en 2005 et moyenne, maximum et minimum sur la période 1949-2005. Données Météo-France.

En conclusion, la météorologie de la période au cours de laquelle s'est déroulé ce suivi a été similaire à celles observées en 2003 et 2004, avec des fortes températures estivales et un début d'année secs.

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
22/02/2005	2,2	1,16	0,28	7,4	78,6	0,5	1,7	1,4	8,5	61	208
11/05/2005	2,2	1,11	0,27	6,9	80,1	0,5	2,1	1,6	5,0	37	176
04/08/2005	2,5	1,25	0,25	6,2	70,7	0,5	1,8	1,2	4,8	46	254
14/11/2005	0,70	0,27	0,07	5,0	43,4	0,1	0,5	0,3	2,9	19	81

MOULINETS											
Date	Pb	Cd	Hg	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Mn	Al	Fe
22/02/2005	1,9	1,04	0,24	6,7	73,6	0,4	1,3	0,9	6,9	93	250
11/05/2005	2,3	1,40	0,26	7,2	70,0	0,5	1,6	0,9	5,5	56	245
04/08/2005	2,2	1,11	0,21	6,9	66,9	0,5	1,6	0,9	4,6	41	363
14/11/2005	0,6	0,29	0,07	5,1	45,3	0,1	0,4	0,3	3,4	22	108

Tableau 2 : Concentrations en métaux lourds pour les points Goury et Anse des Moulins en 2005. 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 alors égal à $7,5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ de poids sec.

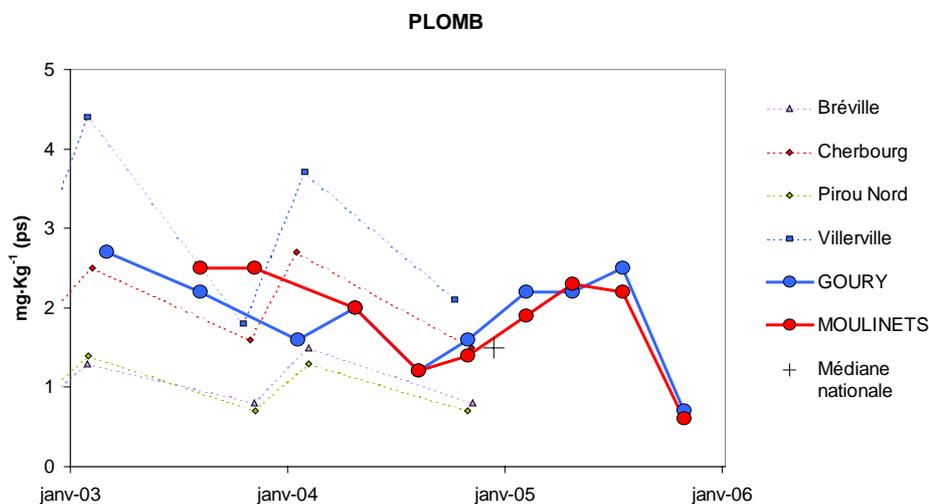


Figure 8 : Concentrations en plomb à Goury, au Moulinets et sur les sites RNO régionaux (jusqu'à 2004). Rappel de la médiane nationale (février et novembre 2002-2004)

L'évolution des valeurs des sites régionaux depuis 2003 (figure 8) montre que les plus fortes valeurs sont situées à Cherbourg et Villerville (Baie de Seine). Les valeurs obtenues à Goury et aux Moulinets en 2003 et 2004 se trouvent dans la plage de valeurs observées à Cherbourg, voir légèrement en dessous. En 2005 nous observons l'augmentation saisonnière des concentrations jusqu'au mois d'août, puis en novembre, une chute de valeurs plus sensible que les années précédentes. Ces valeurs, qu'oscillent autour de la médiane nationale, ne présentent pas de tendance marquée sur les trois années de suivi.

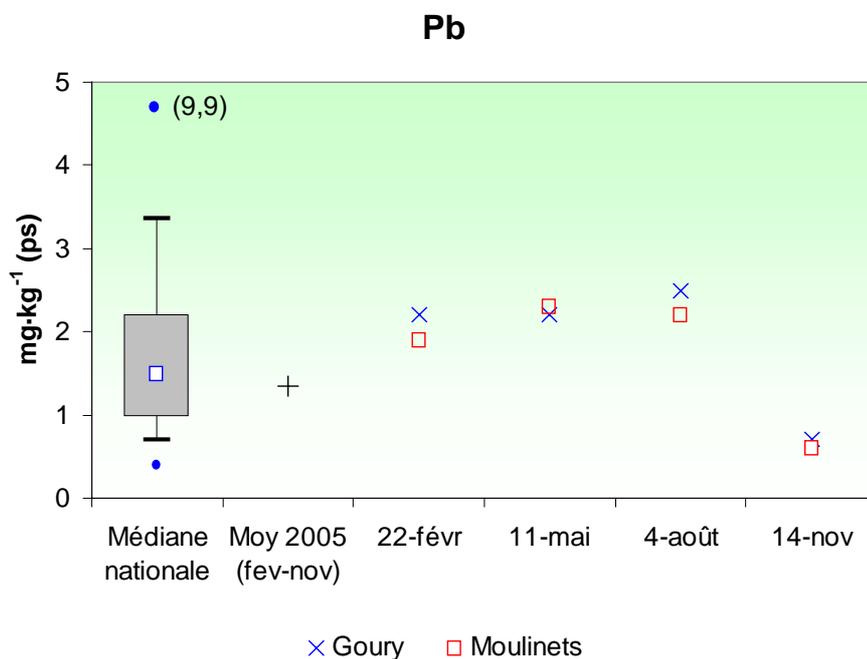


Figure 9 : Boîte à moustaches présentant les valeurs de plomb sur la série nationale RNO (février et novembre 2002-2004) en $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ps). Le point central représente la médiane (\square) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (\square) ; les moustaches 80% des valeurs (\perp). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (\bullet). La croix (+) représente la moyenne 2005 des valeurs observées sur les deux points d'échantillonnage en février et novembre. Le carré rouge et la croix bleue représentent les valeurs obtenues en 2005 aux Moulinets et à Goury.

La figure 9 présente, la médiane nationale 2002-2004 (février et novembre) 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 entre février et août sont proches de la limite haute de 50 % des valeurs observées par le réseau sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse). Les valeurs enregistrées au mois de novembre sont légèrement supérieures au minimum de la série. Une très faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis. La comparaison de la médiane nationale avec la moyenne des valeurs 2005, pour les mêmes périodes, met en évidence des concentrations du même niveau.

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 caoutchouerie, 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 susmentionné. Ce seuil est alors égal à $5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ en poids sec.

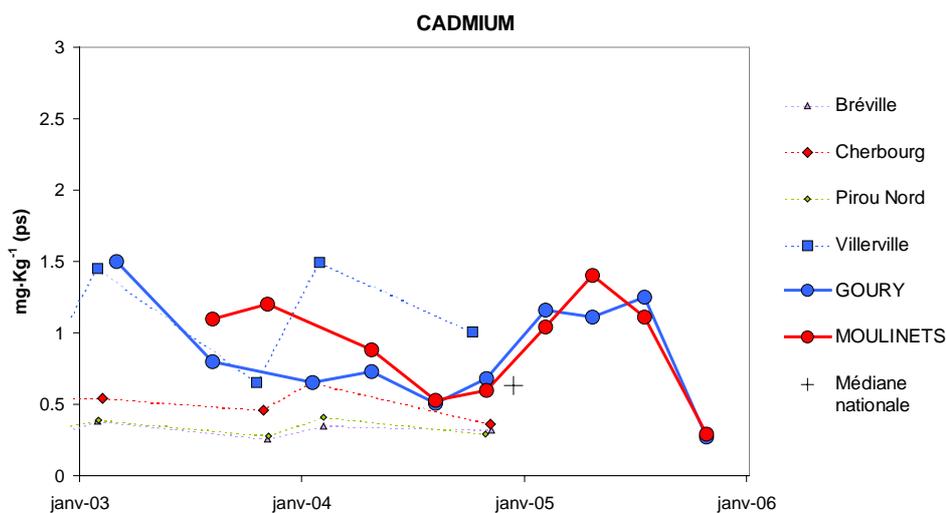


Figure 10 : Concentrations en cadmium à Goury, au Moulinets et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (février et novembre 2002-2004)

Les valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2005 sont supérieures à celles enregistrées en 2004, et proches de celles de l'année 2003. En 2004, elles sont supérieures à celles du point Cherbourg, mais inférieures par rapport à Villerville. En août et novembre 2003, les concentrations en cadmium au point Moulinets ont été supérieures à celles de Villerville. La majorité de valeurs se situe au-dessus de la médiane nationale 2002-2004, tout en restant inférieures au seuil européen de $1 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ph] ($5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ [ps]). Aucune tendance à moyen terme n'est décelable sur les trois années de suivi.

La figure 11 présente la médiane nationale 2002-2004 (février et novembre) 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 entre février et août sont proches de la limite haute de 50 % des valeurs observées par le réseau sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse). Les valeurs enregistrées au mois de novembre sont légèrement supérieures au minimum de la série. L'évolution saisonnière est comparable à celle du plomb.

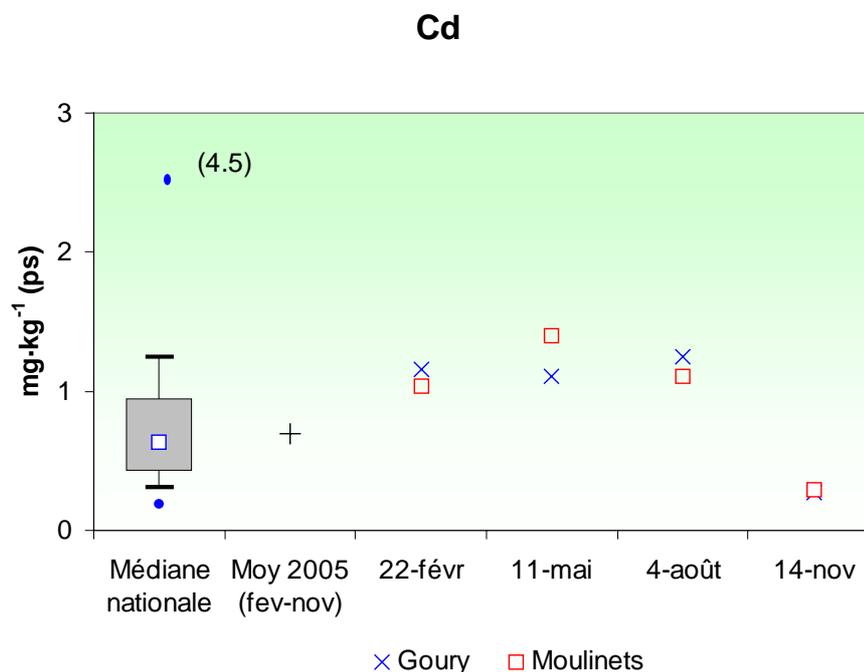


Figure 11 : Médiane nationale RNO de cadmium (février et novembre 2002-2004), moyenne 2005 des valeurs de février et novembre (+), et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2005

Des faibles différences sont observées entre les concentrations des points Goury et Moulinets, différences qui peuvent être attribuées aux incertitudes d'échantillonnage et de mesure. Seul au mois de mai nous observons une plus forte concentration au point Moulinets par rapport à Goury. Si nous ne tenons compte que des analyses de février et novembre 2005, comme lors du calcul de la médiane nationale, les médianes sont alors comparables.

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.

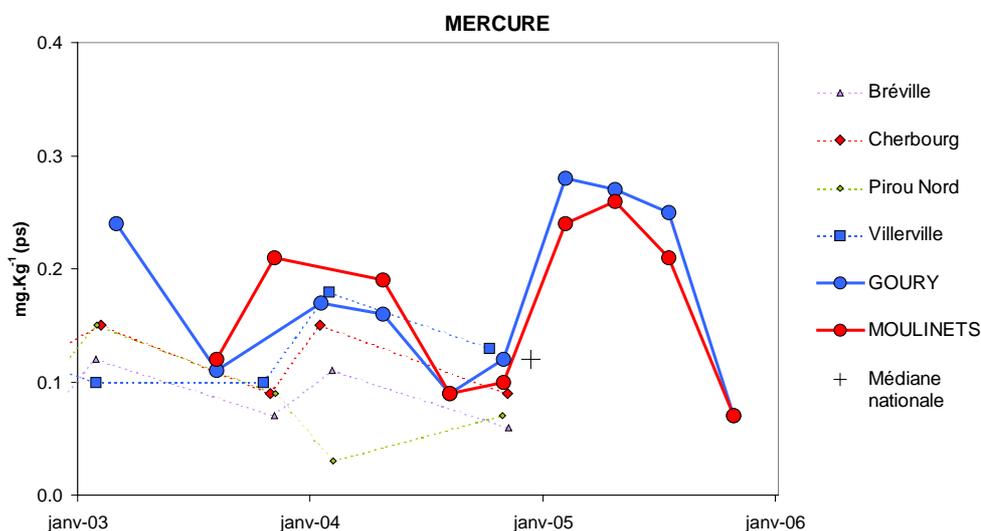


Figure 12 : Concentrations en mercure à Goury, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (février et novembre 2002-2004)

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.

L'évolution des valeurs de mercure observées à Goury et aux Moulinets en 2005 présentent la même allure qu'en 2004, avec cependant, des valeurs extrêmes plus prononcées (figure 12). En 2003 et début 2004, quelques analyses au point Moulinets ont dépassé les concentrations de Villerville. Celles-ci sont devenues proches des concentrations observées à Cherbourg dès le mois d'août 2004. En 2005, les concentrations au point Goury ont été légèrement supérieures à celles de Moulinets. Toutes ces valeurs, en générale supérieures à la médiane nationale, se trouvent cependant, très éloignées du seuil réglementaire de $2,5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps). Aucune tendance à moyen terme n'est décelable sur les trois années de suivi.

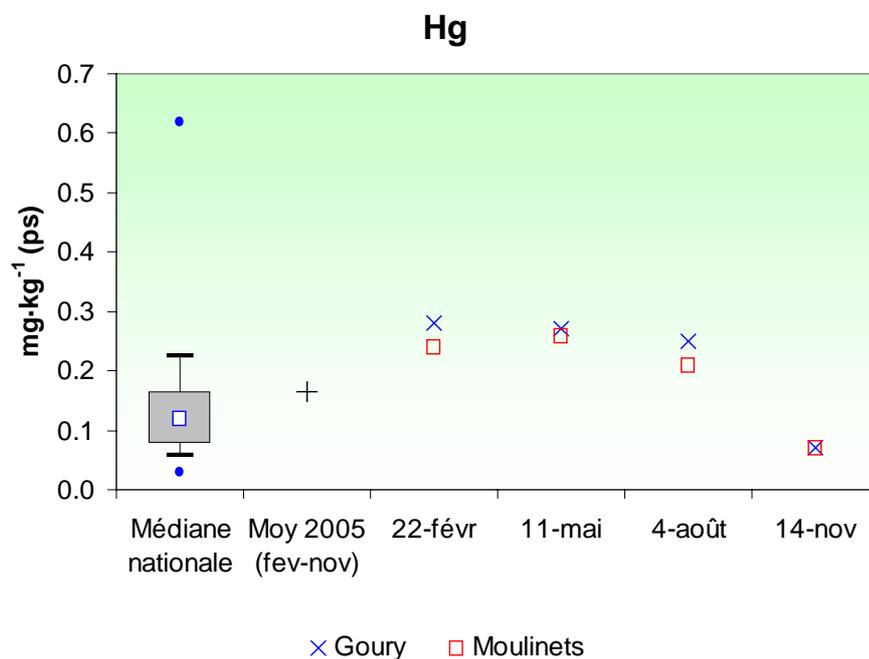


Figure 13 : Médiane nationale RNO du mercure (février et novembre 2002-2004), moyenne 2005 des valeurs de février et novembre (+), et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2005

La figure 13 présente la médiane nationale 2002-2004 (février et novembre) 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 entre février et août sont proches de la limite haute de 80 % des valeurs observées par le réseau sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse). Les valeurs enregistrées au mois de novembre sont proches de la limite basse de 80 % des valeurs observées. L'évolution saisonnière est comparable à celle du plomb et du cadmium. La moyenne 2005 des valeurs de février et de novembre, pour les deux points d'échantillonnage, est supérieure à la médiane nationale 2002-2004 (février et novembre). Elle se situe dans le cadre de 50 % de valeurs observées sur toute la France. Sur les quatre prélèvements de 2005, trois ont présenté des valeurs supérieures au point Goury.

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.

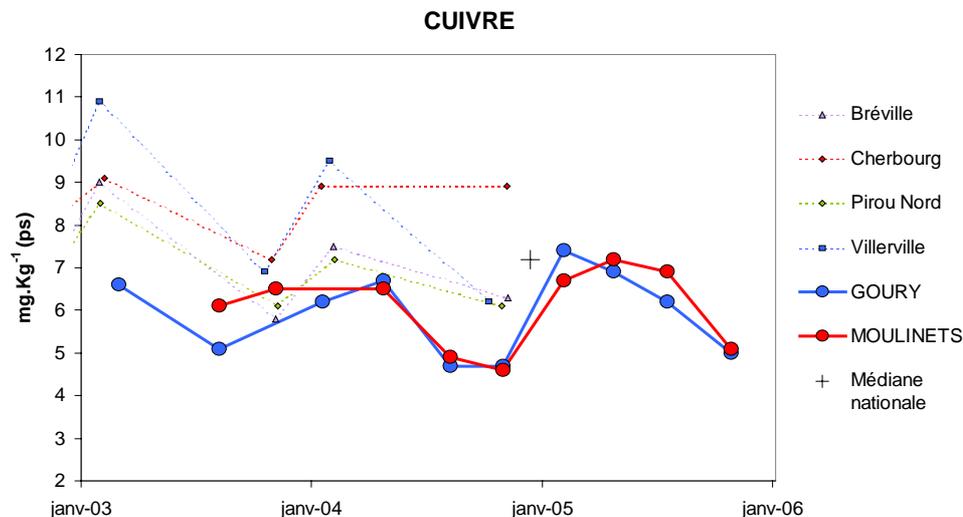


Figure 14 : Concentrations en cuivre à Goury, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux et médiane nationale (2002-2004)

Les valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2003 et 2004 ont été inférieures à celles enregistrées sur les autres points d'échantillonnage régionaux (figure 14). Ce phénomène est plus marqué en août et novembre 2004. En 2005 nous observons le même cycle annuel, avec de fortes valeurs en début d'année, qui peu à peu diminuent vers le minimum de novembre. Toutes les valeurs observées sur Goury et aux Moulinets se situent pratiquement en dessous de la médiane nationale 2002-2004. Aucune tendance à moyen terme n'est décelable sur les trois années de suivi.

La figure 15 présente la médiane nationale 2002-2004 (février et novembre) 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 de février à août se situent à l'intérieur de la boîte contenant 50 % des valeurs observées par le réseau RNO sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse). En novembre elles sont légèrement inférieures à la limite basse de la boîte contenant 80 % des valeurs. La moyenne 2005 des valeurs de février et de novembre, pour les deux points d'échantillonnage, est inférieure à la médiane nationale 2002-2004 (février et novembre). Une faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis.

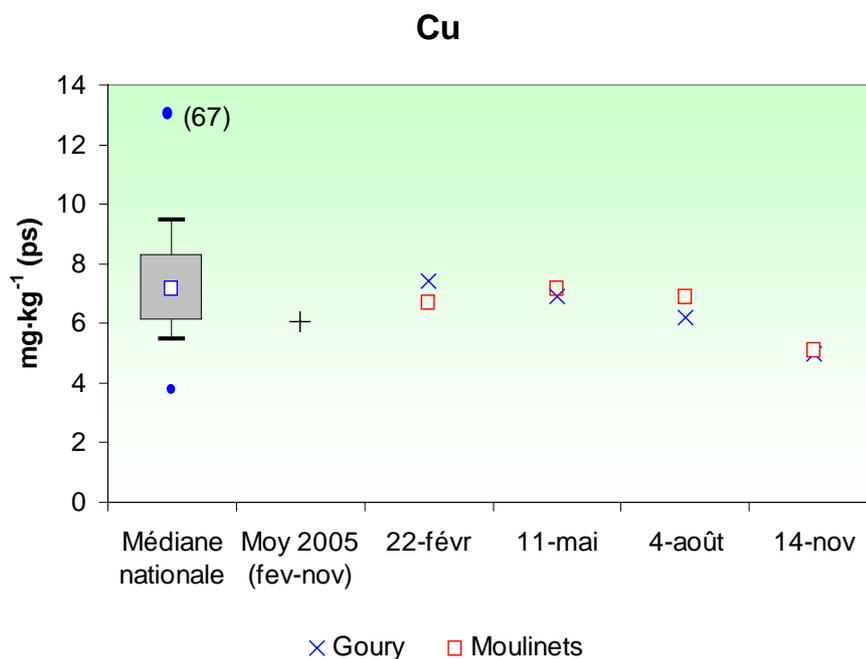


Figure 15 : Médiane nationale RNO du cuivre (2002-2004), moyenne 2005 des valeurs de février et novembre (+), et valeurs à Gourey et aux Moulinets en 2005

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.

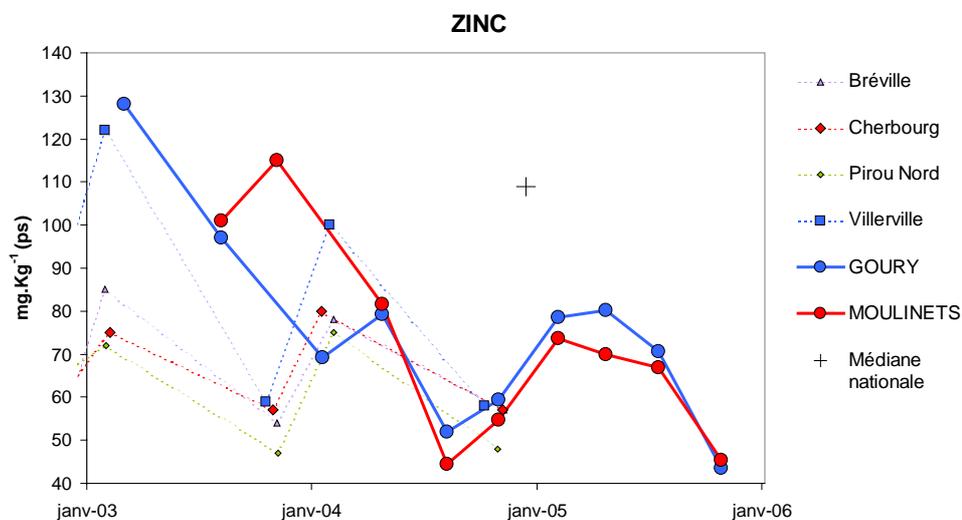


Figure 16 : Concentrations en zinc à Gourey, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux jusqu'en 2004. Rappel de la médiane nationale (2002-2004)

Les valeurs obtenues sur les points de Goury et des Moulinets en 2003 ont été supérieures à celles enregistrées sur les sites régionaux (figure 16). En 2004 les concentrations ont été similaires à celles observées à Villerville et Cherbourg et elles se situent en dessous de la médiane nationale. La Manche présente des valeurs de concentration en zinc inférieures à la zone atlantique et à la Méditerranée. En 2005 nous observons le cycle annuel, avec de fortes valeurs en début d'année, qui peu à peu diminuent vers le minimum de novembre. Compte tenue des valeurs observées en 2003, la tendance est à la baisse de concentrations. Ceci reste à confirmer, car les valeurs enregistrées en 2004 sont similaires à celles de 2005.

La figure 17 présente la médiane nationale 2002-2004 (février et novembre) 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 2005 se situent en dessous la limite basse de la boîte contenant 50 % de valeurs observées par le réseau RNO entre 2002 à 2004 sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse).

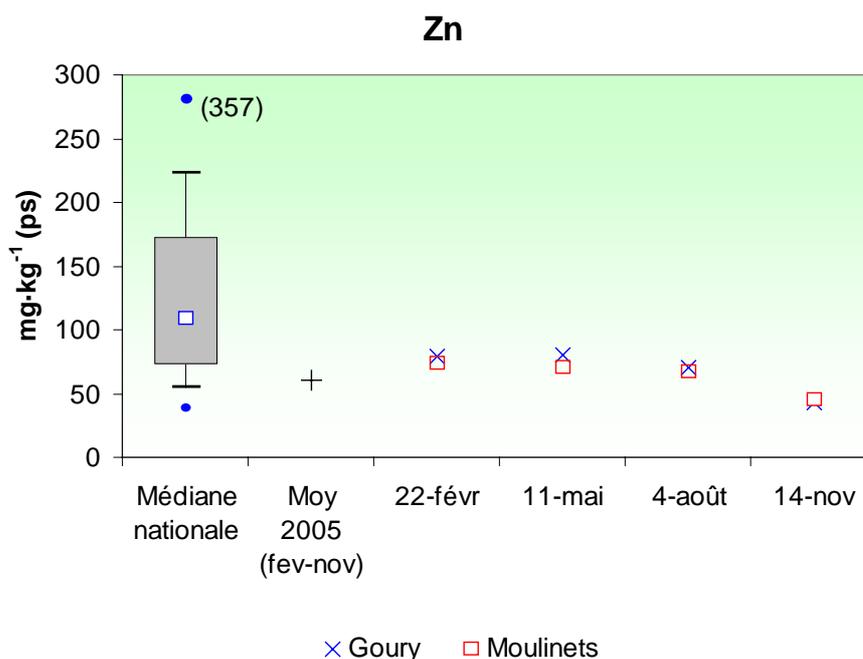


Figure 17 : Médiane nationale RNO du zinc (2002-2004), moyenne 2005 des valeurs de février et novembre (+), et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2005

La moyenne 2005 des valeurs de février et de novembre, pour les deux points d'échantillonnage, est très inférieure à la médiane nationale 2002-2004 (février et novembre). Une faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis.

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 observées aux points Goury et Moulinets en 2005 sont similaires à celles déjà enregistrées en 2003 et 2004 (figure 18). Les plus fortes valeurs sont observées de février à août, puis, la plus faible valeur de la série, au mois de novembre. 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 en 1999. Les concentrations en cobalt à Grandcamp-Maisy se trouvent dans la même plage de valeurs.

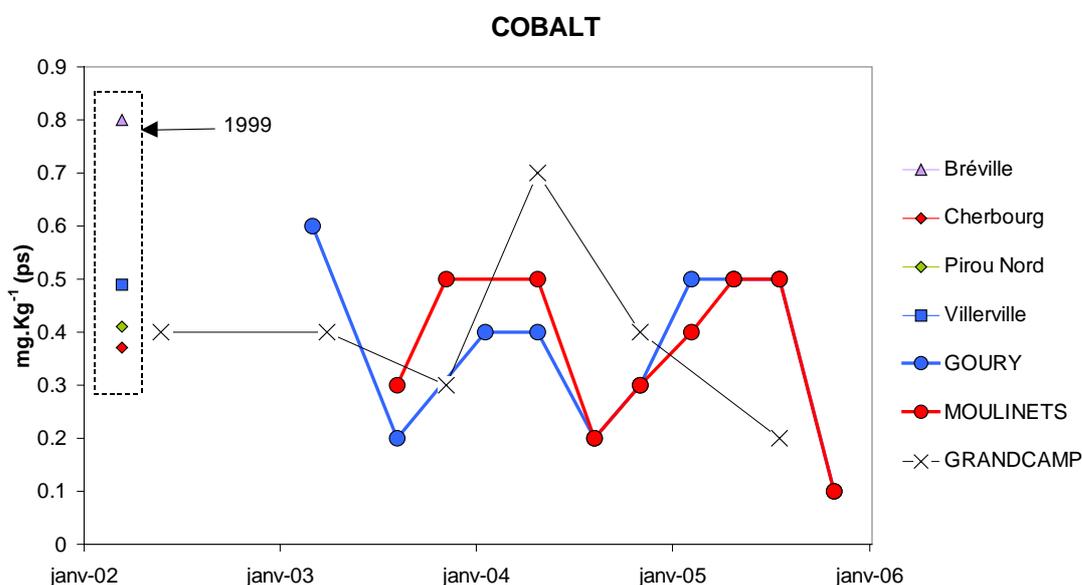


Figure 18 : Concentrations en cobalt à Goury, aux Moulinets et sur Grandcamp-Maisy

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 en 2005. L'ensemble de valeurs observées à Goury et aux Moulinets en 2005 se situent en dessous la limite basse de la médiane observée par l'IFREMER en 1999 sur l'ensemble de la France métropolitaine. La concentration enregistrée en novembre étant alors, la plus basse jamais observée. La moyenne 2005 des valeurs de février et de novembre, pour les deux points d'échantillonnage, est très inférieure à la médiane nationale 1999 (février et novembre). Une faible différence de valeurs est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis.

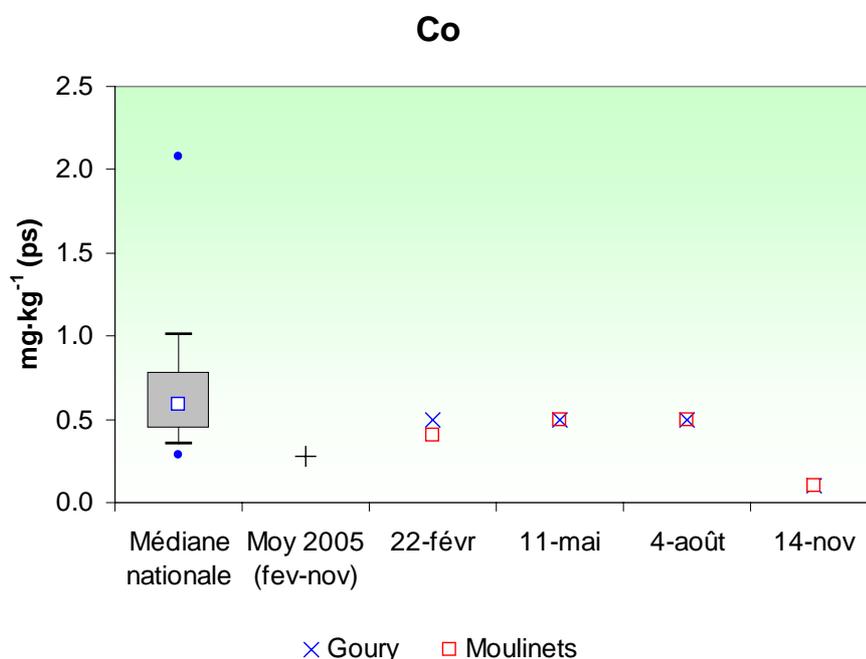


Figure 19 : Médiane RNO du cobalt en 1999, moyenne 2005 des valeurs de février et novembre (+), et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2005

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.

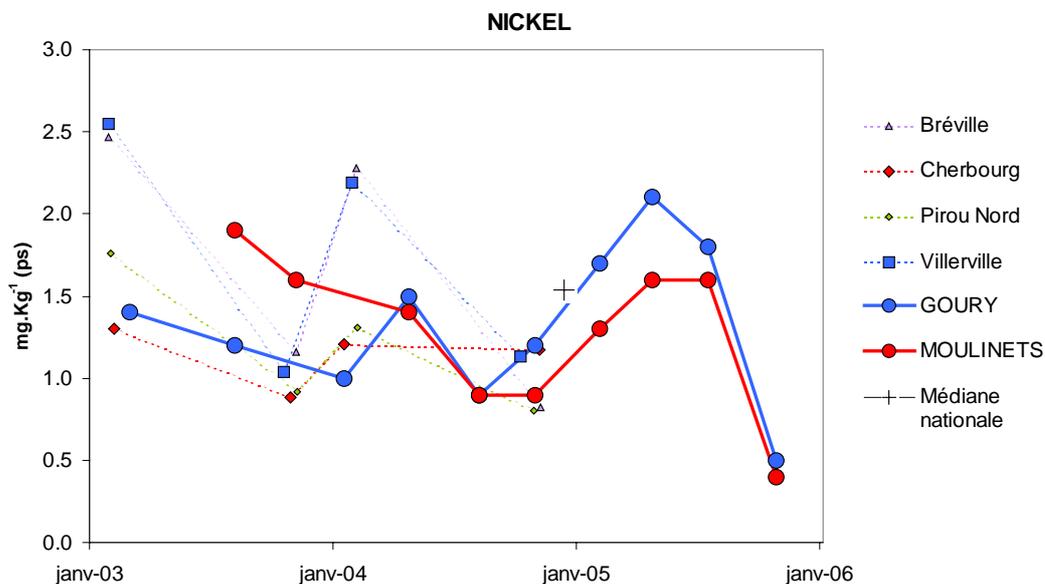


Figure 20 : Concentrations en nickel à Goury, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux jusqu'en 2004. Rappel de la médiane nationale (2003-2004)

Les valeurs obtenues aux points de Goury et des Moulinets en 2003 et 2004 se situent dans le cadre des valeurs observées sur les sites RNO régionaux et oscillent autour de la médiane nationale 2003-2004. En 2003, le point Moulinets présente des plus fortes concentrations par rapport à Goury, mais cette situation s'inverse en 2005. A l'exception des faibles valeurs du mois de novembre, le niveau de valeurs observées en 2005 sont comparables à la situation de 2003. En 2005 nous observons le cycle annuel, avec de fortes valeurs en début d'année, qui peu à peu diminuent vers le minimum de novembre.

La figure 21 présente la médiane nationale obtenue lors de la campagne de mesures de 2003 et 2004 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 entre février et août sont à l'intérieur de la boîte contenant 50 % des valeurs observées par le réseau sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse). Les valeurs enregistrées au mois de novembre sont proches de la valeur minimale observée. La moyenne 2005 des valeurs de février et de novembre, pour les deux points d'échantillonnage, est très inférieure à la médiane nationale (février et novembre).

En règle générale, les concentrations observées au point Goury sont supérieures à celles de Moulinets, bien qu'aux mois d'août et novembre ces différences soient minimes.

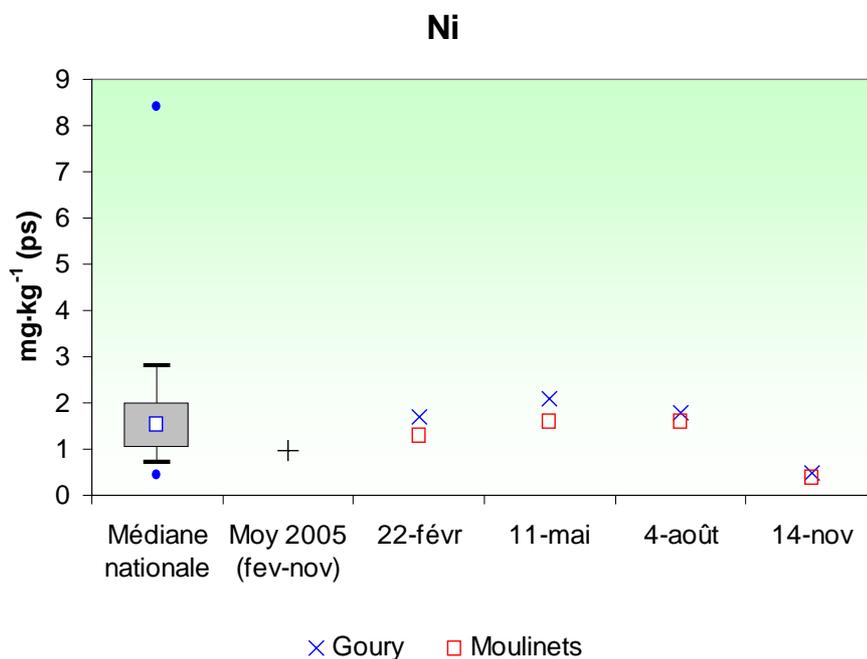


Figure 21 : Médiane nationale RNO du nickel (2003-2004), moyenne 2005 des valeurs de février et novembre (+), et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2005

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.

En 2003, Les concentrations en chrome aux points Goury et Moulinets encadrent celles des points régionaux RNO, où le point Moulinets présente les plus fortes valeurs. En 2004, la situation s'inverse, et il faut atteindre les prélèvements d'août et novembre pour que l'ensemble de points COGÉMA et RNO trouvent des valeurs similaires. Cependant, force est de constater que toutes les concentrations observées sont très éloignées de la médiane nationale. Le même cycle annuel, déjà mis en évidence pour les autres métaux en 2005, est aussi observé pour le chrome.

La figure 23 présente la médiane nationale obtenue lors de la campagne de mesures de 2002 à 2004 avec sa dispersion ainsi que les valeurs observées aux points Goury et Moulinets pour chaque date de prélèvement. Les valeurs observées à Goury de février à août se situent au dessus de la médiane nationale, tandis que celles du point Moulinets, pour la même période, sont en dessous. Encore une fois, les valeurs enregistrées en novembre sont très inférieures à celles des trois premiers prélèvements de l'année.

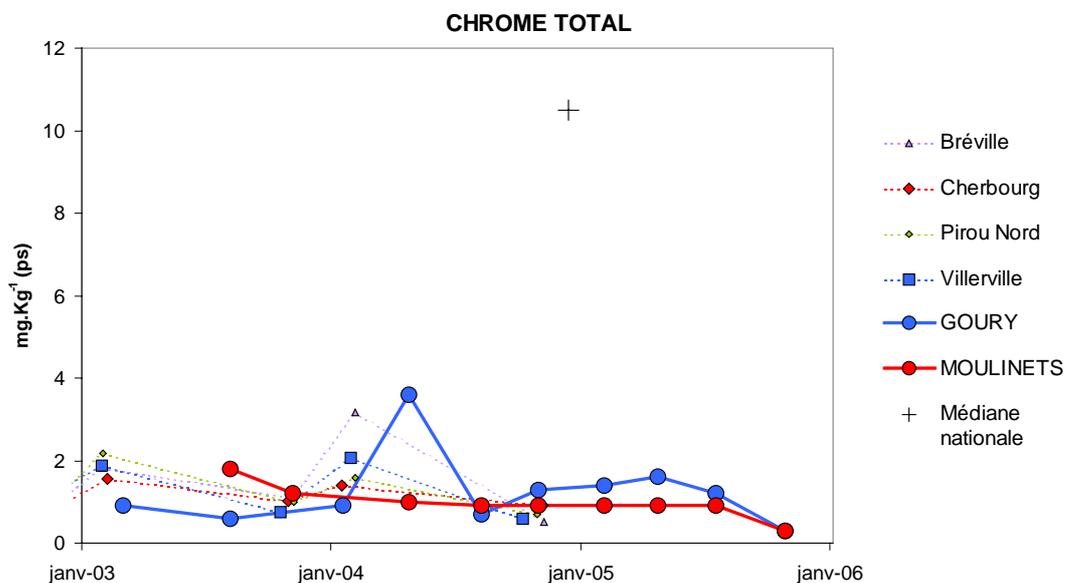


Figure 22 : Concentrations en chrome à Goury, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux jusqu'en 2004. Rappel de la médiane nationale (2002-2004)

La moyenne des valeurs de février et novembre 2005, pour les deux points d'échantillonnage, est très inférieure à la médiane nationale 2002-2004 (février et novembre).

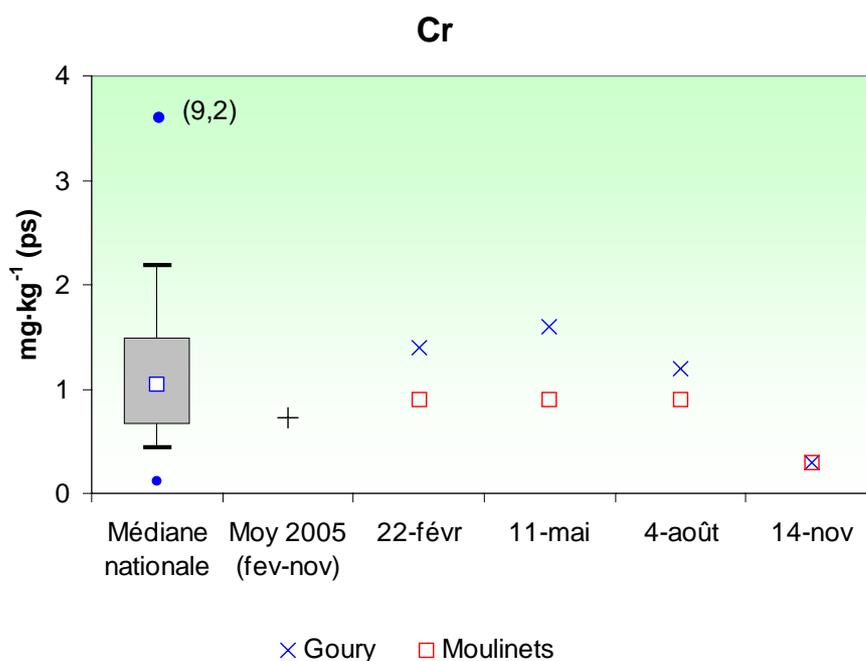


Figure 23 : Médiane nationale RNO du chrome (2002-2004), moyenne 2005 des valeurs de février et novembre (+), et valeurs à Goury et aux Moulinets en 2005

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 suivre son évolution et comparer les résultats obtenus sur les points Goury et Moulinets 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).

En 2003 et 2004, les valeurs du point Moulinets ont été supérieures à celles de Goury, bien qu'à l'intérieur de la variabilité présentée par les concentrations à Grandcamp-Maisy (figure 24). En 2005 le fer suit la même évolution que tous les contaminants métalliques, avec de plus fortes concentrations de février à août et ensuite une chute de valeurs en novembre.

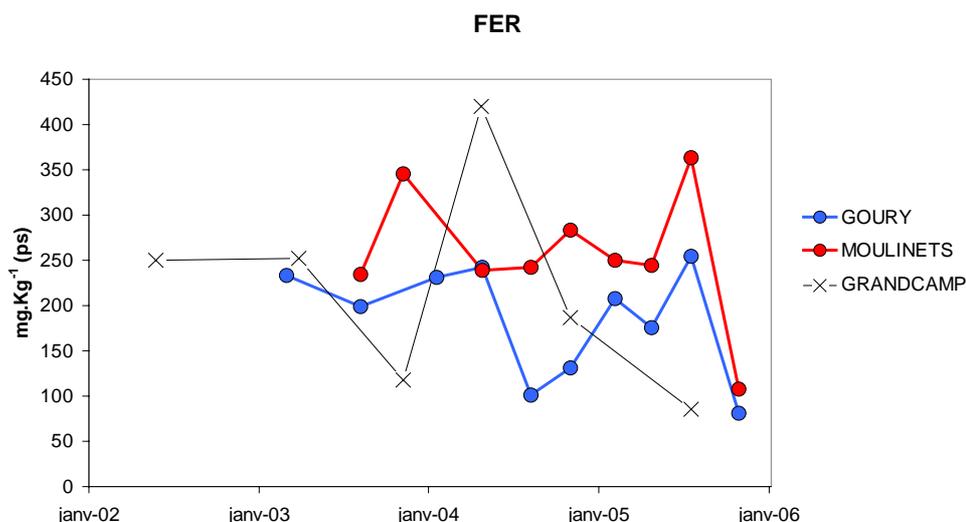


Figure 24 : Évolution des concentrations en fer des lots de moules sur Grandcamp-Maisy, à Goury et aux Moulinets

Les valeurs plus bas de la série sont enregistrées en novembre 2005. Sans tenir compte de ces dernières, la série du point Moulinets ne présente pas de tendance évolutive, contrairement au point Goury, qui semble présenter une diminution de valeurs. La plus forte concentration de fer au point Moulinets pourrait avoir par origine les anciennes installations de pompage, toujours présentes, dans l'ancienne bâtisse en béton (cf. § 1.1).

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 suivre son évolution et comparer les résultats obtenus sur les points Goury et Moulinets 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).

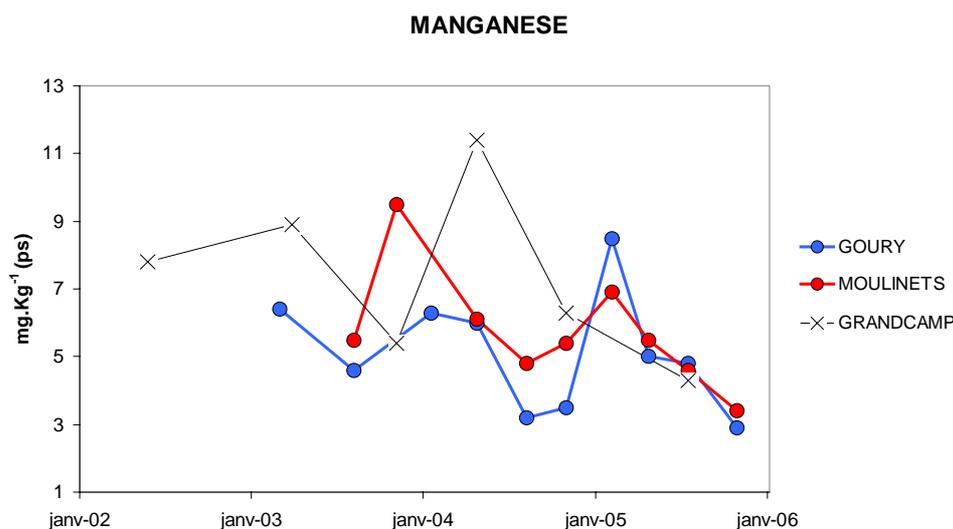


Figure 25 : Évolution des concentrations en manganèse des lots de moules sur Grandcamp-Maisy, à Goury et aux Moulinets

En 2003 et 2004, les concentrations au point Moulinets ont été supérieures à celles de Goury, situation qui change en 2005, où aucun des points ne présente une nette dominance de valeurs (figure 25). Pour la manganèse nous observons une diminution

régulière de concentrations de février à novembre, où les valeurs les plus basses de la série sont atteintes.

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 suivre son évolution et comparer les résultats obtenus sur les points Goury et Moulinets 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).

De août 2004 à mai 2005, les concentrations en aluminium du point Moulinets ont été supérieures à celles de Goury (figure 25). En-dehors de cette période les valeurs observées sur les deux points ont été sensiblement similaires. L'ensemble de concentrations en aluminium enregistrées aux deux points de suivi restent en dessous des maximums observées en 2002 et 2004 à Grandcamp-Maisy.

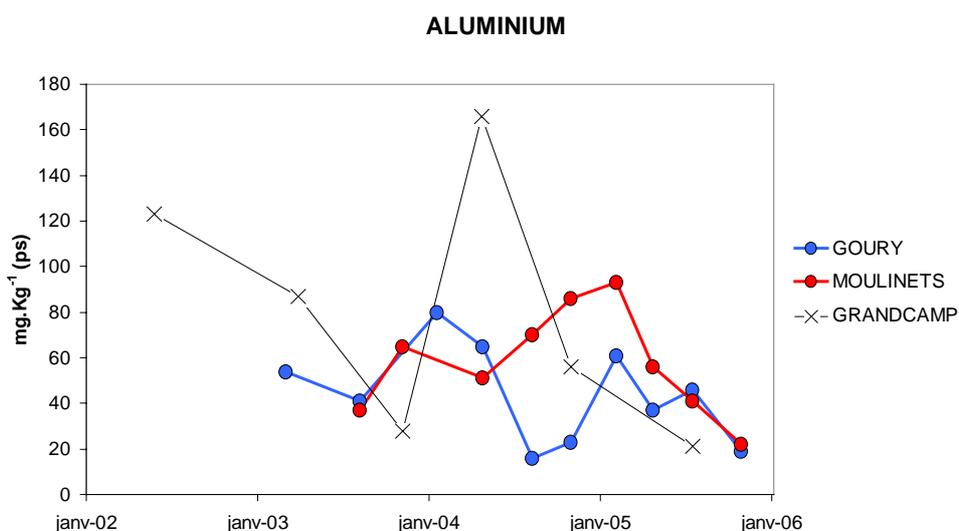


Figure 26 : Évolution des concentrations en aluminium des lots de moules sur Grandcamp-Maisy (état *zéro*), à Goury et aux Moulinets

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'évolution 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
22/02/2005	1,4	1,5	<1	<1	<1	<1
11/05/2005	<1	<1	<1	<1	<1	<1
04/08/2005	<1	<1	<1	<1	<1	<1
14/11/2005	1,4	<1	<1	<1	<1	<1

Pesticides (MOULINETS)						
Date	DDT	DDE	DDD	α HCH	β HCH	γ HCH
22/02/2005	1,8	1,5	<1	<1	<1	<1
11/05/2005	<1	<1	<1	<1	<1	<1
04/08/2005	<1	<1	<1	<1	<1	<1
14/11/2005	<1	<1	<1	<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 2005

POLYCHLOROBIPHENYLES (GOURY)											
Date	CB28	CB31	CB35	CB52	CB101	CB105	CB118	CB138	CB153	CB156	CB180
22/02/2005	1,4	<1	<10	<1	4,6	1,7	5,9	17	28	<1	<1
11/05/2005	1,3	<1	<10	<1	1,5	1,2	1,3	3,6	7,3	<1	<1
04/08/2005	<1	<1	<10	<1	<1	<1	<1	1,9	4,3	<1	<1
14/11/2005	7,4	<1	<10	8,2	8,1	2,6	7,4	14	22	<1	<1

POLYCHLOROBIPHENYLES (MOULINETS)											
Date	CB28	CB31	CB35	CB52	CB101	CB105	CB118	CB138	CB153	CB156	CB180
22/02/2005	1,9	<1	<10	<1	7,1	2,1	8,8	23	37	<1	<1
11/05/2005	1,9	<1	<10	<1	<1	<1	2,3	5,7	8,1	<1	<1
04/08/2005	1	<1	<10	<1	<1	<1	1,7	1,8	3,1	<1	<1
14/11/2005	1,8	<1	<10	<1	1,8	1,1	3,6	2,9	4,9	<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 2005

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 à Goury et aux Moulinets en 2003 ont été supérieures à celles enregistrées sur les autres points d'échantillonnage régionaux (figure 27). En 2004, elles se situent en dessous de celles observées à Cherbourg. En 2005 nous observons les plus fortes valeurs en début d'année, valeurs qui diminuent dès le moi de mai. Toutes les valeurs observées sur Goury et aux Moulinets cette année se situent en dessous de la médiane nationale 2002-2004.

La figure 28 présente la médiane nationale 2002-2004 (novembre) 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 tout le long de l'année se situent à l'intérieur de la boîte contenant 50 % des valeurs observées par le réseau RNO sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse).

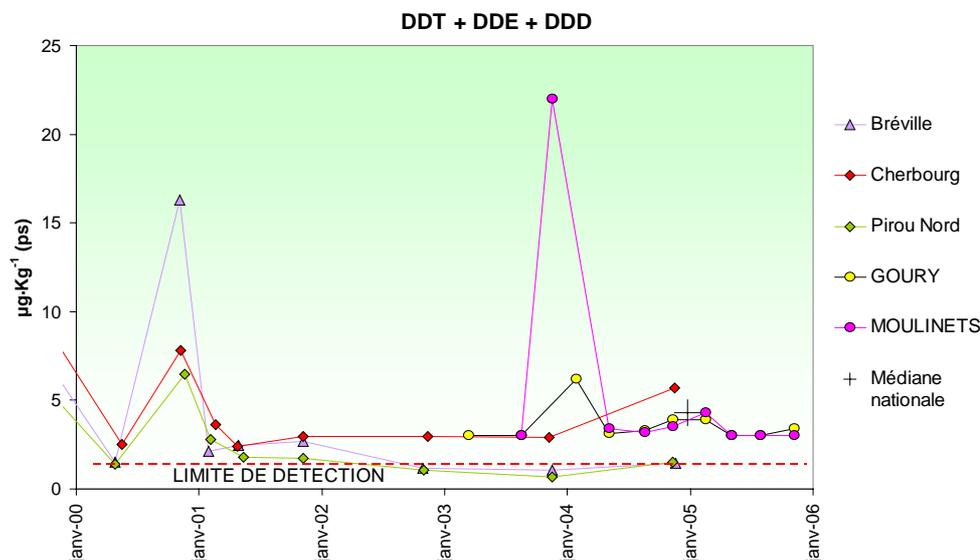


Figure 27 : Concentrations en DDT+DDD+DDE à Goury, aux Moulinets et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale (2002-2004)

La moyenne 2005 des valeurs de novembre, pour les deux points d'échantillonnage, est légèrement inférieure à la médiane nationale 2002-2004. Aucune différence significative n'est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis.

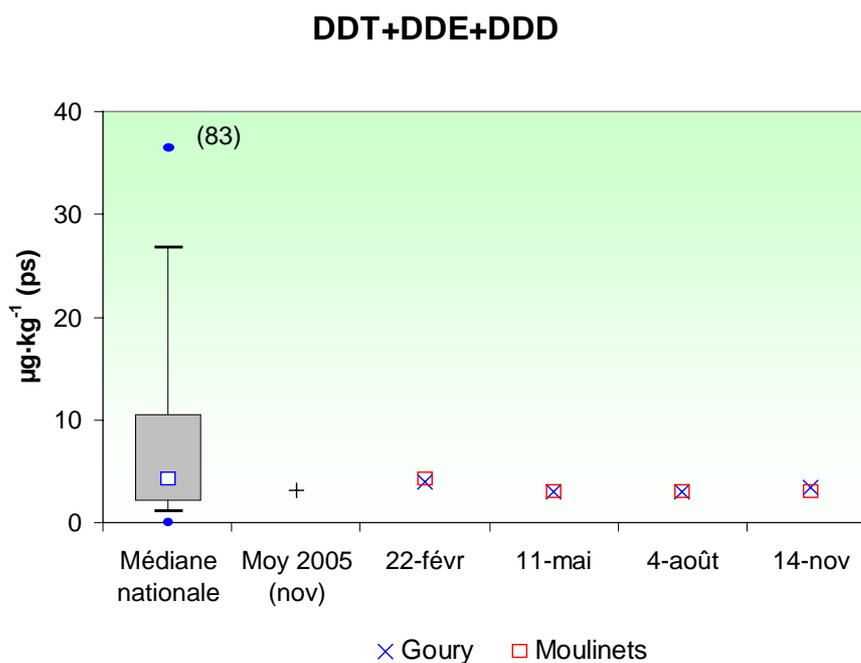


Figure 28 : Concentrations en DDT+DDD+DDE à Goury et aux Moulinets en 2005, moyenne 2005 des valeurs de novembre (+), et médiane nationale 2002-2004 (novembre)

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.

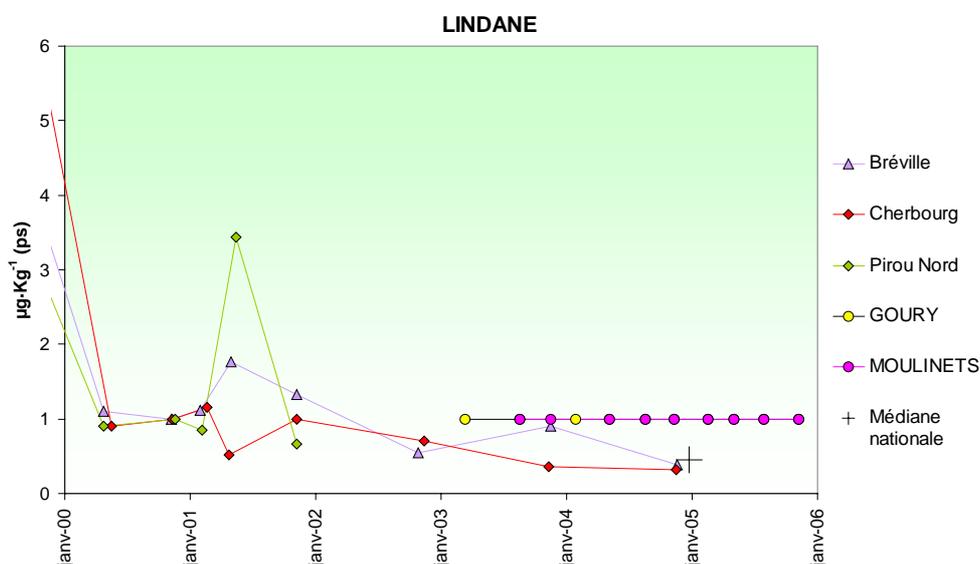


Figure 29 : Concentrations en Lindane à Goury, aux Moulinets en 2005, sur les sites RNO régionaux et médiane nationale 2002-2004 (novembre)

Nous observons une diminution des concentrations en lindane sur les points régionaux du réseau RNO (figure 29). Les différences dans le calcul des concentrations du lindane dans les échantillons de COGEMA et du RNO ne permettent pas de comparer directement ces concentrations, quand elles sont aussi basses. La limite de détection analytique que nous utilisons depuis 2003 est de $1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ps), seuil que jusqu'au auparavant suffisait, mais qu'avec la forte chute des concentration de Lindane dans la nature devient inexploitable. A partir de l'année prochaine, nous abaisserons le seuil de détection afin de mieux comparer les résultats de deux réseau de surveillance.

Toutes les valeurs enregistrées depuis 2003 se situent cependant en dessous de $1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ps). La faible activité agricole de la pointe de La Hague peut expliquer ces faibles concentrations en Lindane.

La figure 30 présente la médiane nationale 2002-2004 (novembre) 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 tout le long de l'année

se situent au dessus de la médiane nationale à cause du seuil de détection analytique qui est égale à $1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ps).

LINDANE

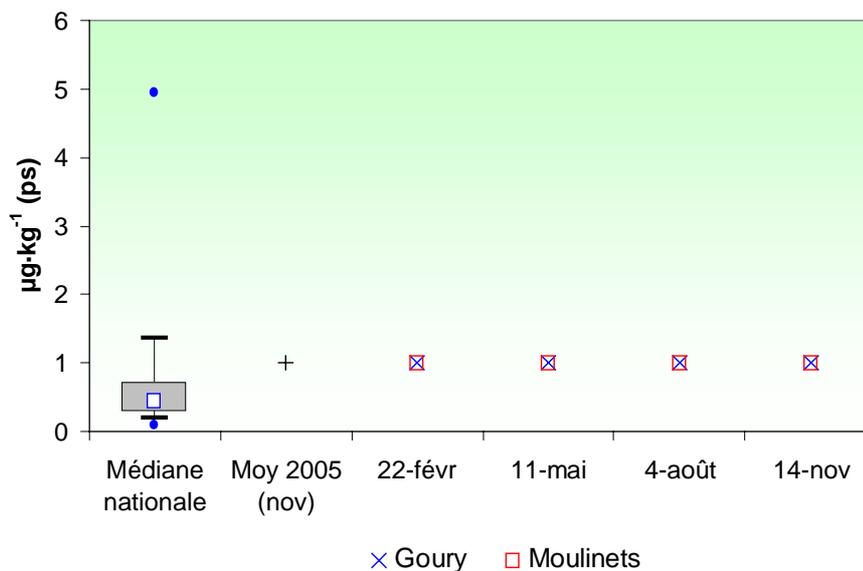


Figure 30 : Concentrations en Lindane à Goury et aux Moulinets en 2005, moyenne 2005 des valeurs de novembre (+), et médiane nationale 2002-2004 (novembre)

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 (CB_{153}) des échantillons de la rade de Cherbourg sont supérieures à celles observées sur les autres points du réseau RNO local (figure 31) ; ces valeurs restent cependant inférieures à la médiane nationale 2002-2004 dès 2002. En novembre 2003 et février 2004 nous observons des fortes valeurs à Goury et aux Moulinets, valeurs qui diminuent rapidement en dessous de celles de Cherbourg en août et novembre 2004. En 2005 nous observons le même cycle annuel qu'en 2004, avec un maximum en février, une diminution vers le minimum annuel du mois

d'août et une augmentation en novembre. Le cycle 2005 présente des concentrations inférieures à celles de 2004.

La figure 32 présente la médiane nationale 2002-2004 (novembre) 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 tout le long de l'année se situent à l'intérieur de la boîte contenant 50 % des valeurs observées par le réseau RNO sur l'ensemble de la France métropolitaine (Corse incluse), à l'exception de la concentration enregistrée aux Moulinets en février et celles observées en été, qui se situent en dessous de cette boîte.

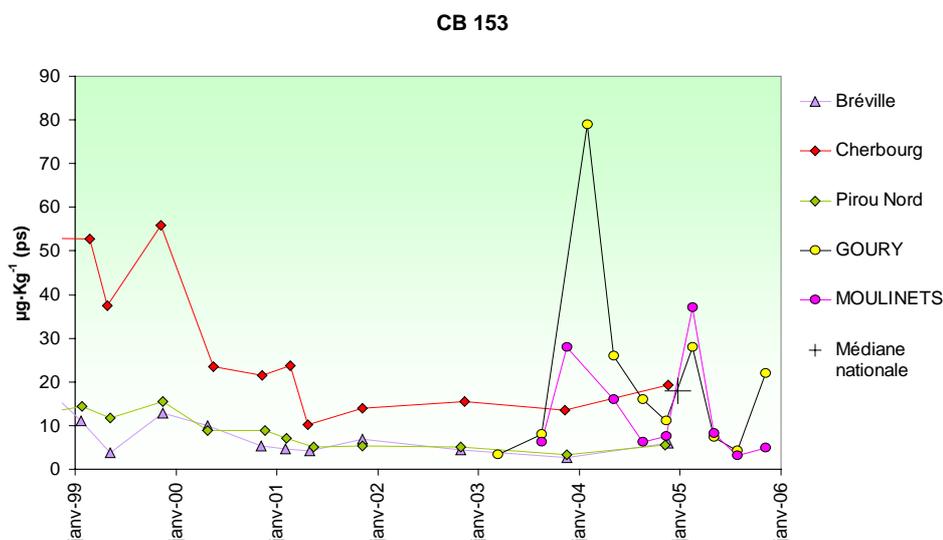


Figure 31 : Concentrations en CB₁₅₃ à Goury et aux Moulinets en 2005 sur les sites RNO régionaux et médiane nationale 2002-2004

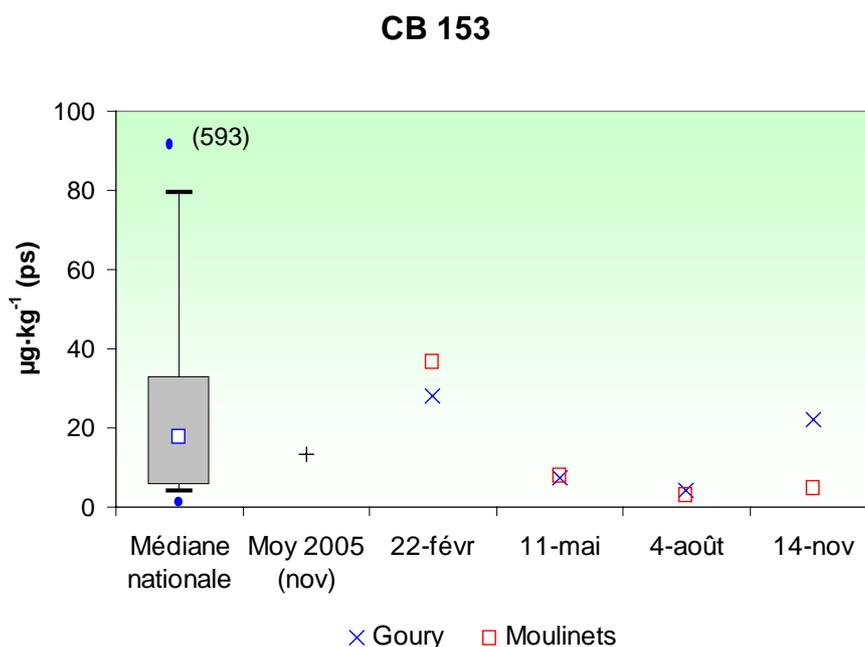


Figure 32 : Concentrations en Lindane à Goury et aux Moulinets en 2005, moyenne 2005 des valeurs de novembre (+), et médiane nationale 2002-2004 (novembre)

La moyenne 2005 des valeurs de novembre, pour les deux points d'échantillonnage, est inférieure à la médiane nationale 2002-2004 (novembre). Aucune différence significative n'est observée entre les concentrations des deux points d'échantillonnage suivis en mai et en août. Au mois de février, la valeur du point Moulinets est supérieure à celle de Goury, tandis qu'en novembre la situation s'inverse.

3.4. Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : *Fluoranthène*

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. De même que le réseau RNO, lors des bulletins de surveillance régionaux, nous adoptons dès cette année, le Fluoranthène comme meilleur traceur de l'évolution des HAP.

Synthèse des résultats analytiques

Les tableaux 5 présente les valeurs analytiques du Fluoranthène obtenues pour les lots de moules en 2005.

Date	Goury	Moulinets
22/02/2005	9,4	6
11/05/2005	1,7	<1
04/08/2005	<1	<1
14/11/2005	2,6	1,5

Tableau 5 : Concentrations de Fluoranthène pour les points Goury et Moulinets en 2005 en $\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ (ps)

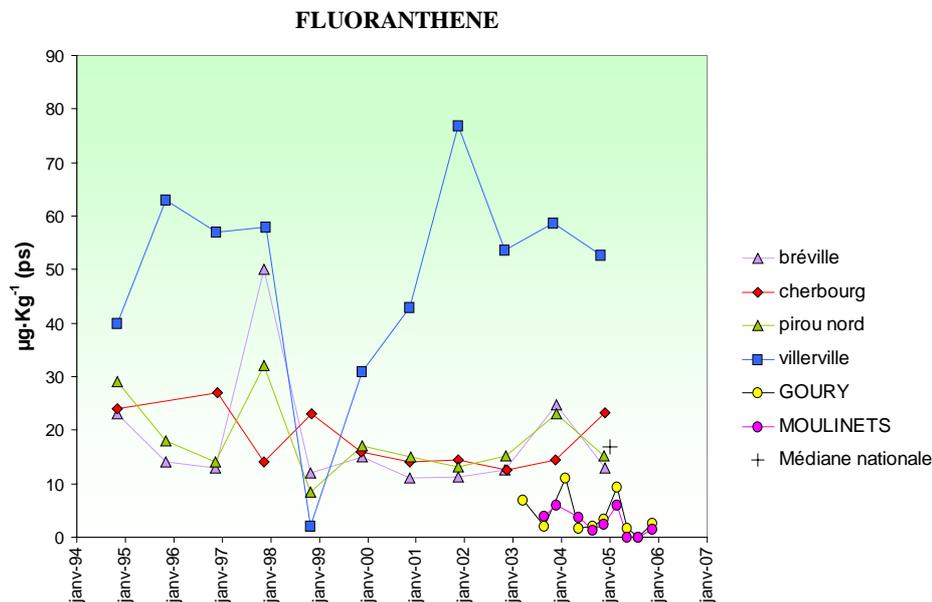


Figure 33 : Concentrations en Fluoranthène à Goury et aux Moulinets en 2005 et sur les sites RNO régionaux. Rappel de la médiane nationale 2002-2004 (novembre)

Les concentrations en Fluoranthène 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 2002-2004 au niveau national, où le maximum a atteint $189,5 \mu\text{g}/\text{kg}$ [ps] (figure 34). Ceci s'explique par la forte activité pétrochimique du Havre et de Méditerranée. Les valeurs enregistrées en 2004 sur l'ensemble de points régionaux sont proches de la médiane nationale (2002-2004), tandis que les concentrations enregistrées aux points Goury et Moulinets depuis 2003 se situent en dessous de cette médiane nationale.

Fluoranthène

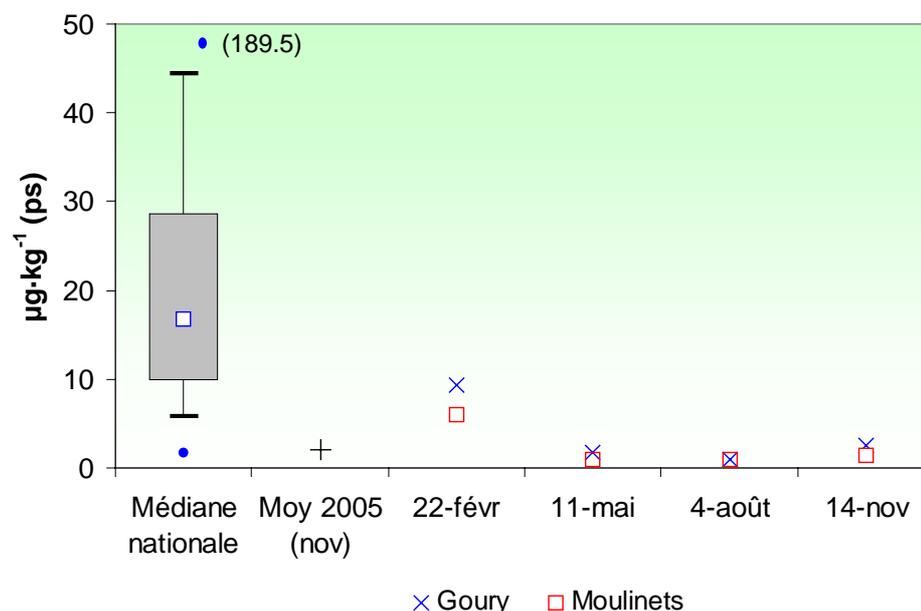


Figure 34 : Concentrations en Fluoranthène à Goury et aux Moulinets en 2005, moyenne 2005 des valeurs de novembre (+), et médiane nationale 2002-2004 (novembre)

La figure 34 présente la médiane nationale obtenue lors des campagnes de mesure de 2002 à 2004 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 2005 présentent un maximum annuel en février avec une diminution de valeurs à partir de mai. Sauf au mois de février, où la valeur au point Goury est supérieure à celle des Moulinets, nous n'observons pas des différences significatives entre les deux points d'échantillonnage.

3.5. Approche statistique

Nous observons aux points Goury et Moulinets, une tendance significative à la diminution de la concentration du zinc (tableau 6). Nous observons également une diminution de la concentration en chrome au point Moulinets.

Bien que les séries temporelles soient encore réduites, nous avons comparé, pour chaque paramètre, les différences entre les valeurs du point Goury et celles du point Moulinets par un test apparié. Seul le fer a présenté de différences significatives entre les points Goury et Moulinets au seuil de 95 %.

Nous constatons d'une part, que sur les derniers trois ans, la plupart de paramètres oscillent autour d'une moyenne annuelle et que d'autre part, les différences entre les deux points d'échantillonnage ne sont pas significatives.

Cette approche prendra toute sa force au fur et à mesure que la série de valeurs deviendra plus nombreuse et que des approches statistiques plus sophistiquées pourront être utilisées.

	Tableau A				Tableau B	
	GOURY		MOULINETS		GOURY/MOULINETS	
	<i>p</i>	Tendance	<i>p</i>	Tendance	<i>p</i>	résultat
Métaux						
PB	0,313	↔	0,165	↔	0,42	=
HG	0,827	↔	0,882	↔	0,34	=
CD	0,575	↔	0,520	↔	0,41	=
NI	0,789	↔	0,166	↔	0,13	=
CR	0,839	↔	0,005	↓	0,34	=
CU	0,955	↔	0,961	↔	0,41	=
CO	0,642	↔	0,638	↔	0,60	=
ZN	0,031	↓	0,040	↓	0,15	=
Al	0,211	↔	0,614	↔	0,11	=
Fe	0,257	↔	0,480	↔	0,01	≠
Mn	0,390	↔	0,094	↔	0,27	=
Organochlorés						
DDT+DDE+DDD	0,629	↔	0,268	↔	0,81	=
Lindane	1,000	↔	1,000	↔	1,00	=
PCB - CB153	0,627	↔	0,512	↔	0,18	=
HAP						
Fluoranthène	0,325	↔	0,099	↔	0,608	=

Tableau 6 : Valeurs de la probabilité associée *p*, pour les tests de signification de la pente de la droite de régression pour chaque paramètre et par point d'échantillonnage (tableau A). Comparaison par paramètre des différences entre les points Goury et Moulinets (tableau B)

4. Conclusions

En comparant la médiane nationale 2002-2004 (février et novembre) avec la moyenne des analyses 2005 pour chaque paramètre dans la même période, nous observons que seule la moyenne 2005 en mercure se situe au dessus de la médiane nationale. Elle reste toutefois à l'intérieur de la boîte contenant 50 % des valeurs et très en dessous du seuil administratif européen de $2,5 \text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ en poids sec.

Les moyennes des concentrations (février-novembre) en plomb, zinc, cuivre, cobalt, chrome, nickel et cadmium se situent proches ou en dessous de la médiane nationale 2002-2004. Une plus forte concentration en chrome est observée au point Goury en février, mai et août 2005, bien qu'une diminution générale de sa concentration est observée en 2005 par rapport aux valeurs enregistrées en 2004.

De l'étude réalisée en 2005, à partir des prélèvements effectués en février, mai, août et novembre, un cycle saisonnier est mis en évidence pour les contaminants métalliques, avec des plus fortes valeurs observées de février à août et un minimum en novembre. Les concentrations en fer manganèse et aluminium restent stables par rapport aux valeurs observées à Grandcamp-Maisy, dans la côte ouest du Cotentin. Les concentrations en fer au point Moulinets, en 2005, sont supérieures à celles observées à Goury, tandis que pour le manganèse et l'aluminium nous n'observons pas de tendance particulière.

Pour les pesticides DDT, DDE et DDE, les valeurs observées en 2005 se situent en dessous de la valeur de la médiane nationale 2002-2004 (novembre). Le Lindane présente depuis 2003 des concentrations inférieures au seuil de détection de la méthode analytique ($1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ [ps]). Jusqu'en 2004, la médiane nationale a été supérieure à ce seuil, mais étant donné que le niveau des concentrations en Lindane diminuent année sur année, la médiane nationale diminue aussi, se trouvant dès 2005 en dessous du seuil analytique. Pour la campagne 2006 nous devons augmenter la sensibilité de la méthode afin de pouvoir continuer à comparer les résultats de Goury et Moulinets avec le réseau RNO.

Le congénère CB₁₅₃ des polychlorobiphényles présente un cycle saisonnier, avec une diminution des concentrations de l'hiver vers l'été et un regain de concentration en novembre. La plus forte valeur enregistrée en 2005 a été observée au point Moulinets au mois de février avec $37 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (ps). Au mois de novembre la concentration en CB₁₅₃, à l'inverse de la situation observée en février, a été supérieure au point Goury. La valeur de la moyenne du mois de novembre 2005 est cependant inférieure à la médiane nationale 2002-2004.

Les concentrations en Fluoranthène se situent toutes en dessous de la médiane nationale 2002-2004. Au mois de février, elles sont supérieures à celles enregistrées en mai, août et novembre ; bien qu'au mois de novembre, une légère augmentation de concentrations soit observée.

L'étude statistique sur l'ensemble de données enregistrées depuis 2003 met en évidence des oscillations saisonnières avec une stabilité pluriannuelle des valeurs.

Seules le chrome, pour le point Moulinets, et le zinc pour les deux points, présente une tendance à la diminution. Bien que localement sur une année nous observons des différences des valeurs supérieures sur l'un des points d'échantillonnage, de l'étude statistique sur l'ensemble de données, nous n'observons une différence significative que pour le fer.

En conclusion, en 2005 nous n'observons pas d'effet chronique de l'activité industrielle de la COGEMA sur le suivi des paramètres suivis.

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 Moulinets (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.