

Impact de la marée noire de l'Erika sur la loutre d'Europe (côtière et insulaire) et le phoque gris

Lionel Lafontaine^{1 2}, Sami Hassani^{1 2}, Vasco Pereira Da Silva³, Sylvie Simonin³ et Michel Robert⁴

Résumé :

Cette contribution a fait l'objet d'une étude retenue dans le cadre de l'appel à projets "suivi-Erika" coordonné par l'INERIS et l'IFREMER, et financé par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. La loutre et le phoque gris situés au sommet des réseaux trophiques supérieurs peuvent concentrer les contaminants chimiques qu'ils ingèrent *via* leurs proies. Pour cela, une recherche de traceurs du pétrole de l'Erika (nickel et vanadium) a été réalisée sur des épreintes de loutres et des échantillons sanguins de phoques gris. Il a été également tenté de déceler la contamination par le dosage de bio-marqueurs que sont les porphyrines, pigments qui interviennent dans la synthèse de l'hémoglobine. Les variations respectives des taux de porphyrines ou de certains de leurs composants peuvent en effet traduire une perturbation liée à un dysfonctionnement physiologique induit par une source de pollution diffuse ou aiguë.

Les résultats de cette étude révèlent, de manière contrastée, quelques disparités quant aux effets mesurés de la pollution de l'Erika sur les loutres et les phoques gris.

Pour les échantillons de loutres (épreintes), espèce "géoréférencable", la comparaison de sites occupés plus ou moins souillés par le pétrole de l'Erika (Noirmoutier, Nord Loire) ou témoins, tant côtiers que dulçaquicoles, ont révélé des disparités statistiquement significatives dans le ratio des taux de certains composants de porphyrines. On a observé une évolution graduelle du rapport nickel-vanadium entre sites impactés / moins impactés et témoins, bien que cette tendance ne soit pas ici statistiquement significative. Néanmoins ce travail préliminaire s'est probablement effectué sur un échantillonnage trop restreint qu'il est prévu de compléter pour confirmer ces premières tendances, un suivi pertinent nécessitant de s'inscrire dans la durée.

Mots-clés : loutres, phoques, contamination, pétrole, Erika, traceurs, bio-marqueurs, nickel, vanadium, porphyrines, épreintes, sang, otters, seals, oilspill, pollution markers.

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS

En décembre 1999 le naufrage de l'Erika provoqua une marée noire qui, à l'inverse des accidents précédents, toucha d'abord le large et le milieu pélagique. Ce n'est qu'au cours des semaines suivantes que plusieurs dizaines de kilomètres de côtes du littoral Atlantique français furent touchées. L'impact de cette pollution serait donc double, touchant à la fois le milieu côtier et benthique, ainsi que la colonne d'eau pélagique.

Quelles en sont les conséquences, les atteintes et les niveaux de contamination des réseaux trophiques et de leurs différents maillons ?

Comment explorer, quantifier et échantillonner ?

Sur quels organismes est-il pertinent de mener des études ?

Sachant que chaque niveau trophique peut apporter un élément de réponse.

Le besoin de données de référence, de séries temporelles longues permettant d'avoir suffisamment de recul se pose. De plus, la plupart des études d'impact des pollutions se sont souvent cantonnées à quantifier le niveau de contamination comme mesure de

¹ Laboratoire d'Études des Mammifères marins, Océanopolis, BP 411, 29275 Brest Cedex

² E-mails de correspondance : lionel.lafontaine@wanadoo.fr et sami.hassani@oceanopolis.com

³ Centre Français des Porphyrines, INSERM U 409, CHU L. Mourier, 92701 Colombes

⁴ Centre commun d'Analyses, Université de La Rochelle, 17071 La Rochelle Cedex 09

niveau d'exposition. Il semble aujourd'hui plus pertinent d'essayer de rechercher, parallèlement au contaminant, des bio-marqueurs qui expriment une réponse de l'organisme à une exposition ou à une contamination chimique (Reijnders *et al.*, 1999), même s'il reste difficile d'établir le lien de cause à effet (Peakall, 1999).

Situés au sommet des réseaux alimentaires, les prédateurs supérieurs que sont la loutre et les pinnipèdes (phoque gris *Halichoerus grypus*), concentrent par phénomène de bio-accumulation les polluants organiques et minéraux qu'ils ingèrent via leurs proies. De ce fait, des composés tels que les hydrocarbures et les métaux qui y sont associés peuvent se retrouver à des concentrations bien plus importantes que ce qui est détectable (ou non) dans les maillons inférieurs. Ceci peut induire chez ces espèces des effets pathologiques en termes de génotoxicité, d'altération du succès reproducteur (Reinders 1986), et d'immunodéficience (Ros, 1995). Ce qui est susceptible d'avoir une incidence dans la dynamique des populations concernées qui, s'agissant du phoque gris et de la loutre (de surcroît côtière et insulaire), sont en France quantitativement faibles et de ce fait particulièrement vulnérables.

Le groupe d'experts de l'AFSSA (avis du 28 janvier 2000) a rappelé également l'intérêt d'une surveillance de type biologique par des bio-marqueurs, notamment des marqueurs de génotoxicité.

Concernant les hydrocarbures, il s'avère que les mammifères marins exposés peuvent assimiler et accumuler ces hydrocarbures durant un certain temps en fonction de leur degré d'exposition au pétrole et de leur capacité de métabolisation et de détoxification qui transforme plus ou moins rapidement les hydrocarbures en métabolites plus difficilement détectables (Saint Aubin 1990, Geraci et Williams 1990, Mulcahy & Ballachey, 1994, Frost *et al.*, 1994). Même si sur la loutre de mer du Pacifique (*Enhydra lutris*) ont été mesurées des teneurs en HAPs (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) de deux à huit fois supérieures par rapport à des témoins (Mulcahy & Ballachey, 1994). Et pour les phoques veaux marins (*Phoca vitulina richardsi*), des HAPs ont également été détectés sur différents tissus à des degrés variables (Frost *et al.*, 1994).

Dans cette étude il a été mesuré, en terme d'accumulation des hydrocarbures de l'Erika sur les chaînes alimentaires, le niveau de contamination en marqueurs du pétrole de l'Erika (nickel et vanadium) sur des échantillons de ces deux espèces. Le choix comme autre marqueur s'est orienté sur les **porphyrines** (pigments précurseurs de l'hémoglobine). En effet, il a été montré, notamment chez la loutre de rivière nord-américaine (*Lontra canadensis*) (Taylor *et al.*, 2000) et l'otarie de Steller (pinnipède) (*Eumetopias jubatus*), que la synthèse de cette molécule est perturbée lors de contaminations (Beckmen *et al.*, 2002). Leur taux dans ces mêmes échantillons (sang, fèces) a donc ici été dosé.

Au sujet des phoques gris, il est important de rappeler que la zone touchée par l'Erika n'a pas affecté des zones de reposoirs, mais des sites de prospection alimentaire des jeunes de l'année (recrutement). En effet, après le sevrage, les jeunes en apprentissage alimentaire se déplacent le long du plateau aux abords des côtes à la recherche de proies et de sites où ils pourraient s'établir. De ce fait, certains ont été exposés aux nappes de pétrole et à des milieux potentiellement contaminés pendant une période critique de leur cycle biologique.

L'objectif a donc consisté ici à effectuer un suivi-évaluation du niveau de contamination en nickel et vanadium (marqueurs du pétrole de l'Erika) des pinnipèdes et de la loutre afin d'estimer l'impact éventuel de la pollution de l'Erika en terme d'accumulation dans les chaînes alimentaires.

2. RAPPELS : LE PHOQUE GRIS ET LA LOUTRE EN BRETAGNE ET PAYS DE LOIRE

2.1. Le phoque gris :

La population de phoques gris (*Halichoerus grypus*) de Bretagne est la plus méridionale d'Europe, en particulier la colonie de l'archipel de Molène (Finistère). Elle se trouve donc à la limite sud de son aire de répartition.

L'autre particularité de cette population réside dans ses effectifs, estimés entre 100 et 150 individus qui fréquentent les côtes françaises (Vincent, 2001). C'est principalement pour ces raisons que l'espèce est considérée comme *vulnérable* en France et classée dans le Livre Rouge des Espèces Menacées du Muséum National d'Histoire Naturelle (1997). Le phoque gris est totalement protégé en France par les arrêtés de 1991 et 1995 et au niveau européen par la convention de Berne. De plus l'espèce est classée en annexe 2 de la directive « Faune-Flore-Habitats » (1992). Comparativement à la population européenne qui totalise plus de 150.000 individus (dont près de 100.000 autour des îles britanniques) la population française est très marginale. La reproduction y est faible (Vincent, 2001 ; Vincent *et al.*, 2002). La population locale dépend pour l'essentiel des apports réguliers de jeunes animaux venant de Grande Bretagne. Ceci s'est avéré à la fin des années 70 et est toujours le cas (Prieur et Duguy, 1978, Prieur, 1984 ; Vincent, 2001). La création d'un centre de soins à Océanopolis en 1989 a été décidée afin de renforcer la population locale en réhabilitant après soins, à proximité de la colonie de Molène, tous les jeunes phoques gris récupérés échoués. Faisant l'objet de suivis réguliers (par le LEMM d'Océanopolis), il a été montré que les jeunes phoques gris font preuve d'un fort erratisme (Creton *et al.*, 1996 ; Hassani et Ridoux, 1998 ; Ridoux *et al.*, 2000 ; Océanopolis, 2001 ; Vincent *et al.*, 2002). Ce qui les conduit notamment à fréquenter le sud du Golfe de Gascogne, parfois jusqu'au Pays Basque espagnol.

2.2. La loutre d'Europe

La loutre d'Europe (*Lutra lutra*) est un carnivore fissipède généralement connu pour exploiter les eaux douces, mais apte à coloniser également les écosystèmes paraliques, côtiers et insulaires. En Europe de l'Ouest, les populations de loutres côtières / insulaires les plus prospères sont celles d'Ecosse, d'Irlande et du Portugal. En France, quelques populations côtières subsistent dans le Nord-Ouest, Bretagne et Pays de Loire (figure 1). Dès le lancement de ce travail (janvier 2000), c'est à partir des connaissances acquises en termes de répartition connue de l'espèce que la liste des sites de prélèvements potentiels a été établie. Cette espèce est classée *vulnérable* au plan mondial (IUCN, 2001; <http://redlist.org>), et national (MNHN, *ibid.*).

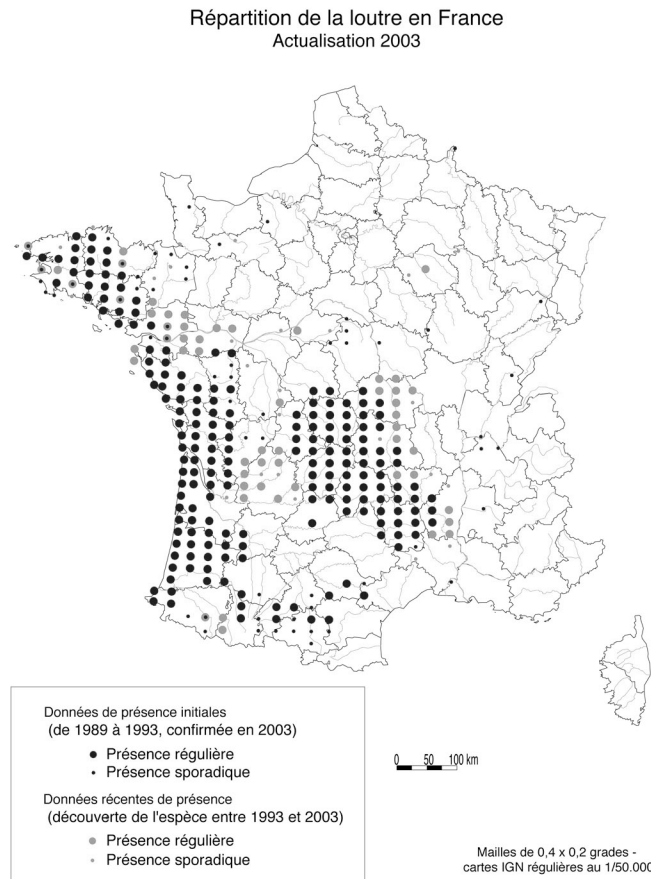


Figure 1 (d'après SFEPM/MNHN, 2003)

3. MATERIEL ET METHODES

3.1. Origine du matériel et échantillonnage :

3.1.1. Echantillons sanguins de phoques gris.

Les prélèvements sanguins de phoques gris ont été effectués sur des animaux vivants retrouvés en difficulté chaque année, notamment en période hivernale, et qui sont alors acheminés vers le centre de soins d'Océanopolis. Les prises de sang ont toutes été réalisées sur tubes secs et ont été conservées à -70 °C.

Ces prélèvements étant réalisés systématiquement depuis l'ouverture du centre en 1989, il constitue de ce fait une banque d'échantillons (études génétiques, pathologiques...) grâce auxquels il est possible de remonter avant l'accident de l'Erika (AE) et donc de disposer de données de références et de prélèvements qui encadrent correctement l'évènement.(1999, 2000, 2001 et 2002). Au total 63 prélèvements ont pu être analysés (assez d'aliquotes pour dosages de vanadium et de porphyrines). Les animaux étant retrouvés aussi bien sur les côtes nord et sud de la Bretagne, une approche géographique a permis de scinder en deux les échantillons, entre zone impactée et non impactée. L'approche temporelle permet de référencer les échantillons entre avant et après accident. Les phoques « en difficulté » sont des animaux en post-sevrage, sous-alimentés.

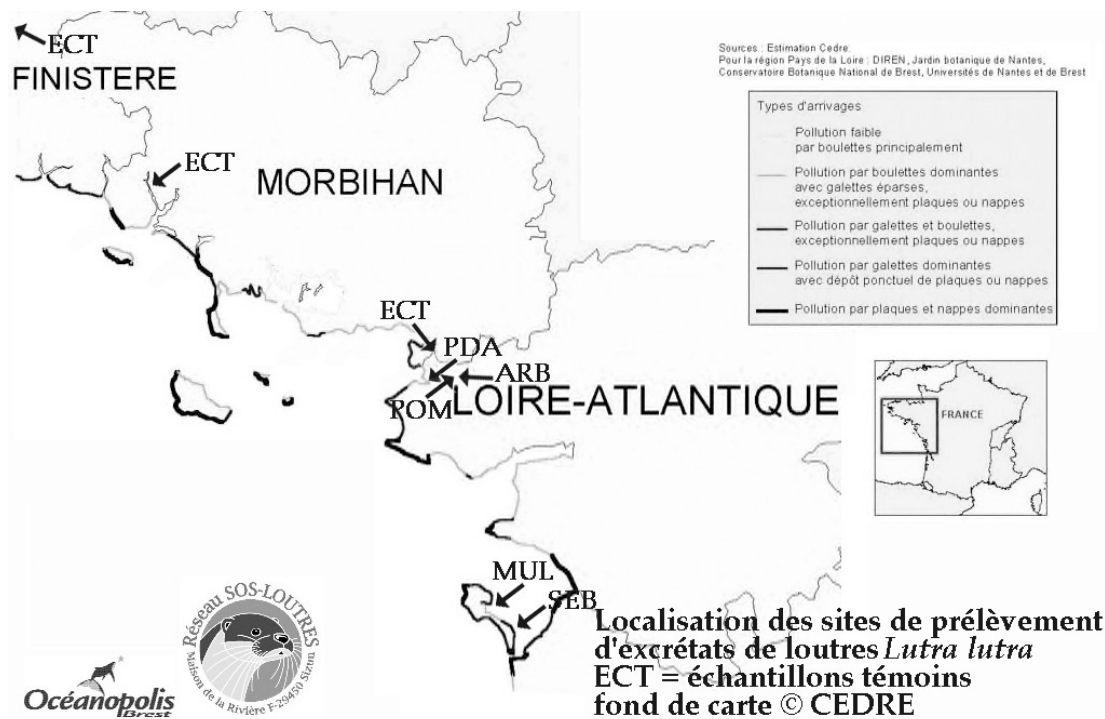


Figure 3 : Sites de prélèvement d'échantillons de loutres

Les fréquences de prélèvements ont varié, selon les sites, de la quinzaine au bimestre, avec une fréquence moyenne mensuelle :

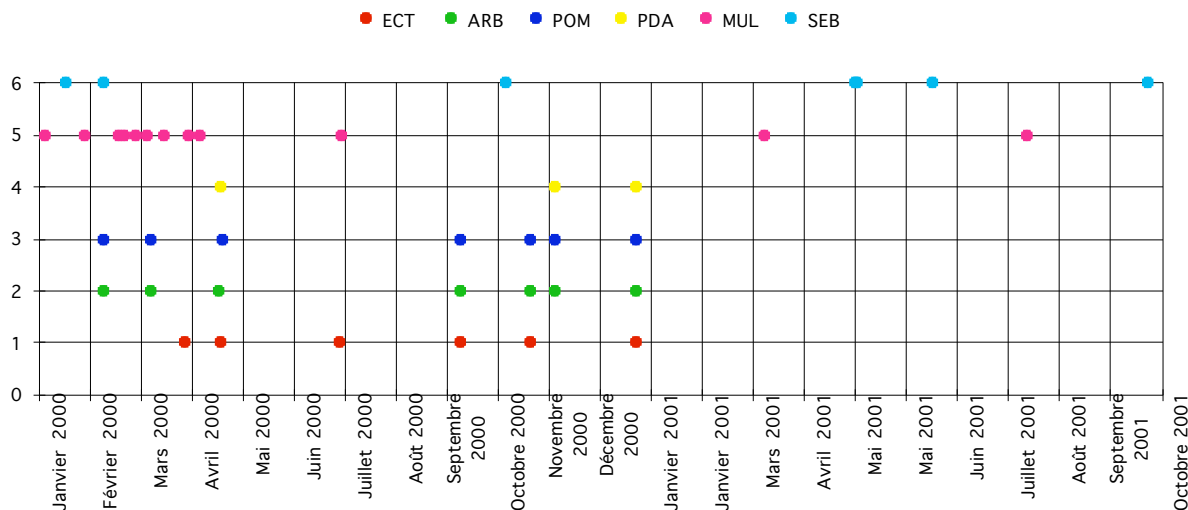


Figure 4 : Séries chronologiques de prélèvements d'échantillons de loutres selon les sites

Les échantillons collectés ont été stockés et référencés individuellement dans une feuille d'aluminium, puis congelés au laboratoire à -20°C.

Les sites des Marais du Mès (PDA, POM et ARB) sont des sites côtiers ou sub-côtiers, à salinité graduelle, et où la loutre est globalement sédentaire, mais non directement souillés par le pétrole de l'Erika ; en revanche, les proies (poissons) consommées par les loutres sont mobiles et peuvent avoir été exposées.

En revanche, les deux sites de Noirmoutier ont été exposés à la pollution Erika, et indépendamment de cette contribution, une étude du régime alimentaire de la loutre a été conduite durant la même période sur l'île de Noirmoutier (Mercier, 2001) :

(n=430, prélevés sur les mêmes sites)

Cet échantillon a montré que les loutres présentes à Noirmoutier à cette période ont consommé majoritairement (par ordre décroissant d'abondance relative) :

- des anguilles (*Anguilla anguilla*, 35%),
- des épinoches (*Gasterosteus aculeatus*, 25%),
- des Gobidae (principalement *Pomatoschistus microps* & *P. minutus*) et des Mugilidae (24%) ainsi que, des athérines et des plies (*Atherina presbiter* & *Pleuronectes platessa*, 4%).

3.2. Principe de dosage du vanadium :

Les dosages de vanadium ont été réalisés par le Centre Commun d'Analyse de l'Université de La Rochelle.

Les échantillons sont minéralisés en milieu acide sous champs micro-ondes et le vanadium est analysé en ICPMS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) qui est une technique analytique multi-élémentaire particulièrement bien adaptée à la détermination des éléments à l'état de traces en milieu naturel grâce à sa sensibilité.

Pour les épreintes, l'analyse est réalisée par calibration externe avec étalon interne.

3.3. Principe de dosage du nickel :

Les dosages du nickel ont également été réalisés par le Centre Commun d'Analyse de l'Université de La Rochelle.

3.3.1. Dosage du nickel dans le sang total de phoque.

La recherche de nickel à des concentrations trace ou ultra-trace dans les échantillons de sang de phoques gris n'a pas été possible. En effet, cet élément est le siège en ICPMS de nombreuses interférences liées au calcium, magnésium et chlorure de sodium, ces éléments étant présents à des teneurs significatives dans les échantillons sanguins, il était donc impossible de réaliser les dosages dans ces conditions.

3.3.2. Dosage du nickel dans les épreintes de loutre.

Calibration externe avec étalon interne

Pour chaque série de minéralisation il est effectué :

- un matériau de référence (TORT-2)
- un blanc de laboratoire

CONDITIONS ICPAES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy), Varian : VISTA Pro

3.4. Principe du dosage des porphyrines :

Les mesures de porphyrines, protoporphyrines érythrocytaires, copro- et protoporphyrines fécales ont été effectuées par le Centre National des Porphyrines, CHU Louis Mourier de Colombes (92).

3.4.1. Dosage des porphyrines totales dans les épreintes de loutres.

Le principe du dosage consiste en une extraction des porphyrines en milieu acide (HCL) en présence d'éther : les porphyrines restent dans la phase acide et les produits interférents (chlorophylle et pigments caroténoïdes) passent dans l'éther.

La quantité totale de porphyrines est calculée à partir du pic d'absorbance, par rapport à la ligne de base, après réalisation d'un spectre en Spectrophotométrie.

3.4.2. Séparation des porphyrines fécales en HPLC (High Performance Liquid Chromatography).

Le principe consiste à estérifier les porphyrines (mélange alcool méthylique/acide sulfurique), extraites par le chloroforme et séparées en HPLC. A partir des temps de rétention et de surfaces de pic, le pourcentage des porphyrines correspondantes par rapport au total des surfaces est calculé.

3.4.3. Dosage de la protoporphyrine totale érythrocytaire (sang de phoque).

Le principe consiste à déterminer la quantité de protoporphyrine totale (Proto + Proto libre) du sang total par fluorimétrie – spectre d'excitation entre 380 et 440 (émission = 602 nm) – par rapport à un étalon de valeur connue.

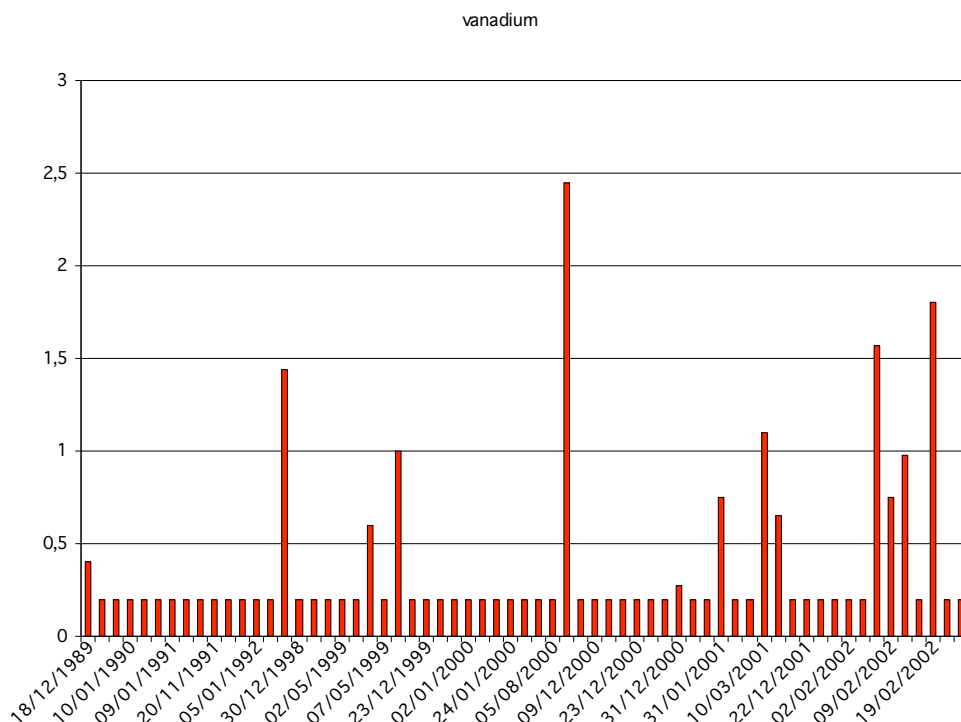
4. RESULTATS

4.1. Nickel et Vanadium dans les épreintes (fèces) de loutres :

Les résultats obtenus pour ces échantillons sont interprétables, car les concentrations obtenues sont toutes supérieures à la limite de quantification (0,20 µg/g).

4.2. Vanadium dans les échantillons de sang total de phoque gris :

Pour les échantillons sanguins, les valeurs ont été globalement faibles ; en utilisant la quantité maximale d'échantillons, beaucoup de valeurs sont inférieures à la limite de quantification du vanadium. La représentation graphique de ces données (figure 5) permet néanmoins de montrer que sur la période « Erika », il n'y a pas un nombre discernable d'échantillons présentant des concentrations anormalement élevées par rapport aux années précédentes (témoin) ou suivantes.



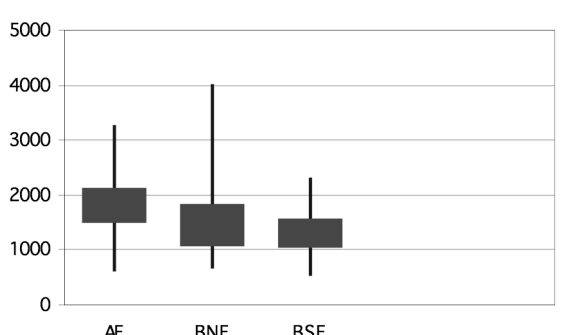
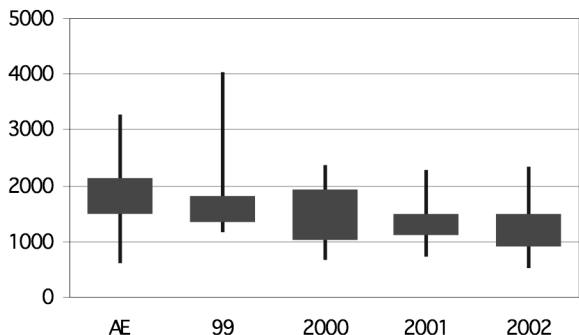
4.3. Porphyrines dans les épreintes de loutres :

Les porphyrines totales (nmol/g) ont montré des teneurs inférieures à 30 nmol/g ; mais les parts relatives (%) en : proto-, 3COOH-, copro- et uro- porphyrines sont variables selon les échantillons.

4.4. Porphyrines dans les échantillons de sang total de phoques gris :

Les teneurs de porphyrines mesurées dans les échantillons de sang des phoques gris ont été analysées selon deux approches :

- l'une géographique a pour objet de tester si les prélèvements effectués sur des animaux collectés en zone impactée (**Bretagne Sud Erika**) présentent des taux en porphyrines supérieurs à ceux collectés en zone non impactée (**Bretagne Nord Erika**) et avant Erika toutes zones (**Avant Erika**).
- l'autre chronologique vise à déterminer si les teneurs mesurées lors de la période



« Erika » (2000) sont supérieures aux teneurs mesurées avant (Avant Erika, 1999) et après l'évènement (2001, 2002). Le tableau V donne les valeurs brutes de ces mesures, les références sont composées d'un numéro de série et d'un codage chronologique.

Les figures 6 et 7 représentent respectivement ces mesures en interquartiles (25–75%) et amplitudes.

5. INTERPRETATION DES RESULTATS

Dans cette étude, la recherche de traceurs du pétrole de l'Erika n'a pas toujours permis de mesurer un impact mesurable.

S'agissant des phoques, beaucoup d'échantillons se sont révélés être en dessous de la limite de détection du vanadium et ne montrent pas de différence discernable par rapport aux années précédentes ou suivantes.

Pour ce qui concerne les loutres, *via* les analyses d'épreintes, les dosages ont montré des teneurs décelables à la fois en nickel et vanadium sans toutefois permettre d'affirmer qu'il y avait une évolution significative des teneurs en ces composés entre sites témoins et sites exposés. Seule une évolution graduelle du rapport nickel/vanadium entre ces mêmes sites est perceptible mais non significative d'un point de vue statistique (ANOVA : $p=0,09$; figure 8).

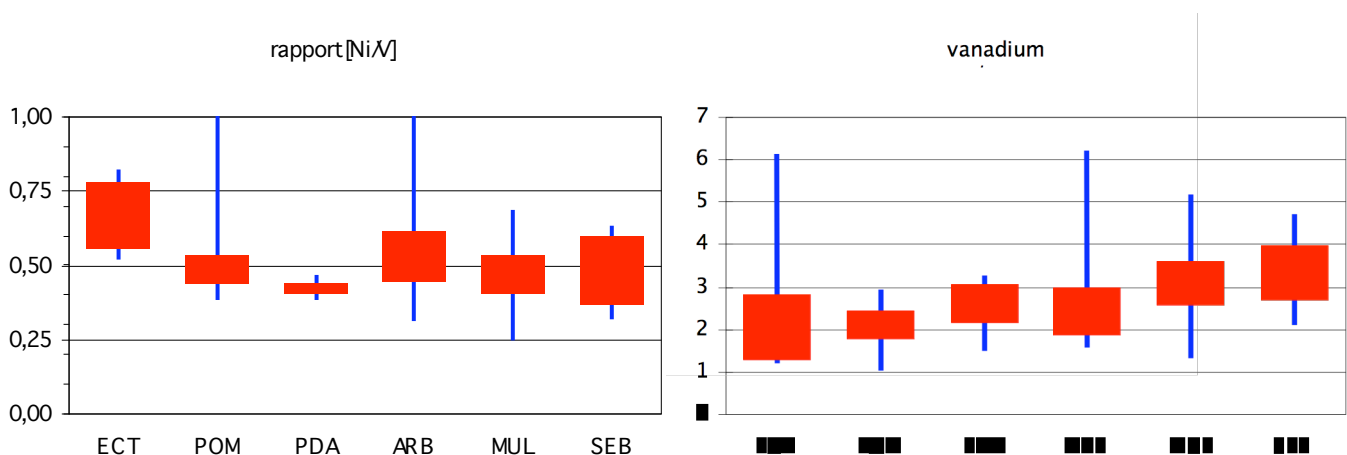


Figure 8 : Valeurs relatives en taux de vanadium ($\mu\text{g.g}^{-1}$) et rapport Ni/V dans les épreintes de loutres selon les différents sites échantillonnés (amplitudes et interquartiles).

Par ailleurs, la recherche de marqueurs biologiques d'une contamination, réalisée à partir du dosage de porphyrines (sang total de phoque, épreintes de loutres), a révélé des résultats assez contrastés.

Ainsi, pour les phoques gris, sur le plan chronologique ou géographique, les teneurs en protoporphyrines ne permettent pas de mettre en évidence un impact sur les animaux récupérés sur les sites pollués (Bretagne Sud) ni pour ceux collectés pendant la période d'échouage des nappes (2000). En effet, aucune différence significative par rapport aux échantillons témoins (avant Erika, Bretagne Nord non impactée) n'a pu être détectée (ANOVA : $p=0,0722$ et $0,0518$). D'autre part ces teneurs ne permettent pas d'accréditer un dysfonctionnement physiologique.

Pour les loutres, le ratio [copro/copro]-porphyrines a montré des différences statistiquement significatives (ANOVA : proto : $p=0,0104$ / copro : $p=0,0447$) entre :

- sites souillés par le pétrole de l'Erika (Noirmoutier, sites de MUL pour Mullembourg, SEB pour Sébastopol);
- sites non directement souillés (Nord Loire, sites ARB, POM et PDA);
- et sites témoins, tant côtiers que dulçaquicoles (Figure 9).

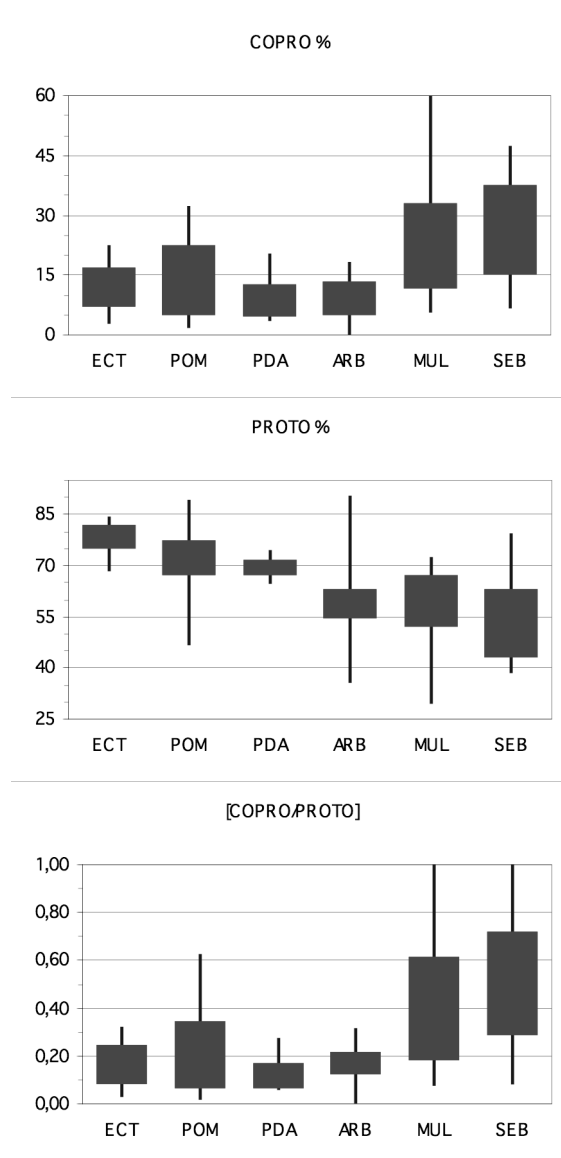


Figure 9 : Valeurs relatives en taux de coproporphyrines (en haut), protoporphyrines (au milieu) et du ratio copro- / proto- porphyrines (en bas) des épreintes de loutres selon les différents sites échantillonnés (amplitudes et interquartiles).

Dans la limite de l'échantillonnage (faible) testé ici, ceci peut révéler un impact pour cette espèce non migratrice et peu erratique. En effet, au cours de leur phase alimentaire, les animaux sont conduits à explorer des biocénoses intactes qui d'une part peuvent être touchées par des proies mobiles elles-même impactées, d'autre part ne suscitent pas nécessairement des comportements d'évitement (contrairement aux autres mammifères marins). De plus, les loutres peuvent aussi, lors du processus de toilettage de leur fourrure, ingérer directement des hydrocarbures qui souillent le pelage en cas de contact (comportement qui n'existe pas chez les phoques).

De ce fait, l'espèce apparaît probablement, sous réserve de confirmation ultérieure, plus exposée que les phoques gris. Rappelons que ces derniers fréquentent de manière très temporaire le sud Bretagne et surtout la zone sud Loire en y consacrant finalement peu de temps dans leur budget d'activité. Ce sont également des animaux beaucoup plus mobiles, certainement capables d'éviter les nappes et les sites de repos souillés.

6. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Aucun impact de la marée noire de l'Erika n'a pu être mesuré sur les phoque gris à partir des indicateurs utilisés, vanadium comme traceur du pétrole et porphyrines comme bio-marqueur, et sur le support exploité (sang total), seul type de prélèvement disponible de manière suffisante pour remonter à des données historiques et englobant parfaitement l'évènement.

En revanche, une exposition avérée des loutres a pu être liée à l'évènement, ce qui a été partiellement mis en évidence et de manière contrastée par les dosages en porphyrines réalisés à partir des épreintes. Alors qu'*a contrario*, les mesures de vanadium et de nickel suggèrent un résultat plus mitigé qui reste à réévaluer sur la base d'un échantillonnage plus large, temporellement et géographiquement.

Ces résultats sont en accord avec des travaux similaires réalisés sur l'impact d'autres accidents pétroliers sur les mammifères marins (Prieur et Hussenot, 1978 ; Geraci et Saint Aubin, 1990 ; Loughlin, 1994 ; Conroy, *à paraître*) et plus récemment sur les cétacés du Golfe de Gascogne sur la marée noire de l'Erika (Ridoux *et al.*, 2003). Ces études montrent que les mammifères marins en fonction de l'ordre auquel ils appartiennent ont des sensibilités différentes face aux hydrocarbures. Ainsi, les loutres apparaissent les plus exposées, et parfois victimes des accidents pétroliers. Les phoques, et les pinnipèdes, en général sont partiellement exposés lorsque les naufrages touchent directement les réservoirs des colonies. Ce qui n'a pas été le cas dans l'accident de l'Erika.

Enfin les cétacés sont rarement affectés par ce type de pollution, car certainement plus aptes à éviter les nappes, étant très mobiles (et plus pélagiques ? non car Erika au début plus au large sur zone de passage des cétacés) et pouvant certainement les détecter par écholocation.

Par ailleurs aucune mortalité supplémentaire n'a été constatée chez les phoques et chez la loutre, ce qui renforce la thèse d'un effet limité de cette pollution.

En conclusion, ces travaux ont permis d'explorer la valeur d'observation de certains paramètres. Ainsi, des tendances se sont révélées et des pistes de recherche restent clairement à développer plus avant, notamment la problématique loutre à travers un échantillonnage plus large et plus complet, ou dans le cadre de séries chronologiques de

données intégrant largement des réseaux de collecte. En outre, pour les deux espèces, l'usage d'autres bio-marqueurs (autres paramètres, métabolites de HAPs...), et le choix d'autres supports d'analyses (autres tissus, voire fèces de phoque...) ou d'autres procédés analytiques, en étroite relation avec la recherche d'autres contaminants (polluants organiques, métaux...) interférant également dans le cycle des porphyrines, seront des pistes développées dans la phase ultérieure.

C'est pourquoi nous comptons poursuivre ce travail, conformément au vœu exprimé par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable en terme d'*observatoire*, dans le cadre d'un nouveau projet global de recherche qui intègre toutes ces nouvelles prises en compte et s'appuie sur un échantillonnage plus représentatif.

BIBLIOGRAPHIE

- BECKMEN, K.B., DUFFY, L.K., PITCHER, K.W., MCDERMOTT, K. 2002. Fecal porphyrins in free-ranging Steller Sea Lions (*Eumetopias jubatus*) as a potential biomarker of health. *The Chemist*. 6 :9
- CONROY, J. (à paraître). The threat of oil contamination on eurasian otter (*Lutra lutra*) populations and the need for a pan-european contingency plan for their rehabilitation. Proceedings of the 2nd Int. Otter Conference, Skye, Scotland, 1-5 July 2003.
- GERACI, J. R. & WILLIAMS, T. D. 1990. Physiological and toxic effects on sea otters. *Sea Mammals and Oil Confronting the Risks*, J. R. Geraci & D. J. Saint Aubin Ed. 199:207.
- GERACI, J.R. & SAINT AUBIN, D.J. 1990. *Sea Mammals and Oil Confronting the Risks*. Geraci, J.R. & Saint Aubin, D.J. (Ed), 382 pp.
- HASSANI, S. & LAFONTAINE, L. (à paraître). Erika oil spill impact on the grey seals and otters of the french Atlantic coasts. *European Research on Cetaceans, in press*.
- FROST, K.J., MANEN, C.A., & WADE, T.L. 1994. Petroleum hydrocarbons in tissues of harbor seals from Prince William Sound and the Gulf of Alaska. *Marine Mammals and the Exxon Valdez*, Loughlin Thomas Ed., 331:358. Academic Press, San Diego.
- KRUUK, H. 1995. Wild Otters, predation and populations. Oxford University Press, 290 pp.
- LAFONTAINE, L. 1986. Présence historique et actuelle de la loutre sur les côtes de Bretagne. Rapp. SEPNB-WWF-France, 27 pp.
- LAFONTAINE, L. 1991. La Loutre en Bretagne : répartition par zones hydrographiques. Inventaire 1986-90. *in: La loutre et la route. Réseau SOS-Loutres / DIREN-Bretagne*, 115pp. + annexes.
- LAFONTAINE, L. 2001. La Loutre d'Europe (*Lutra lutra* L.) sur le littoral et les îles de Bretagne. Séminaire LIFE "archipels & îlots marins", Ouessant, février 2001.
- LE BERRE A. 1973. Ichtyonimie bretonne, thèse U.B.O. Brest.
- LOUGHLIN, T.R. 1994. Tissue hydrocarbon levels and the number of cetaceans found dead after the spill. *Marine mammals and the Exxon Valdez*, : Loughlin, Thomas Ed., pp. 359-370. Academic Press, San Diego.
- MERCIER, L. 2001. Régime alimentaire de la loutre sur l'île de Noirmoutier (France). Mémoire de DESS, Université de Liège, Zoologie-URZ, 45pp.
- MULCAHY, D.M. & BALLACHEY, B.E. (1994). Hydrocarbon residus in sea otter tissues. *Marine Mammals and the Exxon Valdez*, Loughlin Thomas Ed., 313:329. Academic Press, San Diego.
- OCEANOPOLIS. (2001). Centre de soins pour phoques d'Océanopolis : 1989-2001, Bilan. Rapport pour le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 24pp
- PEAKALL, D.B. 1999. Biomarkers as pollution indicators with special reference to cetaceans. Report of the Workshop on Chemical Pollution and Cetaceans. March 1995, Bergen, Norway. *J. Cetacean Res. Manage. (special issue)*, 1 : 117:124.
- PRIEUR, D., HUSSENOT, E. 1978. Mammifères marins échoués pendant la marée noire de l'*Amoc Cadiz*. *Penn Ar Bed* 11, 361-364.
- PRIEUR, D. & DUGUY, R. 1981. Les phoques des côtes de France : III - Le phoque gris (*Halichoerus grypus*). *Mammalia*, 45 : 83-89
- ROS, P.S. 1995. Seals, pollution and disease : environmental contaminant-induced immunosuppression. *Thesis, University of Utrecht, Netherlands*. 175 pp.
- RIDOUX, V., LAFONTAINE, P. BUSTAMANTE, F. CAURANT, W. DABIN, C. DELCROIX, S. HASSANI, L. MEYNIER, V. PEREIRA DA SILVA, F. SIMONIN, M. ROBERT, J. SPITZ & O. VAN CANNEYT (2004). The impact of the *Erika* oil spill on pelagic and coastal marine mammals : combining demographic,

- ecological, trace metals and biomarker evidences. "Colloque de Restitution Erika", IFREMER Nantes, novembre 2003; *Aquatic Living Resources*, 17 : 379-387.
- SAINT AUBIN D. J. 1990. Physiologic and toxic effects on pinnipeds. *Physiological and toxic effects. Sea Mammals and Oil Confronting the Risks*, J. R. Geraci & D. J. Saint Aubin Ed. 103:123.
- TAYLOR, C., DUFFY, L.K. BOWYER, R.T., & BLUNDELL, G.M. 2000. Profiles of fecal porphyrins in river otters following the Exxon Valdez oil spill. *Marine Pollution Bulletin* Vol 40, N° 12. 1132:1138.
- UICN. 2001. Catégories et Critères de l'UICN pour la Liste Rouge : Version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. ii + 32 pp.
- VINCENT, C. 2001. Bases écologiques de la conservation du phoque gris *Halichoerus grypus* en mer d'Iroise. *These de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Fr.* 216 pp.
- VINCENT, C., RIDOUX, V., FEDAK, M.A., & HASSANI, S. 2002. Mark-recapture and satellite tracking of rehabilitated juvenile grey seals (*Halichoerus grypus*): dispersal and potential effects on wild populations. *Aquatic Mammals*, 28.2, 121:130

Remerciements

Pour mener à bien ce travail, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont directement ou indirectement apporté leur concours :

- Didier Montfort (44), Erwan Ménard et Laurent Mercier (85) en ce qui concerne la récolte complémentaire d'échantillons (épreintes) de loutres,
 - les membres du réseau échouage mammifères marins de Bretagne et du littoral atlantique,
 - les agents de l'ONCFS et l'équipe mammifères marins d'Océanopolis,
 - Salima Taïbi, secteur mathématique & statistique du LAMSAD-ESITPA de Rouen.
 - MEDD: Patrick Flammarion
 - INERIS et IFREMER : Morgan Le Moign, Daniel Cossa, JF Chiffolleaux
- Qu'ils en soient tous ici à nouveau vivement remerciés.

Cette contribution a fait l'objet d'une étude retenue dans le cadre du "suivi-Erika" coordonné par l'INERIS et l'IFREMER, et financée par le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (Projet 16 : HASSANI, S. & LAFONTAINE, L. (2003). Impact de la marée noire de l'Erika sur les mammifères marins non pélagiques : phoques gris et loutres d'Europe / Convention IFREMER/ SOPAB-OCEANOPOLIS N° 02/5 210 290). Dans ce cadre, Lionel Lafontaine, co-responsable scientifique de cette étude, était à l'époque chargé d'études / responsable de projets au Groupe Mammalogique Breton (Ass. Loi 1901). Il intervient désormais comme expert indépendant.