Le littoral face aux pollutions

Pierre Conil, Cécile Le Guern

▶ **To cite this version:**

Pierre Conil, Cécile Le Guern. Le littoral face aux pollutions. Géosciences, 2013, 17, pp.64-73. hal-01062264

HAL Id: hal-01062264
https://brgm.hal.science/hal-01062264

Submitted on 9 Sep 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le littoral face aux pollutions

Le littoral, siège de nombreuses activités économiques – industrie, pêche, commerce, tourisme –, est confronté à des pressions anthropiques croissantes et à de forts enjeux sanitaires (qualité des eaux de baignade, ressource halieutique...). Les milieux littoraux correspondent à des interfaces très riches en termes faunistiques et floristiques. Ils sont particulièrement vulnérables aux pollutions, qu'elles soient de type physique (température, radioactivité, matières en suspension, déchets), chimique (composés inorganiques et organiques) ou biologique (bactéries, virus...).

Pierre Conil
BRGM
Directeur, BRGM Pays de la Loire
p.conil@brgm.fr

Cécile Le Guern
BRGM Pays de la Loire
c.leguern@brgm.fr

Naufrage de l'*Amoco Cadiz* au large des côtes bretonnes, mars 1978.
Wreck of the Amoco Cadiz off the Brittany coast, March 1978.
© Wikimedia Commons, noaa.gov

Les différents types de pollutions auxquels est soumis le littoral peuvent se classer en fonction de leur origine, marine ou terrestre.

Les pollutions d'origine marine viennent en premier à l'esprit lorsque l'on mentionne les pollutions littorales, du fait des forts impacts de catastrophes de type « marées noires » (*Erika*, *Prestige*, *Amoco Cadiz*...) et de leur médiatisation. Toutefois, le rapport du Programme des Nations unies pour l'environnement (UNEP/GPA, 2006) indique que ces pollutions ne représentent que 20 % des pollutions affectant le littoral, le reste ayant une origine terrestre.

Les pollutions d'origine marine proviennent en partie des navires, soit du fait d'accidents (naufrages, pertes de cargaison...) soit du fait d'actes volontaires (dégazages...). Au cours des dernières années, une amélioration des pratiques (liée notamment, en Europe, à une surveillance et une répression accrues contre les rejets volontaires illégaux) et de la sécurité des navires

« Les pollutions d'origine marine proviennent en partie des navires, soit du fait d'accidents (naufrages, pertes de cargaison...) soit du fait d'actes volontaires (dégazages...). »

► Enabling Risk Assessment of Oil Spills on Coastlines: The ENVISION Approach

Dumitru Roman – SINTEF, Norway – Senior Research Scientist, Networked Systems and Services – Dumitru.Roman@sintef.no
Nils R. Bodsberg – SINTEF, Norway – Research Scientist, Environmental Technology – NilsRune.Bodsberg@sintef.no
Francois Tertre – BRGM, Direction des Systèmes d'Information – Division Information Scientifique et Technologies Numériques – f.tertre@brgm.fr

Accidental oil discharges do happen, and may severely harm nearby coastal areas. In the event, preparedness and achieving a correct situation analysis are required to ensure the implementation of quick and adequate responses allowing their effects to be mitigated. A wide range of data are needed to support this effort. These include the ability to model the behaviour of oil spills, but also rapid access to local geographic data (e.g. sea depths and coastlines) and up-dated information on prevailing and predicted local environmental conditions (wind, waves and current). Information on vulnerable biological stakes (e.g. spawning areas) and other valued resources like offshore installations and fish farms are also important. Real-time data on the spill's location and shape (from in-situ sensors or remote surveillance systems) can be used to enhance prediction accuracy. Local data may be diverse in nature, come from different sources and be in various languages. To derive maximum benefit from these, innovative techniques, tools, and approaches must be deployed.

A set of model-based tools to support oil spill-related decision-making (diagnosing and forecasting) are available on the market. However; these are static, centralized and closed systems, with tightly coupled components, and are mainly intended for experts. A more dynamic, open, distributed and shared environmental modelling infrastructure was developed in the ENVISION project (www.envision-project.eu/), enabling a high level of model reuse for a wide variety of users. The project notably makes available to non-ICT skilled users a platform to easily combine data and services from varied sources and create scenario websites where users can view results of integrated data and runs of simulations in intuitive ways. In the pilot case scenario website, users may define an oil spill scenario in the North Sea, run a simulation that predicts its evolution and effects, then visualize the results as animated layers on a map. The Oil Spill Scenario website targets researchers in the oil-spill or related domains, as well as involved private firms, public agencies, and the public at large. ENVISION has delivered a new user-friendly approach for creating a domain-oriented website which allows composite model services to be invoked and run and simulation results to be visualized and analyzed. The figure below shows examples of screenshots of the evolution of an oil spill simulation in the Norwegian Sea, but ENVISION is also readily adapted or extended so as to cover other geographical regions.

Fig. 1: Evolution of an oil spill in the Norwegian Sea. Pollutant concentration (top) and Pollutant film thickness (bottom) from green (lower concentration/thickness) to red (highest concentration/thickness).

Fig. 1 : Évolution d'un déversement de pétrole en mer de Norvège. Concentration du polluant (en haut) et épaisseur du film d'hydrocarbure (en bas) de vert (concentration/épaisseur la plus faible) au rouge (concentration/épaisseur la plus importante). © Envision Project.

a été constatée. Toutefois, ces améliorations sont contrebalancées par l'augmentation importante du trafic maritime.

La nature des polluants peut schématiquement être classée en deux catégories : les hydrocarbures, d'une part, de par le nombre et le volume des occurrences, et l'ensemble des autres polluants, d'autre part.

Pollutions marines par des hydrocarbures

Les pollutions par les hydrocarbures *(voir encadré ci-dessus)* peuvent être liées à des accidents (plateformes pétrolières, naufrages, y compris les relargages par des épaves anciennes dont les cuves ou réservoirs peuvent encore être source de volumes importants d'hydrocarbures) ou à des actes volontaires (dégazages, déballastages).

La gestion à la côte de ces pollutions s'effectue de manière différente en fonction du volume de contaminant.

Arrivées massives

Ce sont les tristement célèbres « marées noires » comme par exemple celle liée au naufrage de l'*Erika*. En France, la gestion s'effectue alors dans le cadre de plans Polmar (volets mer et terre). En complément du nettoyage des côtes, ces plans organisent les regroupements et gestions des matériaux contaminés. Ils représentent une amélioration considérable par rapport aux pratiques d'avant les années 1990, qui ont suscité de nombreux questionnements *(voir encadré p. 66)*. Toutefois, les impacts sanitaires et environnementaux des collectes et nettoyages, et leur adéquation vis-à-vis des vulnérabilités variables des littoraux, doivent être évalués. En effet, le nettoyage « agressif » d'un site littoral peut paraître « gérer » la pollution à court terme, mais

s'avérer plus dommageable à long terme pour les systèmes écologiques que l'absence de nettoyage. Les décisions en temps de crise sont de ce fait difficiles, malgré les travaux et organisations préparatoires. Des approches modulées en fonction d'évaluations préliminaires de la sensibilité du littoral vis-à-vis de marées noires se développent, en incorporant de plus les aspects de vulnérabilité socio-économique [Fattal (2006)]. Pour cela, des indices de sensibilité ou de vulnérabilité ont été définis et permettent des cartographies de plus en plus pertinentes d'aide à la gestion de crises.

« Il est important de ne pas confondre les macro-déchets avec les débris naturels (morceaux de bois, algues, coquillages...) qui contribuent à l'équilibre écologique des plages. »

Arrivées dispersées

Dans le cas le plus fréquent, les quantités de polluant sont relativement faibles et s'effectuent de manière dispersée. Ce sont par exemple des nodules de goudron venant s'échouer sur l'estran en fonction des vents et marées. La prise en charge de ces pollutions s'effectue dans le cadre du nettoyage des plages, surtout quand les dépôts interviennent en période estivale. Par contre, s'ils se produisent « hors saison », ces rejets ne sont en général pas collectés.

Autres pollutions littorales d'origine marine

Les autres pollutions sont principalement le fait de macro-déchets de taille et de nature variées, allant du conteneur tombé du navire (à ce sujet les exemples du *MSC Napoli*, en 2007, ou du *MV Rena*, en 2011, ont été très médiatisés) aux fragments divers, cordages, bouts de filets, déchets d'emballages rejetés par les plaisanciers, etc. Il est important de ne pas confondre ces déchets avec les débris naturels (morceaux de bois, algues, coquillages...) qui se déposent sur le littoral, notamment dans les laisses de mer, et qui contribuent à l'équilibre écologique des plages. Les macro-déchets *(figure 1)* créent principalement des nuisances visuelles et sont perçus par les populations comme un indicateur de la « propreté » du littoral. Ces détritus d'origine marine se révèlent moins importants, quantitativement,

► Un inventaire des sites de stockage de déchets post-marée noire

Éric Palvadeau – Directeur du BRGM Bretagne – e.palvadeau@brgm.fr
Laurent Rouvreau – BRGM, Direction Eau, Environnement et Écotechnologies – Responsable de l'Unité Sites, sols et sédiments pollués – l.rouvreau@brgm.fr
Boris Chevrier – BRGM, Direction Eau, Environnement et Écotechnologies – Unité Sites, sols et sédiments pollués – B.Chevrier@brgm.fr

Entre 1967 et 1988, sept marées noires d'ampleurs variables ont souillé les côtes bretonnes. Lors de la plus marquante, le naufrage du pétrolier *Amoco Cadiz* le 16 mars 1978 au large des côtes de Portsall (Finistère), 223 000 tonnes de brut ont été déversées en mer. En vingt-deux ans, c'est ainsi près de 400 000 tonnes d'hydrocarbures qui ont été répandues accidentellement dans le milieu marin et sur le littoral breton.

Les déchets pétroliers récupérés lors des travaux de nettoyage du littoral ont été majoritairement stockés dans des sites de proximité, parfois traités, parfois utilisés dans des aménagements périurbains (parkings, remblais routiers).

L'emplacement de ces sites de stockages, réalisés dans l'urgence, n'a pas toujours été « mémorisé », comme l'a montré, à plusieurs occasions, la (re)découverte fortuite de tels sites lors de travaux.

C'est pourquoi le ministère en charge de l'Écologie a initié la réalisation d'un inventaire exhaustif des anciens lieux de stockage sur les départements des Côtes-d'Armor et du Finistère. Ce travail d'inventaire et de hiérarchisation des sites, mené à partir de recherches dans les archives et du recueil d'informations auprès des communes concernées a été confié au BRGM. Réalisé entre 2008 et 2011, il a permis d'identifier et de localiser 162 sites : 118 dans les Côtes-d'Armor (sur 22 communes) et 44 dans le Finistère (sur 19 communes).

Cet inventaire a été mis à disposition des communes concernées par le MEDDE. Il est intégré sous forme d'un onglet spécifique dans la base de données BASIAS du BRGM : http://basias.brgm.fr.

Zones de naufrage des différents pétroliers et quantités d'hydrocarbures rejetés en mer.
Shipwreck zones of the different oil tankers and volume of the oil spill.
© Cedre http://www.cedre.fr

Fig. 1 : Accumulation de macro-déchets mélangés avec des débris naturels.

Fig. 1: Accumulation of macro-waste combined with natural debris.

© Depositphotos.

que ceux d'origine terrestre. Leur ramassage est effectué lors du nettoyage des plages.

Les pollutions d'origine terrestre

Les apports d'origine terrestre constituent la très grande majorité (80 %) des pollutions affectant le littoral (UNEP/GPA, 2006). Ces pollutions peuvent provenir soit directement de la frange littorale, soit être apportées au littoral par les fleuves.

Apports directs par la frange littorale

Le littoral est le siège d'une intense activité humaine (environ 50 % de la population mondiale vit dans une frange de 100 kilomètres par rapport à la côte). Cela se traduit par trois typologies principales de sources de rejets :

– les activités industrielles et portuaires, importantes, notamment près des grands estuaires, engendrent des effluents, déchets et/ou matériaux en quantités significatives. En particulier les gestionnaires portuaires sont souvent confrontés à des accumulations de sédiments contaminés qui nécessitent de ce fait une gestion spécifique *(voir encadré p. 70)* ;
– la présence d'une forte densité de population, tant pérenne que saisonnière, se traduit par une urbanisation et donc des rejets importants : eaux résiduaires urbaines, rejets de l'assainissement pluvial urbain, etc. ;
– la fréquentation du littoral par cette population est une source majeure de macro-déchets abandonnés sur le littoral par les usagers : bouteilles en verre ou matière plastique, papiers, emballages, etc.

D'après Henry (2010), les macro-déchets (toutes origines confondues) dénombrés sur les littoraux de la zone OSPAR(1) (Nord-Est Atlantique) se composent principalement de plastiques (environ 75 %), déchets sanitaires (7,4 %), papier – carton (4,4 %), bois (3 %), tissu (3 %), métal (3 %) et verre (2 %). Pour les communes littorales, ces déchets génèrent des nuisances visuelles, mais également des problèmes sanitaires (odeurs, attraction d'insectes...) : leur impact potentiel sur les activités touristiques constitue un enjeu important, d'où des efforts conséquents de collecte/nettoyage des plages. En contrecoup, les impacts environnementaux liés à ces collectes (enlèvement simultané des dépôts d'algues des laisses de mer, export de sable, etc.) s'accentuent et le délicat équilibre entre un nécessaire nettoyage des déchets, la préservation de l'équilibre écologique et les contraintes économiques devient un challenge pour les gestionnaires du littoral.

(1) OSPAR pour « Oslo-Paris », zone régie par une convention de coopération internationale pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est.

Apports par les fleuves

Les pollutions apportées par les fleuves proviennent de l'ensemble du bassin versant et couvrent également une grande diversité d'origines (assainissement, industrie, rejets urbains, transports, agriculture...) et de produits.

Du fait des superficies drainées *(figure 2)* ces apports, en termes quantitatifs, sont considérables. Ils se répartissent sous forme particulaire et sous forme dissoute, mais leur quantification se heurte à plusieurs difficultés :

– d'une part, l'essentiel des informations acquises par les réseaux de suivi des eaux des estuaires concerne les phases dissoutes. Or de nombreux contaminants, notamment les produits phytosanitaires ou les PCB, sont en grande partie associés par adsorption aux matières en suspension. Des modifications des pratiques de suivi, prenant en compte la répartition des polluants entre les phases dissoute et particulaire, apporteraient une meilleure vision des flux transportés ;

– d'autre part, le suivi des flux s'effectue majoritairement en amont de la zone influencée par le milieu marin et peu à l'exutoire des estuaires lorsque ces derniers sont soumis à un marnage (littoral atlantique par exemple). En effet, dans cette zone, les fluctuations des débits et phénomènes de stratification rendent les suivis quantitatifs lourds et complexes à conduire. Pour la Loire, par exemple, la station de mesure amont est située entre Angers et Ancenis, soit à plus de 100 kilomètres à vol d'oiseau de l'exutoire (Saint-Nazaire – Mindin).

Malgré ces imprécisions, les quantifications effectuées montrent toute l'importance des apports fluviaux.

Fig. 2 : Bassins versants des principaux fleuves de France métropolitaine et débits moyens annuels associés.

Fig. 2: Catchment areas of the main rivers in continental France and associated annual flow rate.

Source : dictionnaire Larousse (www.larousse.fr/encyclopedie/images/France_les_bassins_fluviaux/1313200)

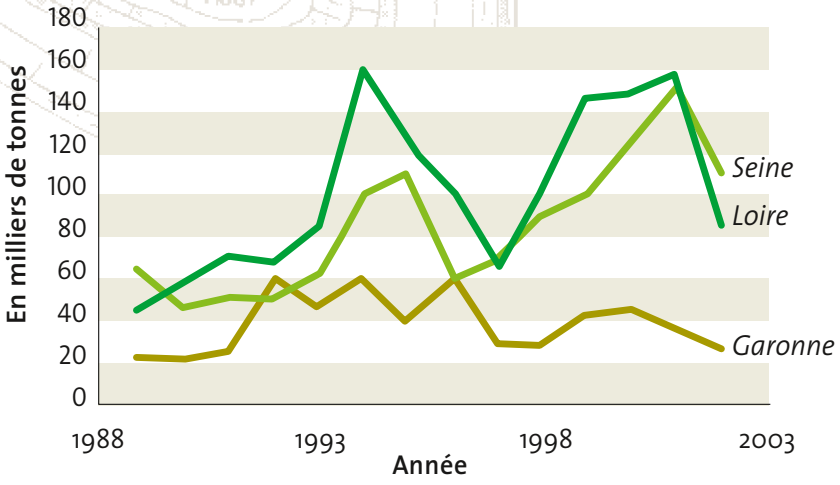


Fig. 3 : Apports en nitrates aux trois grands estuaires atlantiques, de 1989 à 2002.

Fig. 3: Nitrate supply into the three major Atlantic estuaries, between 1989 and 2002.

Source : GIP Loire Estuaire.

Par exemple, la *figure 3* présente les flux d'apport de nitrates mesurés juste en amont de trois grands estuaires français. Ils représentent, en fonction du fleuve et de la pluviométrie annuelle, entre 20 000 et 160 000 tonnes d'azote par fleuve et par an. Pour les métaux (en phase dissoute), le rapport du Commissariat général au développement durable (MEDDE, 2011) présente l'exemple du bassin de la Seine. Sur ce dernier, le zinc et le cuivre arrivant à l'estuaire représentent les flux les plus importants, avec des moyennes respectivement de 80,2 et 53,9 tonnes par an sur la période 1995-2004. Les plus faibles concernent le mercure et le cadmium avec moins d'une tonne par an. Le plomb présente une situation intermédiaire, avec un flux moyen estimé à 5,4 tonnes par an (toujours sur la même période).

En ce qui concerne les flux particulaires induits par les activités anthropiques, des travaux récents [Garcin *et al.* (2013)] ont montré que les volumes apportés par les fleuves pouvaient, en Nouvelle-Calédonie, impacter la morphologie du littoral.

À la transition entre milieu continental et milieu marin : les estuaires

La transition entre milieu continental et milieu marin rend encore plus difficile la quantification des flux affectant le littoral. En effet, l'influence maritime se manifeste principalement par une augmentation de la salinité et un ensemble de phénomènes associés (floculation, etc.). En façade atlantique, ces phénomènes s'accompagnent d'un marnage significatif, avec des

Estuaire de la Loire à Saint-Nazaire.
The Loire estuary at Saint-Nazaire.
© Fotolia.

Un traitement innovant des boues de dragage polluées

Maurice Save – BRGM, Direction Eau, Environnement et Écotechnologies – Unité Déchets et matières premières & recyclage – m.save@brgm.fr

Plus de 50 Mm³ de sédiments marins sont dragués chaque année pour garantir l'accès et le nettoyage des ports français. Dans ce volume de sédiments, 1 à 2 Mm³ sont pollués. Pour éviter la simple mise en dépôt sécurisé de tels volumes, un tri physique en plusieurs étapes est en général effectué par les opérateurs industriels. Il permet de produire une fraction > 60 µm–2 mm de sable propre valorisable et de confiner la pollution dans la fraction fine < 60 µm qui est mise en dépôt après filtration.

Mais cette fraction < 60 µm représente souvent une part très importante du sédiment (jusqu'à 70 % en masse sèche). Elle est généralement composée : de particules minérales de nature siliceuse, silicatée ou carbonatée rarement porteuses de contaminants, de particules de matière organique chargées en contaminants, de particules argileuses < 5 µm souvent contaminées également, et, éventuellement, de particules denses à métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cd...). Une simple classification granulométrique, par hydrocyclonage par exemple, ne permet donc pas d'éliminer la matière organique et les métaux lourds.

Dans le cadre du projet PROPSED du programme Écotechnologies 2007, soutenu par l'ANR, le BRGM a mis au point un procédé de traitement de la fraction fine < 60 µm des sédiments. Il utilise le principe de séparation gravimétrique centrifuge qui permet de séparer les particules de densités différentes appartenant à une tranche granulométrique comprise entre 15 et 60 µm. Pour les sédiments pollués, cette technique permet de séparer, d'une part, une fraction « lourde » composée essentiellement des particules minérales non polluées et éventuellement des particules métalliques et, d'autre part, une fraction « légère » composée des particules de matière organique et de toutes les fines particules < 15-20 µm. Cette fraction légère contient presque tous les polluants, hormis les métaux contenus dans les particules > 15 µm si elles existent. Dans ce cas, un nouveau traitement de la fraction « lourde » selon la même technique de séparation gravimétrique centrifuge, mais avec des conditions opératoires adaptées, permet de séparer les particules métalliques dans une fraction « super-lourde » et les particules minérales non polluées dans une fraction moins lourde. Cette dernière fraction décontaminée représente entre 30 et 50 % de la masse de la fraction < 60 µm initiale.

Dans le cadre du projet ANR, le procédé a été démontré jusqu'à l'échelle mini-pilote, mais les équipements de taille industrielle, conçus pour des applications minières, restent à adapter au traitement des sédiments.

Le procédé a reçu un prix des techniques innovantes au salon Pollutec en décembre 2011.

Atelier mini-pilote de séparation gravimétrique centrifuge.

Minipilot plant using centrifuge gravity separation.

© BRGM, 2011.

changements majeurs et fluctuants des écoulements dans la zone estuarienne. Cela se traduit par un gradient de salinité et une zone d'accumulation de matières en suspension abondantes dans la masse d'eau au sein de l'estuaire, accumulation appelée bouchon vaseux.

Les estuaires sont le lieu de transition de flux conséquents mais aussi, notamment au niveau du bouchon vaseux, le siège de phénomènes complexes. Il est capital d'appréhender ces derniers pour pouvoir d'une part connaître la nature exacte des apports terrigènes arrivant en milieu marin et d'autre part pour quantifier les flux correspondants et évaluer ainsi les contaminations impactant le littoral. En effet, il existe un ensemble de modélisations en mer, avec représentation des dispersions, notamment vers les zones littorales, des panaches de polluants issus des fleuves. Ces outils sont essentiels pour permettre d'évaluer les contributions aux pollutions littorales mais nécessitent une grande attention sur le terme entrée des modèles, afin de définir le flux pris en compte en fonction des polluants et notamment de leurs interactions avec le bouchon vaseux.

En termes de phénomènes intervenant au sein du bouchon vaseux, l'influence prépondérante provient de l'augmentation de salinité, et donc de la charge ionique. À cela s'ajoutent également un changement des conditions d'écoulement et la présence abondante de matières organiques (avec parfois anoxie partielle des milieux). Les éléments dissous et les particules qui pénètrent dans cette zone de transition sont donc soumis à des changements physico-chimiques (floculations, précipitations et adsorptions-désorptions), ainsi qu'à un ensemble de phénomènes biologiques (génération d'une biomasse abondante, biodégradations, assimilations, etc.).

Le système du bouchon vaseux se complexifie encore lorsque l'on considère les pollutions microbiologiques, la persistance des micro-organismes variant notamment en fonction des milieux rencontrés (doux, saumâtres, salins).

En conséquence, même si, en terme de bilan global, il y a équivalence sur la durée entre les entrées terrestres et les sorties marines dans un estuaire à l'équilibre, il peut y avoir des différences notables de phases chimiques (dissoutes/solides/adsorbées voire transformées par incorporation dans la biomasse). En particulier, les flux et teneurs en éléments dissous varient de manière distincte en fonction du comportement et des spéciations de chaque contaminant.

Pour certaines substances, le comportement au travers du bouchon vaseux s'avère conservatif ou quasi conservatif. Pour les nitrates, par exemple, on observe pour la Loire *(figure 4)* comme pour la Seine que

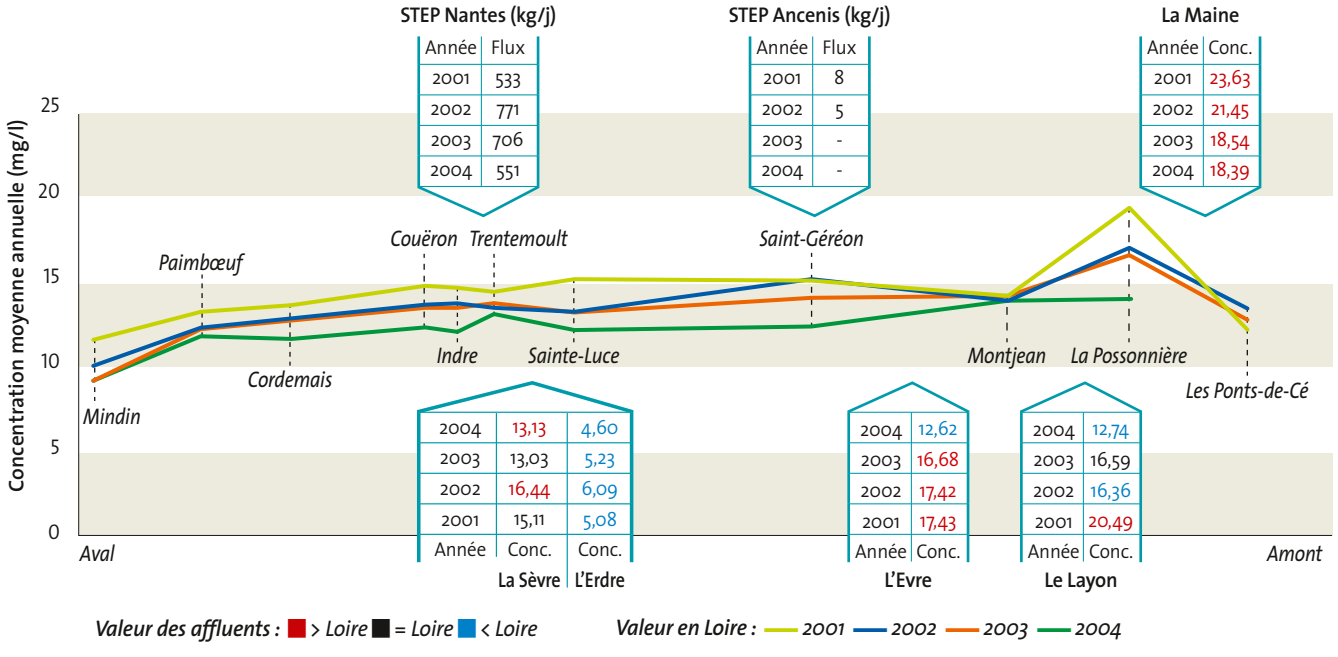
Fig. 4 : Évolution de la teneur en nitrates au sein de l'estuaire de la Loire.

Remarque : les apports par les STEP et affluents de l'estuaire sont présentés et s'avèrent (sauf pour la Maine en amont de l'estuaire) quasi négligeables par rapport aux flux de la Loire.

Fig. 4: Evolution of the nitrate content in the Loire estuary.

Comment: Contributions from the WWTP and estuary feeders are presented and are seen to be (except for the Maine, upstream from the estuary) virtually negligible as compared with the input from the Loire.

Source : GIP Loire Estuaire.



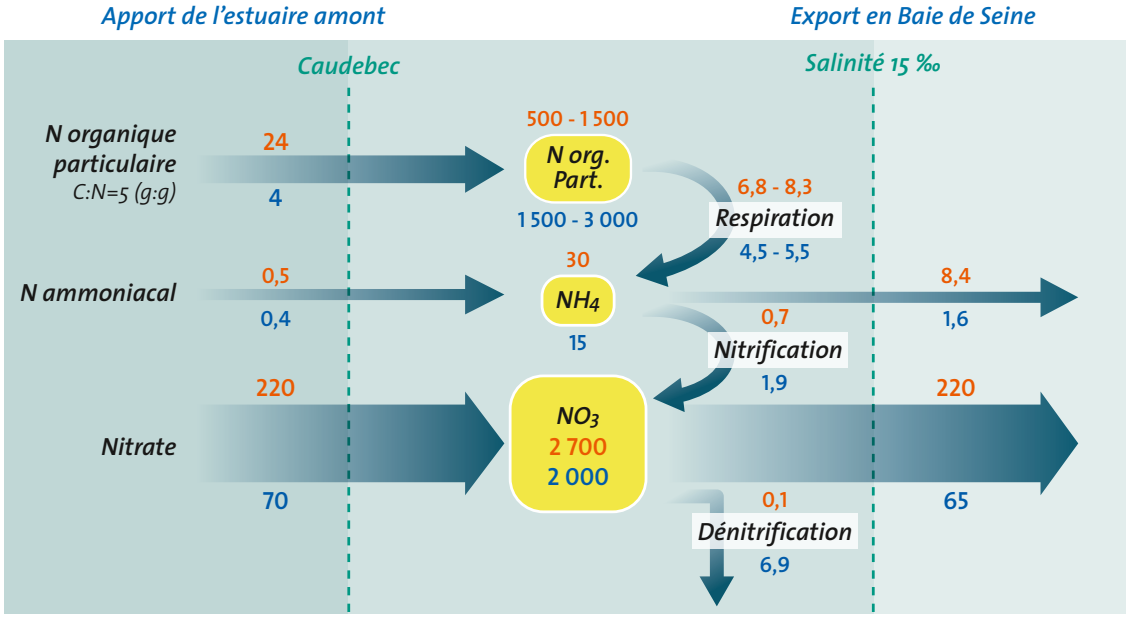


Fig. 5 : Bilan de l'azote dans l'estuaire de la Seine pour deux situations contrastées : août 2001, en rouge (débit de la Seine : 440 m³/s) et 2003 en bleu (débit de la Seine : 150 m³/s). Les flux sont exprimés en tonnes d'azote/jour et les stocks en tonnes d'azote.

Fig. 5: Nitrogen balance in the Seine estuary for two contrasting situations: August 2001, in red (Seine flow rate: 440 m³/s) and 2003 in blue (Seine flow rate: 150 m³/s). Flows are expressed in tons of nitrogen per day and the stocks in tons of nitrogen.

D'après Cebron, 2004.

les teneurs en phase dissoute décroissent légèrement entre l'amont et l'aval de l'estuaire, ce qui va de pair avec la dilution induite par les entrées marines. Plus précisément, dans l'estuaire de la Seine, Cébron (2004) présente un bilan indiquant que, pour deux situations contrastées de débits estivaux (août), les flux de nitrates sont, malgré un ensemble complexe de phénomènes intervenant sur le bilan de l'azote *(figure 5)*, globalement conservés entre l'amont et l'aval du bouchon vaseux.

Pour d'autres contaminants, il se produit au niveau du bouchon vaseux un transfert depuis la phase dissoute vers les phases solides. Pour le plomb, par exemple, Chiffoleau *et al.* (2001) ont mis en évidence un tel passage vers la phase solide et l'associent à des mécanismes de coprécipitation ou d'adsorption.

En mer, les apports par les fleuves forment des panaches qui se dispersent en fonction des débits, courants, comportements hydrodynamiques (mélanges/stratifications) et configurations des côtes. Une part souvent significative de ces panaches contribue alors directement ou indirectement aux pollutions du littoral. Par exemple, les blooms d'algues (marées vertes) illustrent certains effets indirects des apports de nutriments par les fleuves côtiers.

Enfin, parmi les effets induits, les flux particulaires provenant des panaches fluviaux apparaissent comme une source secondaire de métaux contribuant à la contamination des milieux littoraux [Chiffoleau *et al.* (2001)].

Conclusion

Les pollutions littorales sont multiples et présentent des enjeux économiques et sanitaires majeurs. L'impact financier pour les collectivités territoriales est souvent très lourd et peut approcher les limites de leurs possibilités. Par exemple, pour la commune de Saint-Michel-en-Grève (Côtes-d'Armor), les dépenses liées aux algues vertes ont représenté en 2009, hors subventions, environ 33 % du montant total de ses dépenses de fonctionnement [Guyomarc'h et Le Foll (2011)].

Compte tenu des enjeux multiples et des dégradations du littoral constatées, la solution la plus efficace serait de réduire à la source les émissions polluantes. Une amélioration de la situation nécessite ainsi non seulement des efforts importants en mer et sur le littoral, mais aussi, du fait de l'importance des apports par les bassins versants, sur la quasi-intégralité du territoire. Motiver les acteurs socio-économiques des territoires amont représente alors une difficulté majeure. Il faut en effet les amener à adhérer à des mesures parfois contraignantes, dont les bénéfices sont attendus bien en aval de leurs espaces, sur le littoral.

Publicité

La **formation professionnelle** en **sciences** de la **Terre**

Cinquante ans d'expertise dans les géosciences

- *Vous êtes acteurs et décideurs de l'environnement et de l'aménagement des territoires, services techniques de l'État et des Collectivités territoriales, entreprises, chambres consulaires, bureaux d'études et de contrôle, experts, maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre...*
- *Nous vous proposons une soixantaine de formations présentées sur catalogue dans des domaines très divers : sites et sols pollués et déchets, ressources en eau souterraine, géologie et géophysique, systèmes d'information, risques naturels géologiques, métrologie de l'environnement, géothermie, stockage géologique du CO_2, géologie urbaine, gestion du littoral, ressources minérales, après-mine.*
  http://formation.brgm.fr/
- *Pour répondre au mieux à vos besoins, nous proposons également des formations à la carte.*
  Nous mettons alors en place chez vous une formation spécifique, « sur mesure », répondant à un besoin précis.

brgmformation *Contactez-nous :* ***brgmformation@brgm.fr***

Cette nécessité d'efforts sur tout le territoire fait partie des actions prioritaires identifiées par le Grenelle de la mer. En particulier, des réflexions sont en cours pour élaborer un cadre juridique adéquat, notamment à l'échelle des bassins versants. Un accompagnement financier se met également en place, par le biais des Agences de l'Eau , entre autres, qui portent une nouvelle mission de soutien des mesures prises en amont pour réduire les flux de polluants vers le littoral. Les géosciences peuvent apporter des éléments décisionnels clés pour fonder et définir les actions publiques à mettre en place, par exemple en mettant en perspective les potentielles mesures de gestion et la temporalité de réponse d'un territoire (stock, flux et temps de transfert des contaminants dans le sous-sol et les eaux).

Outre les efforts de réduction des pollutions à la source, il convient de poursuivre les suivis de la qualité des eaux, tant littorales que côtières et amont pour vérifier les résultats de ces efforts. Dans ce cadre, les suivis de la qualité des eaux terrestres devraient prendre en compte à la fois les formes dissoutes et particulaires des polluants, en particulier pour les polluants connus pour s'adsorber facilement sur les matières en suspension, ou pour les métaux susceptibles de (co)-précipiter.

The coastal zone facing the challenges of pollution

Pollutions of marine origin on coastal zones (oil spills, rubbish from ships, etc.) are widely publicized in the media. However, in fact, those of land-based origin represent vastly larger influxes, quantitatively, than these. Rivers play a major role in this respect, transporting macro-waste and especially dissolved or particulate pollutants from all the contributing watersheds. For this reason, due to the diversity pollution sources, the spectrum of contaminants is actually extraordinarily varied (organic, inorganic, microbiological, etc.), despite the fact that certain ones (notably metals, nitrates and pesticides) receive the most attention. Yet, before the sediment supply reaches the marine environment, it encounters a saline transition zone corresponding to the salinity gradient between the river's freshwater and the briny marine environment. In estuaries, this takes the form of a mud plug. The complex phenomena at work in this zone are liable to alter considerably the speciation and/or the preservation of the outflow of the various pollutants. Consequently, understanding these represents a critical stake for establishing reliable assessments of the different contributions to the input of pollutants into coastal zones.

Bibliographie : **Cébron A. (2004)** – Nitrification, bactéries nitrifiantes et émission de N2O ; La Seine en aval de Paris. Thèse de doctorat de l'Université Paris VI. **Chiffoleau J.-F., Claisse D., Cossa D., Ficht A., Gonzalez J.-L., Guyot T., Michel P., Miramand P., Oger C., Petit F. (2001)** – La contamination métallique. Programme Seine-Aval, Editions Ifremer, ISBN 2-84433-028-2, 39 p. **Fattal P. (2006)** – Sensibilité et vulnérabilité des littoraux aux pollutions par hydrocarbures, HDR, Université de Nantes, Unité mixte de recherche (UMR) 6554 – LETG (Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique). **Garcin M., Bailly A., Le Cozannet G., Bulteau T., Auboin A.-L., Sauter J. (2013)** – Pluri-decadal impact of mining activities on coastline mobility of estuaries of New Caledonia (South Pacific), Journal of Coastal Research, Special Issue No. 65, pp. 494-499. **Guyomarc'h J.-P. et Le Foll F. (2011)** – Les marées vertes en Bretagne : pour un diagnostic partagé, garant d'une action efficace. Rapport du Conseil économique, social et environnemental de Bretagne, mai 2011. **Henry M. (2010)** – Pollution du milieu marin par les déchets solides : Etat des connaissances ; Perspectives d'implication de l'Ifremer en réponse au défi de la Directive cadre Stratégie marine et du Grenelle de la Mer. Ifremer, 2010, RST.DOP/LER-PAC/10-09. **MEDDE, Commissariat général au développement durable, Environnement littoral et marin**, édition 2011. http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/1811/1097/environnement-littoral-marin-edition-2011.html **UNEP/ GPA (2006)** – The State of the Marine Environment: Trends and Processes. The Hague. ISBN 92-807-2708-7.