

JOËL KNOERY - DE LA TERRE A LA MER, CHEMINEMENT DE CONTAMINANTS ET IMPACTS SUR L'ECOSYSTEME MARIN

On vous a parlé des contaminants dans les sols mais pour l'instant on ne s'est pas encore posé la question, de où allaient ces contaminants une fois qu'ils allaient quitter les sols ? Donc c'est un petit peu le but de mon intervention aujourd'hui. Donc je suis Joël Knoery, je travaille à l'IFREMER mais les résultats que je vais présenter ici sont issus des travaux de l'équipe dans laquelle j'appartiens. Ils sont cités ici. Bien entendu, les nombreux graphiques sont issus de publications produites par les gens qui sont cités ici et de projets notamment le dernier projet auquel on participe. Un projet financé par la région Pays de la Loire. En 6 points, le plan de ma présentation : où, quand, comment et pour terminer par des illustrations, une illustration sur l'estuaire de la Loire.

On se focalise sur les zones qui sont à l'interface entre l'air, la terre, les sols et la mer. J'ai choisi cette illustration pour vous montrer la faible épaisseur de l'atmosphère et l'imbrication extrême des continents, des activités humaines sur les continents et de la mer qui est finalement le réceptacle ultime de toutes les activités qui se passent sur les continents. Il ne faut pas l'oublier. Donc je représente un schéma qui a été présenté plus tôt. Mais si la terre était un organisme, ce qui nous préoccupe nous est limité à son épiderme. Cela s'appelle aussi la zone critique. Donc nous nous intéresserons donc, moi personnellement plutôt à l'hydrosphère mais le sujet d'aujourd'hui c'est l'hydrosphère et les sols

Ensuite le quand ? Ensuite ce graphique, alors le quand cela va être, disons la réponse à cette question, l'air géologique à laquelle nous appartenons puisque avant que les humains n'apparaissent ou ne soient actifs sur Terre. La Terre se débrouillait très bien. Donc, ce que j'aimerais que vous voyez ici c'est la courbe en noir qui indique le taux de CO₂ dans l'atmosphère sur les derniers 20 000 ans. Et que vous remarquiez les petites lignes vertes qui sont là qui indiquent les échelles de temps de cette figure-ci. Donc le taux de CO₂ ici ; il apparaît, il est à peu près 300 PPM. Il y a deux semaines, on a passé la barre des 400 PPM. Donc les activités humaines, on le sait tous, on perturbe le CO₂ dans l'air. Mais les activités humaines récemment, n'ont perturbé plus que le CO₂. Ici en rouge et en bleu, on voit respectivement les tonnages d'aluminiums et de plastiques rejetés, produits par les activités humaines et ceux essentiellement à partir du milieu du siècle précédent. Donc on est dans une ère géologique nouvelle : c'est l'anthropocène. On va s'intéresser à cette période de temps. Pour ce qui nous concerne c'est-à-dire pas le CO₂, pas le plastique, pas l'aluminium. Mais c'est des contaminants et le laboratoire dans lequel je travaille, on se focalise entre autre sur le mercure mais aussi le plomb et le cuivre tout comme d'autres exposés que vous avez entendu aujourd'hui.

Donc pour la même figure que pour le plastique, aluminium mais pour le mercure. Mais pour le mercure où on voit qu'après la ruée vers l'or aux Etats-Unis, puisque le mercure est utilisé pour l'orpaillage. L'exploitation du mercure en a induit le rejet dans l'environnement à des taux de plus en plus élevés jusqu'à une prise de conscience récente que finalement que le mercure pouvait être toxique.

Pourquoi les estuaires ?

Les estuaires, c'est le débouché des fleuves vers la mer. Et on a vu toute à l'heure, ce qui se passait sur les continents terminait en mer et donc leur point de passage c'est les estuaires. Et enfin, les diapos suivantes vont permettre de vous présenter les différents outils qui sont utilisés, les outils conceptuels qui sont utilisés pour savoir ceux qui terminent en mer, ceux qui passent par les estuaires.

Donc voici un diagramme un petit peu compliqué. La seule chose que vous retiendrez, c'est que les domaines scientifiques dans lesquels je travaille bio géochimie marine. Nous utilisons ce qu'il s'appelle des modèles en boîtes. C'est-à-dire que l'on définit des compartiments par exemple vous voyez au tableau l'atmosphère où les eaux douces où les océans qui contiennent du cuivre parce que c'est le modèle en boîte pour le cuivre qui contient du cuivre à hauteur de 2 fois 10^5 méga tonnes de cuivre pour les océans par exemple. Les océans sont en relation avec les eaux douces, avec les roches montéliques et puis on a tout un panel de boîtes, de compartiments qui sont reliés entre eux par des flux qui sont indiqués ici. Et voici le cycle biogéochimique universel pour le cuivre. Néanmoins, je ne vais pas vous parler de ça. Moi la seule chose dont je vais vous parler c'est la relation entre les eaux douces et le cuivre où vous constatez qu'il y a un flux de 2000 méga tonnes de cuivre entre les eaux douces et les océans

La petite flèche qui se trouve ici : c'est les apports atmosphériques des poussières atmosphériques et là il faut que vous m'en croyiez sur parole. C'est environ 1 à 2 % du flux qui arrive par les eaux douces. Donc ça c'est le cas du cuivre. Cette approche sous une autre forme graphique peut-être un petit plus plaisante et existe aussi pour le mercure où l'on voit que le mercure arrive à hauteur quasiment de 7000 tonnes par an en mer mais que seulement un petit moins de 400 arrive par les rivières. Donc la proportion flux atmosphérique, flux par les rivières est complètement inversé.

Maintenant on a parlé de où ? De quand ? Avec quels outils ? Les seuls outils que nous utilisons donc ce sont les modèles en boîte, les flux, les inventaires. Maintenant, est-ce-qu'il y en a beaucoup de ces métaux dans les océans ? Je vous propose une petite devinette. C'est que pour vous illustrer à quel point, il y a peu de ces métaux dans l'eau de mer. En effet, sur ce que je voudrais que vous réfléchissiez un petit peu parce que la solution arrive tout de suite après c'est si on prenait le contenu d'un thermomètre à mercure pour les plus anciens dans cette assistance, on sait tous ce que c'est un thermomètre médical à mercure et il y a un petit bulbe à la base dans lequel on a à peu près 6 grammes de mercure soit le volume d'un poids d'une pierre de sucre.

Comme on a aussi dans les eaux et ça on le verra plus tard dans les eaux de surface un nano gramme par litre. On peut se poser la question, combien de sucre ? Combien de thermomètres ? Est-ce qu'il faudrait pour doubler cette teneur ? Et en faisant des calculs, excusez-moi pour les équations. Mais si on devait dissoudre cette pierre de sucre pour dans qui n'existe pas évidemment en mercure. Dans combien de tasses de cafés expresso, il faudrait faire pour doubler les tasses. La réponse est 100 milliards de tasses. On est combien maintenant sur Terre 8 millions ? 8 milliards. Cela fait un nombre considérable. Ce n'est pas très parlant, je trouve. Je trouve que c'est beaucoup plus parlant de dire que si on casse notre thermomètre à mercure. Il y a de quoi doubler les teneurs en mercure dans l'eau dans 2000 piscines olympiques. Une piscine olympique c'est 50 mètres, par 25 mètres, par 3 mètres de moyenne. Un thermomètre : 2000 piscines. A l'échelle de la Loire en étiage moyen ça correspond à 2 à 3 heures de débit de la Loire par thermomètres pétés. Il y avait des thermomètres dans beaucoup d'hôpitaux, dans beaucoup de foyers. Je dois avouer que mes enfants aussi ont aussi cassé des thermomètres médicaux, moi aussi mais j'ai oublié.

Donc il y a peu de mercure dans l'environnement. C'est bien mais aussi c'est très facile de perturber l'environnement. Donc ce qui va nous amener ici à l'estuaire de la Loire qui est un estuaire tout à fait typique. Il a un immense avantage qu'il n'est pas loin de Nantes qui se trouve là.

Alors le fonctionnement estuarien est un petit peu particulier puisque c'est une zone de mélange entre le continent et les océans. Le mélange peut se faire de manière rapide ou pas. Ici c'est un mélange relativement abrupt. En Loire, on a plutôt un mélange relativement progressif entre l'eau douce et l'eau de mer qui est plus salée. Cela induit toute sorte de délicieuses complications et complexités dont je vais vous épargner tout sauf celle-ci : c'est le diagramme de mélange. Alors il suffit de savoir que lorsqu'on mélange de l'eau et des propriétés dites conservatrices, lorsque le mélange est progressif. Ces propriétés se distribuent le long d'une droite dite droite de mélange. Si elle dévie de cette droite, il peut y avoir soit des apports soit de l'élimination.

Pour nos études dans le cas de l'estuaire de la Loire et vous avez déjà pu le voir dans les présentations précédentes, on utilise des moyens techniques, scientifiques considérables. C'est super cher. Nous pour notre labo, on est obligé d'utiliser un navire avec un certain nombre de membres d'équipage. On embarque un conteneur laboratoire. C'est donc un conteneur de 20 pieds avec de l'air filtré dedans on se déguise en cosmonaute et on va travailler pendant une semaine. A la fois parce que plus long c'est franchement difficile et fatigant.

Et voici le type de données que l'on obtient. Alors, voici un diagramme pour le plomb. Voici des données issues des campagnes faites dans les années 90 par notre laboratoire. Et voici des données issues des campagnes beaucoup plus récentes en 2012. Donc vous voyez une nette diminution. On est passé de 400 nano grammes par litre au maximum à quasiment une petite dizaine. Donc en 10 ans, il y a eu une évolution positive. Vous savez ce qui s'est passé depuis les années 90. On a banni les essences au plomb.

Pour le cuivre, les données historiques sont en gris et peu visible ici mais néanmoins ce que j'aimerais que vous voyez c'est que les données en cuivre se répartissent relativement bien sur la droite de mélange contrairement aux données de plomb. Donc pour ce qui est du cuivre l'estuaire se comporte comme un filtre neutre c'est-à-dire qu'il laisse passer le cuivre.

Pour ce qui est du mercure, et là la diapositive n'a pas été bien traduite. Voici néanmoins ce que l'on a obtenu en couleurs bleu et vert en 2013 et comparé à ce que l'on avait au début des années 1990. La différence, disons ce que je voulais montrer avec cette diapo, on n'est finalement pas plus lourdement contaminé maintenant que dans les années 90. Malgré la contamination globale croissante par le mercure néanmoins en fonction des débits de la Loire on obtient des teneurs différentes en mercure dans l'estuaire de la Loire. Le comportement du mercure est compliqué à étudier. Il faut le faire, il faudrait le faire quasiment périodiquement et en fonction des périodes caractéristiques du cycle hydrologique de la Loire. Et en haut à droite, une petite carte de l'endroit où on a effectué nos études.

Comme autre type d'outils pour voir et vérifier l'évolution des métaux dans les estuaires on a aussi la géochimie isotopique qui est un autre outil ou une autre lame dans notre canif. Et ce que je voudrais montrer avec ce diagramme-ci, c'est que finalement on se rapproche quand même. On n'est pas encore sur les droites de mélange entre les deux pôles purs de caractéristiques du plomb naturel, le plomb géochimique. Et le plomb urbain et industriel qui se trouvent ici. Néanmoins, il y a une évolution

à ce que l'on trouve dans les masses d'eau. Ici les points bleus clairs qui ont un temps de résidence plus faible que dans d'autres matrices plus minérales qui ont un temps de résidence beaucoup plus long.

Donc de quels moyens, nous disposons pour suivre les apports de métaux vers l'océan. Une chose que nous mettons en œuvre, ce, depuis la fin des années 1970, c'est un réseau de bio indication. C'est-à-dire que l'on maintient et on exploite des organismes sentinelles. C'est-à-dire des moules qui sont un petit peu partout sur le littoral français. Ici, je vous montre d'autres bivalves, les huîtres qui sont à Bourgneuf pas loin de l'exutoire de la Loire. Et on voit que sur ce graphique, qu'il y a une augmentation relativement forte. Maintenant, il y a encore des incertitudes puisque le nuage de points est assez épais mais en passe de 200 à grosso modo à 400 en l'espace de 30 ans.

Donc le cuivre qui est un contaminant, qui est un métal qui se retrouve plus concentré maintenant dans les moules et dans les huîtres aussi puisque on a les mêmes données pour la pointe de Chemoulin, se trouve plus concentré maintenant que il ne l'était il y a quarantaine d'années, 30/35 ans.

En se basant sur ce type d'observation. Voici le type de bilan, que l'on peut faire par exemple pour le mercure. Les concentrations atmosphériques ont été multipliées par un facteur important 3 à 5. Les concentrations dans l'océan de surface qui reçoit le mercure atmosphérique ont grosso modo doublé dans les derniers 50 ans et même les concentrations dans l'océan en profond ont augmenté.

Maintenant, je vous ai montré que pour la Loire, finalement on a à priori pas plus d'apport maintenant qu'il y en avait ailleurs. Maintenant, c'est parce que ce diagramme-là, il est global. C'est pour l'ensemble de la terre. Et comme vous le savez, il y a des zones plus polluées que d'autres. Des zones où la pollution s'accroît, notamment en Extrême-Orient.

Pour conclure, j'ai encore 30 secondes. Ce que j'aurais aimé c'est que vous preniez avec vous c'est que les concentrations marines sont relativement faibles ou très faibles. Ce qui rend la pollution ou la contamination d'autant plus facile. Que les estuaires sont des réacteurs. Ils peuvent être neutres, ils peuvent être actifs. On l'a vu pour le plomb où les concentrations étaient beaucoup plus fortes, il y a quelques années lorsqu'on avait des essences au plomb mais en milieu d'estuaire, il y en avait plus que soit à l'entrée soit à la sortie. Ce que vous avez vu pour le plomb, c'est que les mesures réglementaires prises pour limiter les apports anthropiques vers l'environnement de métaux sont efficaces. On le voit pour le plomb, il n'y a quasiment plus de plomb autre que géochimique dans l'estuaire de la Loire. Ces réglementations sont utiles et ont des effets. Et enfin que les outils de suivi de ces contaminations, de ces distributions existent. Nous les maîtrisons mais ils sont forts chers. A mon avis, il vaut mieux ne pas en avoir besoin.

Voilà ; merci.