



Le platine dans l'environnement côtier : un contaminant métallique émergent

Melina ABDU
Chercheur Junior
CIIMAR – Centre interdisciplinaire de recherche marine
et environnementale de l'université de Porto
Portugal

Une perturbation anthropique des cycles biogéochimiques du platine

Les métaux traces sont des constituants naturels des matériaux de la croûte terrestre, qui atteignent les milieux aquatiques par divers processus naturels ou liés à l'activité humaine. La pollution chimique qu'ils peuvent induire constitue une menace insidieuse pour ces milieux [12].

Parmi la grande variété des métaux, le platine, de symbole chimique Pt, fait partie des éléments du groupe du platine (*Platinum Group Elements* : PGE), considérés comme des contaminants émergents. Tandis que les recherches en géosciences sur les PGE sont effectuées depuis plusieurs décennies, leur distribution et leurs gammes de concentration dans les écosystèmes naturels, et en particulier dans les environnements côtiers, demeurent sous-documentées et peu précises. Ce manque de données environnementales pertinentes est en partie lié au défi analytique que représente la détermination des PGE dans les gammes de concentrations trouvées dans la nature (parmi les éléments les plus rares de la croûte continentale : $0,5 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$). Pourtant, la perturbation anthropique des cycles géochimiques naturels du platine se produit dans tous les compartiments terrestres [7].

Pour les périodes récentes, des concentrations croissantes en platine sont enregistrées, même dans des zones très reculées comme la couverture neigeuse en Antarctique [8]. Ces enrichissements sont principalement liés aux émissions des pots catalytiques des véhicules. Les PGE utilisés dans leur revêtement catalysent les réactions d'oxydo-réduction, qui réduisent les émissions de gaz polluants. Les émissions de PGE devraient augmenter dans les prochaines années en raison d'une réglementation de plus en plus stricte dans les pays développés, conduisant à l'augmentation de la charge en PGE des équipements. Cette tendance est accentuée par l'introduction des pots catalytiques dans les pays en voie de développement [6]. De plus, le platine est également utilisé dans les traitements anticancer et se retrouve rejeté dans l'environnement sous différentes formes [9]. Sous la pression anthropique, les milieux côtiers deviennent des systèmes particulièrement vulnérables, recevant divers éléments chimiques tels que le platine dont la réactivité chimique et les effets écotoxicologiques restent largement inconnus.

Évolution historique des concentrations en platine dans l'environnement côtier

Des enregistrements sédimentaires (1952-2001) et des échantillons d'huîtres sauvages (*Crassostrea gigas* ; 1981-2013) du continuum fluvio-estuarien de la Gironde ont permis de retracer la contamination passée (activité métallurgique) et présente de Pt dans ce système

aquatique européen majeur [1]. De plus, les concentrations en platine ont été déterminées dans des carottes sédimentaires (1890-2008) et des moules d'élevage (*Mytilus galloprovincialis* ; 1984-2014) de la rade de Toulon, reflétant également l'évolution de sources historiques (industrie, raffinerie) et actuelles de Pt (pots catalytiques ; figure 1).

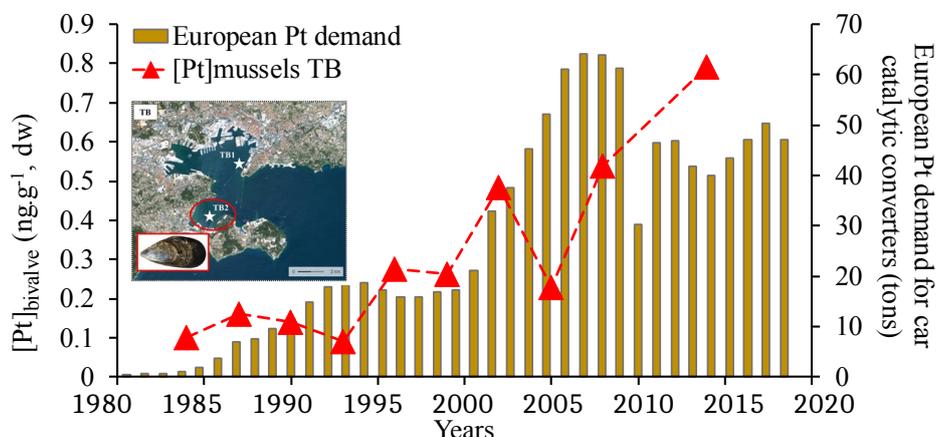


Figure 1. Évolution temporelle des concentrations en Pt dans les moules de la rade de Toulon (TB ; [2]) et de la demande européenne en Pt pour les pots catalytiques (données de Johnson Matthey [11]).

Une telle évolution des concentrations est aussi enregistrée dans des moules d'une plage urbaine de Galice (au nord-ouest de l'Espagne), collectées de 1991 à 2011 [5]. Ainsi, la détermination des niveaux de Pt dans divers échantillons environnementaux des côtes atlantiques et méditerranéennes a permis d'effectuer une cartographie des niveaux de base régionaux de Pt et de la contamination générale dans des environnements côtiers contrastés. La distribution du platine entre la phase dissoute et la phase particulaire pourrait être conditionnée par divers facteurs, comprenant des sources locales concomitantes (émissions des véhicules, rejets hospitaliers/stations d'épuration...), des processus biogéochimiques modifiant la nature, les propriétés de surface et l'abondance des particules en suspension, mais aussi la sorption sur des particules biogènes. En effet, une étude dans l'estuaire de la Gironde suggère que les organismes phytoplanctoniques peuvent grandement influencer la distribution de Pt dans les milieux côtiers à la suite de processus d'adsorption ou absorption durant la phase de productivité primaire et de relargage durant la phase de broutage par le zooplancton [3].

Écotoxicologie du platine dans les organismes marins

Plusieurs études sur la toxicité du Pt sous différentes formes chimiques (sel, poussière de route, en présence de matière organique) ont été menées principalement sur des organismes aquatiques d'eau douce tels que la moule zébrée ou l'anguille (e.g. [10]). Ces études révèlent des effets génotoxiques et histopathologiques après exposition à des niveaux relativement élevés de Pt ne reflétant pas toujours les niveaux mesurés dans l'environnement.

En revanche, peu d'études existent sur les organismes marins. Une expérience de laboratoire exposant des huîtres (*Crassostrea gigas*) à différentes concentrations de Pt, à l'aide d'ajout d'isotope stable dans de l'eau, confirment la biodisponibilité de Pt en phase



dissoute. L'exposition au Pt dans l'eau de mer à une concentration relativement élevée de $10\,000\text{ ng} \cdot \text{L}^{-1}$ n'a pas causé de mortalité chez l'huître mais des effets nocifs importants au niveau cellulaire, incluant une augmentation des réactions d'oxydation et une diminution des réserves lipidiques [4]. Une relation linéaire positive existe entre la concentration en Pt dans l'eau de mer et celle des tissus mous des bivalves, ce qui légitime expérimentalement l'utilisation des huîtres comme espèce sentinelle de la contamination en Pt.

Perspectives futures de recherche

Certains aspects restent inexplorés ; par exemple, sur le plan analytique, il manque des matériaux certifiés de référence à des concentrations pertinentes d'un point de vue environnemental et pour tous les types de matrices. La distribution du platine dans l'eau de mer semble être fortement dépendante de l'origine et de la composition des particules en suspension. D'autres études devraient être menées sur la compréhension de la complexation de Pt avec la matière organique, y compris l'adsorption sur les cellules phytoplanctoniques et leurs exsudats. Afin de mieux comprendre la solubilité à court terme dans l'eau de mer de Pt provenant des pots catalytiques, des simulations expérimentales utilisant différentes formes chimiques de Pt devraient également être réalisées en laboratoire. L'échantillonnage d'un nombre de sites plus important (incluant les pays en voie de développement) et l'étude de différents organismes clés de la chaîne alimentaire aquatique, sont nécessaires pour confirmer les hypothèses actuellement émises. De plus, les futures recherches devraient mieux caractériser les cycles biogéochimiques des autres PGE également émis par les véhicules. Ceci devrait aider à établir des normes et réglementations appropriées à ces contaminants émergents dans l'environnement.

Pour en savoir plus

- [1] Abdou M., Schäfer J., Cobelo-García A., Neira P., Petit J.C.J., Auger D., Chiffolleau J.-F., Blanc G., 2016. Past and present platinum contamination of a major European fluvial-estuarine system: Insights from river sediments and estuarine oysters. *Marine Chemistry*, 185 : 104-110. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2016.01.006>
- [2] Abdou M., Schäfer J., Hu R., Gil-Díaz T., Garnier C., Brach-Papa C., Chiffolleau J.-F., Charmasson S., Giner F., Dutruch L. & Blanc G., 2019. Platinum in sediments and mussels from the northwestern Mediterranean coast: Temporal and spatial aspects. *Chemosphere*, 215 : 783-792. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.011>
- [3] Abdou M., Gil-Díaz T., Schäfer J., Catrouillet C., Bossy C., Dutruch L., Blanc G., Cobelo-García A., Massa F., Castellano M., Magi E., Povero P., Tercier-Waeber M.-L., 2020a. Short-term variations in platinum partitioning in contrasting European coastal environments: the role of primary producers. *Marine Chemistry*, 222 : 103782. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2020.103782>
- [4] Abdou M., Zaldibar B., Medrano R., Schäfer J., Izagirre U., Dutruch L., Coynel A., Blanc G. & Soto M., 2020b. Organotropism and biomarker response in oyster *Crassostrea gigas* exposed to platinum in seawater. *Environmental Science and Pollution Research International*, 27 : 3584-3599. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3443-7>
- [5] Neira P., Cobelo-García A., Besada V., Santos-Echeandía J. & Bellas J., 2015. Evidence of increased anthropogenic emissions of platinum: Time-series analysis of mussels (1991–2011) of an urban beach. *Science of The Total Environment*, 514 : 366-370. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.016>
- [6] Sen I.S., 2013. Platinum Group Element Pollution is a Growing Concern in Countries with Developing Economy. *Environmental Sciences & Technology*, 47 : 13903-13904. <https://doi.org/10.1021/es404890e>
- [7] Sen I.S. & Peucker-Ehrenbrink B., 2012. Anthropogenic disturbance of element cycles at the Earth's surface. *Environmental Sciences & Technology*, 46 : 8601-8609. <https://doi.org/10.1021/es301261x>



- [8] Soyol-Erdene T.-O., Huh Y., Hong S. & Hur S.D., 2011. A 50-year record of platinum, iridium, and rhodium in antarctic snow: Volcanic and anthropogenic sources. *Environmental Sciences & Technology*, 45 : 5929-5935. <https://doi.org/10.1021/es2005732>
- [9] Vyas N., Turner A. & Sewell G., 2014. Platinum-based anticancer drugs in waste waters of a major UK hospital and predicted concentrations in recipient surface waters. *Science of the Total Environment*, 493 : 324-329. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.05.127>
- [10] Zimmermann S., Baumann U., Taraschewski H. & Sures B., 2004. Accumulation and distribution of platinum and rhodium in the European eel *Anguilla anguilla* following aqueous exposure to metal salts. *Environmental Pollution*, 127 : 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2003.08.006>

Site internet

- [11] Données de Johnson Matthey (cf.figure 1) : <http://www.platinum.matthey.com>

Fiche de l'Institut océanographique

- [12] Alain Abarnou, Sandrine Andrès, Melissa Dallet & Gilles Bocquené, n° 29, avril 2013. La pollution chimique de l'environnement marin.
https://www.oceano.org/wp-content/uploads/2020/02/29.Pollution_Abarnou.pdf