

Spéciation et environnement ou l'histoire de l'œuf et de la poule

Olivier Donard* chargé de recherche au CNRS

« En 1993, le Prix de la division Chimie analytique de la SFC a été attribué à Monsieur Olivier Donard pour ses remarquables travaux sur la spéciation appliquée à la lutte pour la sauvegarde de l'environnement. La chimie ne se compose pas seulement de réactions ou de composés chimiques, mais il faut lui donner une dimension humaine ; c'est pourquoi, nous avons demandé au jeune lauréat de se présenter et de nous faire part de ses préoccupations. Nous invitons les analystes à nous faire part de leurs réflexions sur les idées exprimées dans cet article ».

Jacques Goupy
Président de la division Chimie analytique

Il y a quelques années encore, l'impact et l'importance de la chimie analytique étaient encore mal perçus dans le domaine des sciences de l'environnement. Ces dernières étaient et sont d'ailleurs toujours mal définies en France. Enfin, il y avait une certaine antinomie à vouloir rapprocher la chimie analytique et l'environnement du domaine des activités industrielles.

Mon parcours scientifique m'a permis de tisser des liens étroits entre ces différents secteurs de recherche. Tout n'a toujours été basé que sur une interrogation permanente, la rigueur analytique et le refus de la facilité. Le moteur essentiel de ma démarche scientifique repose très certainement sur la curiosité en tout premier lieu, le besoin de comprendre, d'expliquer et de réduire le degré

d'incertitude dans le domaine de l'environnement tout particulièrement.

Ma formation de base ne me destinait certainement pas à la chimie analytique. Après des études en sciences de la terre, géochimie et océanographie, mes premiers travaux sur le comportement du mercure et du cadmium dans l'estuaire de Gironde, dans le cadre de ma thèse, m'ont laissé un goût amer de domaine incompris. La mesure géochimique globale (par détermination en spectrométrie d'absorption atomique) ne signifiait pas grand chose si ce n'est qu'elle fournissait une information quantitative sur la concentration de l'élément, ne permettant d'émettre que de vagues hypothèses sur les mécanismes mis en jeu dans l'environnement. Les méthodes traditionnelles de spectrométrie atomique, ne fournissant aucune information sur la forme chimique de l'élément dans son milieu, montraient très clairement leurs limites. Pour mieux comprendre, il était nécessaire de développer de nouveaux outils.

S'il l'on veut faire une analogie entre les progrès qu'il faut attendre sur l'évolution des connaissances concernant le cycle des métaux dans l'environnement par rapport au formidable essor des sciences biologiques, il faut avoir à l'esprit l'image du biologiste qui étudiait

avec la loupe binoculaire et songer aux progrès des connaissances qu'a amené l'utilisation de la microscopie électronique. Et bien, dans le domaine des métaux traces, il reste encore à inventer nos «microscopes électroniques» pour obtenir une meilleure information et la replacer dans son contexte.

Lorsque l'on possède de nouveaux outils, l'information délivrée prend un sens particulier car on est alors les premiers à observer des faits originaux. Cette nouveauté de l'information procure une grande joie dans la mesure où le mot «recherche» prend ici toute sa plénitude. Toutefois, après la joie profonde, il faut rapidement remettre les pieds sur terre, s'habituer à l'information, vérifier qu'elle est réelle et reproductible, éliminer les artefacts analytiques potentiels et, enfin, la banaliser dans le contexte des connaissances établies. Il faut prendre le temps, oser prendre le temps de comprendre, d'attendre que les liens se mettent en place, que la logique entrevue devienne évidence. Il faut refuser cette précipitation actuelle de la publication qui ronge la communauté scientifique. Et puis, ne pas oublier de réfléchir sur le sens et la validité des chemins à suivre.

Étudiant à l'université de Bordeaux, je gagnais ma vie l'été en travaillant

* Université de Bordeaux I, Laboratoire de photophysique et photochimie moléculaire, URA CNRS 348, 351, cours de la Libération, 33405 Talence Cedex. Tél. : 56.84.63.07. Fax : 56.84.66.45.

Prix de la division Chimie analytique de la SFC

comme ostréiculteur sur le Bassin d'Arcachon. J'avais été embauché car j'étais plus efficace (et moins cher) que les machines automatiques à «détroquer» (décrocher) les petites larves d'huîtres des tuiles de captage. Mon patron de l'époque me demandait souvent ce qu'on pouvait apprendre à la faculté et m'a souvent encouragé à laisser tomber mes études pour faire un «vrai» métier. Plus tard, au cours de mon stage postdoctoral aux États-Unis, en travaillant pour l'US Environmental Protection Agency, j'ai pu mettre au point une méthode de détermination des composés organostanniques dans le milieu naturel. Je suis entré en contact avec l'Ifremer qui s'est intéressé à la technique et l'a mise en place en France pour réaliser la surveillance des milieux littoraux français, y compris sur le Bassin d'Arcachon.

Cette expérience a été mise à profit entre 1988 et 1989, lorsque j'ai réalisé, avec deux jeunes chercheurs, pour le ministère de l'Environnement hollandais, un important travail portant sur la contamination des environnements estuariens hollandais par les dérivés organostanniques et étudié le cycle biogéochimique de ces composés. Ces résultats ont servi de base pour la mise en place d'un texte de loi visant à réguler (comme en France) l'emploi des peintures antisalissures sur les bateaux dans les milieux côtiers hollandais. Simultanément à ces travaux sur l'environnement, des liens étroits se sont progressivement mis en place avec le secteur industriel. En effet, la société Perkin Elmer s'est la première intéressée aux développements et aux enjeux que représente ce domaine de l'analyse. D'autres sociétés nous ont ensuite rejoints, comme Prolabo, pour participer activement au soutien des recherches engagées. Ce partenariat est essentiel car il me semble impératif, vis-à-vis de la société, de conjuguer recherches fondamentale et appliquée. Ce binôme constitue un puissant moteur et le champ de développement offert par la chimie analytique ouvre ici des portes exceptionnelles.

La chimie analytique a considérablement évolué au cours des dernières décennies. Les importants progrès dans la compréhension de processus physico-chimiques et spectroscopiques

nouveaux, associés au développement de l'asservissement informatique, du traitement du signal ainsi que les progrès de la chimométrie ouvrent des horizons originaux. Ainsi, la chimie analytique moderne va associer une succession de processus physico-chimiques et spectroscopiques, qu'il va falloir connaître, maîtriser et intégrer de façon à obtenir des résultats reproductibles. Il en va de l'enjeu de la qualité et de la nouveauté des recherches dans de nombreuses disciplines scientifiques.

Lavoisier avait placé très tôt la chimie analytique au centre du processus d'acquisition des connaissances. Il est intéressant de retranscrire ici quelques phrases issues de son discours préliminaire du *Traité Élémentaire de Chimie* publié en 1789 : «*Dans notre première enfance nos idées viennent de nos besoins ; la sensation de nos besoins fait naître l'idée des objets propres à les satisfaire, et insensiblement par une suite de sensations, d'observations et d'analyses, il se forme une génération successive d'idées toutes liées les unes aux autres, dont un observateur attentif peut même jusqu'à un certain point, retrouver le fil et l'enchaînement, et qui constitue l'ensemble que nous savons*».

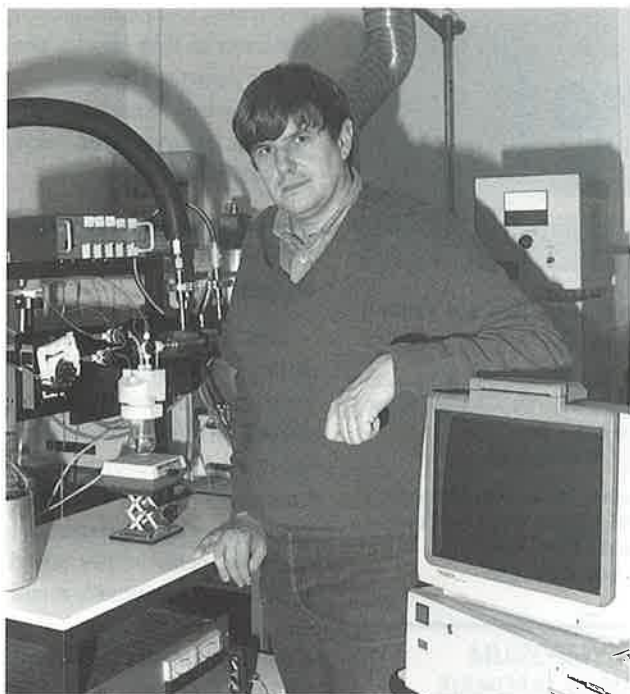
Étrange modernité de ces propos qui s'appliquent tout à fait de nos jours au rôle du chimiste analyticien. Au delà des nécessaires et fondamentales contraintes de précision, justesse, reproductibilité et répétabilité de la mesure (fondement de toute information de qualité, car une analyse représente une information), c'est tout aussi le domaine de la pluridisciplinarité qui est à l'heure du rendez-vous de la chimie analytique.

Souvent, l'analyste est le premier à être informé d'un fait nouveau au vu des résultats qu'il a produits. Il est essentiel pour la qualité et la véracité de ses mesures que l'analyste soit parfaitement au fait de la nature des informations qu'il est susceptible de générer. Très souvent, les résultats nouveaux entraînent de nouvelles questions dont les réponses passent par la mise au point de nouveaux instruments plus fins. Dans cette boucle, chimie analytique et savoir sont alors étroitement imbriqués. C'est cette histoire de *l'œuf et la poule*, cette boucle motrice, basée au prime abord sur la curiosité, qui m'a poussé à développer de nouveaux outils afin d'améliorer les

connaissances sur le devenir et l'impact des métaux traces dans l'environnement.

Parmi les différents secteurs en développement dans le large éventail offert par la chimie analytique, celui de la détermination des métaux traces et des connaissances qui y sont associées mérite une attention toute particulière. On peut en effet considérer que, contrairement à d'autres secteurs comme celui de la détermination des contaminants organiques, le domaine de l'analyse des métaux traces stagne depuis longtemps. Il ne viendrait à l'idée de personne de vouloir faire la détermination des pesticides dans l'environnement par la mesure du phosphore total. Cela semble évidemment absurde, mais c'est de fait ce qui se pratique couramment dans le domaine de la connaissance des métaux traces dans l'environnement. Il est pourtant connu depuis longtemps que ce sont les formes chimiques des métaux qui jouent un rôle actif dans l'environnement, qu'elles conditionnent leur devenir et leur impact sur le milieu. Si ces faits sont reconnus et acceptés par la plupart, il ne sont en général pas intégrés dans la vie quotidienne faute d'instrumentation adéquate. Cette idée n'est pas nouvelle et le concept de *spéciation*, en ce qui concerne la détermination des métaux, existe depuis longtemps. Toutefois, ce concept et son évolution reflètent bien la volonté de progression de la compréhension dans le domaine de l'analyse atomique.

Spéciation : ce terme a été longtemps imprécis dans sa définition terminologique, mais il retrace bien l'évolution de la pensée en rapport avec la volonté de compréhension concernant la détermination des métaux à l'état de traces dans les différents types de matrices. Actuellement, l'IUPAC en donne la définition suivante «la spéciation concerne l'ensemble des processus qui permettent d'obtenir l'information sur la forme chimique (atomique ou moléculaire) d'un analyte». Cet enjeu est essentiel mais particulièrement complexe dans le cas des métaux traces. Cette complexité est liée à différents facteurs parmi lesquels il faut mentionner la faible concentration des formes chimiques des métaux à l'état de traces dans leur matrice et notamment leur instabilité liée aux différentes cinétiques de transformation en fonction des conditions physico-



Olivier Donard dans son laboratoire devant le prototype instrumental développé et réalisé pour la détermination des formes chimiques des métaux (société Perkin Elmer).

chimiques du milieu. Au-delà de l'élaboration de différents protocoles analytiques plus ou moins complexes, c'est maintenant toute la chaîne analytique (prélèvement, stockage, traitement et détermination) qui a pour objet de répondre à la présence et à la connaissance de la forme chimique des métaux, et de leur dynamique et impact dans l'environnement.

Pour faire admettre une idée, un message, il faut qu'elle ou il soit simple et le répéter souvent. Après être entré au CNRS sur un projet portant sur la fluorescence moléculaire des substances humiques en milieu marin, j'ai choisi, après trois années, de me relancer sur le thème de recherche concernant la spéciation des métaux traces. Ce secteur représente en effet à mes yeux l'un des passages obligés des 20 prochaines années car il faut à la fois créer l'instrumentation et redécouvrir tous les aspects des cycles biogéochimiques des métaux et métalloïdes et leurs impacts toxicologiques à la lumière des nouvelles stratégies analytiques mises en place. Mais, la tâche est vaste et l'on peut être saisi d'une forme de vertige en observant l'étendue du chemin qu'il reste à parcourir. Il paraît intéressant de citer les conclusions d'une réunion de chercheurs sur l'environnement venant de différents pays comme

les États-Unis, la France et la Hongrie qui s'est tenue en septembre 1993 en Hongrie. Parmi les secteurs d'urgence à développer, en ce qui concerne la chimie de l'environnement et la chimie analytique, les études concernant la spéciation des métaux traces et leur rôle sur la connaissance figurent dans les toutes premières recommandations. Ainsi, je transcris ici les termes exacts car il reflètent bien les nécessités actuelles :

«The analytical group selected five general areas of urgent and fundamental importance in environmental science. More selective methods for metal speciation aimed at understanding and predicting their dynamics, bioavailability, uptake, and translocation in biosystems. These methods are needed because most of the current data, which do not consider speciation, are inaccurate and give rise to faulty conclusions».

C'est la voie que j'ai choisi de développer car on y trouve l'essence vraie de la recherche, la curiosité du résultat nouveau. Mais au-delà de cette motivation un peu égoïste, il y a là une nécessité fondamentale pour le renouveau et l'amélioration du domaine des connaissances en ce qui concerne le devenir et l'impact des métaux dans l'environnement. Il faut souligner que ces développements concernent tous les secteurs où la connaissance sur les métaux traces est importante. Ainsi, les domaines tels que l'industrie du traitement des eaux, l'agro-alimentaire, l'industrie pharmaceutique et, surtout, le domaine médical ont beaucoup à attendre des progrès à venir en ce qui concerne la spéciation des métaux à l'état de traces. On peut très certainement prendre le pari que dans un futur proche il paraîtra inopportun de parler des métaux traces sans considérer la nature de leurs formes chimiques.

Il reste donc à être lucide pour faire un choix réfléchi parmi les pistes de recherches qu'il faut choisir dans ce formidable dédale de faits nouveaux. Un fait reste tout de même certain, c'est que l'élaboration de ces connaissances ne pourra se faire que sur la base d'une chimie analytique innovante et rigoureuse.

Enfin, je voudrais profiter ici de l'occasion pour remercier formellement tous les étudiants qui me font confiance dans cette aventure ainsi que les sociétés Perkin Elmer, et Prolabo qui nous servent de lanterne, pour éclairer le chemin.