

« Spectrométries Plasma, Couplages et Spéciation », le groupe de l'Institut des Sciences Analytiques dédié à l'analyse élémentaire

Le groupe développe des outils analytiques basés sur la spectrométrie plasma et laser. Ces techniques permettent d'identifier rapidement la nature des échantillons et de détecter des traces d'éléments inorganiques (métaux) et parfois organiques (carbone, soufre...) dans des matrices complexes issues de nouveaux matériaux, de l'environnement ou du domaine de la santé.

L'Institut des Sciences Analytiques (ISA) est une unité de recherche placée sous la double tutelle de l'Université Lyon 1 et du CNRS, réunissant près de 120 collaborateurs et collaboratrices. Sa mission est de concevoir et d'approfondir les méthodes et techniques analytiques de demain, en se positionnant comme un acteur majeur de la recherche fondamentale en sciences analytiques.

Au sein de l'ISA, une équipe se distingue par son expertise en spectrométrie de masse inorganique et analyse de traces. Le groupe « Spectrométries Plasma, Couplages et Spéciation » est composé de quatre permanentes : Nadia Baskali-Bouregaa, enseignante-chercheuse en charge de la traçabilité ; Nicole Gilon, enseignante-chercheuse intervenant sur l'identification des matériaux, l'analyse des données et le développement de techniques ; Frédérique Bessueille-Barbier et Linda Ayouni-Derouiche, ingénieures de recherche travaillant sur l'analyse des nanoparticules.

Analyse élémentaire par spectrométrie plasma

La spectrométrie plasma constitue le cœur de l'expertise du groupe « Spectrométries Plasma, Couplages et Spéciation ». Un plasma est un gaz à haute température partiellement ionisé, que l'on retrouve aussi bien dans la nature (Soleil, nébuleuses), que sous forme de plasmas produits en laboratoire.

L'équipe met en œuvre des plasmas générés par laser ou par induction, dans le but de transformer la matière en source lumineuse ou en ions. L'analyse de cette émission de lumière est ensuite

réalisée par spectrométrie optique ou, pour les ions formés, en spectrométrie de masse inorganique. Cette approche permet d'identifier la nature et la composition élémentaire des matériaux, en se focalisant sur les atomes et les éléments constitutifs plutôt que sur les molécules elles-mêmes. Les matériaux étudiés peuvent être très variés, allant des substances organiques et tissus biologiques aux roches et plastiques.

Un parc instrumental spécialisé conséquent

Pour soutenir ses recherches et renforcer ses collaborations, l'équipe s'appuie sur un parc instrumental de pointe en spectrométrie inorganique. Elle dispose notamment de quatre ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry), quatre ICP-OES (Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometry) et de deux systèmes LIBS (Laser-Induced Plasma Spectroscopy).

→ ICP-MS

Les spectromètres de masse à plasma inductif (ICP-MS) sont dédiés à l'analyse des éléments légers et lourds, depuis le lithium-6 jusqu'aux isotopes de l'uranium-238, avec une très haute sensibilité et une excellente spécificité. Leur principe repose sur l'ionisation de la matière dans un plasma à haute température, qui transforme l'échantillon en un flux d'ions. Ces ions sont ensuite extraits, séparés selon leur rapport masse/charge, puis détectés pour permettre l'identification d'une empreinte élémentaire et la quantification exacte des éléments présents.

L'équipe dispose d'instruments classiques à simple quadripôle, d'un modèle à quadripôles en tandem intégrant une cellule de collisions/réactions ainsi que d'un système à haute résolution à secteurs magnétique et électrostatique. Ce dernier offre un pouvoir de résolution supérieur, essentiel pour la séparation fine des isotopes et la réduction des interférences spectrales.

→ ICP-OES

En complément de l'ICP-MS, la spectrométrie optique à plasma à couplage inductif (ICP-OES) constitue

une technique analytique essentielle. Elle exploite également une source plasma, mais s'appuie sur l'étude de la lumière émise par ce plasma plutôt que sur la détection d'ions. Après dispersion du spectre lumineux, l'émission est analysée à différentes longueurs d'onde, chacune correspondant de façon caractéristique à un élément chimique. L'intensité de la raie mesurée est directement proportionnelle à la concentration de cet élément dans l'échantillon.

L'ICP-OES se distingue par sa robustesse et sa capacité à analyser des concentrations plus élevées que celles accessibles par ICP-MS. Elle est particulièrement adaptée aux analyses de routine et aux matrices fortement chargées. Le laboratoire dispose de quatre systèmes ICP-OES simultanés, caractérisés par leur rapidité d'analyse, leur excellente stabilité et leurs performances de détection comparables.

→ LIBS

La spectrométrie par plasma induit par laser (LIBS pour Laser Induced Breakdown Spectroscopy) est une technique plus récente et en plein développement au laboratoire. Elle consiste à focaliser un faisceau laser sur la surface d'un échantillon, provoquant une vaporisation localisée de la matière et la formation d'un microplasma à très haute température. La lumière émise par ce plasma est ensuite analysée par spectrométrie optique, permettant de déterminer la composition chimique de l'échantillon.

La LIBS permet une analyse élémentaire rapide à des concentrations modérées à élevées, tout en offrant un accès partiel à l'information moléculaire. Cette double capacité est particulièrement intéressante pour le tri et la caractérisation des matériaux en particulier pour les plastiques, car elle permet d'identifier à la fois la présence d'éléments potentiellement toxiques (comme le brome ou le plomb) et certaines signatures moléculaires caractéristiques (liaisons C-H, doubles liaisons C=C, groupements C-N, etc.).

L'équipe s'appuie sur deux instruments LIBS, complétés par de la spectroscopie dans le proche infrarouge, qui apporte une information moléculaire complémentaire enrichissant l'empreinte élémentaire des échantillons.

De l'échantillon à la donnée

À l'issue de l'analyse LIBS, l'extraction des informations pertinentes fait appel à des approches de traitement de données

avancées, regroupées sous le terme de chimiométrie. Des méthodes statistiques, telles que l'analyse en composantes principales ou différents modèles de classification, permettent d'identifier et de valoriser les informations significatives contenues dans les ensembles de spectres.

L'équipe travaille également sur l'analyse de nanoparticules par ICP-MS en mode « single particle » (particules isolées). Dans ce cas, la préparation des échantillons repose principalement sur des dilutions successives, visant à introduire les nanoparticules individuellement dans le plasma. L'utilisation de temps d'intégration très courts permet de distinguer les signaux propres à chaque particule du fond lié à la partie soluble de l'élément, assurant ainsi une mesure fiable de leur taille et de leur concentration.

Pour certaines applications spécifiques, le couplage ablation laser-ICP permet une injection directe de la matière, sans traitement préalable ni modification de l'échantillon.

Au cœur des enjeux santé et environnement

La caractérisation des nanoparticules figure parmi les axes majeurs de recherche du groupe « Spectrométries Plasma, Couplages et Spéciation » de l'ISA, dont les travaux s'articulent autour de deux projets actuels : l'un dédié à la santé et l'autre à l'environnement.

Dans le domaine de la santé, ces particules suscitent à la fois des préoccupations toxicologiques – leur petite taille favorise le franchissement des barrières biologiques – et un fort intérêt pour leurs applications potentielles, notamment comme vecteurs de médicaments ou agents de contraste en imagerie biomédicale. Côté environnement, les micro- et nanoplastiques s'imposent comme de nouveaux polluants. Leur détection et leur caractérisation dans des milieux variés (eaux, sols, organismes vivants) sont essentielles pour comprendre leur impact sur les écosystèmes et la santé humaine.

L'objectif est d'identifier et de quantifier les nanoparticules présentes dans ces environnements complexes. Pour y parvenir, l'équipe s'appuie sur un solide réseau de collaborations, réunissant des laboratoires spécialistes de la synthèse, de l'environnement et de l'étude de la toxicité des particules dans les milieux aquatiques et les sédiments.

Implantée au cœur d'un écosystème lyonnais particulièrement dynamique et en synergie avec les pôles de compétitivité, le groupe développe ses projets en étroite collaboration avec les acteurs académiques et industriels du territoire. L'équipe propose également des prestations analytiques, mettant à disposition ses équipements de pointe pour accompagner des partenaires externes dans la réalisation d'analyses de haute exactitude !

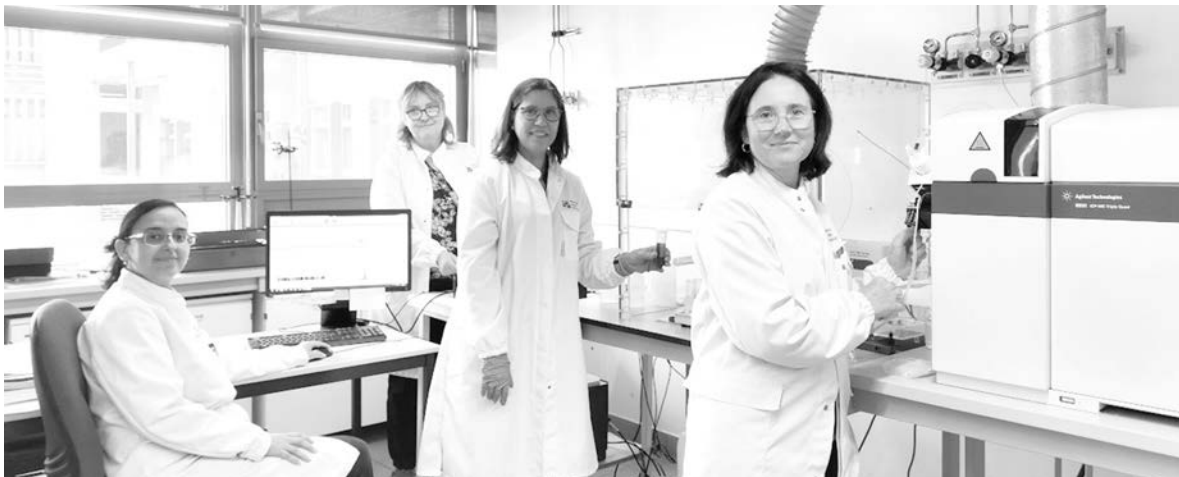
Pour en savoir plus :

Institut des Sciences Analytiques

Nicole Gilon

nicole.gilon@univ-lyon1.fr

www.isa-lyon.fr/team/spectrometries-plasma-couplages-et-speciation/



L'équipe SPCS au complet devant une analyse de nanoparticules par ICP-MS/MS