

Chimie et environnement

Sophie Sobanska (coord.), Gabriel Billon, Patrice Coddeville, Jean-Paul Cornard, Pascale Desgroux, Abderrahman El-Bakali, Valérie Fèvre-Nollet, Sophie Fourmentin, David Landy, Ludovic Lesven, Florent Louis, Josip Lovric, Xavier Mercier, Aurélien Moncomble, Éric Therssen, Alexandre Tomas et Céline Toubin

La préservation de l'environnement et l'exploitation raisonnée des ressources naturelles dans la Région Hauts-de-France constituent les enjeux essentiels d'un développement régional respectueux et durable. En effet, la Région est couverte en grande partie de zones urbaines diffuses où se mêlent zones d'habitat, zones d'activités, friches industrielles et zone agricoles (dont des zones agricoles urbaines). Cette situation résulte de cent cinquante ans d'industrialisation qui ont organisé l'urbanisation du territoire et laissé un passif environnemental lourd. Dans les années 1990, les friches industrielles totalisaient 50 % du stock national impliquant sites et sols pollués, désordres du sous-sol liés à l'exploitation minière, sédiments toxiques et médiocre qualité de l'eau. Par ailleurs, la région industrialisée et densément peuplée subit une pollution atmosphérique d'origine industrielle, mais également liée aux transports et au secteur résidentiel.

Préoccupée par la préservation de l'environnement et des ressources ainsi que par l'amélioration de la qualité de vie des habitants, la Région a investi significativement dans le développement de projets de recherche dans les domaines de la qualité de l'eau, de l'air et des sols, de l'impact de la qualité de l'air sur la santé publique et les impacts socioéconomiques et juridiques induits. À ce titre, la politique de recherche du Conseil régional a, au travers des différents contrats de plan État-Région (CPER), initié plusieurs projets phares dont le

programme de recherche sur les sols et sites pollués, le programme IRENI (Institut de recherche en environnement industriel), et récemment CLIMIBIO (changement climatique, dynamique de l'atmosphère, impacts sur la biodiversité et la santé humaine). Ces programmes pluridisciplinaires impliquent de nombreux laboratoires académiques de la Région. Enfin, le Labex CaPPA (2012-2019) (physique et chimie de l'environnement atmosphérique) est un des projets phares qui a permis de renforcer les recherches menées dans la Région concernant l'impact des aérosols sur le climat et la qualité de l'air.

Les types de contaminants sont multiples – métaux, composés organiques volatils, pesticides, particules... – et tous les compartiments de la géosphère sont impliqués (sols, eaux, atmosphère). L'étude du devenir des contaminants dans les différents compartiments implique le suivi des teneurs des polluants dans le temps et dans l'espace, mais également la compréhension des transformations physico-chimiques de ces polluants au cours de leur transfert dans l'environnement. La thématique « chimie et environnement » s'attache à la compréhension de l'évolution des polluants dans les systèmes naturels, de l'échelle macroscopique à l'échelle moléculaire, indispensable à une meilleure évaluation de leur impact. Les contributions réunies ici présentent quelques-unes des recherches menées dans ce contexte.

Sophie Sobanska

Modélisation moléculaire pour l'environnement

Aurélien Moncomble, Jean-Paul Cornard, Josip Lovric et Céline Toubin

L'environnement est un milieu complexe pour lequel l'apport des techniques de modélisation est démontré : les outils informatiques associés à des méthodes sophistiquées permettent désormais de traiter des systèmes complexes, donc plus réalistes, avec précision.

La composition chimique de l'atmosphère, et en particulier sa capacité oxydante, est fortement liée au rayonnement mais aussi aux processus hétérogènes se produisant à la surface des aérosols. Des études de simulation à l'échelle moléculaire combinées à des expériences de laboratoire ont permis de montrer par exemple que les aérosols marins, produits dans la couche limite marine, présentent une surface particulièrement hétérogène lorsqu'ils sont recouverts d'eau et d'acides gras, ces derniers provenant de l'accumulation de matière biologique à l'interface air/eau. Cette organisation des molécules influence significativement le collage et la réactivité d'espèces radicalaires telles que Cl, O₃, NO₂... qui peuvent ainsi passer de la phase gazeuse vers la phase particulaire [1] (figure 1).

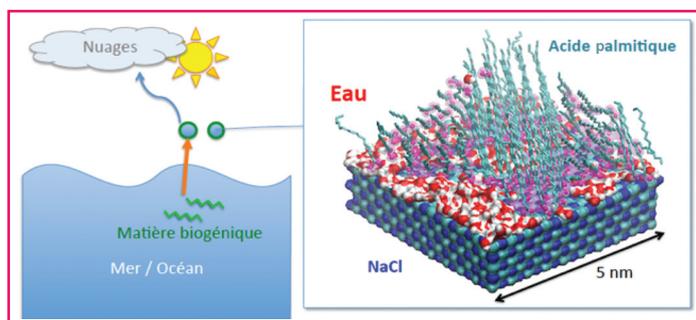


Figure 1 - Modélisation de la surface hétérogène d'un aérosol marin couvert d'eau et d'acides gras.

Parfois, les systèmes à étudier sont nettement moins étendus, mais nécessitent une précision importante en raison de la finesse des phénomènes étudiés.

Par exemple, une meilleure compréhension de la rétention des métaux par la matière organique des sols peut être

obtenue en étudiant des molécules précurseurs. Parmi celles-ci, les flavones présentent de plus l'intérêt chimique de posséder de nombreux sites de complexation. De nombreux cations métalliques peuvent s'y fixer, leurs positions influençant les propriétés de rétention des cations. Une étude approfondie mêlant acquisition de spectres UV expérimentaux et calculs de transitions électroniques permet de déterminer ce site, conduisant à des résultats inattendus : si certains cations ont un site exclusif, il a été montré récemment que pour l'interaction de la quercétine avec le magnésium(II), deux sites étaient en compétition [2] (figure 2).

Les auteurs remercient Stéphane Briquez et Denis Duflot (Laboratoire PHLAM) pour leur contribution à ces travaux, ainsi que le LabEx CaPPA pour le financement.

- [1] Lovric J., Duflot D., Monnerville M., Toubin C., Briquez S., Water-induced organization of palmitic acid at the surface of a model sea salt particle: a molecular dynamics study, *J. Phys. Chem. A*, **2016**, 120, p. 10141.
- [2] Moncombe A., Cornard J.-P., Elucidation of complexation multi-equilibrium with MgII and a multisite ligand: a combined electronic spectroscopies and DFT investigation, *RSC Advances*, **2014**, 4, p. 29050.

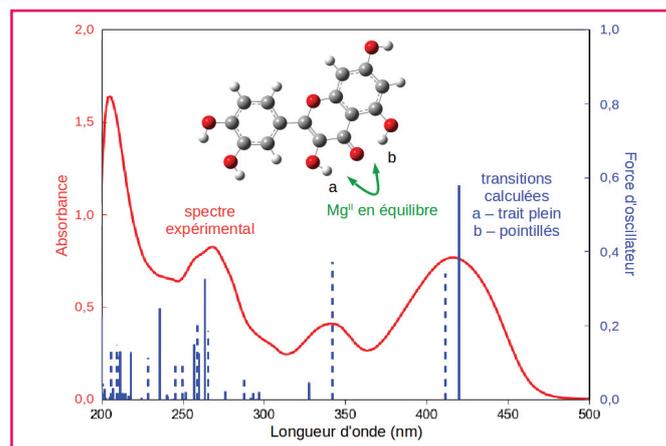


Figure 2 - Comparaison du spectre expérimental et des transitions calculées pour deux sites potentiels de fixation du cation.

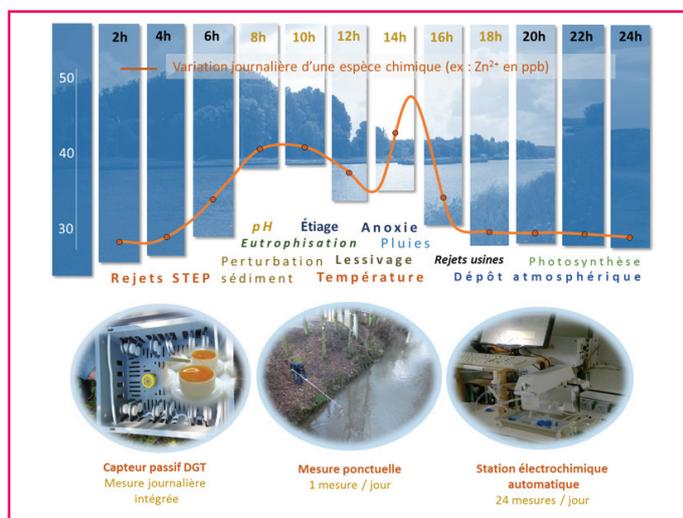
Capteurs et suivi sur site de la pollution des eaux

Ludovic Lesven et Gabriel Billon

Les écosystèmes aquatiques continentaux sont des systèmes complexes, avec la présence de nombreux contaminants dont les origines et les devenir ne sont pas toujours clairement identifiés. De manière générale, le suivi des cours d'eau se fait encore à l'aide de prélèvements ponctuels avec des pas de temps d'échantillonnage qui vont de la semaine au mois. Si ces échantillons permettent de réaliser de nombreuses analyses en laboratoire, ils ne donnent pas accès à la dynamique des contaminants à l'échelle de la journée par exemple ou lors d'épisodes exceptionnels (crues, pollutions accidentelles...).

C'est dans ce contexte que s'inscrivent nos recherches au LASIR où nous optimisons et utilisons des outils de suivi en ligne et des échantillonneurs passifs. Les premiers permettent d'obtenir des informations sur l'évolution des teneurs en métaux, en soufre et de leur spéciation partielle avec un pas de temps d'environ 60 minutes [1]. Basés sur des techniques de redissolutions anodique et cathodique, ils sont aisément transportables sur le terrain et sont installés dans les stations de mesures automatiques de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie qui mesurent d'autres paramètres chimiques et physico-chimiques. Les seconds outils permettent de réaliser des prélèvements moyens dans la masse d'eau en intégrant les fluctuations temporelles, généralement sur plusieurs jours. Il s'agit de résines chélatantes que l'on déploie *in situ* et qui ont la capacité d'adsorber des espèces cibles d'intérêt environnemental (formes labiles des cations divalents, phosphates, sulfures, arsenic total, arsenic(III)...). Certaines sont déjà largement utilisées en routine tandis que d'autres sont développées au laboratoire [2].

Ces travaux entrent dans le cadre de plusieurs projets recherche et nous tenons à remercier les financeurs associés : Projet OPUR (Région Hauts-de-France), Projet REOSSED (Andra / Région Hauts-de-



Variations journalières (mesure toutes les deux heures) des concentrations en zinc dissous (ppb) dans la rivière de la Deule (Nord) par voltamétrie (station électrochimique automatique, on-line). En illustration, trois techniques permettant d'échantillonner/mesurer les métaux avec des pas de temps différents.

France), CPER CLIMIBIO (État, Région Hauts-de-France et FEDER), Projet DYMEAU (Agence de l'Eau Artois-Picardie), Projets RESEAU et COHMET (MEL), INTERREG VALSE (FEDER).

- [1] Superville P.-J., Pižeta I., Omanović D., Billon G., Identification and on-line monitoring of reduced sulphur species (RSS) by voltammetry in oxic waters, *Talanta*, **2013**, 112, p. 55.
- [2] Gorny J., Lesven L., Billon G., Dumoulin D., Noirielle C., Pirovano C., Madé B., Determination of total arsenic using a novel Zn-ferrite binding gel for DGT techniques: application to the redox speciation of arsenic in river sediments, *Talanta*, **2015**, 144, p. 890.

Chimie de l'iode et sûreté nucléaire

Valérie Fèvre-Nollet et Florent Louis

En cas d'accident grave sur un réacteur de centrale nucléaire, des quantités importantes de radionucléides peuvent être relâchées dans l'environnement. L'iode est l'un de ces radionucléides et peut avoir des conséquences dramatiques par inhalation, ingestion ou contact (figure 1). Des

modèles informatiques sont développés pour prédire les rejets dans ces situations.

Lors de l'accident de Fukushima, les prédictions établies par ces modèles n'étaient pas en accord avec les données mesurées sur le terrain pour l'iode 131 car seuls le transport

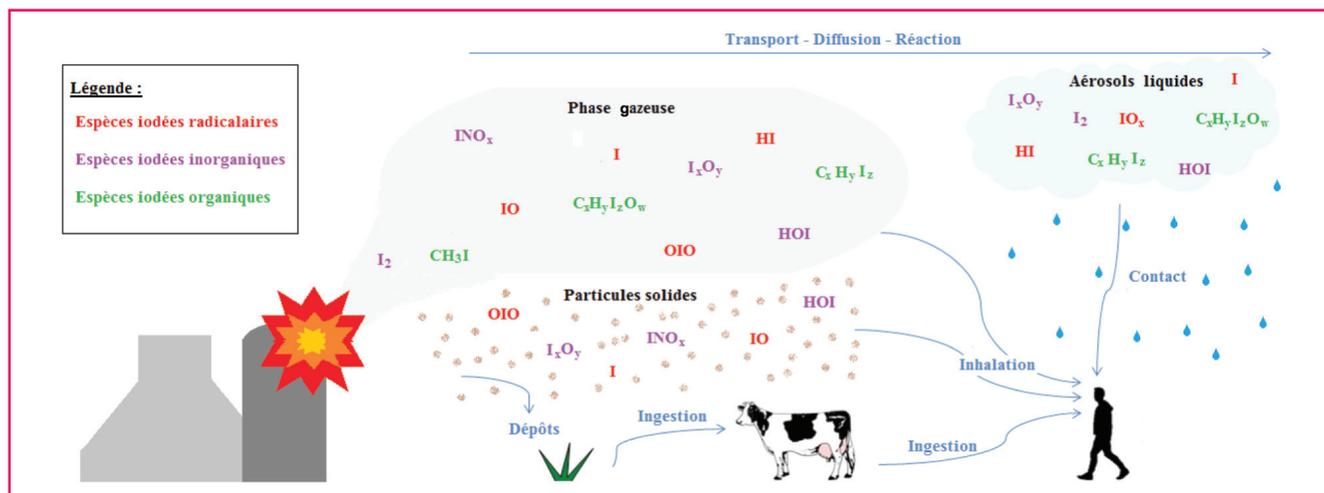


Figure 1 - Schéma représentant la contamination des populations suite à un rejet d'iode vers l'environnement.

et la diffusion ont été pris en compte dans le modèle. L'objectif de ces travaux de recherche est de développer une méthodologie comprenant un ensemble d'outils computationnels nous permettant de conduire à une meilleure compréhension de la chimie de l'iode et d'interpréter les valeurs de dépôts mesurés.

Des outils de modélisation tels que les calculs de chimie théorique pour compléter les bases de données thermocinétiques, la modélisation 0D pour étudier la réactivité chimique et la modélisation chimie-transport 3D sont utilisés dans le cadre de ces travaux. La figure 2 représente à titre d'exemple le profil réactionnel en termes d'enthalpie à 0 K pour la réactivité de l'acide iodique vis-à-vis des radicaux OH. Les résultats obtenus montrent que la voie d'abstraction d'un atome d'hydrogène de HOIO₂ est énergétiquement favorisée.

Ces travaux ont été effectués en collaboration avec C. Fortin, S. Khanniche, D. Khiri, P. Lebègue et A. Villard (PC2A), L. Cantrel et F. Cousin (IRSN, PSN-RES, Cadarache) et I. Černušák (Université Comenius de Bratislava, Slovaquie). Ils s'inscrivent dans les activités de recherche du Laboratoire de Recherche Commun IRSN/CNRS/Lille 1 « Cinétique Chimique, Combustion et Réactivité » (C3R), des projets Labex CaPPA (Chemical and Physical Properties of the

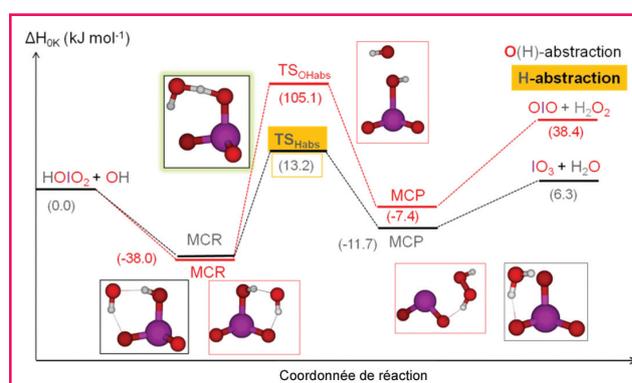


Figure 2 - Étude de la réaction HOIO₂ + OH = produits par chimie théorique. Les calculs ont été réalisés au niveau de théorie CCSD(T)/CBS/B3LYP/aug-cc-pVTZ.

Atmosphere, ANR-11-LABX-0005-01) et MiRE (Mitigation of outside releases in case of nuclear accident, ANR-11-RSNR-0013-01) supportés par le Programme d'Investissements d'Avenir (PIA).

Des pigments anticorrosion écologiques innovants



La Société Nouvelle des Couleurs Zinciques, SNCZ, développe, produit et commercialise une large gamme de pigments anticorrosion de haute performance destinés aux industries des peintures et des revêtements à travers le monde. Leader mondial, cette PME

dont le site de production est basé à Bouchain (Nord) commercialise ses produits dans plus de 70 pays.

Fort d'un laboratoire R & D équipé des dernières technologies, SNCZ s'engage depuis plus de dix ans dans le développement de nouveaux inhibiteurs de corrosion performants non dangereux pour l'environnement.

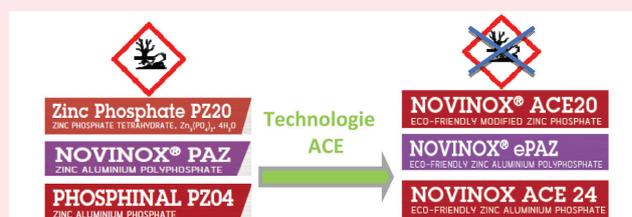
Le phosphate de zinc et ses dérivés sont très largement utilisés en peinture pour inhiber la corrosion, mais ils ont l'inconvénient d'être classés très toxiques pour les organismes aquatiques. Dans une optique de développement durable, la tendance du marché est de restreindre l'utilisation des produits chimiques dangereux dans les peintures, d'où la nécessité de concevoir des pigments anticorrosion respectueux de l'environnement.

Ces dernières années, SNCZ a développé et breveté la technologie ACE qui permet la conception de pigments perfor-

mants exempts d'écotoxicité aiguë et chronique. Grâce à cette technologie, une nouvelle gamme d'inhibiteurs de corrosion exempts d'étiquetage a été lancée avec succès : le phosphate de zinc modifié écologique Novinox® ACE 20, le polyphosphate aluminium zinc écologique Novinox® ePAZ, et le phosphate de zinc aluminium écologique Novinox® ACE 24.

Ces trois nouveaux pigments offrent une très bonne compatibilité avec les résines en phase aqueuse et en phase solvant, permettant la formulation d'un large panel de peintures non étiquetées de haute performance. De plus, ils ne font l'objet d'aucune réglementation pour le transport et d'aucune restriction pour le stockage.

• Contact : tech.support@sncz.net



Les particules de suies et leurs précurseurs en combustion

Xavier Mercier, Abderrahman El-Bakali, Éric Therssen et Pascale Desgroux

La formation des particules de suies est une problématique majeure de recherche dans le domaine de la combustion du fait de la nocivité de ces composés sur notre santé et notre environnement. La majeure partie des particules carbonées sont issues de la combustion incomplète d'hydrocarbures (voir figure). Suivant les conditions de température et de pression, de petits résidus hydrocarbonés issus de cette mauvaise combustion peuvent se recombinaer entre eux pour former des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Ces composés vont alors croître en taille jusqu'à atteindre une masse critique et finalement donner naissance aux particules de suies. Ces particules subissent également une croissance en taille, essentiellement par coagulation et condensation des particules entre elles, ainsi que par le biais de réactions de surface avec d'autres espèces gazeuses. Les particules de suies ainsi formées peuvent alors s'agréger pour former des chapelets de particules de formes et de tailles très variables.

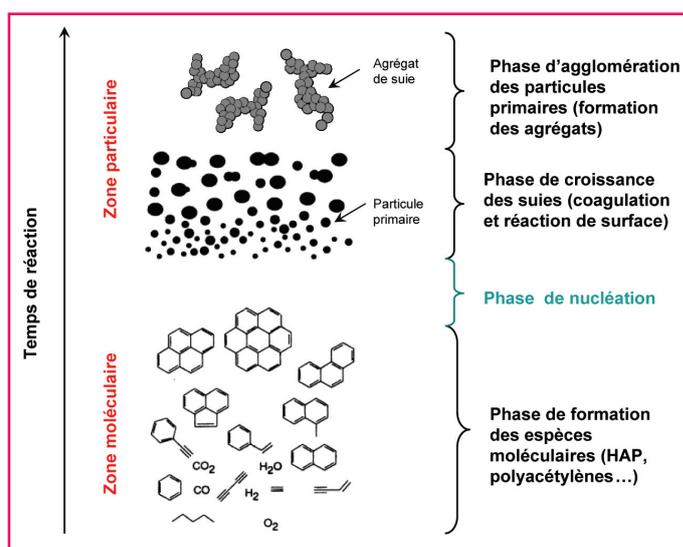
La détermination des mécanismes physicochimiques menant à la formation de ces particules est une tâche complexe car ils mettent en jeu des centaines d'espèces chimiques réagissant entre elles à des échelles de temps très courtes.

L'étude de ces phénomènes de combustion nécessite ainsi la mise œuvre de techniques de pointe, comme les diagnostics lasers utilisés pour la mesure des particules de suies, ou la spectrométrie de masse pour l'identification et la quantification des espèces gazeuses mises en jeu. Ces études sont généralement complétées par des travaux de modélisation qui tentent de reproduire par calcul l'évolution des espèces mesurées.

C'est ce travail de modélisation qui nous permet de formuler des théories quant à la nature des processus physicochimiques mis en œuvre et d'avancer dans la compréhension

globale des mécanismes de formation des particules de suies.

Les auteurs remercient Alessandro Faccinetto (Laboratoire Physicochimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère, Université de Lille 1), Yvain Carpentier et Cristian Focsa (Laboratoire de Physique des Lasers, Atomes et Molécules, Université de Lille 1) qui prennent part à ces travaux. Les auteurs remercient également l'Institut de Recherche en Environnement Industriel (IREn) et le programme de recherche CPER CLIMIBIO, financés par la Région Hauts-de-France, la Communauté urbaine de Dunkerque, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, le CNRS via le Labex CaPPA (« Chemical and Physical Properties of the Atmosphere ») et le Fond européen de développement régional (FEDER).



Mécanisme de formation des suies dans les flammes.

Développement de solvants verts pour la remédiation des composés organiques volatils

Sophie Fourmentin et David Landy

Les composés organiques volatils (COV) constituent dans l'industrie l'un des principaux facteurs de la pollution atmosphérique. Ils interviennent dans le phénomène de pollution photochimique en réagissant avec les oxydes d'azote sous l'action des rayons ultraviolets pour former l'ozone troposphérique.

Outre les combinaisons polluantes qu'ils peuvent donner dans l'atmosphère, ils peuvent également avoir une action directe sur l'homme à des degrés divers : action irritante, cancérigène, mutagène, toxique pour la reproduction (CMR). Malgré leur nocivité reconnue, il est difficile de les remplacer dans la plupart des processus industriels. En effet, ils sont largement employés pour leur capacité à s'évaporer après utilisation, à des fins de nettoyage, comme solvants... Les principaux secteurs d'activité concernés sont l'industrie automobile, chimique et textile, la métallurgie et l'imprimerie.

Les procédés de traitement des COV proposés actuellement sont soit récupératifs (absorption, adsorption et condensation), soit destructifs (oxydation thermique, oxydation catalytique, photocatalyse et traitement biologique). Le choix d'un de ces procédés est lié directement à la nature

de l'effluent à traiter (mono- ou polyproduit, type de COV), aux débits, ainsi qu'à des contraintes économiques [1]. L'absorption correspond au lavage de gaz par une solution liquide. Cette opération permet de transférer les polluants de la phase gaz vers la phase liquide. L'efficacité des procédés d'absorption est élevée ; on peut en effet attendre un rendement d'épuration de l'ordre de 90 à 98 %.

Les méthodes de lavage actuelles emploient principalement l'eau ou des solutions aqueuses mettant en œuvre des bases, des acides ou des réactifs oxydants. De ce fait, cette méthode est restreinte aux COV hydrosolubles. Dans le cas du traitement de composés organiques hydrophobes (hydrocarbures aromatiques et aliphatiques par exemple), des systèmes de lavage utilisant des solvants lourds, tels que des huiles de silicone ou du polyéthylène glycol, ont été expérimentés [2]. Cependant, leur coût d'utilisation reste élevé.

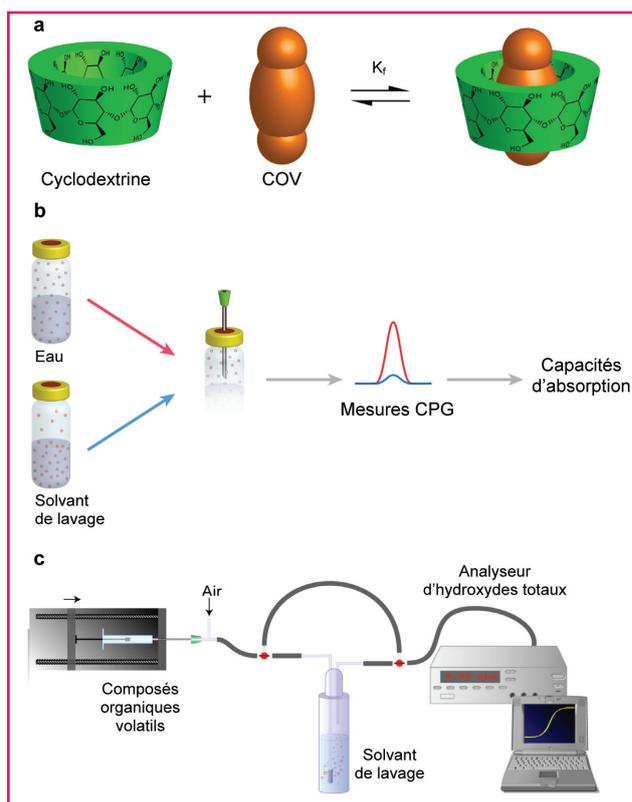
Nos travaux de recherche consistent à développer des méthodes innovantes adaptées aux composés organiques hydrophobes (COV, POP...) et basées sur les propriétés de complexation et de solubilisation des cyclodextrines (CD) (figure 1a). Les CD sont des oligomères cycliques du glucose

produites à l'échelle industrielle par dégradation enzymatique de l'amylose (forme linéaire de l'amidon) pour un tarif moyen de 5 €/kg. Ces molécules se présentent sous une forme conique tronquée dont les dimensions varient selon le nombre d'unités de glucose.

Dans un premier temps, la détermination de l'affinité entre le COV et les CD est réalisée par espace de tête (« headspace ») statique couplé à la chromatographie en phase gazeuse. Nous pouvons ainsi déterminer la constante de formation (K_f) du complexe CD/COV et la constante de Henry (H_2) du COV en présence de CD (figure 1b). On observe une diminution de cette constante de Henry avec des concentrations croissantes en CD. Dans un second temps, les couples plus prometteurs sont étudiés par le biais d'un montage dynamique simulant un plateau d'une colonne d'absorption (figure 1c) [3]. Ce montage a été développé en partenariat avec le Centre Commun de Mesures (CCM) de l'Université du Littoral-Côte d'Opale (ULCO). De nouveaux solvants biosourcés sont actuellement en cours d'évaluation [4].

Les auteurs remercient l'Ademe pour le financement de ce projet (CORTEA 1401C0035, projet de R & D n° 02 74 037). L'UCEIV a participé à l'Institut de Recherche en Environnement Industriel (IRENI) financé par la Communauté urbaine de Dunkerque, la Région Nord Pas-de-Calais, le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, le CNRS et la Fondation européenne du développement régional (FEDER).

- [1] Le Cloirec P., *Les composés organiques volatils (COV) dans l'environnement*, Tec & Doc Lavoisier, **1998**.
- [2] Heymes F., Manno-Demoustier P., Charbit F., Fanlo J.L., Moulin P., A new efficient absorption liquid to treat exhaust air loaded with toluene, *Chem. Eng. J.*, **2006**, *115*, p. 225.
- [3] Blach P., Fourmentin S., Landy D., Cazier F., Surpateanu G., Cyclodextrins: a new efficient absorbent to treat waste gas streams, *Chemosphere*, **2008**, *70*, p. 374.
- [4] Fourmentin S., Landy D., Moura L., Tilloy S., Bricout H., Ferreira M., Procédé d'épuration d'un effluent gazeux, Brevet FR 16 61212, 18/11/2016.

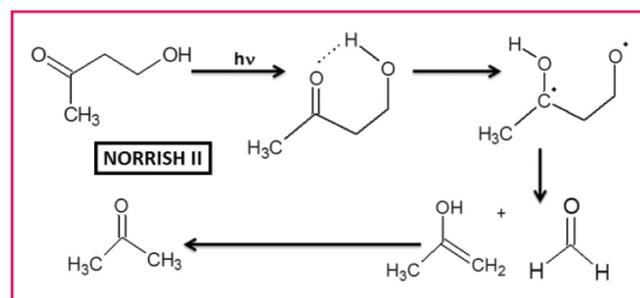


a) Représentation du phénomène d'inclusion ; b) mesure des capacités d'absorption par headspace statique ; et c) montage développé pour l'absorption en mode dynamique.

Photolyse atmosphérique de composés organiques volatils multifonctionnels

Alexandre Tomas et Patrice Coddeville

Les processus de photolyse de composés organiques volatils (COV) dans l'atmosphère par le rayonnement solaire concernent essentiellement les composés carbonylés et les nitrates organiques, du fait de leur absorption dans la fenêtre UV atmosphérique ($295 \text{ nm} < \lambda < 440 \text{ nm}$). Dans notre équipe, nous nous attachons depuis plusieurs années à évaluer l'importance de la photolyse pour les composés carbonylés multifonctionnels, les processus de photolyse étant encore largement négligés dans les modèles de chimie atmosphérique.



Mécanisme de réarrangement intramoléculaire de type Norrish II pour les β-hydroxycétones (reproduit avec autorisation de [3b], © 2015 American Chemical Society).

Les premiers travaux sur les α-dicarbonylés ont montré que ces composés sont majoritairement oxydés par photolyse pour former des radicaux acylperoxy RC(O)O_2^* très réactifs qui peuvent régénérer des radicaux hydroxyles $^* \text{OH}$ [1]. L'étude de l'influence de la pression sur les rendements quantiques de photolyse au moyen d'un couplage original chambre de simulation-spectroscopie en cavité haute finesse (cw-CRDS) a permis de clarifier la production de radicaux $^* \text{OH}$ dans l'oxydation par O_2 du radical acétyl excité [2]. À l'inverse, les α-, β- et γ-hydroxycétones présentent des différences importantes d'un composé à l'autre avec un rôle important de la proximité des deux fonctions -OH et -CO et l'occurrence d'un processus de type Norrish II pour les formes β [3].

- [1] Bouzidi H., Fittschen C., Coddeville P., Tomas A., Photolysis of 2,3-pentanedione and 2,3-hexanedione: kinetics, quantum yields, and product study in a simulation chamber, *Atmos. Environ.*, **2014**, *82*, p. 250.
- [2] Bouzidi H., Djehiche M., Gierczak T., Morajkar P., Fittschen C., Coddeville P., Tomas A., Low-pressure photolysis of 2,3-pentanedione in air: quantum yields and reaction mechanism, *J. Phys. Chem. A*, **2015**, *119*, p. 12781.
- [3] a) Bouzidi H., Laversin H., Tomas A., Coddeville P., Fittschen C., El Dib G., Roth E., Chakir A., Reactivity of 3-hydroxy-3-methyl-2-butanone: photolysis and OH reaction kinetics, *Atmos. Environ.*, **2014**, *98*, p. 540 ; b) Bouzidi H., Aslan L., El Dib G., Coddeville P., Fittschen C., Tomas A., Investigation of the gas-phase photolysis and temperature-dependent OH reaction kinetics of 4-hydroxy-2-butanone, *Environ. Sci. Technol.*, **2015**, *49*, p. 12178 ; c) Aslan L., Laversin H., Coddeville P., Fittschen C., Roth E., Tomas A., Chakir A., Kinetics of the photolysis and OH reaction of 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanone: atmospheric implications, *Atmos. Environ.*, **2017**, *150*, p. 256.



S. Sobanska



A. Moncomble



J.-P. Cornard



J. Lovric



C. Toubin



L. Lesven



G. Billon



V. Fèvre-Nollet



F. Louis



X. Mercier



A. El-Bakali



E. Therssen



P. Desgroux



S. Fourmentin



D. Landy



A. Tomas

Sophie Sobanska est chargée de recherche au CNRS à l'Institut des Sciences Moléculaires (ISM), Université de Bordeaux¹, qu'elle a rejoint en janvier 2017 après avoir été au LASIR, Université de Lille². Elle préside la subdivision Spectroscopie optique et neutronique de la division Chimie-Physique SCF/SFP.

Aurélien Moncomble est maître de conférences et **Jean-Paul Cornard**, professeur, au Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman (LASIR), Université de Lille².

Josip Lovric est doctorant et **Céline Toubin**, maître de conférences, au laboratoire PhLAM (Physique des Lasers Atomes et Molécules), Université de Lille³.

Ludovic Lesven est maître de conférences au sein de l'équipe Physico-Chimie de l'Environnement et **Gabriel Billon**, professeur et responsable de l'équipe Physico-Chimie de l'Environnement, au LASIR⁴.

Valérie Fèvre-Nollet est maître de conférences et **Florent Louis**, maître de conférences, responsable de l'équipe E3 (Cinétique chimique, Combustion, Réactivité : Sûreté nucléaire), Laboratoire PC2A (Physico-Chimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère)⁵.

Xavier Mercier est chargé de recherche au CNRS, **Abderrahman El-Bakali** et **Éric Therssen**, professeurs, et **Pascale Desgroux**, directrice de recherche au CNRS, au Laboratoire PC2A, Université de Lille⁵.

Sophie Fourmentin et **David Landy** sont professeurs à l'Université du Littoral-Côte d'Opale (ULCO)⁶.

Alexandre Tomas est professeur et **Patrice Coddeville**, chef du département Sciences de l'Atmosphère et Génie de l'Environnement (SAGE), à l'Institut Mines-Télécom Lille Douai⁷.



P. Coddeville

¹ ISM, UMR CNRS 5255, Groupe de Spectroscopie Moléculaire, Université de Bordeaux, Bât. A12, 351 cours de la Libération, F-33405 Talence. Courriel : sophie.sobanska@u-bordeaux.fr

² Laboratoire de Spectrochimie Infrarouge et Raman (LASIR), CNRS, UMR 8516, F-59000 Lille. Courriels : aurelien.moncomble@univ-lille1.fr ; jean-paul.cornard@univ-lille1.fr

³ PhLAM, CNRS, UMR 8523, Université de Lille, F-59000 Lille.

Courriels : josip.lovric@univ-lille1.fr ; celine.toubin@univ-lille1.fr

⁴ LASIR, Cité scientifique, Bât. C8, F-59655 Villeneuve d'Ascq Cedex.

Courriels : ludovic.lesven@univ-lille1.fr ; gabriel.billon@univ-lille1.fr

⁵ Laboratoire Physico-chimie des Processus de Combustion et de l'Atmosphère (PC2A), Bât. C11, UMR 8522, Université de Lille 1, F-59655 Villeneuve d'Ascq Cedex. Courriels : valerie.nollet@univ-lille1.fr ; florent.louis@univ-lille1.fr ; xavier.mercier@univ-lille1.fr ; abderrahman.el-bakali@univ-lille1.fr ; eric.therssen@univ-lille1.fr ; pascale.desgroux@univ-lille1.fr

⁶ Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV), EA 4492, SFR Condorcet FR CNRS 3417, Université du Littoral-Côte d'Opale (ULCO), 145 avenue Maurice Schumann, MREI 1, F-59140 Dunkerque.

Courriels : lamotte@univ-littoral.fr ; landy@univ-littoral.fr

⁷ Département SAGE, Institut Mines-Télécom Lille Douai, 941 rue Charles Bourseul, F-59500 Douai.

Courriels : alexandre.tomas@mines-douai.fr ; patrice.coddeville@mines-douai.fr

Suivez les actus de la SCF, du RJ-SCF et de la Chimie



Facebook Société Chimique de France



Twitter @reseauSCF



Facebook Réseau des Jeunes Chimistes-SCF



Twitter @RJ_SCF