

## Prix et distinctions

### Médailles de cristal du CNRS 2023

*La Médaille de cristal distingue des femmes et des hommes, personnels d'appui à la recherche, qui par leur créativité, leur maîtrise technique et leur sens de l'innovation, contribuent à l'avancée des savoirs et à l'excellence de la recherche française.*



© Ruben Checa.

#### • Chantal Lorentz

Ingénieure de recherche en analyse chimique, Chantal Lorentz est responsable de la plateforme de caractérisation des matériaux catalytiques Ircatech de l'Institut de recherches sur la catalyse et l'environnement de Lyon (IRCELYON, CNRS/Université Claude Bernard Lyon 1).

Entrée au CNRS en 1994 comme technicienne, Chantal Lorentz a obtenu son diplôme d'ingénieure du CNAM en 2011, puis a gravi de nombreuses marches, tant administratives que techniques et scientifiques, jusqu'à devenir responsable de la plateforme Ircatech. Co-auteurice d'une soixantaine d'articles scientifiques, elle a également contribué à des développements technologiques d'envergure. Elle a adapté différentes techniques analytiques pour la caractérisation de catalyseurs par résonance magnétique nucléaire permettant de comprendre et d'optimiser des procédés chimiques. Elle a également contribué au développement d'une technique séparative innovante permettant d'étudier des milieux chimiques complexes constitués de plusieurs centaines de molécules. En tant que membre du comité de direction de son laboratoire, elle assure le suivi de l'ensemble des personnels de support à la recherche.



© Institut Jean Lamour.

#### • Jonathan Martens

Jonathan Martens est technicien en instrumentation, expérimentation et mesure, membre de l'équipe « Procédé d'élaboration » et de la chaire industrielle « Métal liquide » de l'Institut Jean Lamour (CNRS/Université de Lorraine) qu'il a rejoint en 2019.

Son activité porte sur le développement d'un four de fusion original dédié à l'étude des alliages métalliques à très hautes températures, comme par exemple les aciers ou les superalliages. L'objectif est de maintenir une faible quantité de métal en lévitation grâce à l'émission d'ondes acoustiques, tout en assurant la chauffe et la fusion de l'échantillon par un laser. Dans ce cadre, Jonathan Martens a pris en charge le développement du système de lévitation, une activité sur laquelle aucun résultat n'avait été identifié dans la littérature auparavant. Ses nombreux développements ont permis au four de faire léviter des échantillons de tous types de métal et d'atteindre des températures supérieures à 1 500 °C. Cette première mondiale, concernant ce type de dispositif, a donné lieu à deux dépôts de brevet depuis fin 2022.



© Laurent Pieuchot.

#### • Gautier Schrodj

Gautier Schrodj est ingénieur en caractérisation des matériaux, adjoint au directeur de l'Institut de science des matériaux de Mulhouse (IS2M, CNRS/Université de Haute-Alsace).

Entré en CNRS en 2001 en tant qu'assistant ingénieur, Gautier Schrodj est devenu responsable de la plateforme « Analyses mécaniques, thermomécaniques et rhéologiques » de l'IS2M en 2008. Il soutient alors de nombreux projets académiques et industriels. En vingt ans de carrière, il a acquis une expertise technique et scientifique de haut niveau en caractérisation des matériaux. Son savoir-faire en analyses mécanique, dynamique et thermique, en particulier, est largement reconnu à l'échelle nationale. En 2009, il a mis en place une démarche qualité pour les onze plateformes techniques de son laboratoire, une initiative alors rare pour un établissement de recherche qui s'est depuis généralisée et pour laquelle l'IS2M est souvent cité comme exemple. Jusqu'à ce jour, Gautier Schrodj mène d'une main de maître le fonctionnement et l'organisation des plateformes de son laboratoire et maintient leur haut niveau de technicité, tout en s'appuyant sur l'expertise de ses collaborateurs.

### Francois Jérôme, EFCATS Lectureship Award 2023



François Jérôme, directeur de recherche à l'IC2MP (Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers), a reçu le François Gault Lectureship Award 2023 de l'EFCATS (European Federation of the Catalysis Societies). Cette distinction (attribuée tous les deux ans) est l'une des plus prestigieuses décernées par

la communauté de catalyse européenne. Il est récompensé pour ses travaux sur la valorisation des molécules biosourcées, et sur le contrôle de ces réactions au moyen de procédés d'activation à basse température (eutectiques profonds, mécanochimie, sonochimie...).

Le prix est également attribué à Andrzej Kotarba, professeur à la Faculté de chimie de l'Université Jagellon de Cracovie, dont les liens avec la France sont anciens. Les travaux d'Andrzej Kotarba portent sur l'établissement de corrélations entre composition, structure, morphologie et performance pour la conception de matériaux catalytiques.

Les lauréats sont invités à donner des conférences dans des laboratoires européens au cours des deux années qui suivent.

### Prix L'Oréal-UNESCO Pour les Femmes et la Science 2023

Depuis vingt-cinq ans, la Fondation L'Oréal et l'UNESCO œuvrent à la promotion des femmes dans les sciences par le biais des prix internationaux *Pour les Femmes et la Science* et des programmes Jeunes Talents nationaux et régionaux, en valorisant l'excellence scientifique des chercheuses et en leur donnant les moyens de briser le plafond de verre.

Une cérémonie rendant hommage à ces femmes scientifiques exceptionnelles, dont les travaux ont bénéficié à l'humanité,

s'est tenue au siège de l'UNESCO à Paris le 15 juin. Cette cérémonie a été également l'occasion de célébrer les vingt-cinq ans du programme *Pour les Femmes et la Science* aujourd'hui largement reconnu par les institutions et la communauté scientifiques pour son impact en faveur de la reconnaissance et de la visibilité de l'excellence scientifique des chercheuses, aux niveaux national et international.



Parmi les cinq nouvelles lauréates du Prix international L'Oréal-UNESCO *Pour les Femmes et la Science* 2023 (sélectionnées parmi plus de 350 nominations), figure une chimiste, **Suzana Nunes**, lauréate pour l'Afrique et les États arabes.

Professeure de chimie, de science environnementale et d'ingénierie, et vice-rectrice de la Faculté et des affaires académiques à l'Université des sciences et technologies du roi Abdallah (KAUST, Arabie Saoudite), Suzana Nunes est récompensée pour son travail exceptionnel dans le développement de filtres à membrane innovants permettant de réaliser des séparations chimiques très efficaces avec une empreinte carbone réduite. Ses recherches se sont avérées particulièrement bénéfiques pour les industries de l'eau, de la pétrochimie et des produits pharmaceutiques dans l'optique pour un environnement plus durable.

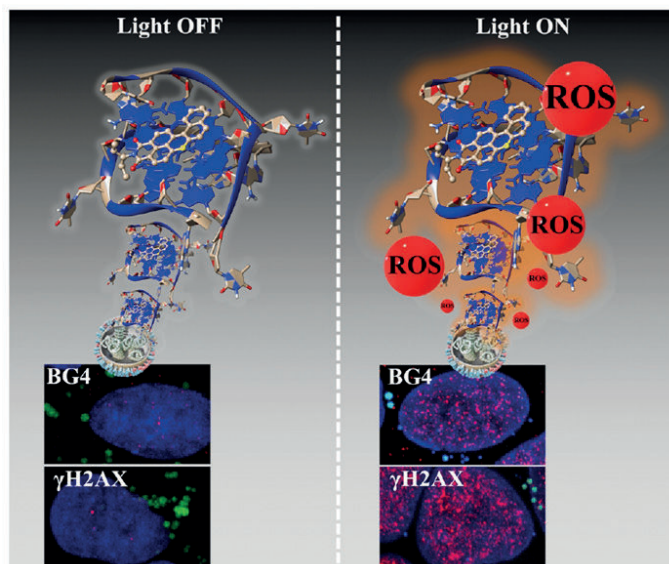
Depuis sa création, le programme L'Oréal-UNESCO *Pour les Femmes et la Science* a distingué plus de 4 100 femmes scientifiques dont 127 lauréates pour l'excellence de leur recherche. À la fin des années 1990, les femmes représentaient 27 % des chercheurs dans le monde. En 2014, ce pourcentage est passé à 30 %. Aujourd'hui, un chercheur sur trois dans le monde est une femme (33 %). Si ces chiffres témoignent sans conteste d'une progression, celle-ci est encore très insuffisante. Par ailleurs, le plafond de verre reste une réalité : seuls 18 % des

postes scientifiques de haut niveau sont occupés par des femmes en Europe, et seuls 12 % des membres des Académies nationales des sciences dans le monde sont des femmes. Par ailleurs, moins de 4 % des prix Nobel dans les disciplines des sciences naturelles ont été décernés à des femmes.

• Source : Fondation L'Oréal/UNESCO, 01/06/2023.

## Recherche et développement

### Une nouvelle molécule pour cibler et éliminer les cellules cancéreuses grâce à la lumière



Microscopie confocale de fluorescence de cellules cancéreuses (BG4 et  $\gamma$ H2AX) mises en présence du nouveau composé photosensibilisateur. Sur la partie gauche de l'image (avant irradiation), le noyau cellulaire est marqué par un colorant fluorescent bleu, la localisation du photosensibilisateur apparaît sous forme de vésicules fluorescentes vertes. À droite (sous photoirradiation), le photosensibilisateur génère des espèces réactives oxygénées (« reactive oxygen species » ou ROS), extrêmement toxiques pour la cellule. Les zones affectées se présentent sous forme de points fluorescents rouges. Au-dessus de ces images microscopiques figure une modélisation des complexes formés entre des séquences spécifiques ADN (télomères) et le photosensibilisateur. © Sabouri et al./Nucleic Acid Research.

Utilisées principalement dans le traitement de certains cancers, les thérapies photodynamiques sont des traitements peu invasifs. Elles reposent sur l'utilisation de photosensibilisateurs, des molécules capables de s'exciter au contact de la lumière et de transmettre leur énergie au dioxygène contenu dans les cellules ciblées, le rendant toxique et provoquant la mort de ces dernières.

À travers une collaboration interdisciplinaire et internationale, des scientifiques du Laboratoire de chimie (CNRS/ENS de Lyon), du Building Blocks for Future Electronics Laboratory (CNRS/Sorbonne Université/Yonsei University) en Corée du Sud, du Laboratoire Moltech-Anjou (CNRS/Université d'Angers) et leurs collègues sud-coréens ont conçu un nouveau photosensibilisateur, appelé DBI. Cette molécule s'est révélée beaucoup plus efficace que les photosensibilisateurs employés dans les traitements actuels, permettant d'envisager une utilisation à des doses thérapeutiques 10 à 100 fois plus faibles. L'emploi du DBI pourrait ainsi minimiser les possibles effets indésirables sur les tissus sains. Cette efficacité a été caractérisée et testée *in vitro* sur des cellules humaines et *in vivo* sur des embryons de poissons zèbres par leurs collègues suédois.

## Les forêts françaises face au changement climatique

### Rapport de l'Académie des sciences



Les forêts françaises occupent plus de 30 % du territoire métropolitain. En piégeant le CO<sub>2</sub> atmosphérique, elles contribuent de manière décisive à la lutte contre le réchauffement climatique, et jouent donc un rôle majeur dans la stratégie nationale bas carbone, la feuille de route de la France pour lutter contre le changement climatique; un rôle aujourd'hui menacé, alerte l'Académie des sciences.

Dans un rapport consacré aux forêts françaises face au changement climatique, l'Académie dresse un état des lieux qui met notamment en évidence la diminution du puits de carbone forestier depuis une dizaine d'années. Elle formule également des recommandations pour la recherche, la gestion forestière, la filière bois et les politiques publiques\*.

• Source : Académie des sciences, 07/06/2023.

\*Pour consulter le rapport :

[www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/060623\\_foret.pdf](http://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/060623_foret.pdf)

## L'ISIS a fêté ses 20 ans !



Thomas Ebbesen et Jean-Marie Lehn, les deux premiers directeurs de l'ISIS.  
© C. Schröder/Unistra.

Fondé par Jean-Marie Lehn (prix Nobel de chimie en 1987) et inauguré en 2002, l'Institut de Science et d'Ingénierie Supramoléculaires (ISIS - UNISTRA/CNRS) avait pour objectif d'attirer les meilleurs cerveaux, de leur procurer les meilleures conditions de travail, en leur laissant le libre choix et l'entière responsabilité de leurs thèmes de recherche, avec la vocation d'effectuer une recherche pluridisciplinaire aux interfaces entre la chimie, la physique et la biologie.

Des lauréats de prix prestigieux ont depuis confirmé la notoriété scientifique internationale de l'Institut : Martin Karplus (prix Nobel de chimie en 2013), Thomas Ebbesen (prix Kavli en nanoscience en 2014, Médaille d'or du CNRS en 2019, directeur de l'ISIS de 2005 à 2012), Jean-Pierre Sauvage (prix Nobel de chimie en 2016).

La chimie supramoléculaire a été au cœur du développement de l'ISIS, ouvrant la voie à l'intégration d'unités moléculaires incorporant de l'information capable d'exprimer une propriété et l'exécution d'une tâche bien définie en vertu de leurs architectures. Elle mène à une chimie adaptative et évolutive et, finalement, à la chimie des systèmes ou de la matière complexe. La chimie est ainsi développée en tant que science de l'information : l'information moléculaire, les instructions de codage et la capacité de programmer des systèmes chimiques seront exploitées afin de gagner progressivement le contrôle de l'organisation de la matière dans l'espace (structurel) et le temps (dynamique). La réalisation de ces concepts aboutira à des applications dans des domaines d'intérêt tels que les matériaux multifonctionnels, l'information, le stockage d'énergie, la thérapeutique et la chimie verte.

En 2019, l'extension de l'Institut, ISIS-2, était inaugurée, ajoutant plus de 2 000 m<sup>2</sup> au 4 500 m<sup>2</sup> d'origine. L'Institut, actuellement dirigé par Paolo Samori, souhaite promouvoir en un même lieu l'interdisciplinarité et la multidisciplinarité en apportant un fort soutien aux jeunes chercheurs prometteurs et en accueillant des antennes R&D de sociétés industrielles.

« ISIS, avec ses vingt ans de succès scientifiques, continuera à être moteur de projets dynamiques où les frontières de la connaissance seront repoussées pour explorer de nouveaux territoires de la chimie à ses interfaces. L'exploration et l'éluclidation de l'inconnu seront la force motrice des années à venir, en lien constant avec les défis mondiaux de notre société » (Paolo Samori, directeur de l'ISIS).

• Source : UNISTRA, 05/05/2023.

ISIS en chiffres : 24 laboratoires, 18 ERC, 150 contrats de recherche remportés dans les six dernières années, plus de 50 brevets déposés, 2 700 publications depuis 2002, 7 startups, plusieurs projets Equipex et Labex (NIE & CSC).

Le DBI a été élaboré à partir d'un colorant initialement utilisé par l'industrie textile et produit annuellement à l'échelle de plusieurs tonnes. En modifiant chimiquement sa structure, les scientifiques lui ont conféré de nouvelles propriétés photosensibilisatrices. Par ailleurs, le DBI a également acquis, de par sa structure, la capacité d'interagir avec l'ADN contenu dans les exosomes, des composants surexprimés dans les cellules cancéreuses. Le photosensibilisateur s'accumule ainsi préférentiellement dans ces compartiments cellulaires clés des cellules cancéreuses, où le stress oxydatif généré par exposition à la lumière conduit à la dégradation de l'ADN et *in fine* à la mort de la cellule.

Des études complémentaires sont en cours afin de déterminer si cette molécule pourra faire l'objet d'une utilisation clinique.

• Source : CNRS, 12/05/2023.

Réf. : M. Deiana, C. Monnerau, C. Cabanetos *et al.*, New G-quadruplex-specific photosensitizer inducing genome instability in cancer cells by triggering oxidative DNA damage and impeding replication fork progression, *Nucleic Acid Research*, 16/05/2023, doi: 10.1093/nar/gkad365

## Chimie du vivant : une approche analytique innovante basée sur la RMN



© Patrick Giraudeau.

La spectroscopie de résonance magnétique nucléaire (RMN) est un outil analytique d'une précision exceptionnelle capable de détecter et de quantifier des dizaines, voire des centaines de petites molécules présentes dans des échantillons d'intérêt biologique, tels que les biofluides (sang, urine...), les extraits de cellules ou de plantes... Basée sur les propriétés magnétiques du noyau des atomes, la RMN est l'une des deux principales approches analytiques pour la démarche métabolomique qui vise à obtenir une cartographie la plus précise et la plus large possible des petites molécules impliquées dans la chimie du vivant.

Toutefois, cette spectroscopie est confrontée à une limite importante : elle n'est pas capable de détecter les signaux des molécules lorsqu'elles sont trop diluées, ce qui est souvent le cas dans les échantillons biologiques. Ceci est encore plus vrai dans le cas de la spectroscopie RMN du carbone 13, technique indispensable à la caractérisation de la structure des molécules. Jusqu'à aujourd'hui, cette technique ne pouvait pas être utilisée en raison de sa sensibilité encore plus limitée que celle du proton.

Des scientifiques du Laboratoire CEISAM (Chimie et interdisciplinarité : synthèse, analyse, modélisation, Nantes Université/CNRS) sont parvenus à lever ce verrou, en mettant au point

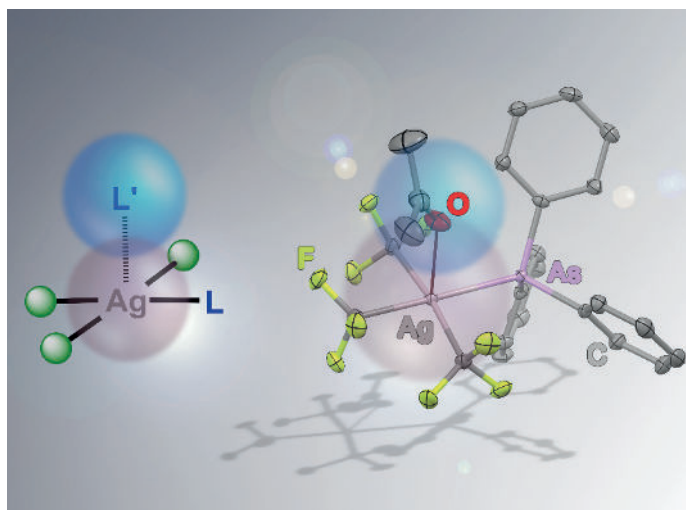
une approche basée sur la polarisation dynamique nucléaire qui permet d'obtenir des signatures spectrales d'échantillons biologiques par spectroscopie RMN du carbone 13, malgré la faible abondance naturelle de ce noyau. Pour la première fois, des spectres ont pu être obtenus sur des échantillons d'urine révélant des signatures spectrales extrêmement riches. Les chercheurs ont montré que cette nouvelle approche pouvait déterminer avec une très bonne précision la concentration de métabolites jusqu'ici difficilement quantifiables avec les approches de RMN classiques.

Ces résultats ouvrent de nombreuses perspectives dans des domaines très variés comme la médecine personnalisée, l'étude du métabolisme humain, cellulaire, bactérien ou végétal, et l'industrie agroalimentaire.

• Source : INC/CNRS, 10/05/2023.

Réf. : V. Ribay, A. Dey, B. Charrier, C. Praud, J. Mandral, J.-N. Dumez, M.P.M. Letertre, P. Giraudeau, Hyperpolarized  $^{13}\text{C}$  NMR spectroscopy of urine samples at natural abundance by quantitative dissolution dynamic nuclear polarization, *Angewandte Chemie Int. Ed.*, 2023, <https://doi.org/10.1002/anie.202302110>

## En chimie, l'argent vaut de l'or !



© Antonio Martín.

La chimie de l'argent est encore relativement peu développée car ce métal a longtemps été considéré comme précieux, mais aussi inerte, contrairement aux autres éléments du même groupe comme le cuivre et l'or. Et pourtant, de nombreux composés contenant cet élément se révèlent hautement réactifs. C'est le cas, par exemple, de certains composés organo- $\text{Ag}^{\text{III}}$  capables de fixer différentes molécules organiques : ligands à base d'azote, phosphore ou arsine, groupement trifluorométhyle... Particulièrement instables, ces complexes sont difficiles à isoler, et donc à caractériser.

Dans ce contexte, une collaboration transpyrénéenne entre les scientifiques du Laboratoire Hétérochimie fondamentale et appliquée (CNRS/Université Paul Sabatier Toulouse III) et l'Université de Saragosse a permis d'isoler et de caractériser pour la première fois le complexe  $(\text{CH}_3\text{CN})\text{Ag}^{\text{III}}(\text{CF}_3)_3$ , une espèce hautement réactive et intermédiaire réactionnel dans la synthèse des dérivés à base de phosphore ou arsine  $(\text{Ph}_3\text{P})\text{Ag}^{\text{III}}(\text{CF}_3)_3$  et  $(\text{Ph}_3\text{As})\text{Ag}^{\text{III}}(\text{CF}_3)_3$ , sans précédents bibliographiques.

Les études expérimentales par diffraction des rayons X, combinées à des modélisations moléculaires, montrent l'acidité (ou l'électrophilie) du centre métallique ( $\text{Ag}^{\text{III}}$ ) au sein de la plateforme plane-carrée  $(\text{L})\text{Ag}^{\text{III}}(\text{CF}_3)_3$  (composés entrant dans les réactions de trifluorométhylation très répandues à l'échelle industrielle), ce qui favorise l'entrée spontanée des ligands (L) azotés ou oxygènes dans le nuage électronique du centre

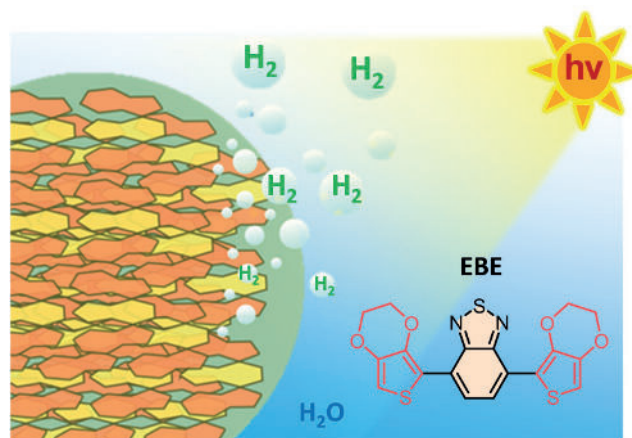
métallique pour aboutir à des composés pyramidaux  $(\text{L})(\text{L}')\text{Ag}^{\text{III}}(\text{CF}_3)_3$  (L' =  $\text{CH}_3\text{CN}$ , py, acétone).

Ces résultats sont un pas vers la compréhension des mécanismes qui régissent la chimie de cet élément.

• Source : INC/CNRS, 10/05/2023.

Réf. : D. Joven-Sancho, L. Demonti, A. Martín, N. Saffon-Merceron, N. Nebra, M. Baya, B. Menjón, Electrophilicity of neutral square-planar organosilver(III) compounds, *Chem. Commun.*, 2023, [doi.org/10.1039/D3CC00493G](https://doi.org/10.1039/D3CC00493G)

## Des photocatalyseurs organiques pour la production durable d'hydrogène vert



Génération d'hydrogène vert à partir d'agrégats de trimères conjugués semiconducteurs dispersés dans l'eau grâce à la lumière du soleil. © Eric Cloutet.

Le soleil semble être une source inépuisable d'énergie renouvelable, mais l'intermittence et la distribution non uniforme de cette énergie limitent son exploitation. Pour que l'énergie solaire fournisse une énergie renouvelable capable de remplacer celle actuellement générée par les ressources fossiles, il faut impérativement développer des moyens de la stocker et la transporter là où on souhaite l'utiliser.

Une solution très étudiée s'inspire de la nature : stocker l'énergie solaire dans des liaisons chimiques en formant un carburant qui peut être transporté et ultérieurement transformé en énergie électrique ou thermique. Cette photochimie permet par exemple la production de dihydrogène à partir de l'eau et la lumière du soleil. Elle nécessite la mise au point de matériaux photocatalytiques peu coûteux et efficaces pour guider la réaction souhaitée, ici l'électrolyse de l'eau. Ces matériaux, typiquement des semiconducteurs, absorbent la lumière pour générer des porteurs de charge (paire électron-trou) qui permettent la réaction électrochimique d'électrolyse. Si le dioxyde de titane  $\text{TiO}_2$  est le semiconducteur photocatalytique par excellence, de nombreuses équipes cherchent des alternatives moins coûteuses et plus durables, basées sur des molécules organiques.

Des chimistes du Laboratoire de chimie des polymères organiques (CNRS/Bordeaux INP/Université de Bordeaux), en collaboration avec l'Institut de chimie physique (CNRS/Université Paris Saclay) et l'Institut des sciences moléculaires (CNRS/Université de Bordeaux), ont mis au point une famille de semiconducteurs organiques à base de trimères conjugués de type donneur-accepteur-donneur. Sous irradiation UV ou lumière visible, ces trimères forment des paires électrons-trous efficaces pour la production de  $\text{H}_2$  dans l'eau. Tous les trimères étudiés sont actifs, avec des taux de dégagement d'hydrogène parfois supérieurs à celui du  $\text{TiO}_2$  dans les mêmes conditions. Leurs propriétés photophysiques, chimiques et électriques remarquables en font d'excellents candidats pour la conversion de l'énergie solaire en énergie chimique. Ces résultats

ouvrent la voie à de nouvelles technologies énergétiques plus durables.

• Source : INC/CNRS, 06/06/2023.

Réf. : L. Vallan, A. Thy Bui, H. Remita, E. Cloutet *et al.*, Organic conjugated trimers with donor-acceptor-donor structures for photocatalytic, *Advanced Functional Materials*, 2023, 33, 2211730, <https://doi.org/10.1002/adfm.202211730>

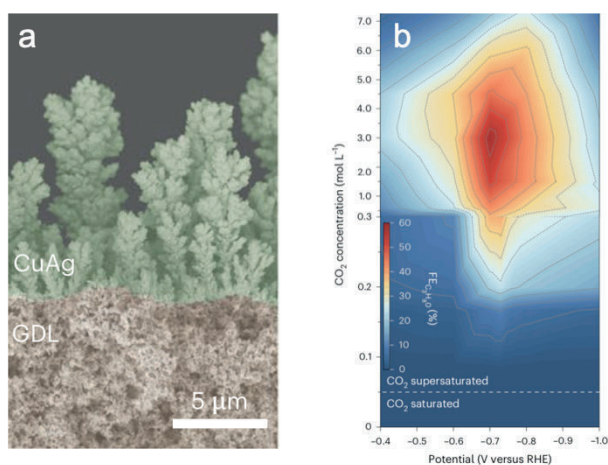
## Lancement du PEPR TASE

Co-piloté par le CNRS et le CEA, le PEPR TASE (Technologies avancées pour les systèmes énergétiques) vise à favoriser le développement d'une industrie française des nouvelles technologies de l'énergie, vecteur d'une plus forte indépendance de la France, créatrice d'emplois et capable de répondre à une demande globale actuelle et future de développement croissant des énergies renouvelables et de l'électrification. Trois secteurs prioritaires sont identifiés : le photovoltaïque, l'éolien flottant et les réseaux énergétiques. Le programme étudie par ailleurs les questions de sciences humaines et sociales en lien avec ces technologies.

Le lancement de ce programme et équipement prioritaire de recherche (PEPR) a eu lieu à Grenoble le 22 mai dernier.

• Source : INC/CNRS.

## Un catalyseur pour convertir directement le CO<sub>2</sub> en isopropanol



© Damien Voiry.

Une équipe internationale pilotée par des scientifiques de l'Institut européen des membranes (CNRS/ENSC Montpellier/ Université de Montpellier) a mis au point une stratégie pour convertir directement le CO<sub>2</sub> en isopropanol par un procédé électrocatalytique utilisant une électrode faite d'un nouvel alliage de cuivre et d'argent.

La réduction électrochimique du CO<sub>2</sub> en hydrocarbures à l'aide d'énergies renouvelables comme l'énergie solaire est une technologie pertinente pour fermer le cycle du carbone via la conversion du CO<sub>2</sub> en précurseurs chimiques ou en carburants. Ces composés multicarbonés (possédant un nombre de carbones supérieur à deux, notés C<sub>2+</sub>) ont une valeur marchande élevée et possèdent des densités énergétiques supérieures.

Dans ce domaine, une partie des efforts se concentrent sur l'amélioration de la sélectivité de la réaction pour produire des molécules possédant un nombre d'atomes de carbone C<sub>2+</sub> à partir de CO<sub>2</sub>. Alors que la transformation directe du CO<sub>2</sub> en produits C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> a réalisé des progrès significatifs au cours des dernières années, la formation de molécules à plus de deux carbones comme l'isopropanol pourtant couramment utilisé reste toujours un défi.

En jouant sur la concentration de CO<sub>2</sub> au-dessus de la limite de saturation dans un électrolyte aqueux, les scientifiques de l'Institut européen des membranes ont développé une nouvelle méthode de co-électrodéposition en utilisant une électrode catalytique qui se présente sous forme d'un alliage de cuivre et d'argent (figure a). En opérant sous 10 bars de CO<sub>2</sub>, cet alliage permet d'atteindre des performances élevées pour

## De l'hydrogène naturel découvert dans le bassin lorrain

La Française de l'Énergie (FDE), producteur d'énergie à empreinte carbone négative, a annoncé avoir découvert d'importantes concentrations d'hydrogène naturel (dit « hydrogène blanc ou natif ») dans un des puits précédemment forés par FDE. Dans le cadre du projet de recherche Regalor mené en collaboration avec l'Université de Lorraine et le CNRS, un programme innovant de mesures déployées sur le puits de Folschviller a en effet permis de quantifier des teneurs importantes en hydrogène dissous dans l'aquifère du carbonifère à différentes profondeurs. « Les travaux menés dans le cadre du projet Regalor ont permis de mettre en évidence que les fluides des formations carbonifères du bassin minier lorrain sont très significativement enrichis en hydrogène, avec une concentration mesurée de 15 % à 1 093m de profondeur et estimée à 98 % à 3 000 mètres de profondeur. Les prochaines campagnes de mesures prévues par FDE permettront d'évaluer plus précisément le potentiel d'exploitation de cette ressource stratégique pour la transition écologique » (Philippe de Donato et Jacques Pironon, directeurs de recherche au Laboratoire GeoRessources, Université de Lorraine/CNRS).

FDE a déposé une demande de permis exclusif de recherches de mines dit « Permis des Trois-Évêchés » pour l'exploration de l'hydrogène naturel (H<sub>2</sub>) dans le bassin minier lorrain. La demande couvre une superficie de 2 254 km<sup>2</sup>, sur les départements de la Moselle et de la Meurthe-et-Moselle. Dans ce cadre, FDE prévoit déjà la réalisation de nouvelles mesures de concentration d'hydrogène dans trois puits existants afin d'enrichir les études sur les mécanismes de formation, de transfert et de production d'hydrogène blanc dans le contexte géologique lorrain. Un site pilote sera identifié sur la base des résultats obtenus, puis mis en œuvre pour initier une production et une valorisation locale d'hydrogène naturel dans le Grand-Est. Ce permis d'exploration s'inscrit ainsi dans la stratégie de développement du groupe dans l'écosystème H<sub>2</sub> de la Grande Région (Grand Est, Wallonie, Luxembourg, Sarre et Rhénanie-Palatin) afin de fournir une production locale d'énergies écologiquement et économiquement compétitives aux habitants, industriels et collectivités de ces territoires, importants consommateurs d'énergie.

Ce projet bénéficiera également de la future mise en service de MosaHYc porté par GRTgaz et CREOS, qui permettra le transport d'H<sub>2</sub> via une canalisation transfrontalière 100 % hydrogène.

• Source : FDE, 15/05/2023.

la production d'isopropanol (efficacité de 56,7 % et densité de courant spécifique de  $\sim 59 \text{ mA cm}^{-2}$  (figure b)). Ces résultats, qui montrent une amélioration de  $\approx 400 \%$  par rapport à la meilleure valeur jusqu'alors rapportée pour la conversion directe du  $\text{CO}_2$  en  $\text{C}_3$ , ouvrent de nouvelles perspectives pour la production contrôlée de produits multicarbonés, directement à partir du  $\text{CO}_2$ .

• Source : INC/CNRS, 15/05/2023.

Réf. : D. Voiry *et al.*, Unlocking direct  $\text{CO}_2$  electrolysis to  $\text{C}_3$  products via electrolyte supersaturation, *Nature Catalysis*, 2023, [www.nature.com/articles/s41929-023-00938-z](http://www.nature.com/articles/s41929-023-00938-z)

## Un nouveau procédé pour recycler des silicones

Les propriétés mécaniques et thermiques exceptionnelles des silicones ainsi que leur faible toxicité en font des matériaux de choix pour des applications dans des domaines aussi divers que l'énergie et l'isolation, la santé, les cosmétiques et l'agro-alimentaire. Polymères inorganiques, ils sont constitués de plus ou moins longues chaînes le long desquelles alternent des atomes de silicium et d'oxygène. La matière première est le quartz (silice cristallisée) à partir duquel on extrait le silicium pur pour ensuite former des monomères silanes polymérisables en silicones. Dans un contexte d'économie circulaire, le recyclage chimique des silicones pour récupérer les monomères indispensables à leur synthèse industrielle est particulièrement pertinent. Il permet en effet d'économiser environ 70 % de l'énergie nécessaire à la fabrication de matière vierge en évitant l'étape de métallurgie à partir du quartz natif. Ceci conduit à une empreinte carbone minimale du recyclage chimique des silicones.

Dans le cadre d'une collaboration avec la société Elkem Silicones, des chimistes du Laboratoire Catalyse, polymérisation, procédés et matériaux (CP2M, CNRS/École supérieure de chimie physique électronique de Lyon/Université Claude Bernard) ont récemment conçu un nouveau procédé de dépolymérisation de silicones. Ils ont pour cela utilisé un catalyseur très efficace qui est un complexe ligand-silanolate de potassium et qui permet le recyclage chimique des silicones en monomères cycliques à partir de nombreux substrats industriels, dont des déchets. Leur méthode, qui ne nécessite qu'une petite quantité de catalyseur (typiquement 0,1 mol%, soit quelques ppm massiques), fonctionne dans une large gamme de températures (60-170 °C) pour produire efficacement le mélange de cyclosiloxanes (D3/D4/D5; rendement jusqu'à 99 %). L'efficacité du catalyseur a été démontrée sur cinq cycles de recyclage consécutifs. Qui plus est, ce même catalyseur peut être utilisé pour repolymériser les monomères en silicones. Cette nouvelle technologie constitue un pas important vers une circularité des matériaux silicones pour lesquels les déchets d'hier deviennent les matières premières de demain.

• Source : INC/CNRS, 10/05/2023.

Réf. : N. Duc Vu, A. Boulègue-Mondière, N. Durand, J. Raynaud, V. Monteil, Back-to-cyclic monomers: chemical recycling of silicone waste using a [polydentate ligand-potassium silanolate] complex, *Green Chemistry*, 2023, DOI:10.1039/D3GC00293D

## Industrie

### AdChem4, un plateau pour la filière Chimie-Matériaux-Environnement

Solvay et Axel'One ont inauguré en mai dernier le plateau AdChem4, situé à Saint-Fons près de Lyon, destiné aux industriels de la filière Chimie-Matériaux-Environnement. Dans le

contexte d'une réindustrialisation durable et écologique des territoires, AdChem4 vise à mutualiser outils et pilotes pour faciliter la transition entre la synthèse d'un produit en laboratoire et sa production industrielle. Les pilotes permettent de prototyper l'ensemble du processus de fabrication du produit, de sa synthèse à sa mise en forme, en passant par le traitement des effluents.

Axel'One\*, dont le site PMI (Plateforme Matériaux Innovants) est adossé au campus Solvay, sera l'interlocuteur privilégié des PME pour accéder aux outils. Ce nouveau plateau mutualisé vient compléter le dispositif d'accompagnement technologique des PME et startups déjà en place depuis plus de dix ans et permettra d'accueillir de nouveaux projets collaboratifs. L'investissement porté par Solvay représente un montant total de 12 M€, financé en partie par la Région Auvergne-Rhône-Alpes et l'État via le Programme d'investissements d'avenir. Ces investissements concernent l'achat de nouveaux équipements et la digitalisation des outils et se concentrent sur quatre thématiques clés : synthèse de polymères, synthèse organique, synthèse et mise en forme de solides et poudres, traitement des effluents.

AdChem4 a été labellisé par le pôle de compétitivité Chimie environnement Axelera et le pôle de compétitivité Caoutchoucs, plastiques et composites Polymeris. Ce projet a également bénéficié du soutien de France Chimie Auvergne-Rhône-Alpes. La mutualisation des équipements existants ainsi que les nouveaux outils investis, tous situés sur le centre de recherche et innovation de Solvay à Saint-Fons, accompagnera, via des partenariats entre acteurs privés et publics, la croissance des innovateurs du territoire.

• Source : Solvay, 26/05/2023.

\*Située en région lyonnaise, la plateforme d'innovation collaborative Axel'One héberge et accompagne des projets collaboratifs de R&D ainsi que des PME et startups, dans le secteur chimie-environnement. Association loi 1901, la plateforme a été créée en juin 2011 par dix membres : Adisseo, CNRS, CPE Lyon, Elkem Silicones, ENS de Lyon, IFP Energies nouvelles, INSA Lyon, Solvay, Suez et Université Claude Bernard Lyon 1. Axel'One compte trois sites dans les environs de Lyon : Axel'One Campus (recherche fondamentale) à LyonTech-la Doua, Axel'One PMI (Plateforme Matériaux Innovants) à Saint-Fons, Axel'One PPI (Plateforme Procédés Innovants). La plateforme héberge actuellement plus de cinquante projets collaboratifs et vingt-deux PME avec des compétences associées autour de trois axes stratégiques : catalyse, matériaux avancés et « smart process ».

### TotalEnergies : nouveaux développements sur la plateforme de Grandpuits



© TotalEnergies.

Dans l'objectif de développer les énergies bas-carbone et l'économie circulaire, TotalEnergies a annoncé son développement dans les carburants aériens durables (SAF, « sustainable aviation fuel ») et les énergies décarbonées sur le site de Grandpuits. Ces biocarburants sont produits à partir de déchets et de résidus issus de l'économie circulaire (graisses animales, huiles de cuisson usagées, etc.). Le groupe prévoit un doublement de la production de ces carburants pour porter la capacité de production du site à 285 000 tonnes par an, soit près du double de

la capacité annoncée en 2020. Ce nouvel investissement permettra de répondre à l'augmentation progressive des mandats d'incorporation européens fixés à 6 % en 2030.

Concernant le développement des énergies décarbonées sur la plateforme de Grandpuits, le groupe a annoncé la construction d'une unité de production de biométhane d'une capacité de 80 GWh par an, soit l'équivalent de la consommation annuelle moyenne de 16 000 habitants. Alimentée en déchets organiques issus de la bioraffinerie, elle permettra d'éviter l'émission de près de 20 000 tonnes de CO<sub>2</sub> chaque année.

Ces nouveaux projets renforcent la reconversion du site de Grandpuits tournée vers le développement durable, la décarbonation et l'économie circulaire.

Par ailleurs, le groupe a pris acte de la décision de son partenaire Corbion de mettre fin au projet de production de bioplastiques en raison de la hausse des coûts. Compte tenu des nouveaux investissements annoncés et d'autres à venir, Total Energies confirme le maintien de 250 emplois sur site conformément aux engagements pris en septembre 2020.

• Source : TotalEnergies, 07/06/2023.

## Enseignement et formation

### Palmarès des 39<sup>e</sup> Olympiades de la chimie



Etienne Perrin, Léo Verjux et Paul Lefebvre (de gauche à droite), lauréats du concours scientifique.  
© Franck Guyomard/ONC.

Créées en 1984 à l'initiative conjointe d'un enseignant et d'un industriel, les Olympiades nationales de la chimie (ONC) sont organisées par les industriels de la chimie, le ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports, la Société Chimique de France et l'Union des professeurs de physique et de chimie (UdPPC), avec pour objectifs de susciter l'intérêt des lycéens pour la chimie et de faire connaître sa contribution indispensable dans notre société.

Le palmarès de cette 39<sup>e</sup> édition, dont le thème était cette année encore « Chimie et cosmétique », a été dévoilé le 25 mai à la Maison de la Chimie (Paris) lors d'une cérémonie toujours aussi sympathique.

#### Concours scientifique

Cette année, ils étaient plus de 2 800 jeunes (Première, Terminale S et STL) de toute la France et de lycées français de l'étranger à concourir aux épreuves académiques. Les finalistes s'affrontent au cours de deux épreuves : un travail collaboratif en équipe et une épreuve de manipulation en laboratoire.

- 1<sup>er</sup> prix : Léo Verjux (Terminale, Lycée Louis Pasteur, Académie de Besançon).

- 2<sup>e</sup> prix : Paul Lefebvre (Terminale, EPID Dunkerque, Académie de Lille).

- 3<sup>e</sup> prix : Etienne Perrin (Terminale, Le Caousou, Académie de Toulouse).

Les deux premiers lauréats seront, comme habituellement, reçus à l'automne à l'Académie des sciences.

#### Concours « Parlons chimie »

Huit groupes sélectionnés (de Première et Terminale), représentés par un binôme, ont défendu leur projet d'action de communication devant un jury d'industriels et d'enseignants.

- 1<sup>er</sup> prix : « Kit de détection des produits nocifs dépigmentants » (Prescillia Diezia et Aminata Toure, AEFÉ, Lycée français Blaise Pascal d'Abidjan, Côte d'Ivoire).

- 2<sup>e</sup> prix : « Les p'tits mousses de la vie » (Anna Caillau-Aubry et Aïcha Levesque de Rostu, Lycée public polyvalent de Saint-Gilles-Croix de Vie, Académie de Nantes).

• Palmarès complet et vidéos des concours à retrouver sur :

[www.olympiades-chimie.fr/40-lyceens-recompenses-lors-des-39es-olympiades-nationales-de-la-chimie](http://www.olympiades-chimie.fr/40-lyceens-recompenses-lors-des-39es-olympiades-nationales-de-la-chimie)

### L'évolution des compétences avec Decarbochim

Le consortium composé de France Chimie, de la Fédération Gay-Lussac et de l'ADIUT (Assemblée des directeurs d'IUT) a été sélectionné dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt Compétences et métiers d'avenir pour son projet « Decarbochim » qui cible la décarbonation de l'industrie dans le cadre du plan France 2030.

En France, la chimie est le secteur industriel qui a le plus réduit ses émissions de CO<sub>2</sub> avec une baisse de 65 % depuis 1990. Dans sa dernière trajectoire de décarbonation publiée fin 2022, le secteur s'est fixé comme objectif ambitieux une réduction supplémentaire de ses émissions de CO<sub>2</sub> de 36 % en 2030 par rapport à 2015.

L'une des conditions pour tenir cette trajectoire est l'accès aux compétences nécessaires à la décarbonation. Or la chimie, qui est un secteur très innovant, prévoit de recruter 120 000 collaborateurs d'ici cinq ans. Il est donc indispensable de proposer des formations initiales et continues qui intègrent les compétences attendues pour décarboner les activités de la chimie, mais aussi pour développer des solutions nouvelles au service de la transition écologique des autres secteurs de l'économie. L'ambition du projet Decarbochim est de répondre à ce défi en mettant à disposition, sur l'ensemble du territoire national, des formations d'excellence au service de la décarbonation des industries de la chimie, et en contribuant à diffuser la culture de la décarbonation auprès des étudiants de la chimie, mais aussi plus largement auprès de tous les salariés.

Le consortium associe les écoles d'ingénieurs en chimie et génie des procédés de la Fédération Gay-Lussac<sup>1</sup> et vingt-deux départements d'IUT<sup>2</sup> en chimie, génie chimique ou génie des procédés. Doté d'un budget global de 9,4 M€ sur les cinq prochaines années, il comporte trois volets : le développement de contenus de formation pour la décarbonation (recontextualisation de modules de formation, nouveaux contenus...), des infrastructures et des équipements pour la diffusion des outils pédagogiques (installations de trente pilotes maillant le territoire, plateforme LMS) et la diffusion d'une culture de la décarbonation et la promotion des métiers.

• Source : France Chimie, 08/06/2023.

<sup>1</sup> Centrale Lille-ENSCL, Centrale Méditerranée (Marseille), Chimie ParisTech, CPE Lyon, ECPM (Strasbourg), ENSMAC (Bordeaux), ENSCM (Montpellier), ENSCMu (Mulhouse), ENSCR (Rennes), ENSGTI (Pau), ENSI (Poitiers), ENSIC (Nancy), ENSICAEN, ENSIL-ENSCI (Limoges), ESCOM Chimie (Compiègne), ESPCI Paris, INSA (Rouen), ITECH Lyon, SIGMA (Clermont-Ferrand), Toulouse INP-ENSIACET.

<sup>2</sup> IUT Génie des procédés de Caen, Lyon, Nancy, Périgueux, Pontivy, Rouen, Saint-Nazaire, Saint-Quentin, Toulouse et Rambouillet, et IUT Chimie de Besançon, Béthune, Castres, Le Puy, Lille, Marseille, Orléans, Orsay, Rennes, Rouen, Strasbourg et Vitry.