

Programme de Conférences

Mercredi 27 novembre 2024

10h45 – 11h15 : Recyclage matériaux composites – options techniques, maturité industrielle & approche collaborative

Les matériaux composites sont largement utilisés dans des segments industriels stratégiques pour lutter contre le réchauffement climatique tels que le bâtiment et la construction, l'énergie éolienne, les transports... rendre la chaîne de valeur des composites neutre en carbone et circulaire est par conséquent nécessaire et il existe clairement encore peu d'exemples d'industries composites circulaires. Les défis sont multiples : l'équation financière, les filières de collecte de déchets composites à mettre en place, les technologies de traitement des composites pour les rendre recyclable... Lors de cette conférence, nous nous proposons de comparer les technologies de recyclage composites disponibles, leur maturité industrielle avec un focus sur les composites thermodurcissables. Nous verrons comment les industriels et les partenaires académiques unissent leurs forces au sein de consortiums pour accélérer la transition de la chaîne de valeur composites vers un modèle circulaire.

Anne BERTHEREAU, *Vice-Président Sustainability*, **Owens Corning**

11h20 – 11h50 : Les avancées technologiques dans le traitement des déchets.

Axel'One est coordinateur d'un projet européen dédié au recyclage des textiles dont l'objectif vise à déployer une approche systémique à l'échelle de 4 villes européennes de tailles différentes sur la globalité des 5R (Refuse-Reduce/Repair-Reuse-Repurpose/Recycle/Sort/Trace). Pour chacun de ses blocs, les développements technologiques associés seront présentés.

Axel'One est une plateforme collaborative dédiée à la chimie et l'environnement qui accompagne les entreprises dans leur développement technologique. Pour cela nous mettons à disposition des locaux, des moyens expérimentaux dédiés et une expertise pour faciliter la montée en échelle jusqu'à la phase de pré-industrialisation.

Estelle DALOD, *Directrice R&D - Matériaux et Economie Circulaire*, **Axel'One**

11h55 – 12h25 : Le nouveau rôle de l'Intelligence Artificielle dans la gestion des déchets

Jusqu'ici, l'intelligence artificielle (IA) appliquée à la gestion des déchets s'est surtout concentrée sur les robots de tri. Cependant, une utilisation fondamentale des données et de l'IA reste sous-exploitée. Au-delà de l'efficacité apportée par les robots, les installations de récupération utilisent désormais l'IA pour suivre leurs opérations et performances en temps réel, ce qui s'avère essentiel pour améliorer les taux de récupération. Cette présentation explorera, à travers des exemples concrets, comment l'IA transforme les pratiques opérationnelles des installations de récupération et façonne l'avenir de la gestion des déchets.

Gaspard DUTHILLEUL, *COO*, **GREYPARROT**

Eric VOISIN, *Directeur*, **NEXTWASTE**



14h – 14h30 : Les outils juridiques de la gestion des déchets au service d'une croissance verte ». La gestion des déchets et leur recyclage sont des leviers majeurs de la transition vers une économie circulaire et une société plus durable. Des outils juridiques existent pour faciliter ces opérations, notamment financièrement.

Les outils juridiques au service d'une croissance verte ont connu des évolutions très récentes et durables. Ils reposent notamment sur les acteurs de l'industrie du déchet avec les nombreuses filières de responsabilité élargie du producteur et la création d'une pratique officielle pour qu'un déchet cesse d'en être un (la « sortie du statut de déchet »).

Au cœur de la transition vers une économie circulaire, l'industrie du déchet peut également bénéficier des financements liés à la croissance verte par le biais de la taxonomie européenne.

Raphaëlle JEANNEL, Avocate, HUGLO LEPAGE AVOCATS

14h35 – 15h05 : PHYre® Une solution innovante pour le recyclage de déchets polymères renforcés de fibre de carbone.

L'utilisation de fibres de carbone, sous forme de matériaux composites, offrent une combinaison unique de légèreté et de résistance. Ils permettent la fabrication de pièces toujours plus performantes pour des secteurs clés comme la mobilité bas carbone ou la production d'énergies renouvelables. C'est la raison pour laquelle ce secteur connaît une croissance très soutenue (plus de 6% annuel pour les composites à base de fibres de carbone par exemple).

Cependant, plusieurs facteurs viennent freiner ce développement, à savoir : i- le manque de disponibilité de fibres, ii- l'impact environnemental élevé de la production de ces fibres (e.g. 40 tonnes de CO2 équivalent par tonne de fibre) et iii- le manque d'options pour recycler les déchets de composites, qu'il s'agisse de déchets de fabrication ou de déconstruction.

La technologie PHYre®, développé et brevetée par Extractive, se base sur l'emploi d'un mélange de solvants à température modérée afin de dégrader la matrice des composites et récupérer des fibres avec des propriétés mécaniques similaires aux fibres vierges mais avec un impact GES 10 fois inférieur.

Cette technologie permet le recyclage d'une grande variété de déchets, qui aujourd'hui, sont une problématique importante dans l'industrie. Ainsi que produire une gamme de fibres répondants aux besoins de l'industrie.

Frédéric GOETTMANN, Président, EXTRACTHIVE

15h10 – 15h40 : Quelles sciences pour les états intermédiaires de matière dans le recyclage et la valorisation ?

De nombreuses initiatives de recyclage et de valorisation impliquent de manipuler ou transformer des substances, matériaux et produits dans des états de matières dits intermédiaires, ni solides, ni fluides, ni gazeux, tels que les poudres, les fibres, les slurries, les solides mous, les fluides épais,... Dans ces états, les matières sont particulièrement sensibles à leurs conditions de mise en œuvre, aux conditions environnementales et présentent donc des variabilités souvent problématiques. Pour y remédier, des approches spécifiques, tant de processing que d'ingénierie et d'étude R&D de dimensionnement et conception peuvent être utiles. Dans cette conférence, nous présenterons les principaux enjeux liés à ces états de matières et diverses approches de R&D industrielle adaptant les apports de la rhéologie, de la physique, de la mécanique des fluides, pour mieux en anticiper et en cerner les comportements et leurs variabilités.

Dr. Vincent BILLOT-RIDET, PDG/Cofondateur, RHEONIS

15h45 – 16h15 : Améliorer taux et système de recyclage : quelles pistes sont envisageables ?

- Tri des déchets par les citoyens dans le contexte des filières de REP
- Les déchets d'emballages actuellement pris en charge dans les centres de tri
- L'éco-modulation des contributions : un outil pour sensibiliser à l'éco-conception
- Proposition de Règlement européen des déchets (PPWR) : matériaux et objectifs de recyclage

Christèle CHANCRIN, Experte Eco-contributions & réduction emballages – Dirigeante, E³ Conseil

16h20 – 16h50 : L'intégration des enjeux DDRS dans la formation et la recherche à l'INSA de Lyon : cas des polymères et de leur fin de vie

L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon effectue sa mutation avec l'intégration explicite des enjeux liés aux problématiques DDRS (Développement Durable et Responsabilité Sociétale) dans son offre de formation. A tous les niveaux des différents cursus (post-bac -FIMI-, départements de spécialisation, 3^{ème} cycle, bachelor) de nouveaux enseignements sont co-construits avec le centre des Humanités pour discuter la technique et proposer une analyse critique des options technophiles intégrant les récits/imaginaires plus ou moins consciemment associés. Pour ce qui est des formations en lien avec la science des matériaux et/ou le génie mécanique, l'analyse du cycle de vie par exemple (avec un focus sur la fin de vie à proprement parler) est devenue un incontournable. L'exposé cherchera de fait à proposer une description de l'évolution des enseignements à l'INSA de Lyon, et présentera des exemples de projets de recherche en cours focalisé sur la fin de vie des matériaux et plus spécifiquement celle de la classe des matériaux polymères et de leurs composites.

Renaud RINALDI, Maître de Conférences, laboratoire MATEIS, INSA Lyon

Pierre GELINEAU, Maître de Conférences, laboratoire LamCos, INSA Lyon

Claire BARRÈS, Maîtresse de Conférences, laboratoire IMP, INSA Lyon

Marie-Pierre ESCUDIÉ, Enseignante Chercheuse, Centre des Humanités, Institut Gaston Berger



16h55 – 17h25 : Extraction des retardateurs de flamme bromés (BFR) pour une décontamination et une valorisation innovante des plastiques issus de DEEE.

La quantité d'équipements électriques et électroniques (EEE) mise sur le marché augmente chaque année en raison du développement actuel de la technologie et du mode de vie des sociétés modernes. Une partie des matières plastiques issue des déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) est très complexe à recycler car elle contient un grand nombre d'additifs toxiques tels que des retardateurs de flamme bromés (BFR) et de l'oxyde d'antimoine (Sb_2O_3). Le projet collaboratif DEVIPEEE, financé par l'ADEME, vise à développer une méthodologie de recyclage des DEEE, en combinant des procédés innovants afin de détourner ces fractions de matières plastiques non recyclables de l'incinération et de régénérer les co-produits stratégiques.

Chiraz BELOUEZZANE, *Post-Doctorante*, **Polyvia Formation**

17h30 – 18h : Traité international pour la lutte contre les pollutions plastiques : quels enjeux pour les pays en voie de développement ?

En mars 2022, la 5^{ème} Assemblée des Nations unies pour l'Environnement se fixait pour objectif d'adopter, d'ici à fin 2024, un accord international juridiquement contraignant, visant à lutter contre la pollution plastique.

Les négociations sont rudes pour définir le niveau d'ambition des objectifs et le niveau de contrainte qui sera imposé par l'accord.

Mais un consensus s'est déjà dégagé pour que soit améliorée dans les pays en développement la gestion de la fin de vie des plastiques par des systèmes de collecte et de recyclage performant. Cette orientation est porteuse d'opportunités pour le secteur du traitement des déchets. Elle peut également impacter certains marchés en incitant les Etats à mettre en place des mesures contraignantes, voire limitantes, dans l'usage du plastique.

A quelques semaines de la dernière session de négociation qui aura lieu en Corée du 25 Novembre au 1er décembre 2024. Quelles sont les orientations clés attendues pour ce traité ? Quels impacts possibles pour les marchés, notamment ceux du secteur agro-alimentaire ? Quels chantiers à ouvrir pour la recherche ?

Pierre de Lépinau, expert " économie circulaire et recyclage" auprès de la FAO, vous présentera un décryptage et une analyse des dernières tendances qui peuvent se dégager des négociations en cours.

Pierre DE LÉPINAU, *Consultant indépendant*, expert auprès de la **FAO** (Food and Agricultural Organization of the United Nations)

18h05 – 18h35 : Usage des technologies de l'Industrie 4.0 pour circulariser les produits complexes, vers une économie circulaire 4.0

Cette présentation vise à mettre en avant l'usage des technologies développées pour l'industrie 4.0 pour intensifier l'économie circulaire de produits complexes et renforcer des options de forte valorisation en accompagnant les stratégies de réparation, refurbishment, récupération de modules et composants, voire de sur tri. Cette présentation s'appuiera sur les cas d'études des EEE, mais aussi des systèmes pour la transition électrique.

Les technologies de l'Industrie 4.0 ont été largement développées pour produire plus, plus complexe, plus customisé ... accumulant des flux de déchets croissants, truffés de matériaux critiques ou stratégiques, de composants non / plus disponibles ou aux approvisionnement risqués.

Les Mines Urbaines sont riches de matériaux que le recyclage n'arrive pas à récupérer. Les taux de récupération sont loin d'être au rendez-vous en raison de la complexité des produits et de la dispersion des substances. Il faut donc chercher à récupérer des composants ou modules pour réparer, remise à neuf, refabrication, ...

Pour ce faire, il faut disposer d'outils et de technologies productives pour faire mener les étapes suivantes : i) identifier, diagnostiquer et numériser, ii) désassembler ou démantèlement, iii) requalifier, certifier, le tout en sécurité des opérateurs et en remontée pertinente d'information pour alimenter le passeport produit ou composant.

Toutes les technologies de l'industrie 4.0 ne sont pas pertinentes dans le contexte de l'économie circulaire, mais on peut à minima pointer les techniques de reconnaissance automatique et de digitalisation, de robotique collaborative ou adaptative, d'opérateur augmenté par réalité augmentée, d'intelligence artificielle ou de jumeau numérique.

Cette présentation cherchera à illustrer les enjeux de l'usage et mise en oeuvre de ces technologies en contexte de gestion de produits en fin de vie, illustré sur les cas des EEE et des systèmes de la transition électrique.

Nicolas PERRY, *Professeur*, **Arts et Métiers Bordeaux / Institut de Mécanique et d'Ingénierie Bordeaux I2M**



Jeudi 28 novembre 2024

9h35 – 10h05 : Gestion des déchets électriques et électroniques : Le dispositif européen de la Responsabilité Elargie des Producteurs (REP) et son application en France.

54 millions de tonnes générés dans le Monde en 2019 et potentiellement 74 millions de tonnes en 2030 de déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). Ce sont les chiffres publiés en 2020 dans le Global e-waste Monitor, un partenariat d'organisations internationales soutenu par les Nations Unies. Ces chiffres sont à relativiser, au niveau local, au regard des 2 millions de tonnes d'équipements mis sur le marché sur le territoire français en 2022. Au niveau mondial seuls 17% des déchets seraient collectés séparément et traités, en France ce taux est d'environ 55%. Qu'est-ce qui explique cette différence ? En France et plus largement en Europe il existe un dispositif nommé Responsabilité Elargie des producteurs (REP).

Ce dispositif est né d'une directive européenne en 2004 et est effectif depuis fin 2005, il s'est concrétisé par la mise en place d'éco-organismes agréés par l'Etat et en charge de la prévention, de la collecte et du traitement des DEEE pour le compte de leurs adhérents, metteurs sur le marché. Comment fonctionne le dispositif, quels sont les droits et devoirs des différentes parties prenantes, quels sont les résultats, les perspectives et les limites de ce dispositif. Toutes ces questions seront abordées lors de cette conférence par Romuald Ribault, directeur Marketing d'Ecologic, éco-organisme agréé par l'Etat.

Romuald RIBAUT, *Directeur Marketing*, **Ecologic France** éco-organisme agréé par l'Etat

10h10 – 10h40 : Les procédés continus intensifiés : une technologie de rupture au service de la valorisation des déchets.

L'optimisation des procédés par l'intensification continue a connu un essor constant depuis deux décennies. L'utilisation de microréacteurs a permis de rendre des synthèses plus vertes, plus sûres, plus pures et plus économiques, participant au rapatriement de productions évaporées dans des pays à faible coût de main d'œuvre à la fin du siècle dernier. Le retour de la production de Paracétamol en France en est un exemple plus médiatisé.

L'ingéniosité des équipementiers a permis de répondre à l'écoute du marché, et au-delà de la synthèse chimique proprement dite, les étapes de purifications en aval sont désormais accessibles en flux continu : cristallisation, séparation, filtration, lavage, séchage...

Plus récemment, l'économie circulaire s'est intéressée à ces nouvelles technologies, pour la rendre encore plus vertueuse, et transformer nos déchets en sources potentielles de revenus.

Des exemples de réussites et d'opportunités viennent illustrer ces nouvelles approches de valorisation.

Laurent PICHON, *Président*, **MEPI**

10h45 – 11h15 : L'évaluation en dangerosité des déchets

Le classement en dangerosité des déchets est un préalable indispensable à leur gestion et leur valorisation. Il s'appuie sur une démarche en plusieurs étapes : la recherche d'un code adapté dans la liste européenne des déchets, à défaut l'utilisation des données connues relatives à la composition chimique ou aux propriétés de danger, enfin la mise en œuvre de tests directs et de méthodes d'analyses et de calcul. Il est proposé de présenter les enjeux et les cadres réglementaires concernant cette caractérisation des déchets.

Aurélien USTACHE, *Ingénieur chargé d'affaires dans l'unité Technologies Propres et Economie Circulaire*, **Ineris**

11h20 – 11h50 : un exemple d'une société solidaire de recyclage plastiques dans l'Ain. Sa naissance, son évolution et ses projets actuels et futurs.

Il y a environ 10 ans naissait TRIVEO par la volonté de plusieurs industriels spécialisés dans le recyclage. Un double objectif :

- Démonteur des pièces multi-matière à majorité plastique et fournir la matière récupérée aux industriels fondateurs
- Faire de la réinsertion professionnelle au travers de cette activité gourmande en main d'œuvre.

En 2024, un nouvel atelier a vu le jour avec de nouveaux outils, des projets innovants de recyclage sont en cours de mise au point et un bilan social sera présenté.

Frederic VIOT, *Membre du Conseil d'Administration*, **Trivéio**



11h55 – 12h25 : Recyclage par voies chimique et mécanique de poudres de polymères issues de la fabrication additive.

Durant le procédé de FA (Fabrication Additive) par SLS (Selective Laser Sintering), une dégradation thermique des poudres de PA-11 est observée, limitant sa réutilisation avec une poudre vierge à des taux inférieurs à 50 %.

Cette étude, financée par la région Normandie et le FEDER (Fond Européen de Développement Régional), s'inscrit dans le cadre du projet FAN (Fabrication Additive en Normandie), piloté par le réseau NAE (Normandie Aerospace). L'objectif principal est d'améliorer le taux de recyclage de la poudre de PA-11. Pour cela, deux voies sont envisagées : la première consistant à traiter chimiquement la poudre et à la réutiliser en SLS et la seconde à extruder cette poudre pour obtenir des filaments destinés à être utilisés dans un procédé de FA : la FDM (Fused Deposition Modelling).

Rachel LE BROUSTER et Saman SALIMI, *Post-Doctorants*, **Polyvia Formation**

14h – 14h30 : La sortie du Statut de Déchets et la valorisation des déchets

La sortie du statut de déchets est autorisée dans la directive cadre déchets dans des conditions bien spécifiques et a été transposée en France dans le code de l'Environnement. Afin de favoriser l'économie circulaire, la loi Industrie Verte a apporté certains compléments en 2023. Il est ici proposé de faire une revue de l'application de la SSD en France, sachant que les conditions définies par la directive cadre déchets en reste le socle principal.

Céline DUPUIS, , responsable de l'unité Technologies Propres et Economie Circulaire, **Ineris**

14h35 – 15h05 : Recyclage Papier-Carton en France : stratégies pour améliorer le recyclage et valoriser un gisement multi-matériau en croissance

Recyclable et recyclé depuis son invention, le papier-carton est devenu un matériau de prédilection pour répondre aux défis environnementaux. Même si l'industrie du recyclage des papiers et cartons est mature, la ruée vers le papier-carton pour tout type d'applications tend à complexifier ce matériau et son recyclage.

En parallèle, l'intensification des flux de matière à recycler, augmente les déchets issus du recyclage : plus de 500 000 tonnes de déchets sont générés par an en France.

- Comment prolonger l'espérance de vie de la fibre cellulosique ?
- Comment donner une seconde vie à ces déchets ?
- Comment réduire et valoriser ces déchets à moindre coût pour le recycleur ?

A travers un nouveau programme de recherche (PEPR) « recyclage, recyclabilité et réutilisation des matières », dans le cadre de la stratégie nationale d'accélération France 2030, la recherche académique se mobilise pour répondre à ces questions.

Nathalie Marlin, *Maitre de Conférences*, **Grenoble INP**

Lorette Brault, *PhD, Chargée de projet*, **Grenoble INP**

Fabienne Espitalier, *Professeur*, **IMT Mines Albi**

Jean-François Gérard, *Directeur adjoint scientifique* **CNRS chimie**, et *Directeur de programme* **PEPR**