

# Minerai #14

JUIN 2023 - MATIÈRES PLASTIQUES : QUEL IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ?



## Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

FILIÈRES  
ET PROCÉDÉS

Page 17

UN IMPACT  
ENVIRONNEMENTAL  
À ÉVALUER

Page 35

LA VALORISATION  
DES PLASTIQUES

Page 51

## Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?



### Actualité IMT

- 08** Actualité des Associations
- 10** Actualité des Écoles
- 12** Actualité des Élèves

### Filières et procédés

- 17** La conception de pièces automobiles en polymère thermoplastique moulé par injection : quelques enjeux techniques
- 20** Le PET matériau miracle au service de la distribution de masse
- 24** Bioplastiques
- 26** Parcours d'un Alumni entrepreneur
- 28** Interview

**Mines+ (IMT Nord Europe Alumni, Mines Alès Alumni, Mines Albi Alumni) - Rédaction** Mathieu CHARBONNIER (IMT Nord Europe, 2010) · **Maquette, illustration & mise en page** Option Création . 0 954 600 600 . [contact@optioncreation.fr](mailto:contact@optioncreation.fr) · **PUBLICITÉ** SEFE (Société d'Édition de Formation Européenne) . 117 rue de Charenton 75012 PARIS . 01 80 91 48 13 . [sefe@sefe.fr](mailto:sefe@sefe.fr) . [www.sefe.fr](http://www.sefe.fr) · **IMPRESSION** PRINTCORP . 37 avenue des Châtelets . ZI des Châtelets 22440 PLOUFRAGAN . 02 96 60 97 00 · **ISSN** 2275-0568 · **PARUTION** 1900 exemplaires

Sauf mention contraire, les illustrations sont créditées à l'auteur de l'article.  
Crédit photo couverture : © Shutterstock



## Un impact environnemental à évaluer

- 35** Vers une industrie des plastiques circulaire
- 36** L'intégration des impacts des émissions plastiques
- 38** Que sait-on de l'impact environnemental des biocomposites
- 40** Sur la plage abandonnée, polymères et crustacés

## La valorisation des plastiques

- 51** Déchets plastiques : transformer le problème en énergie
- 53** Valorisation de matières plastiques bromées issues de déchets d'équipements électriques et électroniques
- 57** Développement de films multicouches recyclables et ou compostables pour le secteur de l'emballage alimentaire



## Edito

Le plastique, c'est fantastique ! chantait un groupe de rock nantais dans les années 1990.

La transformation des polymères a accompagné le XX<sup>e</sup> siècle et la métamorphose de nombreuses filières industrielles. Un seul exemple : ces composants représentent maintenant environ un cinquième de la masse d'une automobile.

En France, le secteur pèse plus de 30 milliards d'euros de chiffre d'affaires annuel (20% de l'activité européenne) et est très présent dans les régions Auvergne-Rhône-Alpes, Pays de la Loire, Hauts de France et Grand Est.

Cette filière, dont les produits sont omniprésents dans notre vie quotidienne, a permis la diffusion de nombreuses avancées techniques ; elle est pourtant décriée depuis plusieurs années pour son impact environnemental.

Les enjeux de recyclabilité (et de recyclage effectif !) de ces matières constituent un vrai défi : seuls 9% des 400 millions de tonnes de plastique produites chaque année dans le monde sont recyclés. Le gouvernement français veut tendre vers 100% de plastiques recyclés en 2025, en actionnant des engagements volontaires et une approche volontariste en matière d'écoconception. Le président Emmanuel Macron saluait le 1<sup>er</sup> juin dans un message sur les réseaux sociaux de la mise en service en 2025 de "la première usine de recyclage biologique du plastique en France, [...] la première du genre au monde".

Des vastes champs de recherche, d'innovation et d'industrialisation sont ainsi ouverts et le demeureront pour quelques années encore...

Les matières plastiques n'ont pas fini de nous servir au quotidien...et d'être fantastiques !

Bonne lecture !

**Mathieu CHARBONNIER**  
IMT Nord Europe, promo 2010





Pôle d'Échange Multimodal de Nantes

## L'art de rapprocher les Hommes et d'aménager les territoires

Groupe indépendant depuis 160 ans, DEMATHIEU BARD est un acteur majeur de la Construction et de l'Immobilier, pleinement engagé en France et à l'international dans la transformation durable des territoires.



Remplacement du pont-rail - Brivet



Réalisation d'un passage souterrain et d'un pont-rail - Montaigu

[www.demathieu-bard.fr](http://www.demathieu-bard.fr)



PLANCHER ARCHITECTURÉ  
EN SOUS-FACE



# HABITAT TERTIAIRE INDUSTRIE

Quand la structure  
**devient architecture...**

À la fois plancher porteur et élément de décoration, les planchers en béton précontraint GRAPHIDAL sont architecturés en sous-face selon une gamme de 5 modèles. À l'inverse d'une surface lisse et uniforme, ces modénatures rythment votre plafond et lui donnent une note graphique et design.

Pleins ou alvéolés, pouvant aller jusqu'à 16 mètres de portée, ils vous permettent de profiter pleinement de votre espace sans aucune contrainte.

Tél : 02 38 32 41 00 | [contact@graphidal.fr](mailto:contact@graphidal.fr) | [graphidal.fr](http://graphidal.fr)

GRAPHIDAL est une marque avec modèles déposés et un process breveté mis en exploitation par STRUDAL, leader français dans la préfabrication de composants en béton précontraint.



*L'artisan de vos projets*

**RÉGOÏRE 12**

Tél. 05 65 60 22 55

**Murs rideaux & Facades vitrées**

**Menuiseries aluminium**

**Volets & Rideaux Métalliques**

**Stores extérieurs/intérieurs**

**Portes sectionnelles/automatiques**

288 rue des Pradales les Fialets  
Parc d'activités Millau Levezou - 12100 MILLAU  
E - mail : [contact@gregoire12.fr](mailto:contact@gregoire12.fr)



- Calorifuge
- Echafaudage
- Traçage électrique
- Matelas Isolant
- Certificats Economie Energie
- Contrats de maintenance

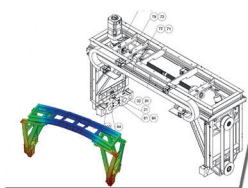
**ITB ■ ISONOR ■ QUALISOL**

➤ 10 Rue de Saint Quentin - 02100 Neuville Saint-Amand

➤ 03.23.05.80.67

[www.itbfrance.com](http://www.itbfrance.com)

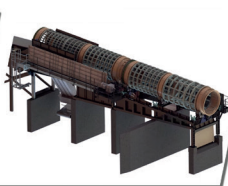
# Minexi L'Engineering de l'Industrie Lourde



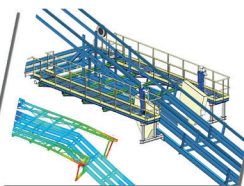
Equipements de levage



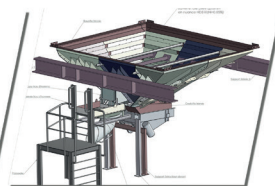
Cheminées Autoportantes



Trommel - Cribles Rotatifs



Passerelles et Accès



Trémies

MINEXI - 21, Rue Berlioz 59000 Lille - Tél. : 06 60 13 33 70 - [selim.guedouar@minexi.eu](mailto:selim.guedouar@minexi.eu)



RAZEL-BEC en régions  
réactivité, proximité,  
qualité



Les agences locales RAZEL-BEC dans le Sud de la France répondent à vos projets multi-métiers, aménagements urbains, voiries et réseaux divers, assainissement, terrassements, ouvrages d'art, Génie Civil industriel.

## FOCUS / Direction Régionale PACA

Forte de ses trois implantations (Nice, Vitrolles et Monaco) et de ses 270 collaborateurs, la Direction Régionale Provence Alpes Côte d'Azur a une activité très soutenue dans les départements du 06, 83 et 13 ainsi qu'en Corse et sur la principauté monégasque.

### RAZEL-BEC DR PACA

Adresse postale : CS 6640 - 06517 Carras Cedex  
Adresse physique : 72 route de Grenoble  
Lieu-Dit Le Pitboula - 06670 COLOMARS  
Tél. 04.92.29.29.29 - Fax 04.92.29.29.09

LE POLE TP DU GROUPE FAYAT

RAZEL-BEC.COM



- Topographie toutes échelles
- Implantations, récolements
- Métrologie
- Épreuves d'ouvrages
- Lasergrammétrie
- Cartographie, modélisation 3D
- Assistance technique
- Monitoring

### INTERVENTION SUR TOUTE LA FRANCE



# Actualité des associations

IMT MINES ALÈS

## Les événements



**14 & 15 Avril :** S'est tenu la 20<sup>ème</sup> édition de la Meuh Folle. Ce festival 100% organisé par des étudiants de l'IMT Mines Alès a su en deux décennies s'imposer dans le paysage culturel gardois.

**27 au 30 Avril :** Après deux années blanches, le Cartel des Mines était de retour pour une 48<sup>ème</sup> édition à Alès. 11 écoles et près de 2 000 étudiants se sont affrontés durant 3 jours au terme desquels Alès a remporté une 37<sup>ème</sup> victoire, suivi par l'IMT Mines Albi-Carmaux et l'École des Mines de Saint-Étienne !

**10 & 11 Juin :** Cette année, cela fait 10, 20, 30, 40 ou 50 ans que vous avez quitté les bancs de l'école ! Mines Alès Alumni, vous propose de revivre vos années d'études le temps d'un weekend. Durant deux jours, vous pourrez retrouver vos camarades de classe mais aussi découvrir les évolutions de l'école et de la Meuh depuis votre départ.

**24 Juin :** À l'occasion des 35 ans de leur sortie d'IMT Mines Alès, la promotion 1988 viendra célébrer cet anniversaire à Alès, le 24 juin prochain. Ils pourront eux aussi découvrir les évolutions de l'école et de la Meuh depuis 1988.

**1<sup>er</sup> Juillet :** La seconde Assemblée Générale de cette année aura lieu le samedi 1<sup>er</sup> juillet 2023. Au cours de

celle-ci, 5 de nos administrateurs seront élus ou réélus, dont notre présidente.

**23 Octobre :** En amont du Forum des Entreprises, nous proposons aux Alumni présents ainsi qu'aux étudiants de se retrouver la veille, autour d'un verre pour qu'ils puissent faire connaissance de manière plus informelle. Nous vous communiquerons tous les détails de cette soirée prochainement.

**24 Octobre :** Chaque année, IMT Mines Alès organise le Forum des Entreprises, une journée durant laquelle entreprises et futurs ingénieurs peuvent se rencontrer, et prendre contact. L'année dernière, ce sont près de 200 entreprises et 1 500 élèves qui étaient présents au Parc des Expositions de Montpellier. Si vous aussi, vous avez envie de participer à la 19<sup>ème</sup> édition qui aura lieu le 24 octobre 2023, n'hésitez pas à contacter Béatrice VALETTE et Cigdem Kara DELHUILLE, par mail à : [forum.entreprises@mines-ales.fr](mailto:forum.entreprises@mines-ales.fr)

**2 Décembre :** Cérémonie de remise des diplômes pour la 172<sup>ème</sup> promotion de l'IMT Mines Alès.



MAINTNERS

+33 3 68 38 55 59

<https://www.maintners.com>

Besoin d'une ressource, d'un accompagnement ou d'un conseil pour vos **services généraux** ?



ORGANISATION & GESTION  
DES SERVICES GÉNÉRAUX



AUDIT ÉNERGÉTIQUE &  
CONSEIL RÉGLEMENTAIRE



SOLUTION DE GESTION DES  
PLANNINGS & DEMANDES



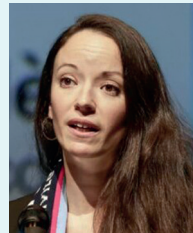
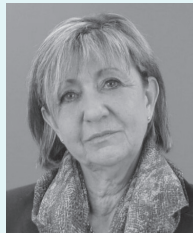
## IMT MINES ALÈS

# 4 femmes à la direction des Mines d'Alès

Depuis l'arrivée de Nathalie GAUTHIER à la direction de Mines Alès Alumni en Octobre et l'élection d'Alba GRALL à la présidence du Cercle des Elèves (BDE) en février dernier, il n'y a que des femmes aux commandes de l'IMT Mines Alès ! En effet, l'école est actuellement dirigée par Assia TRIA, et la présidence de Mines Alès Alumni est, quant à elle, assurée par Elisabeth PINQUIER.



50 ans après l'arrivée des premières femmes à l'école, nous tenions à souligner cette configuration inédite dans l'histoire d'IMT Mines Alès et la nôtre. Ce quatuor démontre que les milieux scientifiques tendent à se féminiser de plus en plus, et souligne le chemin déjà parcouru par les femmes, même si elles ne sont que 36% à l'école.



## IMT NORD EUROPE

# Marrainage de la promotion 2023

La marraine de la promotion est Isabelle SPIEGEL (promo 1998), Directrice de l'Environnement et membre du ComEx du groupe Vinci. La cérémonie, qui a désormais lieu lors de la dernière année d'études, a eu lieu le 12 janvier à Douai.

La matinée a été dédiée à des ateliers organisés autour des enjeux environnementaux des métiers du BTP, avec la participation de nombreux diplômés.

Après les habituels discours du directeur de l'école et du président de notre association, 7 élèves ont présenté les différents cursus de l'école, avant de laisser Isabelle SPIEGEL présenter son parcours, son rôle au sein du groupe Vinci, et de conclure *'Je suis fière d'être votre marraine'*.



## IMT NORD EUROPE

# Piano LED une startup facilitant l'apprentissage du piano



Anthony BITAR (IMT Nord Europe, promo 2023), a participé au CES de Las Vegas qui a eu lieu du 5 au 8 janvier 2023. Il y a présenté Piano Led, startup innovante facilitant l'apprentissage du piano, actuellement incubée au sein d'APUI, l'incubateur de l'école.

## IMT MINES ALÈS

# Bourse Michard Octobre 2022

Félicitations à Chloé AUBET, Rania BOUHEDDA, Layina CHAABAOUI, Arthur DANIELCZAK, Arnold ESCUDIE, Baptiste FRIEH, Sarah LEPRETTRE, Quentin MONTMEJAT, et Gabriel TROCHET qui ont été sélectionnés en octobre dernier pour bénéficier de la Bourse Michard. Cette aide leur permettra ainsi de financer une partie de leur projet d'étude dans un pays non francophone.

## IMT NORD EUROPE

# Félicitations

Nous adressons nos félicitations à Gérald MENTIL (IMT Nord Europe, promo 2000) qui intègre le Comité Exécutif de Plastic Omnium.

## IMT MINES ALBI

### IMT Mines Albi et ENEDIS mutualisent leurs expertises au sein de la chaire d'enseignement DIGITE "Digitalisation pour la transition énergétique"

**P**remière chaire d'enseignement créée par IMT Mines Albi, la chaire DIGITE se caractérise par ses apports très concrets à la transition écologique et plus spécifiquement énergétique. Elle illustre ainsi la capacité d'IMT Mines Albi à accompagner les acteurs industriels dans leurs mutations.

L'alliance des expertises opérationnelles d'une part et académiques de l'autre permettront de former des générations d'élèves-ingénieurs à maîtriser et développer la transition numérique pour répondre aux enjeux de la transition énergétique. IMT Mines Albi ambitionne de se positionner parmi les établissements leader de la formation

dans le domaine de la digitalisation pour la transition énergétique.

## IMT MINES ALÈS

### CLASSEMENT DE L'ETUDIANT : IMT MINES ALÈS passe du TOP 30 au TOP 20 des écoles d'ingénieurs

Sans cesse en progression, IMT Mines Alès gravit encore des marches pour se classer 16<sup>e</sup> ex aequo au palmarès 2023 de L'Étudiant qui évalue 169 écoles d'ingénieurs

**L**e palmarès 2023 de *L'Étudiant* est sorti et fait la part belle à IMT Mines Alès !

Toujours très attendu et observé par les candidats aux concours des grandes écoles d'ingénieurs, ce palmarès classe 169 écoles d'ingénieurs françaises habilitées par la CTI (Commission des titres d'ingénieur). S'appuyant sur les données certifiées de la CTI et de la Conférence des directeurs des écoles françaises d'ingénieurs (Cdefi),

ce palmarès propose un classement dynamique où les candidats peuvent croiser plusieurs critères pour choisir les écoles les plus à même de répondre à leurs attentes professionnelles et personnelles.

Au classement général, IMT Mines Alès figure en 16<sup>e</sup> position ex aequo, ce qui la place dans les 10% des meilleures écoles d'ingénieurs françaises et 1<sup>re</sup> école d'Occitanie. Elle se distingue ensuite plus particulièrement sur les critères de

l'excellence académique, de la proximité avec les entreprises et surtout de l'ouverture sociale.

Reflet de sa transformation en profondeur, IMT Mines Alès vit, année après année, une véritable ascension dans ce palmarès depuis sa 52<sup>e</sup> place en 2018.

## IMT MINES ALÈS

# Sébastien MARTINEZ Nouveau Directeur-Adjoint d'IMT Mines Alès

**L**e nouveau directeur-adjoint a pris son poste le 1<sup>er</sup> décembre. Après un parcours dans l'industrie puis dans le milieu de l'insertion socio-professionnelle, alésien d'origine, il souhaite contribuer à la poursuite des ambitions de l'école. Il aura plus particulièrement en charge la transformation et l'accompagnement au changement.

*« Je suis persuadé que la formation, la recherche et l'entrepreneuriat sont des*

*clefs essentielles pour répondre de façon proactive aux défis inédits qui se présentent à nous pour construire un monde durable ».*

Homme de missions, c'est ce défi majeur qui a motivé Sébastien MARTINEZ pour rejoindre IMT Mines Alès. Au service de cette ambition, Sébastien mobilisera tout le capital acquis au fil de ces expériences professionnelles dont les maîtres-mots sont transformer, optimiser et réussir en équipe.

## IMT MINES ALÈS

# Inauguration du Hub Créativité

**L**e HUB créativité a été inauguré le 14 novembre 2022, en présence de Philippe BERTA député du Gard, Jean-Luc GIBELIN vice-président de La Région Occitanie / Pyrénées-Méditerranée, Françoise LAURENT-PERRIGOT présidente du Conseil départemental du Gard, Christophe RIVENQ président Alès Agglo, Max ROUSTAN maire d'Alès, Christine PUJOL Noël directrice territoriale Banque des territoires Caisse des dépôts, Francis JUTAND directeur général adjoint de l'IMT, Assia TRIA directrice IMT Mines Alès, de l'architecte Emmanuel NEBOUT, de l'artiste Mathieu MERLET BRIAND, des personnels et partenaires de l'école.

Le Hub Créativité est un espace unique en Europe, un espace privilégié, au cœur du campus scientifique, où se croisent élèves en départements d'enseignements, apprentis, chercheurs, porteurs de projets, créateurs et chefs d'entreprises dans une interaction permanente, une liberté créatrice et un échange facilité, propices à l'innovation.

## IMT MINES ALÈS

# Remise des Diplômes au cœur de la ville

**L**e 3 décembre 2022 le centre-ville d'Alès a battu au rythme de la remise des diplômes d'ingénieurs d'IMT Mines Alès. La cérémonie de diplomation des nouveaux ingénieurs, masters et docteurs, s'est déroulée au Cratère Théâtre. Cet événement, organisé pour la première fois hors des murs de l'école, était présidé par Marianne LAIGNEAU, présidente d'Enedis.

Ce déplacement de la remise des diplômes depuis les amphithéâtres de l'école jusqu'au Cratère, Assia TRIA

directrice de l'école, l'a pensé comme un symbole et l'a organisé comme un hommage à l'histoire de l'école et de cette ville qui l'a fait naître. Personnel et élèves se sont mobilisés pour contribuer à l'esprit festif de cette célébration, ce qui a permis d'enrichir la cérémonie avec des intermèdes artistiques de très bon niveau, depuis l'orchestre de 38 instruments sous la direction de Didier PERRIN, jusqu'aux danses tahitiennes en passant par une chorale de gospel.

# Actualité des élèves

IMT MINES ALBI

## 1<sup>ère</sup> édition de l'Épicerie Équitable de l'association Ingénieurs pour un Développement Durable (I2D) énergétique

**L**e 26 janvier 2023, s'est tenue la première édition de l'Épicerie Équitable de l'association Ingénieurs pour un Développement Durable (I2D).

Tenue de façon bimensuelle au sein de la Maison des Élèves, l'objectif est de proposer à prix coûtant des produits achetés directement à des producteurs Tarnais et d'Occitanie, le tout vendu

en vrac afin d'impulser une dynamique de transformation de nos habitudes de consommation. Vente de pâtes, riz, farine, huile, thé, infusions, bières, espace de convivialité et dégustation gratuite de boissons chaudes, tout est pensé pour que les élèves et le personnel d'IMT Mines Albi puisse faire leurs courses simplement, à bas coût, dans le respect de l'environnement et de la chaîne de production, de la terre à l'assiette, le tout dans une ambiance chaleureuse.

Ce projet doit son développement à la bourse de l'appel à projets « Cultivons l'équité » de Génération Équitable, programme de mobilisation et d'accompagnement des étudiants sur le commerce équitable, co-porté par l'association Max Havelaar France et FAIRe un monde équitable.



IMT NORD EUROPE

## Jeannie LONGO, Marraine de l'Eurotandem 2023

**C**omme chaque année, depuis 33 ans maintenant, les 30 étudiants de l'Eurotandem s'apprentent à partir une nouvelle

fois à l'assaut des routes de France pour s'engager auprès du don de sang ! Le départ a été donné à Douai le vendredi 14 avril, depuis le nouveau campus fraîchement rénové de Bourseul.

Cette année, les étudiants pédaleront sous les encouragements de la célèbre Jeannie LONGO qui leur fait l'honneur de parrainer leur édition ! Cycliste la plus titrée de tous les temps, championne olympique et championne du monde à de multiples reprises, c'est avec un grand enthousiasme qu'elle a accepté de soutenir l'initiative des étudiants d'IMT Nord Europe : "Eurotandem,...Une telle

initiative, -pour le bien-être des autres, imaginée par de jeunes et dynamiques étudiants, mérite vraiment d'être encouragée et portée loin...

Et c'est très volontiers que j'ai accepté de parrainer cet évènement.

Tout au long de leur parcours, lors de leur Tour de la France en tandem pour le Don du Sang, je souhaite que les villes et les régions leur réservent le meilleur accueil.

Bonne route à eux!..! Puisse leur épopée continuer à éveiller les consciences individuelles et collectives sur la nécessité du don de sang !





Le groupe belge VPK, producteur de papiers et cartons recyclés, s'engage dans plusieurs projets dans le domaine des énergies renouvelables et de la décarbonation.

Vous trouverez au cœur de la Normandie, le site d'Alizay, premier pôle de développement durable en neutralité carbone en faveur de l'économie circulaire.



VPK PAPER NORMANDIE  
Zone Industrielle du Clos Pré  
27460 ALIZAY  
[www.vpkgroup.com](http://www.vpkgroup.com)

Contactez nos équipes RH : Florence - Alexandra  
+33 2 35 02 72 72





**mesea**

MAINTENANCE SEA TOURS - BORDEAUX

# INTERVIEW : JEAN-BRUNO DELRUE, DIPLOMÉ DE L'ÉCOLE DES MINES ET PRÉSIDENT DE MESEA

## En quelques mots, pouvez-vous nous en dire plus sur MESEA ?

MESEA est une filiale de Vinci Concessions et de SYSTRA. Notre mission consiste à exploiter et maintenir en toute sécurité la Ligne à Grande Vitesse SEA, qui relie Tours à Bordeaux pour le compte de LISEA, concessionnaire de l'ouvrage. Celui-ci s'inscrit sur 4 200 hectares d'emprises et permet la circulation de 74 trains par jour en moyenne sur l'année 2022. Depuis 2017, 95 millions de passagers l'ont empruntée avec un niveau de performance inégalé en matière de fiabilité, de confort et de régularité. MESEA, c'est surtout une aventure humaine. L'entreprise rassemble aujourd'hui 198 salariés, 19 alternants ou apprentis dont 14.7% de femmes, répartis entre nos 3 bases de maintenance et le siège social. Triplement certifiée (ISO 9001, 14001 et 45001) et après bientôt 6 ans d'exploitation, MESEA fait figure d'entreprise de référence dans le domaine de la maintenance ferroviaire à grande vitesse en Europe.

## Dans une société en pleine mutation liée au changement climatique, quelles sont les perspectives d'avenir de l'activité ferroviaire ?

Le rail est la solution de mobilité idéale en matière d'empreinte carbone. Bien que déjà largement utilisé par les français, le mode ferroviaire reste à développer pour les transports du quotidien, à l'instar des politiques mises en place par nos voisins allemands ou suisses, et les pays nordiques. Si l'on évoque le changement climatique, c'est également la capacité de résilience des infrastructures ferroviaires actuelles qu'il va falloir évaluer et renforcer afin d'en garantir la pérennité et la performance. Températures extrêmes, risque d'incendies ou d'inondations, tempêtes et tornades deviennent des aléas de plus en plus agressifs pour nos installations. MESEA œuvre à l'effort collectif indispensable pour la sauvegarde de notre planète. Ce contexte incertain est aussi une occasion à saisir pour innover et « faire bouger les lignes » de notre secteur d'activité.

## Dans une conjoncture de plein emploi et de difficultés à recruter des profils techniques, comment procédez-vous pour attirer et fidéliser vos collaborateurs ?

Un début de réponse se trouve, à mon sens, dans la qualité de la formation offerte à nos nouveaux collaborateurs. Nous disposons de notre propre centre de formation, MESEA Académie, agréé par l'Établissement Public de Sécurité Ferroviaire, pour former de A à Z les nouveaux arrivants et dispenser de la formation continue grâce à notre équipe d'experts qui couvrent l'ensemble des métiers de l'entreprise. Sur le plan des valeurs, MESEA se distingue par son haut niveau d'exigence en matière de Santé, de Sécurité et de bien-être au Travail, mais aussi par sa culture de l'innovation, son engagement dans la Cité et pour la transition écologique. L'entreprise et plusieurs de ses salariés soutiennent des projets en lien avec l'insertion sociale et professionnelle, la réduction des émissions de gaz à effet de serre et la préservation de la biodiversité dans le cadre du Fonds SEA pour la transition des territoires. Depuis 2017 à la tête de la seule LGV « zéro phyto » en France, nous mettons en œuvre une politique environnementale ambitieuse et travaillons activement sur la sobriété énergétique et la maîtrise de notre empreinte carbone. En quelques années nous sommes parvenus à créer notre marque de fabrique dans ce milieu difficile de la maintenance de l'infrastructure ferroviaire, il s'agit d'un atout essentiel pour en attirer les talents.

Suivez l'actualité de MESEA sur nos réseaux



## Jean-Bruno Delrue

Président de MESEA

ingénieur de formation, diplômé de l'École des Mines de Douai, de l'École Supérieure de Fonderie et de Forge et titulaire d'un MBA de l'EDHEC. Il cumule 30 ans d'expérience professionnelle, dont 25 dans le ferroviaire. Il a successivement exercé dans l'industrie automobile, à la SNCF puis au sein du groupe VINCI. Il est actuellement le Président de la société MESEA, en charge de la maintenance et de l'exploitation de Ligne à Grande Vitesse SEA, entre Tours et Bordeaux.

# Dunkerque au cœur de l'écologie industrielle et territoriale

L'entreprise de recyclage **IndaChlor®**, c'est :

- Un site unique et exemplaire basé à Loon Plage
- Une figure de référence en matière d'économie circulaire et de symbiose industrielle
- Un processus de traitement vertueux des déchets chlorés
- Une installation écologique et autosuffisante en énergie



**INDAVER**

[www.indaver.fr](http://www.indaver.fr)

UN EXPERT DANS LA GESTION DURABLE DES DÉCHETS





# La conception de pièces automobiles en polymère thermoplastique moulé par injection : quelques enjeux techniques

Les polymères thermoplastiques moulés par injection sont largement utilisés dans l'industrie automobile. Leur faible densité est l'un de leurs atouts majeurs dans un contexte où les constructeurs sont incités à réduire la consommation et donc la masse des véhicules. Les temps de cycles associés au moulage par injection étant très courts, ce procédé est par ailleurs parfaitement adapté aux cadences de production automobiles.

**D**ans un véhicule actuel, des pièces aux fonctions très diverses sont mises en forme par injection. On peut évoquer par exemple les réservoirs de carburant, les pare-chocs, des pièces composant les tableaux de bord, les circuits de refroidissement, et même des pièces de structure telles que des supports moteurs. Bien entendu, cette liste n'est pas exhaustive mais elle met en évidence qu'après un travail de conception et design adapté, des pièces en thermoplastique injecté peuvent répondre à des cahiers des charges très différents.

Au niveau matière, le polymère thermoplastique le plus utilisé dans l'industrie automobile est sans aucun doute le polypropylène. On retrouve également le polyuréthane pour les mousses et la famille des polyamides pour les applications à plus grande technicité. Des grades particuliers sont développés pour l'automobile par les industriels de la chimie. Selon les propriétés visées, différentes charges et fibres peuvent être ajoutées au polymère. Les propriétés

**PARCOURS**



**Clément LAÜGT**  
IMT Mines Alès, promo 2017

Il est consultant pour l'entreprise Astek chez Hutchinson, pour des questions de conception et de développement de pièces automobiles et aéronautiques en composite.

peuvent être ajustées en jouant sur leur nature (ex : fibres longues ou courtes, en verre ou en carbone) ou leur quantité.

## La mise en œuvre : une étape clé à considérer dès la conception

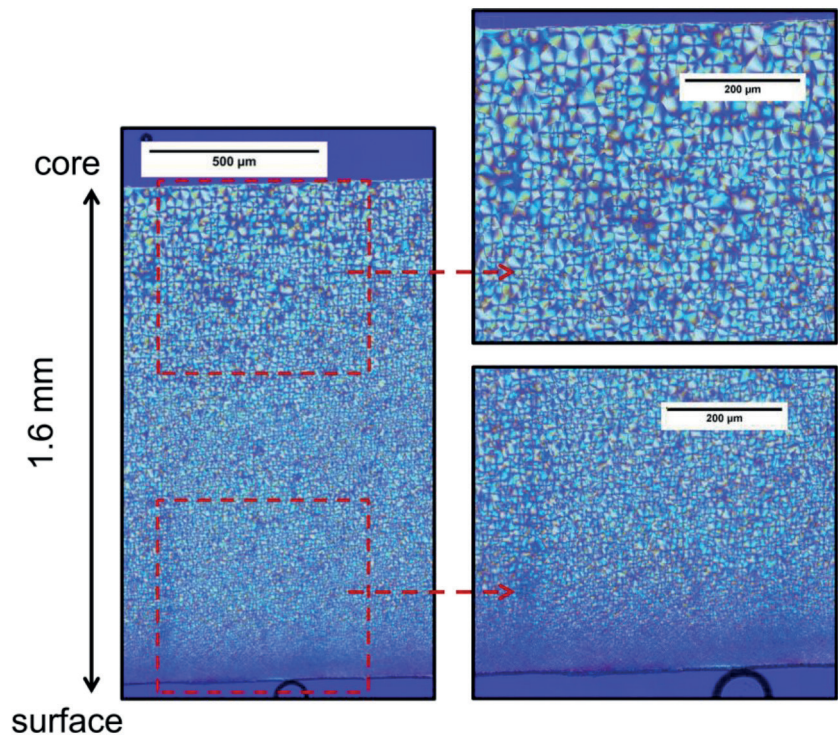
Contrairement à d'autres procédés de mise en œuvre de composites et polymères, le moulage par injection permet de créer une grande variété de formes et designs de pièces. Il est par exemple courant de surmouler des inserts métalliques au niveau des zones qui seront les plus sollicitées. Il est également possible de prévoir des tiroirs afin de produire des formes concaves.

Le design du moule et les conditions d'injection ont cependant une influence majeure sur les propriétés finales de la pièce injectée. Dans le cas des polymères semi-cristallins, on observe par exemple des différences microstructurales entre les zones de peau proches du moule et le cœur de la pièce injectée (voir image). Par ailleurs une pièce trop épaisse risque d'engendrer

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

## Filières et procédés

Observation au microscope optique des sphérolites d'un polyamide 6,6 moulé par injection. L'échantillon a été coupé mi-épaisseur afin de pouvoir observer d'un côté la face en contact avec le moule et de l'autre le cœur de l'échantillon.  
Source : <sup>1</sup>



une inhomogénéité du refroidissement et favoriser l'apparition de porosités et le gauchissement de la pièce. Enfin, des taux de cisaillement élevés favorisent l'orientation des fibres dans la direction du flux. Tous ces éléments et bien d'autres encore sont à prendre en compte dès l'étape de conception.

Le moulage par injection demande généralement des investissements conséquents. En effet, on peut aisément travailler avec des pressions allant jusqu'à 1 500 bar nécessitant l'usage d'une presse capable de les atteindre. De plus les moules d'injection sont généralement très onéreux et leur prix augmente fortement avec leur niveau de complexité. Un moule complexe peut par exemple dépasser les 100 000 €. Un travail de conception rigoureux est donc nécessaire avant d'acquiescer le premier prototype. On recourt notamment à des outils de simulation numérique pour simuler le procédé d'injection et anticiper les propriétés de la pièce.

## La plastification des polymères

Comme évoqué précédemment, au sein d'un véhicule, des pièces moulées par injection peuvent être utilisées dans des environnements très variés allant de l'habitacle à l'environnement moteur. Selon les cas d'application, les polymères peuvent être amenés à interagir avec l'humidité ambiante ou différents fluides, tels que le liquide de refroidissement ou le carburant. Sans parler de la dissolution possible des polymères, ces interactions peuvent conduire à l'évolution de leur comportement mécanique. Par exemple, les polyamides sont sensibles à l'humidité

ambiante qui conduit à une diminution de leur température de transition vitreuse. Cette diminution est d'autant plus importante que le taux d'humidité est élevé.

On parle alors de plastification. Suivant la température de sollicitation, ils peuvent ainsi passer d'un état vitreux à un état caoutchoutique. Lors de la conception, ces phénomènes sont donc à prendre en compte dans le choix du polymère, notamment si l'on souhaite que le matériau conserve des propriétés constantes quelles que soient les conditions d'utilisation.

## Le vieillissement ou l'évolution dans le temps des propriétés du polymère

En plus de la plastification évoquée ci-dessus, des réactions chimiques peuvent également se produire entre les polymères et les fluides avec lesquels ils sont en contact. C'est notamment le cas dans les circuits de refroidissement où de nombreuses pièces sont injectées

en polyamide 6,6. Le polymère est alors soumis à des températures élevées et à la présence du liquide de refroidissement, qui est majoritairement un mélange d'eau et d'éthylène glycol. Ces conditions sont favorables à l'apparition d'une réaction d'hydrolyse qui se traduit par la rupture des chaînes macromoléculaires du polyamide conduisant à sa fragilisation<sup>1</sup>.

Ces phénomènes chimiques sont bien entendu à prendre en compte dans le dimensionnement des pièces, afin qu'aucune rupture ne se produise pendant leur durée de vie. Leur étude consiste par exemple à modéliser la réaction chimique, évaluer les phénomènes physico-chimiques à l'œuvre au sein du polymère ainsi que les évolutions de son comportement mécanique. Ce travail nécessite en particulier des compétences en chimie et en science des matériaux.

1. Laügt, C.; Bouvard, J.-L.; Robert, G.; Billon, N. Thermo-Hydro-Glycol Ageing of Polyamide 6,6: Microstructure-Properties Relationships. *Polymers* 2022, 14, 4097, doi:10.3390/polym14194097.

## Le recyclage : un défi scientifique et industriel

Un avantage sérieux des polymères thermoplastiques sur les thermodurcissables réside dans le fait qu'ils soient théoriquement recyclables. Leur structure leur permet en effet de passer à l'état liquide une fois chauffés au-dessus d'une certaine température, puis d'être mis en forme à nouveau. De manière simplifiée, le recyclage consiste donc à identifier des gisements de matières recyclables, récupérer la matière, la broyer et la réutiliser dans une chaîne de production. Cependant, s'il est théoriquement possible, le recyclage fait face à un grand nombre de verrous techniques.

L'une des difficultés majeures liée à la fabrication de pièces en polymères recyclés se trouve dans la plus faible maîtrise des propriétés de la matière en amont de la chaîne de production. Pour un même polymère, les broyats recyclés peuvent provenir de grades très différents en termes de fibres, charges, masse molaire moyenne, sans parler de la présence de polluants éventuels. Comme évoqué précédemment, tous ces éléments ont une influence majeure sur les propriétés du polymère. En somme, ne pas maîtriser la matière en entrée de process signifie ne pas maîtriser les propriétés finales de la pièce injectée. Actuellement, les polymères recyclés sont donc essentiellement utilisés pour des pièces de faible technicité<sup>2</sup>. Leur usage pour des applications plus techniques reste un défi scientifique et industriel.



©shutterstock

## La nécessité d'un tissu industriel complet

Si l'utilisation de pièces automobiles en polymères injectés présente de nombreux atouts, leur conception n'en demeure pas moins un travail très technique. Les points évoqués ci-dessus ne constituent d'ailleurs pas une liste exhaustive. L'intégration de ces pièces nécessite des compétences diverses allant de la formulation à la simulation numérique. Celles-ci se retrouvent au sein d'un tissu académique et industriel complet comprenant des constructeurs automobiles, équipementiers, industriels de la chimie,

moulistes, etc... Certains enjeux d'avenir tels que l'intégration de grades recyclés doivent encore monter en maturité et nécessitent des collaborations entre les mondes industriel et académique. ■

2. Combe, M.; L'industrie automobile peine à augmenter la quantité de plastique recyclé.; Tech. Ing.; 2020; <https://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/lindustrie-automobile-peine-a-augmenter-la-quantite-de-plastique-recycle-77546/> (consulté le 15 février 2022)

# SMPI

**Etudes, Fourniture, Montage Mécanique - Chaudronnerie - Serrurerie -  
Transfert de lignes automatisées - Usinage  
76430 SAINT ROMAIN DE COLBOSC**

**Laurent PERIER  
Tel : 02 35 55 87 89 - Mail : ste.smpi@orange.fr**

## Le PET, matériau miracle au service de la distribution de masse

Depuis les années 60, et ce jusqu'à la fin des années 90, le PVC (Polychlorure de vinyle) est plébiscité pour la distribution de la plupart des boissons et eaux minérales en bouteille. Cependant, ce matériau ne convient pas bien aux industriels qui rencontrent des risques lors de sa transformation, (notamment par la génération d'acide chlorhydrique) et lors de la valorisation des déchets en résultant (l'incinération dont les fumées mal filtrées étaient à l'origine de pluies acides). Ces derniers vont alors se pencher sur un matériau étanche au gaz, capable de conserver des produits sensibles sur de longues périodes, résistant et qui dans l'idéal peut laisser transparaître le contenu : un polyester saturé découvert pendant la seconde guerre mondiale, dénommé Polytéréphtalate d'éthylène (ou PET de l'anglais *Polyethylene terephthalate*).

### Pourquoi le PET est-il si compétitif face aux canettes en aluminium et aux bouteilles en verre ?

Il faut pour cela se mettre dans la peau d'un grand distributeur qui répond à un marché mondial de la boisson. Pour donner un ordre de grandeur, en 2018, la consommation d'eaux de sources et d'eaux minérales s'élève à 9 milliards de litres, uniquement pour satisfaire la demande de la population française, d'après la Maison Des Eaux Minérales Naturelles !

Pour répondre à une telle demande, dans un souci de réduction des coûts et de l'impact environnemental, le moindre gramme de matériau économisé pour l'ensemble des produits manufacturés, transportés et vendus aux clients finaux, devient un enjeu de premier plan pour les grands acteurs du secteur, au même titre que dans les transports en général. Ainsi, par rapport à une bouteille en PVC d'une



contenance d'1,5L, la bouteille en PET sera 30% plus légère, et même dix fois plus légère qu'une bouteille en verre.

Les capacités de personnalisation de packaging en PET sont aussi quasi infinies, mais les besoins marketing doivent raisonnablement se soumettre aux réglementations environnementales en

limitant au maximum la présence d'additifs pigmentés qui complexifient le recyclage.

Parmi l'ensemble du marché des matériaux plastiques, le PET représente à lui seul presque 9% de la demande européenne en matériaux plastiques en 2019 selon le *PlasticsEurope Market Research Group*.

### Le PET, 1<sup>er</sup> matériau plastique recyclable

Si l'on regarde de plus près le petit pictogramme qui se trouve généralement à la base des bouteilles en PET, on reconnaît le ruban de Möbius dans lequel est inscrit l'indice 1 indiquant son caractère recyclable dans le processus de valorisation de déchets. Cet indice est en réalité un identifiant propre au PET qui est reconnu 100% recyclable par les filières de recyclage des déchets.

Il n'aura échappé à personne que l'enjeu du recyclage est au même plan que la réduction de poids des packaging le deuxième enjeu majeur du packaging.

Au cours des 10 dernières années, les différents acteurs du secteur ont mobilisé leurs forces pour développer les filières de recyclage, afin de répondre à une demande forte de revalorisation des déchets en cycle fermé. Le recyclage mécanique s'est d'abord développé pour broyer des balles de bouteilles, ce qui consiste à trier et séparer l'ensemble des paillettes de PET de celles en polyéthylène basse densité (étiquettes) et polyéthylène haute densité (bouchons) notamment avant de les nettoyer et les transformer à nouveau en granulés de PET transformables.

En fonction du traitement que subiront ces granulés de PET (filtrations successives, puis différents degrés de polycondensation sous azote), Plastipak et les filières de recyclage seront capables de mettre sur le marché différents grades de PET alimentaires qui satisfont les normes les plus exigeantes en taux de présence de certains composés chimiques. Ces grains de PET seront conditionnés, puis transportés jusqu'aux usines d'injection pour produire de nouvelles préformes (ou paraisons) qui pourront être chauffées, soufflées et remplies de nouveau. Le plus souvent, les étapes de mise en forme, remplissage, bouchonnage et étiquetage sont réalisés par les clients embouteilleurs qui achètent les bouteilles sous formes de préformes, contrairement aux contenants concurrents qui nécessitent plus de capacité de stockage et de transport à vide, comme les canettes en aluminium ou encore les bouteilles en verre.

Mais les recherches continuent, et portent d'ores et déjà leurs fruits à l'échelle industrielle : plusieurs sites de recyclage chimique vont prochainement ouvrir leurs portes sur le territoire français<sup>1</sup>, élargissant ainsi les capacités de recyclage à tous les emballages en PET, en particulier ceux additivés qui ne pouvaient être recyclés mécaniquement en intégralité.

## Le recyclé dans nos bouteilles : pourquoi tout n'est pas 100% recyclé ?

La stratégie des principaux acteurs de la grande distribution est ainsi d'augmenter le plus possible les taux de matière recyclée au sein de leurs emballages. Problème : le secteur est freiné par un goulot d'étranglement au niveau des filières de recyclage. La demande en matières recyclées grandit, mais l'offre ne suit pas, ce qui fait monter les cours... et la course aux hauts pourcentages de recyclés incorporés perd de sa vigueur car dans certains cas le kilogramme coûte trois fois plus cher que le kilogramme de PET vierge.

D'un point de vue opérationnel, les matériaux recyclés se transforment sensiblement de la même façon que des matières vierges, à la différence d'une

plus grande sensibilité à la dégradation thermo-oxydative qui octroie au recyclé un aspect plus foncé et moins neutre.

Selon le site internet de CITEO, acteur de la Responsabilité Élargie des Producteurs du code de l'environnement, la part de recyclage des bouteilles et flacons en matériaux plastiques atteint 59% en 2021.

Les matériaux thermoplastiques pâtissent d'un manque de notoriété auprès du grand public, notamment à cause de leur sourçage pétrochimique néfaste pour l'environnement et l'écosystème. Pour contrer cela, les filières de la plasturgie ont tout misé sur les gains qu'ils sont capables de garantir face aux secteurs concurrents de la métallurgie, de la papeterie ou de la céramique. Sur les critères de l'impact carbone, de la consommation énergétique et en eau..., la bouteille en PET reste la plus adaptée au marché et la plus cohérente.

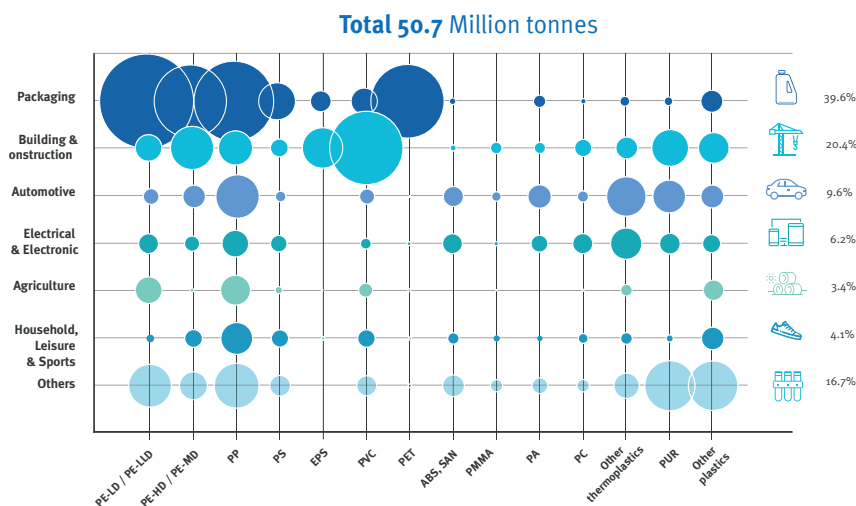
A nous, dans les secteurs de la grande consommation et de la distribution, d'orienter son utilisation aux secteurs qui en sont le plus dépendants, de mieux réguler leur usage, et d'en limiter les abus. En tant que consommateurs, il vaut donc mieux se tourner vers des contenants de plus grande capacité, plutôt que de multiplier les petits échantillons à usage unique. ■

1. Article du 17 janvier 2022 du magazine Les Echos : La France accueille deux projets géants de recyclage chimique du plastique | Les Echos

SOURCE: PlasticsEurope Market Research Group (PEMRG) and Conversio Market & Strategy GmbH

## PLASTICS DEMAND BY SEGMENT AND POLYMER TYPE IN 2019

Data for EU28+NO/CH.



← Plastics demand by segment and polymer type in 2019. Source : Rapport "Plastics - the Facts 2020" publié par PlasticsEurope



**NOTRE SAVOIR-FAIRE :**

Démolitions, maçonnerie-GO, carrelage, menuiserie intérieure, cloisons/doublage



Espace Antibes  
 2208 route de Grasse  
 06600 ANTIBES  
 06 81 44 81 68 - contact@rg2c.fr  
[www.rg2c.fr](http://www.rg2c.fr)



**CALORIGUGE - ÉCHAFAUDAGE  
 CHAUDRONNERIE - TUYAUTERIE - FLEXIBLE INOX  
 AMÉNAGEMENT DE VÉHICULES  
 BUREAU D'ÉTUDE  
 MÉCANIQUE GÉNÉRALE**

**ASFATECH GROUPE**

- GUIGAND INDUSTRIE SERVICES**  
**SC3M**  
**SOLHYMECA**  
 2 rue des Tilleuls  
 60310 AMY
- CALIREA**  
 2 rue des Tilleuls  
 60310 AMY
- MGBE**  
 3 Espl. Economique J.L. Giraud  
 60350 BERNEUIL/AISNE
- MGBE**  
 488 Route de Choisy  
 60200 COMPIEGNE
- M2C**  
 Zone Industrielle de la Roseraie  
 80500 MONTDIDIER
- MÉCA PRO-G**  
 Impasse de l'Abbaye  
 80700 BELVAIRANGES
- MÉCA PRO-G**  
 21 Bis Grande Rue  
 60310 THESCOURT



2 rue des Tilleuls 60310 AMY  
 03 22 87 29 95 - contact@asfatech.fr  
[www.groupe-asfatech.fr](http://www.groupe-asfatech.fr)





**DEMATHIEU  
BARD**  
CONSTRUCTION

INFRA - GÉNIE CIVIL  
Île-de-France



Ripage d'un pont-rail à Epinay-sur-Orge (91)



### L'art de rapprocher les Hommes et d'aménager les territoires

DEMATHIEU BARD CONSTRUCTION est l'un des acteurs majeurs indépendants du marché de la Construction, reconnu pour son savoir-faire en matière d'infrastructures et de génie civil, notamment en travaux souterrains.

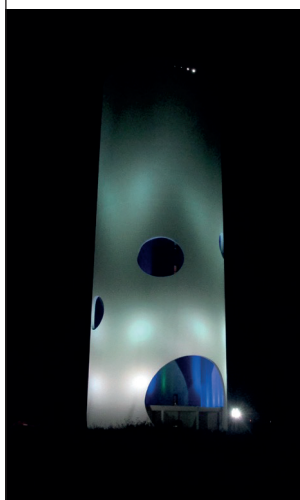
Avec la croissance significative des projets liés à la mobilité urbaine en France et à l'international, il a renforcé son expertise et son positionnement dans ce secteur.

Dotées d'un savoir-faire reconnu dans la construction d'ouvrages de génie civil, les équipes de l'agence DEMATHIEU BARD CONSTRUCTION INFRA - GÉNIE CIVIL ÎLE-DE-FRANCE livrent des infrastructures au profit de la mobilité, de l'énergie et des installations ferroviaires.

[www.demathieu-bard.fr](http://www.demathieu-bard.fr)



COSEIL PHOTO: Yves CHAMOTTE/STANISLAS



## TRAVAUX PUBLICS GÉNIE CIVIL

Usines de traitement des eaux usées/ Traitement de l'eau potable/  
Réservoirs d'eau/ traitement des déchets.

Méthanisation / Bâtiments/ Silos/ Ouvrages d'art/ Centrales hydrauliques,  
écluses/ Terrassement, canalisations ...

Siège Social  
ZA du Régé - 32310 VALENCE SUR BAÏSE

Agence  
ZA des Garrigues - 31 Imp. Jacquard  
34170 CASTELNAU LE LEZ

Tél : 05 62 28 51 77 • Fax : 05 62 28 59 27 • [www.sas-touja.com](http://www.sas-touja.com)

## Bioplastiques Les connaissez-vous vraiment ?

Ces dernières années, le mot « bioplastique » est entré dans le langage courant. Derrière cette appellation se cachent en réalité deux définitions.

### Un bioplastique peut être un polymère biosourcé

Cela signifie que pour le fabriquer, il faut utiliser des ressources végétales et non des ressources fossiles. Deux catégories de polymères biosourcés existent :

- **Extraction directe** : polymères directement extraits/retirés de la biomasse (les polysaccharides tels que l'amidon et la cellulose ou des protéines comme la caséine et le gluten)
- **Fermentation / synthèse chimique** : polymères produits par synthèse chimique classique à l'aide de monomères d'origine biosourcée renouvelable (le poly(acide lactique) est un biopolyester polymérisé à partir de monomères d'acide lactique qui ont eux même été produits via la fermentation de glucide). Les polymères produits par des micro-organismes ou par des bactéries génétiquement modifiées appartiennent également à cette catégorie, c'est le cas des polyhydroxyalkanoate (PHA).

**Le saviez-vous ?** Pour vérifier qu'une matière est d'origine biosourcée, il suffit de faire une datation au carbone 14 : un polymère d'origine biosourcée aura un score de 100%.

**PARCOURS**



**Margot CHAUVET**  
IMT Mines Albi, promo 2017  
Diplômée d'IMT Mines Albi où elle a effectué sa thèse qu'elle a soutenue en 2017. Elle est Responsable R&D - Formulation biopolymères chez VEGEPLAST SAS.

### Un bioplastique peut être un polymère biodégradable

Cela signifie que lors de sa fin de vie, le polymère peut se décomposer en éléments naturels, en dioxyde de carbone et en vapeur d'eau par des organismes tels que les bactéries et les champignons. Lorsque l'on parle d'un polymère biodégradable, il

est important de préciser dans quel milieu ce dernier va se dégrader.

- **Compostable industriellement** : Le compostage industriel est un procédé de traitement aérobique (en présence d'oxygène), permis par l'action de micro-organismes, dans des conditions contrôlées. Dans un composteur industriel, il est nécessaire d'avoir un fort apport en déchets organiques (feuilles, tontes, restes alimentaires...), les températures peuvent monter jusqu'à 80°C. Pour qu'un polymère soit apte au compost industriel, il doit répondre à la norme EN 13432. Les prérequis de cette norme sont les suivants :

Le polymère doit se désintégrer à au moins 90% en 90 jours dans un compost industriel. Nous parlons ici de la dégradation physique, il doit rester moins de 10% de résidu de la matière dans un tamis de maille de 2 mm.

Le polymère doit se dégrader à au moins 90% en 180 jours. Nous parlons ici de la dégradation chimique du matériau, 90% du matériau doit avoir été converti en CO2.

Le polymère ne doit pas avoir d'effet néfaste sur le compost ainsi produit. Nous regardons ici si la germination des plantes est impactée par la présence du polymère dans le compost.

- **Compostable domestiquement** : le compost domestique est le même procédé que le compost industriel. La différence notable est la température au sein du



# ENGIE Solutions votre allié sur la voie de la décarbonation

Rendez-vous sur [engie-solutions.com](https://engie-solutions.com)



L'énergie est notre avenir, économisons-la !



compost, l'apport en déchet organique est moindre. La température est autour de 25 °C. La norme pour le compostage domestique est la NF T 51-800, les prérequis sont semblables au compost industriel :

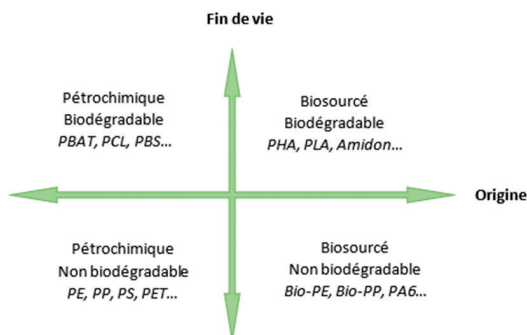
Le polymère doit se désintégrer à au moins 90% en 180 jours dans un compost domestique. Nous parlons ici de la dégradation physique, il doit rester moins de 10% de résidu de la matière dans un tamis de maille de 2 mm.

Le polymère doit se dégrader à au moins 90% en 365 jours. Nous parlons ici de la dégradation chimique du matériau, 90% du matériau doit avoir été converti en CO<sub>2</sub>.

Le polymère ne doit pas avoir d'effet néfaste sur le compost ainsi produit. Nous regardons ici si la germination des plantes est impactée par la présence du polymère dans le compost.

■ Il existe d'autres milieux de biodégradation (sol, milieux aquatiques...) mais ceux-ci sont moins répandus.

Un polymère d'origine biosourcé n'est pas forcément biodégradable, et inversement. ■



**BEAUR**  
BUREAU D'ÉTUDES • GÉOMÈTRE EXPERT

## 01 NOS MÉTIERS

<p><b>MAÎTRISE D'ŒUVRE</b> VRD / Paysage Assainissement Eau potable</p> <p><b>AMO</b> Étude préliminaire Diagnostic / Schéma directeur Programmation</p> <p><b>URBANISME</b> Conseils en urbanisme Urbanisme opérationnel PLU et Carte Communale</p>	<p><b>TOPOGRAPHIE</b> Levé topographique Implantation Récolement</p> <p><b>FONCIER</b> Bornage Division (DP + PA) Copropriété / DTG Gestion du Domaine Public</p> <p><b>LEVÉ 3D</b> Levé de bâtiments / Ouvrages d'art Modélisation / Maquette BIM Drone (photogrammétrie / LIDAR)</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">GÉOMÈTRE EXPERT</p>
--	--	--

## 02 NOUS LOCALISER

**Agence de Romans**  
SIEGE SOCIAL  
10 rue Condorcet, 26100 Romans-sur-Isère  
04 75 72 42 00

**Agence d'Aubenas**  
12 rue Victor Camille Artige, 07200 Aubenas

**Agence d'Again**  
38 montée du Village, 38150 Again

# Parcours d'un Alumni entrepreneur

La plasturgie, un domaine souvent réservé à l'industrie, pour plusieurs raisons :

- Les coûts d'outillages ne sont pas accessibles à tous les budgets (moules, filières, ...)
- Les plasturgistes sont rarement intéressés par les petites commandes qui, pour une journée de production, nécessitent un temps de réglage et de changement d'outillage trop important.
- La mise au point d'une pièce intégrant l'étude de flux, l'optimisation du point d'injection et les retouches de moule, prend du temps, et donc de l'argent.


Pourtant, le plastique est incontournable dans beaucoup de produits. Il est léger, propre et permet beaucoup de libertés géométriques. Même si on souhaite le réduire dans une démarche écologique, il est partout autour de nous. Les matières de demain, biosourcées, recyclées, naturelles ou encore de synthèse répondront à ses nouvelles attentes.

Comment s'y prendre lorsqu'on souhaite obtenir des pièces en plastique en petite série ? Il existe des procédés et des fournisseurs pour répondre à ce besoin.

Je souhaite vous partager dans cet article des solutions techniques pour réaliser des pièces polymères en petite série.

**L'injection dans un moule en aluminium** est souvent la première proposition des prestataires qui font des petites séries. Le principe simple est de remplacer le moule de série en acier spécifique, et donc cher, par un moule en aluminium. Les spécificités du moule sont alors simplifiées au maximum : point d'injection, système de refroidissement, éjecteurs et événements sont souvent réduits à leurs plus simples versions ou même supprimés quand cela est possible. On trouve aussi des prestataires avec des moules coquilles où ce n'est que l'empreinte qui est changée.

Le nombre de pièces avec cette technique peut aller de 50 à 10000. On peut encore faire un peu plus en multipliant



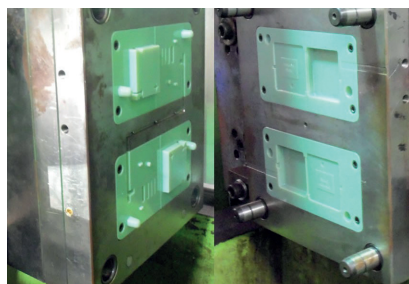
**PARCOURS**

**Rodolphe LORDONNOIS**  
IMT Mines Albi, promo 2006  
Il est entrepreneur et a créé Les Ateliers d'Héphaïstos.

les empreintes dans le même moule. L'avantage de ce procédé est de pouvoir choisir sa matière polymère dans toute la famille des polymères injectables.

La limite de ce procédé est souvent la complexité de la pièce : les moules à tiroir, à multiples plans de joint, ou encore les pièces de faible épaisseur sont difficiles à obtenir.

Il existe aussi **l'injection dans des moules en impression 3D polymère**. Dans ce cas, des moules coquilles montés sur des presses viennent accueillir des empreintes en polymère imprimées en 3D permettant de nombreux détails.

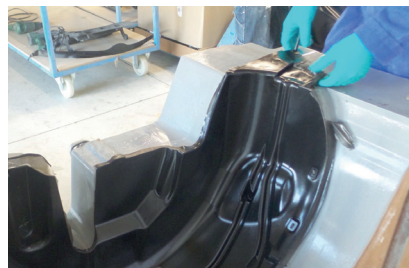


↑ Exemple de moule avec inserts en impression 3D.  
Source : <https://www.javelin-tech.com/blog/fr/2015/12/save-costs-by-prototyping-injection-molds-with-a-3d-printer/>

Ce procédé permet le même choix de matière que l'injection classique tant que la matière choisie a une température d'injection inférieure à 200°C, pour éviter à l'empreinte de fondre également.

Cette technique est limitée à de petites pièces, elle fait le bonheur des fabricants de disjoncteurs et autres appareillages électriques. Ce procédé est encore limité à une quarantaine de pièces dont les premières et les dernières présentent souvent quelques défauts.

**Le RIM (reaction injection molding)** est une solution intéressante pour faire de 20 à 100 pièces. Il est particulièrement adapté pour réaliser de grosses pièces comme des tableaux de bord ou des pare-chocs, mais aussi des plus petites.



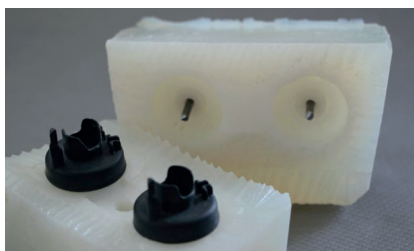
↑ Moule de RIM d'un pare-choc automobile.  
Source : <https://erpro-group.com/moulage/moulage-rim/>

Le principe du RIM est d'injecter sous faible pression au moins deux composants qui réagissent pour polymériser ou réticuler dans le moule. La fluidité du mélange, avec la pression, permet d'obtenir des parois fines et de multiples détails dans la pièce.

Le moule est souvent réalisé à partir d'un master réalisé par impression 3D. Le moule peut ensuite être réalisé en silicone ou en résine époxy fibrée.

La matière est un polymère bi-composant, qui peut être rigide ou élastomère (type Polyuréthane), avec un choix de couleur important. La pièce moulée peut évidemment recevoir une finition (laquage, peinture, vernis,...) afin d'obtenir l'aspect recherché.

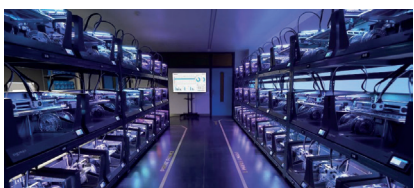
**Le moulage par coulée sous vide** rejoint un peu le principe du RIM, mais pour de plus petites pièces et surtout des quantités allant de 2 à 20 pièces. On vient couler un polymère bi-composant dans un moule en silicone obtenu à partir d'un master réalisé en impression 3D. Le moule est tiré sous vide pour aider la matière à le remplir. On peut avoir un choix de matériaux rigides ou élastomère et un large choix de couleur.



↑ Exemple de moule silicone tiré sous vide avec des inserts métalliques.  
Source : <https://www.lna-proto.com/technologies/coulee-sous-vide>

Comment ne pas parler de l'impression 3D... Cette technologie est en fait le regroupement sous un même terme de plusieurs procédés ayant pour point commun de réaliser les pièces sans outillage, par fusion, réticulation ou polymérisation de polymère. Beaucoup de ces procédés sont la propriété de fabricants en système fermé. Il n'en reste pas moins intéressant pour réaliser des pièces à moindre coût et rapidement.

Le plus connu est **le dépôt de fil**. Ce procédé, vulgarisé auprès du grand public, permet, à partir de bobine de fil polymère calibré, de venir déposer un cordon de matière proche de la température de fusion sur lui-même, et ainsi de construire en trois dimensions un objet. Cette technique permet un très large choix de matières, une réactivité et un coût imbattable. Néanmoins, la qualité d'aspect de la pièce ainsi que sa tenue mécanique sont fortement impactés par la construction en strate. Pour le nombre de pièces, il existe maintenant des fermes de machines qui permettent de produire en série un très grand nombre de pièces. Il est ainsi tout à fait possible de réaliser des petites séries de 1000 pièces en impression 3D chez certains fournisseurs.



↑ Exemple de ferme d'imprimante 3D en dépôt de fil.  
Source : <https://www.makershop.fr/blog/mise-en-place-ferme-impression-3d-bcn3d/>

Un autre procédé d'impression connu est la **stéréolithographie**. Il est le premier à avoir été mis au point, et certaines machines sont disponibles pour le grand public. Le principe est de venir polymériser sélectivement une résine sous forme liquide par des ultra-violets. La pièce est réalisée immergée dans un liquide. Cette technique permet d'obtenir un état de surface très lisse, après élimination des microstructures permettant de maintenir toutes les pièces dans le bain. Elle permet d'avoir un grand choix de résines répondant à différents besoins techniques. Le nombre de pièces dépend de leur taille et de la taille du bain de la machine.



↑ Exemple de batch de stéréolithographie.  
Source : <https://www.seido-systemes.fr/imprimantes-3d/stereolithographie>

Cette technologie a vu naître de multiples dérivés, où la technique de polymérisation ou de réticulation utilise un flash de lumière calibré ou un laser, au lieu d'une exposition UV. Ces variantes permettent de gagner en temps d'impression.

Dans la grande famille de l'impression 3D, il y a encore la famille des fusions de poudre. Dans ce procédé, on vient fusionner de la poudre de polymère à l'aide d'un laser sélectif. On appelle cette technologie le frittage. Dans ce cas, on vient étaler en très fine couche la poudre que l'on fusionne localement. L'empilement des fines couches permet d'obtenir des objets en 3 dimensions qui sont maintenus par la poudre non fusionnée. Le nombre de pièces dépend encore de sa taille et de celle de la machine. Les matières disponibles sont assez réduites, il y a le polyamide et le polypropylène. En revanche, on peut ajouter des charges ! Ainsi, les propriétés de la pièce varient énormément. Les plus courantes sont les charges de billes de verre et de poudre d'aluminium. Mais on a aussi chez certains fabricants de la fibre de verre, de carbone, de la poudre de céramique... Ce procédé permet d'obtenir des pièces techniques avec de très bonnes caractéristiques mécaniques ou thermiques. Point important, ce procédé réalisé avec de la poudre induit des pièces poreuses qui n'aiment pas l'humidité.

Une imprégnation est toujours possible si l'usage de la pièce le permet.



↑ Extraction des pièces à la fin d'un batch de frittage.  
Source : <https://all3dp.com/1/sls-3d-printing-the-ultimate-guide/>

Là aussi, ce procédé a ouvert la voie à d'autres procédés, notamment **l'impression multi Jet Fusion**, qui améliore la technique de fusion avec des liants, en remplaçant la fusion thermique par une fusion chimique. Cela permet de ne plus avoir de porosité et une meilleure homogénéité dans la matière. La vitesse d'impression est aussi bien plus rapide.

Ce procédé est aujourd'hui souvent celui choisi par les industriels pour produire de la pièce personnalisée, technique ou esthétique (bien que limitée), aussi bien dans le monde du sport que de l'automobile.

Pour finir, il y a toujours le moyen de réaliser de **l'usinage, de la découpe/pliage, du thermoformage, du rotomoulage ou de la soudure avec le plastique**. Ces techniques souvent mises à l'écart peuvent aussi être économiques sur les petites séries. Les quantités sont parfois de plusieurs milliers de pièces avant d'atteindre le point de bascule économique pour passer en injection.

Ainsi s'achève le condensé non exhaustif des procédés permettant d'obtenir des pièces en polymère pour de petites séries. J'espère vous en avoir fait découvrir certains, ou sinon vous avoir fait un petit rappel qui puisse vous avoir ouvert d'autres pistes pour vos réalisations. ■

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

/// Filières et procédés

## Interview



**Pierre-Yves LINOT**  
IMT Mines Albi, 2006

**Responsable Recherche  
et Développement Films  
chez Sleever**

### Quelques mots pour te présenter ?

**Pierre-Yves LINOT :** Bonjour, je suis Pierre-Yves LINOT, Promotion IFI 2006 option Matériaux avec une spécialisation Polymères & Plasturgie faite à l'Ecole Polytechnique de Montréal, puis j'ai embrayé sur un Mastère Spécialisé de Mines ParisTech en Matériaux et Mise en Forme.

Au travers des différents stages et expériences de mon cursus, j'ai trouvé ma voie dans le développement de produits couplant matières et procédés de transformation en passant par les secteurs suivants : métallurgie, chimie puis la plasturgie et ce pour des domaines d'application variés comme les consommables de brasage, les auto-agrippants (aka Velcro) ou les films thermo-rétractables pour le packaging.

J'ai une attention particulière depuis 15 ans, à déployer l'écoconception dans tous les développements et les processus d'industrialisation. C'est une fibre personnelle mais également un besoin vital pour l'industrie de notre époque qui doit muter pour répondre aux enjeux écologiques.

### Comment décrirais-tu ton métier et ton secteur ?

**PYL :** Le secteur du packaging, en plus d'être fortement concurrentiel, est particulièrement visé par les contraintes réglementaires et les mutations nécessaires pour répondre aux besoins des marques et aux objectifs environnementaux. Il en résulte un secteur très dynamique et propice à l'innovation.

En tant que responsable Recherche et Développement, ma première action est de fédérer les efforts de mon équipe et

également de tous les acteurs du groupe, en incluant les clients et les fournisseurs, pour le développement de nouvelles solutions produits.

Les équipes évaluent et éprouvent de nombreux concepts pour amener jusqu'à l'industrialisation les innovations les plus viables. Quant aux autres solutions, elles deviennent les briques fonctionnelles d'une boîte à outils qui capitalise les connaissances et les savoir-faire.

Cette démarche agile permet de stimuler les équipes, de développer la créativité (l'intelligence qui s'amuse dixit Einstein) et d'avoir une réactivité importante pour des mises sur marché de solutions novatrices.

Une autre part de mon activité est centrée sur l'action de normalisation pour structurer, au sein des associations professionnelles (Petcore, Recyclclass, APR) :

- Des guidelines garantissant la recyclabilité des emballages. En effet, aucune solution technique n'a un avenir sur le marché si elle perturbe le recyclage du packaging,
- Des études techniques visant à démontrer les apports des innovations.

Enfin, reste l'expertise technique que l'on réalise en support des services Qualité et Production pour l'amélioration continue de l'efficacité de notre processus industriel.

### Qu'est ce qui t'attire dans le monde de la plasturgie ?

**PYL :** Le monde de la Plasturgie est extrêmement vaste et présente une chaîne de transformation très importante : de la synthèse des polymères jusqu'au produit fini, en passant par les procédés de transformation et de parachèvement. Cette étendue offre de très nombreuses opportunités d'agir sur la chaîne de valeur et donc d'innover.

Le plastique, aussi décrié soit-il, reste une famille de matériaux qui a permis de nombreux essors technologiques qui sont aujourd'hui inscrits dans nos modes de vie et rendus disponibles au plus grand nombre.

Que seraient la conservation des aliments, la santé, l'électronique, la mobilité, le textile, etc. sans la plasturgie ?

Aujourd'hui, la Plasturgie est source de pollution, à l'instar du charbon lors de l'ère

industrielle du 19<sup>ème</sup> siècle, ce qui a amené à développer des énergies plus propres, encore en cours de déploiement.

La Plasturgie a su développer des filières de recyclage économiquement et écologiquement viable à l'image des bouteilles PET clair alimentaire, mais développe également des filières bio-sourcées et des procédés de recyclage chimique visant à limiter la dépendance à la matière première extraite.

En somme, c'est un secteur techniquement riche qui est soumis à de fortes contraintes et de nombreux challenges, ce qui lui donne tout son intérêt.

### En quoi ce que tu fais aujourd'hui diffère de ce que l'on pouvait faire avant ?

**PYL :** Le positionnement des services techniques dit support a évolué. Auparavant, un service R&D avait l'image d'un repère de Géo Trouvetout qui travaillaient sur des sujets abstraits. Mais aujourd'hui, c'est un des cœurs de l'expertise technique de l'entreprise qui agit tant en amont qu'en aval de l'industrialisation qu'il mène.

Les services R&D sont de plus en plus en lien avec les marchés, les utilisateurs et les clients. Ils intègrent très tôt les composantes économique et d'économie circulaire dans les projets ainsi que dans les veilles technologiques.

Il faut donc être beaucoup plus présents, casser les silos pour porter l'innovation et aussi parfois huiler les rouages.

### As-tu l'impression que la plasturgie est portée par l'innovation, qu'il y a une culture de l'amélioration continue ?

**PYL :** Dans la plasturgie, le domaine de l'injection a adopté en premier une culture de l'amélioration continue (kaizen) car le procédé séquentiel s'y prêtait particulièrement bien. Mais cette culture est présente dans toute la plasturgie, comme en témoignent les améliorations successives telles que : les réductions de poids des bouteilles et l'incorporation de taux croissants de recyclé.

Cependant, la multiplicité des biens issus de la plasturgie rend cela moins lisible.

La plasturgie a un besoin impérieux d'innovation pour progresser, mais également d'indicateurs complets et impartiaux pour comparer son impact par rapport aux autres solutions techniques.

Cela afin d'éviter des biais d'analyse et une polarisation à l'encontre du plastique. ■

**novoferm**

*Intelligent Door Solutions*

Systemes des portes de garages  
Portes et huisseries pour objets  
Systemes de portes industrielles  
Niveleurs et équipement de quai

**PLANIFIEZ DES SOLUTIONS INTELLIGENTES  
POUR PORTES ET PORTAILS AVEC NOVOFERM !**

[www.novoferm.ch](http://www.novoferm.ch)

Scannez le code QR  
et contactez-nous !



# Industrie chimique, quand l'ingénierie veille sur la santé des infrastructures

Expleo Group est une société française d'ingénierie. Ses services se traduisent par l'appui technique, le soutien technologique et la recommandation stratégique dans un large spectre sectoriel (aéronautique, banque, transports, cybersécurité...). Techniciens, ingénieurs et commerciaux travaillent avec ses clients dans une perspective d'excellence opérationnelle.

Au sein de sa **branche Life Sciences & Chemicals**, une partie des activités concerne la chimie, lourde comme fine. Dans un contexte de forte transformation, comment l'ingénierie accélère-t-elle la mise en oeuvre des grands projets ?

## Ingénieur et pas chimiste, quel est le rôle de nos équipes ?

Dans un contexte hautement sécurisé et à hauts risques, la maintenance et la rénovation des infrastructures sont primordiales. A cet effet, les industriels décident d'être accompagnés par des partenaires dont l'expertise est l'ingénierie au service des infrastructures complexes avec une forte connaissance du secteur. « C'est là précisément que nous intervenons : nous nous voyons confier la mise en place d'un écosystème optimal pour répondre à leur priorité de durabilité et de production », indique Aurélien, directeur technique Chimie. Nous nous chargeons de conduire des projets en vue d'assurer maintenance, rénovation et modifications indispensables. Deux variables sont à ajouter à l'équation : l'envergure de ces sites vieillissants et la production en continu 24h/24 et 7j/7.

## Sécurité : la priorité

On pourrait dire que le nerf de la guerre en chimie, c'est la sécurité. La mémoire collective retient, entre autres, l'accident AZF près de Toulouse en 2001, l'incendie du site de Lubrizol à Rouen en 2019 ou bien la double explosion au port de Beyrouth en 2020. Depuis les années 1970, la directive Seveso impose une adaptation obligatoire des infrastructures et des procédés industriels. Cependant, le risque zéro n'existe pas et chaque action à petite ou plus grande échelle intègre forcément cette constante. De ce fait, notre manière de comprendre le besoin de nos clients implique une ingénierie appliquée dans un contexte à hauts risques industriels.



**Aurélien FLEGEAU**  
Directeur technique



**Martin DO**  
Directeur commercial  
Chimie

nous expliquent la spécificité du secteur, le contexte réglementaire et les enjeux pour maintenir en condition opérationnelle ces sites chimiques.

## L'impact environnemental, un défi de taille

Réglementations et normes constituent des étapes clés dans un secteur figurant parmi les plus polluants et énergivores. La contamination de l'air est un vrai cheval de bataille tout comme l'efficacité énergétique. Nos recommandations stratégiques englobent ces aspects : informer législativement, proposer et également envisager les solutions économiques. En tant que consultants, grâce à nos clients, nous avons la possibilité d'être en lien avec des problématiques et actualités doublement diverses et similaires. Cette position exige de nous un vrai rôle de recommandation, d'autant plus que ce sont des projets d'investissement. C'est le cas par exemple de la réduction des émissions d'oxyde d'azote (Nox) : un même enjeu et pourtant des sites aux échelles et aux équipements différents. De même, l'efficacité énergétique détermine l'installation et le remplacement des équipements. Nous devons être en mesure d'anticiper les nouvelles normes à venir pour maîtriser au mieux la production actuelle et l'écart entre les process. Sécurité, décarbonation et performance constituent le triangle des préoccupations opérationnelles.



## Concrètement, comment se déroule un projet Expleo sur un site chimique ?

Après de nos clients, nous travaillons avec les différentes parties prenantes comme un vrai partenaire. La finalité de notre rôle contribue à limiter les pertes de production et à réduire le temps des grands arrêts techniques. Quatre grandes étapes composent un projet de cette ampleur.

### # L'analyse du besoin

Elle s'effectue conjointement entre un chef de projet Expleo et l'utilisateur final du projet. Le travail de nos chefs de projet consiste à **structurer le besoin** en prenant en compte les exigences sur site et stratégiques du client.

### # L'avant-projet sommaire (APS)

Face à la problématique identifiée, chef de projet et chargés d'affaires évaluent plusieurs solutions techniquement viables et réalisent un chiffrage préliminaire. A terme, il s'agit d'être en mesure de soumettre **une solution technico-économique optimale**.

### # L'avant-projet détaillé (APD)

Cette phase sollicite davantage le ou la chargé(e) d'affaires. Telle une rampe de lancement, l'ensemble des études techniques est **mené par nos chargés d'affaires spécialisés** en mécanique, piping, chaudronnerie, électricité, instrumentation ou bien automatisme et génie civil. Cette phase a pour but de valider la solution préalablement identifiée. Les cahiers des charges sont rédigés et serviront à lancer les consultations budgétaires. À la fin de cette étape, notre client est en mesure de valider les études techniques.

### # L'exécution

L'opérationnel entre dans la **phase de réalisation** : ajustement de la solution, appels d'offres fournisseurs, négociation achats, installation et planning des interventions de toutes entreprises et équipes sur le chantier. Nous supervisons le chantier, assurons le commissioning des installations et la formation des équipes client.

## Et demain, quels horizons ?

Entre sécurité et décarbonation, les industriels de la chimie ont toujours une exigence de performance. Les directions de ces sites visent une performance optimale : maîtriser et stabiliser l'activité en temps réel. Le digital joue un rôle d'avenir dans la prédiction et l'anticipation des *scénarii*. Il intervient aussi dans la détection et l'intervention des défaillances des systèmes. Ecosystème propice ? L'industrie lourde, et notamment la chimie, a toujours été une industrie de l'adaptation en raison de cet environnement contraint et réglementaire. Tous ces besoins évoluant fortement, Martin, directeur commercial Chimie souligne que « cette dynamique nous incite à développer davantage nos offres d'accompagnement sur les territoires français, belge et suisse, particulièrement dans l'est de la France et la vallée du Rhône ». Au-delà de l'assistance technique et de la gestion de projets de grande envergure, notre entité Expleo Life Sciences & Chemicals grandit son positionnement et « accroît sa présence de partenaire pour assurer de vrais plateaux techniques ». Dans cette perspective, nous ambitionnons de conduire, avec nos clients, leurs projets de transformation tant dans la gestion industrielle qu'opérationnelle.

# ( expleo )

Think bold, act reliable

Expleo Group représente

**15 secteurs d'activité**

**Dans 30 pays**

**+ de 17 000 collaborateurs**

<https://expleo.com/global/fr/>

Rejoignez-nous  
sur LinkedIn

Ensemble,  
**RELEVONS LES DÉFIS...**



**deveugle**

MENUISERIES ALUMINIUM & ACIER

Conception et Fabrication de

**MENUISERIES ACIER & ALUMINIUM  
SUR-MESURE | PRÊT-À-POSER**

**POUR EN  
SAVOIR PLUS**



www.**deveugle**.com

☎ 03 20 94 67 21 | [contact@deveugle.com](mailto:contact@deveugle.com)

23, rue des Forts - 59960 Neuville-en-Ferrain

© iStock by Getty Images

**ENVIRONIA**



Gazomètres - Torchères

Vente, installation, maintenance & SAV

Location torchère mobile & surpresseur

Analyseurs de pollutions en ligne (COV, hydrocarbures, THM)

51 route de Saint-Jean-Ligoure - 87110 Le Vigen

+33 (0)5 55 14 48 49 - [info@environia.com](mailto:info@environia.com) - [www.environia.com](http://www.environia.com)



# GazelEnergie RECRUTE !



**Analyste des Risques**



**Senior Energy Structurer**



**Responsable Grands Comptes**

**Envie de participer à  
l'aventure de la transition  
énergétique ?**



*Rejoignez-nous*



## SPÉCIALISTE DES COURANTS FORTS & FAIBLES

- ✓ Câblage courants forts
- ✓ Haute tension
- ✓ Vidéosurveillance
- ✓ Sûreté des bâtiments tertiaires ou industriels

- ✓ Détection et extinction incendie
- ✓ Câblage réseau VDI et fibre optique
- ✓ Gestion technique centralisée et supervision
- ✓ Réseau informatique industriel





# DUNKERQUE : vers la neutralité carbone



**rejoignez-nous !**



## 16 000 emplois

**et des offres d'alternances  
et de stages** dans le cadre de la stratégie  
bas carbone du territoire.

Plus d'informations :

<https://dunkerquepromotion.org/offre-emplois>

<https://www.jeminstalleadunkerque.fr>

Tout savoir sur  
le Hub H2 et CO2 de Dunkerque



# Vers une industrie des matières plastiques circulaire à faible émission de carbone

Le rapport "*ReShaping Plastics*", paru en 2022, a vocation à aider les dirigeants et les décideurs à identifier des voies efficaces pour tendre vers une industrie des plastiques hautement circulaire et neutre pour le climat en Europe, en se concentrant sur les principaux secteurs utilisateurs de matières plastiques (emballages, articles ménagers, automobile et bâtiment).

**D**ans les faits, la filière industrielle européenne des plastiques est d'ores et déjà en train de s'adapter pour relever les défis de l'atténuation des changements climatiques et de la circularité, mais hélas pas encore assez vite pour s'aligner sur les objectifs des accords de Paris et de Glasgow sur le climat. Pour réduire significativement les déchets à éliminer et les émissions de gaz à effet de serre, les solutions amont et aval apparaissent complémentaires et plus efficaces lorsqu'elles sont déployées conjointement. Selon le scénario de circularité développé dans l'étude "*ReShaping Plastics*", d'ici 2050, l'industrie des plastiques pourrait atteindre 78 % de circularité - 30 % de déchets évités grâce à la réduction et à la substitution des matériaux utilisés et 48 % de déchets recyclés (27 % via un recyclage mécanique et 21 % via un recyclage chimique vers de nouvelles matières plastiques) - laissant un taux résiduel de 9% seulement dans les décharges et les incinérateurs.

Même si la quantité de déchets plastiques recyclés ne cesse d'augmenter, des difficultés restent à surmonter s'agissant de la qualité des plastiques recyclés, constituant autant de verrous à lever pour les communautés industrielles et scientifiques. Des efforts considérables sont actuellement consacrés à l'amélioration



du tri des déchets plastiques. Par exemple, l'imagerie et l'intelligence artificielle (IA) peuvent améliorer les systèmes de tri généralement basés sur la technologie de la lumière proche infrarouge. L'apprentissage profond (*deep learning*) basé sur les réseaux de neurones est de plus en plus utilisé pour détecter et séparer des fractions qui étaient auparavant difficiles à trier. Outre l'IA, la digitalisation et l'automatisation peuvent également contribuer à augmenter

les performances des machines de tri. Les complexes multi-couches, les contaminants, les encres et les odeurs dans les déchets plastiques restent par ailleurs encore des problèmes délicats, même si un certain nombre de projets de R&D ont été menés à bien pour délaminer, désencrer et éliminer les composants volatils, et désodoriser les recyclats pendant le compoundage par extrusion.

En complément du recyclage mécanique, le recyclage chimique est également de plus en plus mis en avant, avec des investissements importants tant de la part des grands acteurs de l'industrie des matières plastiques que de startups innovantes dans ce domaine. Le recyclage chimique (e.g. dépolymérisation, dissolution, solvololyse, pyrolyse, décomposition enzymatique...) est une solution potentielle pour les gisements de déchets plastiques particulièrement difficiles à gérer, notamment pour les emballages alimentaires.

Ainsi, une industrie des plastiques à émissions nettes nulles (net-zero) semble atteignable, pour le moins en Europe, sous réserve de mobiliser tous les acteurs de la chaîne de valeur. ■

1. <https://www.systemiq.earth/reshaping-plastics/>

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

Un impact environnemental à évaluer

## L'intégration des impacts des émissions plastiques en Analyse de Cycle de Vie

Les plastiques sont omniprésents dans notre vie quotidienne et ont de nombreux avantages, notamment leur résistance, leur durabilité, leur légèreté et leur faible coût de production, ce qui explique leur popularité. Ils ont pourtant un impact potentiel significatif sur l'environnement, et ce à différentes étapes de leur cycle de vie.

Aujourd'hui, les réglementations en vigueur cherchent à limiter l'utilisation des plastiques à usage unique, c'est par exemple le cas en France avec la politique de lutte contre la pollution plastique (Ministère de la Transition Ecologique, 2023). Elle s'est manifestée progressivement lors de l'interdiction des sacs plastiques gratuits dans les magasins en 2016, l'interdiction des pailles en plastique dans les restaurants en 2021 et plus récemment cette année avec l'obligation pour les fastfoods d'utiliser des contenants alimentaires réutilisables à l'intérieur de leurs établissements.

Il arrive pourtant que notre substitution au plastique se fasse en faveur d'alternatives qui seraient plus dommageables pour l'environnement. C'est ce que cherche à mesurer le CIRAI, le Centre international de référence sur l'analyse du cycle de vie et la transition durable. Le CIRAI est un centre de recherche et d'expertise qui utilise les méthodes d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) pour calculer les impacts environnementaux de produits ou services tout au long de leur cycle de vie. En d'autres termes, l'ACV cherche à quantifier les impacts qu'un produit engendre, sur différentes catégories et à différents niveaux (changements climatiques, qualité des écosystèmes, santé humaine, ressources naturelles) du début à la fin de sa vie. Elle peut servir en écoconception, pour améliorer l'empreinte environnementale d'un produit, ou pour prendre des décisions éclairées quant à l'utilisation d'un produit par rapport à un autre, lorsqu'ils remplissent des fonctions équivalentes.

### PARCOURS



#### Juliette LOUVET

est étudiante à IMT Nord Europe (promo 2023) et en maîtrise de recherche au CIRAI (lié à Polytechnique Montréal) sur la modélisation du sort des microplastiques entre les différents compartiments environnementaux.

Ainsi, une étude du CIRAI en collaboration avec RECYC-QUÉBEC (2017) a démontré que « le sac en coton [...] nécessit[e] entre 100 et 2954 utilisations pour que son impact sur les indicateurs environnementaux de cycle de vie soit équivalent à celui du sac en plastique conventionnel » (fig. 1.a). Le sac en coton ne constituerait donc pas une alternative efficace pour réduire son impact sur l'environnement par rapport au sac plastique conventionnel. Même chose pour l'utilisation du sac en papier jetable (fig. 1.b), qui aurait un impact 4 à 28 fois plus élevé que le sac en plastique conventionnel (Benoit, 2022). Les sacs de PP tissés et de PP non

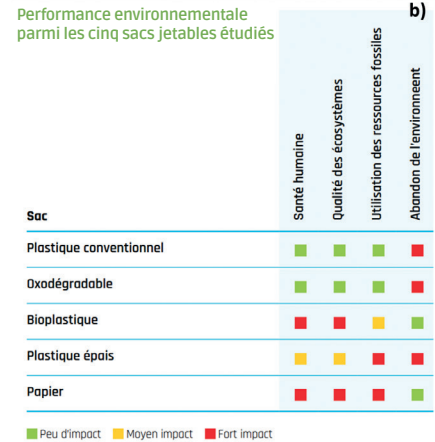
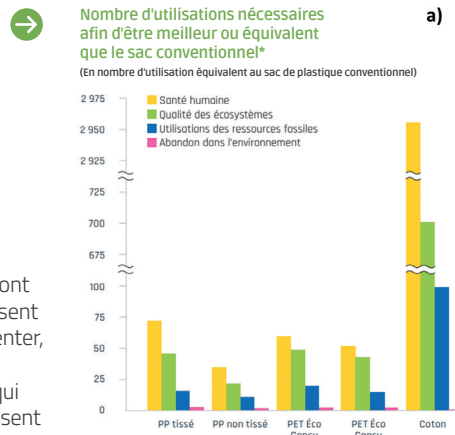
tissés seraient les plus recommandés pour réaliser des achats hebdomadaires et nécessiteraient entre quatre mois et un an et demi d'utilisation avant que leur impact soit potentiellement équivalent à celui d'un sac plastique conventionnel (CIRAI, 2017). Si cela peut nous faire douter de l'importance des conséquences du plastique sur l'environnement, il faut cependant noter que ces conclusions ne prennent pas bien en compte les impacts potentiels des émissions de plastique dans la nature.

En effet, les méthodes actuelles d'ACV ont du mal à évaluer voire n'évaluent pas les impacts des déchets plastiques mal traités en fin de vie qui se retrouvent dans l'environnement. Des recherches supplémentaires sont donc nécessaires pour améliorer les résultats de cette étude. Pour faire face à ce problème, le groupe de recherche international MarLCA (Marine Impacts in LCA) a été créé et a défini un cadre de référence afin d'intégrer les émissions plastiques en ACV (fig. 2).

Les émissions de plastique dans l'environnement sont multiples : un sac plastique jeté dans la nature comme on a pu le voir précédemment, des pneus qui s'abrasent sur une route, une bâche utilisée en agriculture qui se dégrade dans le sol ou encore un filet de pêche abandonné en mer. La première étape du cadre de référence de MarLCA consiste à quantifier ces émissions à l'aide d'inventaires.

Il est ensuite nécessaire de déterminer comment elles se distribuent dans l'environnement. Les plastiques ne restent

**Fig. 1 a)** Comparaison du nombre d'utilisations nécessaires de différents sacs réutilisables afin d'être équivalent au sac en plastique conventionnel, **b)** Comparaison de la performance environnementale de cinq sacs jetables, graphiques tirés du rapport « Faits saillants des résultats de l'analyse du cycle de vie environnementale et économique des sacs d'emplètes » de RECYC-QUEBEC (2017).



pas à l'endroit où ils ont été émis mais sont transportés d'un milieu à l'autre. Ils finissent également par se dégrader et se fragmenter, devenant des micro- puis des nano-plastiques. Près de 70% des plastiques qui se retrouvent dans les eaux douces finissent dans les océans (Hurley et al., 2018). Si on prend l'exemple de quelqu'un qui jette un déchet sur le sol, il est probable que son déchet soit balayé par la pluie jusqu'à un cours d'eau puis que le courant l'amène jusqu'à un fleuve et enfin qu'il se retrouve dans l'océan. Le transport et la dégradation des plastiques varient en fonction de leur taille, de leur forme et de leur densité. Dans l'océan par exemple, les plastiques ayant une densité plus importante vont couler plus rapidement que les plastiques à faible densité et seront donc transportés moins loin. Différents mécanismes et conditions environnementales sont à l'origine du transport des plastiques dans l'océan. On peut compter par exemple les marées, les saisons, le vent mais également les organismes vivants qui, en s'accumulant sur le plastique, participent à augmenter sa masse et à le faire couler (Malli et al., 2022).

Les plastiques impactent la santé humaine, les écosystèmes et les biens socio-économiques via différentes voies d'exposition. Des effets toxiques

peuvent subvenir à la suite d'ingestion ou d'inhalation de micro- et nano- plastiques par les humains ou les espèces animales, en raison des additifs qu'ils contiennent. Les plastiques ont également des effets physiques sur les écosystèmes. Les espèces les confondent avec des proies potentielles et les ingèrent, ce qui provoque de possibles étouffements ou une accumulation de plastique dans leur estomac, qui leur procure une sensation de satiété pouvant entraîner leur mort. Dans les océans, les plastiques sont également source d'enchevêtrement pour certaines espèces comme les tortues ou les poissons qui se retrouvent pris au piège et se blessent. Certaines espèces envahissantes se servent aussi parfois des déchets comme embarcation et sont transportées dans d'autres lieux où elles ont des impacts potentiellement importants sur la faune et la flore indigènes. De plus, la pollution plastique détériore visuellement nos plages, nos montagnes et même nos

rues. Cela participe à faire baisser la valeur économique de ces lieux en diminuant leur attractivité touristique (Woods et al., 2021).

Le travail mené par MarILCA permet donc de prendre en considération tous ces impacts et de les intégrer aux méthodes d'analyse de cycle de vie. Cela permettra à terme de mener des études plus précises sur les impacts des produits plastiques que nous consommons et de prendre de meilleures décisions concernant leur utilisation, à la fois pour les consommateurs et pour les gouvernements qui établissent les lois. ■

## Références

Benoit, A. (2022, 19 septembre). Le plastique, est-ce si mauvais pour l'environnement ? CIRAIQ. <https://ciraig.org/index.php/fr/blogue/plastique-mauvais-pour-lenvironnement/>

CIRAIQ. (2017, décembre). Analyse de Cycle de Vie des sacs d'emplètes au Québec : Rapport technique final. Consulté le 22 mars 2023, à l'adresse <https://www.recyq-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/acv-sacs-emplètes-rapport-complet.pdf>

RECYC-QUÉBEC. (2017). Faits saillants des résultats de l'analyse du cycle de vie environnementale et économique des sacs d'emplètes. Dans CIRAIQ. RECYC-QUÉBEC. Consulté le 21 mars 2023, à l'adresse <https://www.recyq-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/acv-sacs-emplètes-faits-saillants.pdf>

Hurley, R., Woodward, J., & Rothwell, J. J. (2018). Microplastic contamination of river beds significantly reduced by catchment-wide flooding. *Nature Geoscience*, 11(4), 251-257. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0080-1>

Malli, A., Corella-Puertas, E., Hajar, C., & Boulay, A. (2022). Transport mechanisms and fate of microplastics in estuarine compartments: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 177, 113553. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113553>

Ministère de la Transition Écologique. (2023, 17 janvier). Lutte contre la pollution plastique. Ministères Écologie Énergie Territoires. <https://www.ecologie.gouv.fr/lutte-contre-pollution-plastique#:~:text=A%20partir%20du%201er%20janvier%202022&text=L%3%89tat%20n%20ach%3%A8tera%20plus,1%2C5%20kilogramme%20se-ra%20interdit>

Woods, J., Verones, F., Jolliet, O., Vázquez-Rowe, I., & Boulay, A. (2021). A framework for the assessment of marine litter impacts in life cycle impact assessment. *Ecological Indicators*, 129, 107918. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107918>

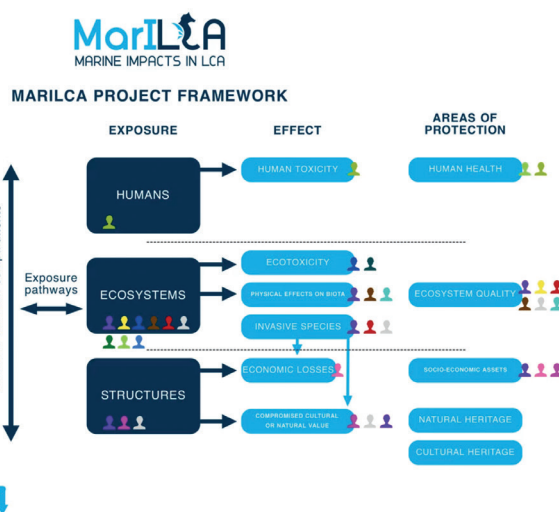


Illustration du cadre de référence du projet MarILCA. Source : MarILCA: <https://marilca.org/>

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

Un impact environnemental à évaluer



ARTICLE ORIGINAL

L'article suivant a été publié le 29 mars 2021 sur IMTech, le blog de l'actualité scientifique et technologique de l'IMT ([www.imtech.wp.imt.fr](http://www.imtech.wp.imt.fr)).

Nous reproduisons ci-dessous cet article, avec l'aimable autorisation de Benjamin VIGNARD, Responsable du pôle Information et communication scientifiques.

## Que sait-on de l'impact environnemental des biocomposites ?

Les matériaux biosourcés sont une alternative à ceux issus de ressources fossiles de plus en plus mise en avant ces dernières années. Cependant, de par le développement récent de ce secteur, leur impact environnemental réel est encore peu connu. Joana Beigbeder, chercheuse à IMT Mines Alès en analyse environnementale, fait le point sur l'analyse du cycle de vie (ACV) de ces matériaux émergents.

**B**ien que les matériaux biosourcés se présentent comme une alternative efficace à leurs aînés pétrosourcés, le détail de leur impact environnemental est encore mal connu. Les matériaux issus de fibres végétales sont très certainement une amélioration concernant certains impacts, comme l'empreinte carbone, mais cela peut être plus délicat concernant l'utilisation ou la pollution des sols par exemple. Pour en avoir le cœur net, l'analyse de cycle de vie est un outil indispensable.

Joana BEIGBEDER, chercheuse à IMT Mines Alès sur les impacts environnementaux, travaille sur l'analyse de cycle de vie de ces nouveaux matériaux biosourcés, et notamment des biocomposites. L'objectif est de comparer l'impact de différents scénarios, que cela soit entre des matériaux biosourcés ou pétrosourcés, ou bien en fonction des différentes étapes du cycle de vie d'un même matériau. La chercheuse rappelle que « l'intérêt de l'analyse de cycle de vie est d'étudier en parallèle plusieurs impacts environnementaux et d'identifier d'éventuels transferts de pollution sur tout le cycle de vie d'un produit ».

### Des sources d'impact différentes

Au regard de l'impact environnemental, certains points semblent couler de source. Si nous ne regardons que l'empreinte carbone, il paraît évident que les matériaux biosourcés sont plus bénéfiques que leurs cousins pétrosourcés. Mais la réalité est plus complexe car de nombreuses variables sont à considérer. « L'impact carbone est un indicateur bien connu, mais il faut aussi prendre en compte différents impacts de pollution, de toxicité humaine, de pollution des sols ou milieux aquatiques ou encore le réchauffement climatique », souligne Joana Beigbeder. Prenons l'exemple du secteur automobile. « Pour une fonction équivalente, une pièce en matériau biosourcée a un poids supérieur, elle demandera plus d'énergie à l'usage et ne sera pas forcément bénéfique. « Ce sera peut-être une meilleure solution d'un point de vue environnemental, mais c'est justement grâce à l'ACV que nous pourrions le confirmer », précise-t-elle.

Certains points semblent plus évidents, c'est le cas de la consommation des ressources fossiles et d'une manière générale de l'impact sur le réchauffement climatique. Les matières végétales ont une action de captage du CO<sub>2</sub> lors de leur croissance, ce qui leur donne un atout indéniable. Cela dit, leur croissance implique dès lors un impact agricole, notamment sur l'utilisation des sols. « Selon le type de culture, cela peut engendrer une pollution des sols. Dans l'ensemble, plus les engrais et additifs seront nécessaires à la croissance, moins certains impacts seront bénéfiques », mentionne Joana BEIGBEDER. Cela fait ressortir une question nouvelle, inexistante avec les matières issues du pétrole.

« C'est toujours une histoire de compromis et nous cherchons des pistes pour améliorer le procédé ou le produit, indique la chercheuse. Les végétaux, comme le lin ou le chanvre, demandent très peu d'intrant, voire aucun, et sont donc une piste privilégiée. Mais le matériau n'est qu'une piste d'amélioration dans une démarche d'écoconception », note-t-elle. Pour réduire les impacts d'un produit, alléger son poids et allonger sa durée de vie sont des points clés. Cela peut prendre en compte les aspects de réparabilité du produit, ou même

de nouveaux concepts comme privilégier l'usage plutôt que l'achat du produit.

« Il y a une question de bon sens écologique également, si nous étudions un produit jetable, il y aura tout intérêt à privilégier des matières réutilisables ou compostables », illustre Joana BEIGBEDER. Un sujet de recherche porte notamment sur le développement de couches ou de pansements compostables, un élément prometteur pour réduire la pollution plastique.

## Prédire les impacts possibles

« L'étude d'analyse de cycle de vie se fait vraiment au cas par cas en fonction du service rendu par un produit », précise Joana Beigbeder. Pour estimer la consommation des solvants ou la synthèse chimique de matériaux, la chercheuse utilise des publications scientifiques antérieures et des modèles mathématiques. Mais sur certains points, les données manquent. « Nous sommes parfois obligés de passer par des approximations assez fortes sur certains impacts, mais cela permet tout de même de donner des tendances et des pistes d'améliorations », soutient-elle. Cela peut

être le cas pour la production des fibres végétales autant que pour leur traitement en fin d'usage.

Ces matériaux n'étant pas encore développés sur le marché, il n'existe pas aujourd'hui de filières pour traiter les déchets qui en découlent. De fait, il n'y a pas de données sur l'impact environnemental de l'incinération, l'enfouissement ou encore la pollution dégagée par ces jeunes matériaux. « Pour estimer ces impacts, nous les assimilons à d'autres matériaux proches mieux connus, sur lesquels nous avons des données, pour mettre au point nos hypothèses », explique la chercheuse. Ces travaux génèrent également de nouvelles données pour l'ACV tels que des simulations de recyclage pour le traitement en fin de vie.

« Certains matériaux biosourcés sont aujourd'hui à l'échelle du laboratoire, et il est encore difficile de s'imaginer ce qui se passerait à l'échelle industrielle », rapporte Joana BEIGBEDER. La chercheuse travaille alors sur du prédictif : elle imagine des scénarios pour des matériaux qui ne sont pas encore mis sur le marché et analyse si cela est intéressant au niveau environnemental. Aussi, le secteur des biomatériaux étant récent, leur production sera moins optimisée que celle de matériaux pétrosourcés classiques qui ont évolué et se sont améliorés. « Cela joue en défaveur des

matériaux plus récents, car leur développement va nécessiter plusieurs étapes », souligne-t-elle.

Ces recherches sont alors essentielles pour développer des alternatives durables aux matériaux classiques, et s'inscrivent dans une vision d'ensemble pour répondre aux enjeux de la pollution plastique. « Beaucoup de recherches se focalisent sur le développement de nouveaux matériaux moins impactants au niveau environnemental. Le projet VOICE par exemple, lancé en 2018 en partenariat avec Innovation Plasturgie Composites, Silvadec, IMT Mines Alès et financé par l'ADEME, s'intéresse au recyclage de lames de terrasses en biocomposites. Ou encore le projet Agrobranche regroupant 8 partenaires français<sup>1</sup>, qui s'intéresse, entre autres, à l'étude de renforts biosourcés issus de l'agroforesterie », conclut-elle. Ces deux projets reflètent la floraison de nouveaux matériaux émergents et le développement actuel de la recherche pour dégager des alternatives durables au problème du plastique. ■

Tiphaine CLAVEAU,

1. Scop Agroof (coordinateur), IMT Mines Alès, CIRAD BiowooEB, LERMAB, FRD, CRA Bretagne, CIRAD AMAP, INRA SPO.



↑ Champ de lin.  
Source : Xuechao Zhu, Pixabay

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

Un impact environnemental à évaluer

## Sur la plage abandonnée polymères et crustacés

Suite à un parcours universitaire dans les matériaux plastiques et composites, Lata commence en 2011 sa thèse au C2MA à l'Ecole des Mines d'Alès. Le sujet de la thèse était de comparer différents scénarios de fin de vie de matériaux composites. Dans ces travaux financés par l'ADEME, il s'agissait de matrices thermoplastiques renforcées de fibres ou charges végétales, donc des matériaux partiellement ou totalement biosourcés. Il y est donc question de recyclage, de compostage et d'incinération. Elle a essentiellement travaillé sur le recyclage pour mettre en évidence des phénomènes de dégradation physico-chimique de PP (polypropylène) chargé de farine de bois, formulation souvent utilisée dans les WPC (Wood Plastic Composites) pour les lames de terrasse par exemple. L'objectif était d'étudier l'influence de plusieurs cycles de broyage/injection et d'un vieillissement UV sur la recyclabilité des matériaux. La même démarche a également été entreprise sur un composite PLA (Acide polylactique) renforcé de fibres de lin, ce qui permet de considérer également le compostage, le PLA étant un polymère biodégradable en conditions de compost industriel<sup>®</sup>. Les principaux résultats de ces travaux de thèse sont l'excellent comportement en recyclage des matériaux étudiés dans les conditions étudiées<sup>®</sup>. De plus, la réalisation d'une ACV (Analyse de Cycle de Vie) a bien démontré la pertinence du recyclage par rapport aux autres scénarios, au regard des impacts environnementaux<sup>®</sup>.

S'ensuivent quelques expériences professionnelles dans la recherche académique, en industrie et dans la médiation scientifique qui ne sont pas détaillées ici. Lata est désormais ingénieure de recherche à l'IRD (Institut de Recherche Dupuy de Lôme) à l'Université Bretagne Sud à Lorient depuis 2019. Ses travaux, financés par la société BIC, ont pour objectif de comprendre le devenir des briquets (de marques BIC et concurrentes) dans l'environnement et en particulier dans le milieu marin. En collaboration avec la société Plastic@Sea, dont les compétences se situent dans les disciplines de la biologie marine et de l'écotoxicité, le rôle de l'IRD est d'étudier la dégradation abiotique (liée aux conditions physico-chimiques du milieu) de ces produits (cf. Figure. 1). Ce projet s'inscrit dans une stratégie de développement durable plus large de la société BIC.

Compte tenu des liens étroits entre son financeur, l'IRD, et la Fondation Tara Océan, Lata a eu l'opportunité de participer à la mission Tara Microplastiques 2019. Celle-ci avait pour objectif d'étudier la pollution

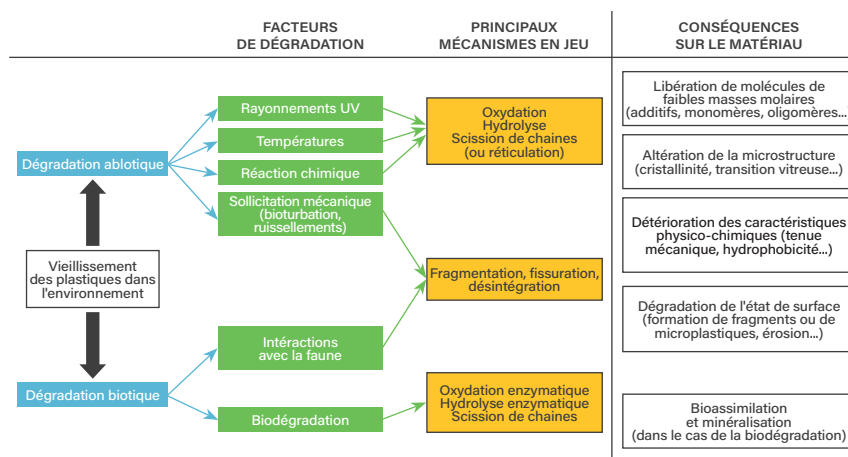


Fig.1 - Principaux mécanismes de dégradation des plastiques dans l'environnement, issu de <sup>®</sup>.

plastique dans neuf fleuves européens à travers différentes disciplines scientifiques : chimie des polymères, océanographie physique et biologie marine. Son travail, bien que toujours focalisé sur la physico-chimie

des polymères, s'est donc orienté vers des problématiques très fortement liées à la pollution plastique, sujet développé ici.



## PARCOURS



**Lata SOCCALINGAME**  
IMT Mines Alès, doctorat 2014

Ingénieure de recherche à l'IRDL,  
Université Bretagne Sud, Lorient

### 1 - La pollution de l'environnement par les plastiques

Le texte qui suit est un résumé synthétique des connaissances globales de l'état de pollution par les plastiques, à la fois dans les milieux terrestre et marin. Un certain nombre de références est listé à la fin de ce texte et offre de nombreuses pistes pour le-a lecteur-riche qui voudra en savoir plus.

L'abondante production industrielle de plastiques, associée à une gestion des déchets insuffisante, induit l'accumulation de déchets plastiques dans l'environnement. Il est estimé que moins de 2% des déchets plastiques produits depuis les années 1950 ont été recyclés et moins de 6 % incinérés. Ainsi, les 92% restants, environ 5 milliards de tonnes, ont été enfouis ou abandonnés dans le milieu naturel. Selon les dernières

estimations, entre 5 et 13 millions de tonnes de plastique finirait chaque année dans les océans.

La plupart des plastiques se dégradent très lentement, ceux-ci persistent et s'accumulent dans le milieu naturel sous forme de débris (appelés aussi microplastiques). Ces derniers sont générés majoritairement par la fragmentation et la dégradation de débris plastiques plus grands, sous l'effet des rayons UV, de l'abrasion, de la fatigue mécanique ou des interactions avec divers organismes vivants. La figure 2 présente un exemple d'un déchet plastique fragmenté retrouvé dans le milieu naturel.

La pollution par les plastiques est présente aussi bien en zones continentales (sols et cours d'eau) que marines (mers, océans et littoraux). Bien que les déchets plastiques s'y comportent différemment, ces différents compartiments de l'environnement sont liés par un continuum terre-mer : la grande majorité des plastiques trouvés en mer vient des terres.

#### 1.1 - D'où viennent les plastiques contaminant l'environnement ?

A ce jour, la majorité des recherches sur les plastiques dans l'environnement s'est concentrée sur le milieu marin, et ce n'est que récemment que les études sur le milieu terrestre ont émergé. Des particules de plastique ont été détectées dès les années 1970 sur différentes plages du monde. Depuis, des plastiques ont été retrouvés de l'Antarctique jusqu'aux îles inhabitées les plus lointaines : leur ubiquité est donc avérée. En outre, les quantités estimées varient significativement en fonction de la densité de population, des activités humaines à proximité et du transport des plastiques par les courants marins.

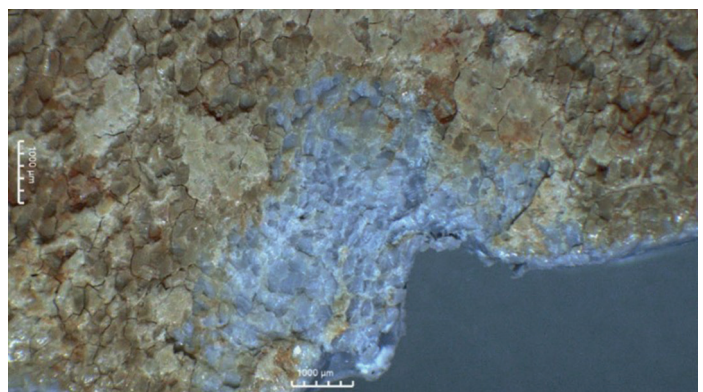
On sait désormais que les zones soumises à une forte activité humaine telles que

les zones agricoles ou urbaines sont particulièrement touchées par cette contamination. Les principales sources identifiées de plastiques dans les sols sont l'épandage de boues d'épuration, composts, digestats et le paillage agricole. D'autres sources présentant des quantités moindres ont également été identifiées : les eaux usées utilisées pour l'irrigation, les décharges illégales ou mal gérées, l'incivilité, les débris provenant des véhicules, de l'usure des pneus ou les fragments de peinture, les dépôts atmosphériques de fibres synthétiques par le vent ou les précipitations.

Enfin, ces plastiques peuvent se disperser par différents mécanismes, les principaux étant la dispersion par le vent et les ruissellements, menant les débris plastiques dans les cours d'eau et les océans. Les quantités retrouvées diffèrent selon les sols et selon les études. Ces différences peuvent s'expliquer notamment par la variabilité des sources de plastiques, les caractéristiques hydro-géographiques (influence des ruissellements et du relief), mais aussi par la méthodologie d'extraction et d'identification utilisées.

Ainsi, la majorité des plastiques retrouvée dans les milieux marins est principalement d'origine continentale. A cela s'ajoutent les apports en mer, liés au trafic maritime (pertes de conteneurs, ballasts, cargaisons, etc.), à l'exploration et à l'exploitation pétrolière et minière, et aux activités de pêche et d'aquaculture (perte de cordages, filets, casiers, etc.).

Les quantités de plastiques flottant à la surface des océans sont estimées entre 7 et 35 kt. Les plastiques moins denses que l'eau sont majoritairement ceux qui sont retrouvés lors d'échantillonnage en surface (essentiellement des polyéthylènes, polypropylènes, polystyrènes expansés, qui sont aussi les plus produits industriellement).



↑ Fig.2 - Exemple d'un fragment de PP retrouvé sur une plage du Morbihan, Bretagne. A gauche : vue globale du débris. A droite : zoom sur la fissuration importante et le changement de couleur en surface indiquant un niveau de vieillissement avancé.

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

Un impact environnemental à évaluer



Fig.3 - Parcelle agricole cultivée et recouverte d'un film de paillage, issu de

Leur durée de vie importante leur permet de voyager très loin de leur point d'origine pendant plusieurs années au gré des courants océaniques. Ils se concentrent principalement dans les gyres océaniques.

En dessous de la surface, les plus petits microplastiques et des fibres synthétiques sont prédominants. Dans les sédiments, les polymères plus denses comme les polyesters ou les polyacryliques sont majoritaires, mais des polymères moins denses sont également recensés. Ceux-ci sédimentent via des phénomènes de colonisation par des micro-organismes ou une intégration à des neiges marines. Sur les fonds marins, des concentrations en microplastiques pouvant atteindre jusqu'à 5 000 particules/m<sup>2</sup> ont été observées. Les macro-déchets sont aussi connus pour s'y accumuler. Reposant à l'abri de la lumière, ils ont donc des cinétiques de dégradation extrêmement lentes. 50 à 290 objets/km<sup>2</sup> sont dénombrés au fond de la Méditerranée, à proximité des côtes françaises, avec une prédominance de plastiques.

## 2 - Quels sont les impacts environnementaux de cette pollution plastique ?

Trois principaux axes de recherche se développent actuellement, en particulier dans le milieu marin :

I - les interactions physiques entre organismes vivants et microplastiques ;

II - l'impact des plastifiants et autres additifs ;

III - la contamination croisée avec d'autres polluants.

Du fait de leur petite taille, de leur très grand nombre et de leur ubiquité dans l'environnement, les microplastiques sont facilement ingérés par des organismes vivants, et sont susceptibles d'affecter un large ensemble de fonctions telles que la reproduction, la croissance ou encore le comportement alimentaire. Cependant, après avoir été ingérés ou respirés, les microplastiques sont le plus souvent excrétés naturellement par l'organisme.

Certains additifs présents dans les plastiques induisent des risques pour l'environnement et la santé. C'est par exemple le cas de la famille des phtalates, plastifiants couramment utilisés dans la plasturgie. La désorption de ces perturbateurs endocriniens a ainsi été mise en évidence lors du vieillissement de plastique. Ainsi, l'ingestion de ces plastiques vieillis par des organismes vivants pourrait constituer une voie d'entrée pour ces additifs.

Les plastiques et les microplastiques sont connus pour adsorber des polluants présents dans l'eau tels que les métaux, les perturbateurs endocriniens ou encore les polluants organiques persistants (POP). Parmi eux, le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT), un des insecticides les plus utilisés dans le monde, a été détecté sur des plastiques prélevés en mer. Cette capacité d'échange avec le milieu naturel peut être modifiée par le vieillissement du plastique ou sa colonisation par des organismes vivants.

En ce qui concerne la santé humaine, la présence de microplastiques (voire de nanoplastiques) est désormais avérée dans plusieurs aliments de consommation courante, et tout particulièrement dans les produits de la mer. L'inhalation de fibres aéroportées est également une source importante d'exposition. Leur impact sur la santé est peu connu et nécessite encore de nombreuses recherches. Néanmoins, de nombreuses questions se posent quant à l'effet de la composition des plastiques (possibilité de perturbateurs endocriniens), de la contamination chimique et biologique apportée à la surface des microplastiques (notamment des pesticides et métaux lourds) et des interactions avec le système digestif.

Par ailleurs, beaucoup d'activités économiques dépendent fortement de la bonne qualité du milieu marin. Ainsi,

la présence de déchets plastiques peut avoir un effet néfaste sur des activités économiques telles que le tourisme, la pêche ou les élevages marins.

Il est à signaler que, depuis janvier 2022, une équipe suédoise a démontré que les limites planétaires avaient été dépassées en ce qui concerne les entités nouvelles (« novel entities »). Le concept de limites planétaires consiste à fixer des seuils, à l'échelle mondiale, que l'humanité ne devrait pas dépasser afin de continuer à vivre dans des conditions favorables et préserver un écosystème sûr et stable. Désormais, certaines limites sont déjà franchies telles que le changement climatique, l'intégrité de la biosphère (biodiversité) et la perturbation des cycles biochimiques de l'azote, par exemple. Les entités nouvelles désignent toute entité émise lors de rejets de produits chimiques d'origine industrielle et/ou domestique. On estime à 350 000 le nombre de ces entités produites sur le marché. Les plastiques en font partie, tout comme les pesticides, les détergents ou les métaux lourds. Ces polluants, en s'accumulant dans l'environnement, et/ou en formant des sous-produits de dégradation, peuvent présenter un risque pour la santé humaine et l'environnement. Comme depuis les années 1950, les prévisions économiques prévoient une croissance de la production et de la consommation des entités nouvelles. La masse de plastique sur Terre est maintenant estimée à près du double de la masse de tous les mammifères vivants, et environ 80% de tous les plastiques jamais produits sont encore dans l'environnement.

## 3 - Quelles solutions envisager ?

La résolution de cette problématique environnementale est complexe. En effet, les plastiques restent indispensables pour certains de nos usages quotidiens, industriels ou de santé publique. Une société humaine sans aucun plastique ou sans aucun déchet est donc impossible. Différentes stratégies complémentaires sont possibles et impliquent l'ensemble des acteurs de notre société (industriels et grands distributeurs, scientifiques, ONG, politiques, citoyen-ne-s, médias, etc.). De plus, les ONG et les médias jouent un rôle essentiel par des actions d'éducation, de médiation scientifique et de sensibilisation. Par ailleurs, l'intervention des instances politiques est capitale pour guider, voire imposer, les choix futurs.

- Les solutions sont multiples et à trouver dans des approches telles que
- I - la réduction de la quantité de plastiques produits et de déchets plastiques générés, en les utilisant de manière plus raisonnée et réfléchie qu'ils ne l'ont été depuis plus de 50 ans,
  - II - la meilleure gestion des déchets plastiques, en favorisant leur collecte, leur valorisation énergétique ou leur recyclage par exemple,
  - III - le développement de bioplastiques pour lesquels la biodégradation ou le compostage seraient justifiés en fonction de leur usage et de leur fin de vie.

En France, la loi AGECE (Anti Gaspillage pour une Economie Circulaire), adoptée en 2020, fixe l'objectif lointain mais néanmoins ambitieux d'atteindre la fin de la mise sur le marché d'emballages en plastique à usage unique d'ici à 2040. La réutilisation ou réemploi est aussi une piste forte promue dans le texte. D'autres objectifs jalonnent la feuille de route imposée par cette loi, dont celui de tendre vers 100% de recyclage des emballages en plastique à usage unique d'ici 2025. Améliorer les traitements en fin de vie des déchets plastiques est donc un axe fort à développer qui nécessite des efforts de collecte importants.

Avec leur développement industriel effréné depuis les années 1950, la quantité cumulée de plastiques produits est estimée à environ 8 milliards de tonnes, dont seulement une très faible proportion a été valorisée. Le reste de ces plastiques a donc été enfoui ou abandonné dans le milieu naturel. Des projets de nettoyage de l'environnement terrestre et marin ont vu le jour mais se heurtent à des freins importants :

- I - des difficultés de collecte et de transport des déchets au large des côtes,
- II - le niveau de valorisation très limité de ces plastiques (ceux-ci étant souillés et dégradés lors de leur séjour dans l'environnement, le recyclage est donc rendu impossible),
- III - les coûts élevés de ces campagnes de collecte et la faible valeur économique de ces déchets. Ces initiatives peuvent être pertinentes localement, mais sont difficiles voire impossibles à appliquer à l'échelle mondiale.



**Fig.4 - Représentation des différents phénomènes que subissent les plastiques dans l'environnement aquatique, issu de**

Néanmoins, le ramassage de macro-déchets plastiques (plus aisés que les microplastiques) constitue autant de microplastiques qui ne se formeront pas au cours du temps avec le vieillissement du matériau. Les actions à mettre en place doivent avant tout endiguer cette pollution dès sa source, c'est-à-dire les lieux où sont produits ces déchets par les activités humaines.

Par ailleurs, l'accent doit être mis sur le recyclage mécanique qui, permet de limiter significativement la consommation de ressources fossiles, en transformant les déchets plastiques en une nouvelle matière première. Non recyclables à l'infini, trop souillés ou détériorés, colorés, combinés à d'autres matériaux, coûts trop importants : ce sont autant de freins au recyclage optimal des plastiques. Actuellement, seules les filières du PET (polyéthylène téréphtalate) sont rentables, celles du PE et du PP devant se développer davantage. Le rapport 2018 de CITEO révèle qu'en France, seulement 27% des plastiques collectés sont effectivement recyclés.

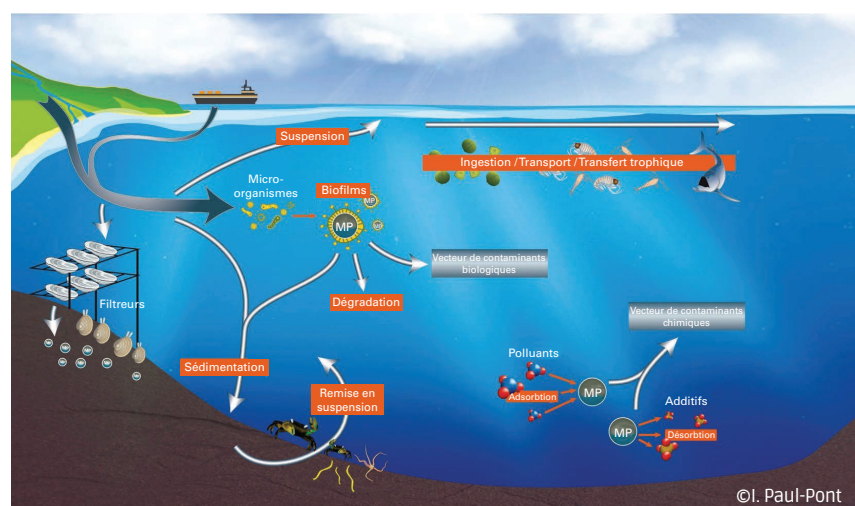
Au-delà des 3R (Réduire, Réutiliser, Recycler), le défi actuel pour toute la filière de la plasturgie est de positionner les plastiques dans une logique d'économie dite circulaire, et non plus linéaire. Ceci impliquerait un véritable effort des industriels à produire des plastiques recyclables, qui ne perturbent pas les chaînes de tri ou de recyclage, et qui ne comportent pas d'éléments susceptibles de limiter l'utilisation du matériau recyclé.

D'autre part, le développement de nouvelles matières plastiques (biosourcées ou non), qui permettrait des traitements de fin de vie par biodégradation, est un axe important de recherche et d'innovation. Le terme de bioplastique dans la langue française désigne un plastique à la fois biosourcé et un plastique biodégradable. Dans le cas des

plastiques biosourcés, substituer le carbone fossile par du carbone renouvelable peut éventuellement réduire la consommation de pétrole et le bilan carbone. Toutefois, cela ne résout pas la persistance des plastiques dans les environnements terrestre et marin s'ils ne sont pas biodégradables.

Le caractère biodégradable est donc la clé ici. En association avec un scénario de fin de vie pertinent, les plastiques biodégradables peuvent être une alternative crédible à condition d'être performants techniquement (tenue mécanique, propriétés barrière, stabilité thermique, adapté aux technologies de plasturgie conventionnelles, etc.). Les conditions de température et d'humidité du milieu sont capitales sur les cinétiques de biodégradation. Par exemple, dans le cas du PLA, la biodégradation n'a pas lieu en dessous de sa température de transition vitreuse (55°C environ), il est donc seulement compostable industriellement. Au contraire, les PHA (polyhydroxyalcanoates) sont biodégradables à des températures plus basses, notamment en milieu marin. Par ailleurs, la détermination du caractère biodégradable est régie par de nombreuses normes.

Ainsi, les polymères biodégradables peuvent apporter des solutions pour des produits à courte durée d'utilisation ou à usage unique et lorsqu'ils sont difficilement triables et recyclables. On peut alors citer les applications suivantes : certains emballages ou objets du quotidien, l'agriculture (films de paillage, pots, etc.), la pêche et la conchyliculture (fils et filets de pêche, poches, casiers, etc.) ou le textile (microfibres évacuées par les eaux usées). La formulation de cosmétiques, d'adhésifs et de colles par exemple est aussi un secteur concerné par leur développement sous forme dispersible ou soluble.



© I. Paul-Pont

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

Un impact environnemental à évaluer

Les bioplastiques représentent actuellement moins de 1% du marché mondial des plastiques, mais font une piste à explorer pour endiguer la pollution plastique. Enfin, il n'existe pas de plastiques parfaitement biodégradables dans tous les milieux, et considérer l'environnement naturel comme un système de traitement des déchets n'est pas acceptable. L'adaptation des filières de collecte et de traitement des déchets à ces nouveaux matériaux est donc essentielle pour leur mise en place, particulièrement pour les plastiques compostables.

## 4 - Enjeux et perspectives de la pollution plastique

La contamination de l'environnement par les plastiques et les microplastiques est encore peu connue. Dans l'environnement, les plastiques subissent des phénomènes de vieillissement sous l'effet de phénomènes abiotiques et biotiques, menant à la formation de microplastiques, à la libération de molécules et à des interactions avec les polluants de l'environnement.

Une société sans plastique est impossible. La priorité actuelle est donc de stopper au plus vite ces flux de plastiques vers l'environnement. Les différentes solutions existantes doivent être déployées de manière complémentaire pour résorber. Ainsi, les données actuelles montrent que la production de plastiques et de déchets continuera d'augmenter. Toutefois, une

récente étude a démontré qu'il est possible de diminuer la pollution plastique de 80% d'ici 2040 en combinant différentes mesures : réduire la consommation de plastique, augmenter les taux de réutilisation, de collecte et de recyclage et

améliorer les systèmes de traitement des déchets.

Pour favoriser la sensibilisation à ces enjeux et la diffusion des connaissances, La Fresque du Plastique a été créée et se développe de plus en plus à travers la France et au-delà. ■

## Références

1. L. Soccalingame, "ETUDE DES SCENARIOS DE FIN DE VIE DES BIOCOSITES - Vieillesse et retransformation de biocomposites PP/farine de bois et PLA/fibres de lin," Université de Montpellier, 2014.
2. J. Beigbeder, L. Soccalingame, D. Perrin, J.-C. Bénédet, and A. Bergeret, "How to manage biocomposites wastes end of life? A life cycle assessment approach (LCA) focused on polypropylene (PP)/wood flour and polylactic acid (PLA)/flax fibres biocomposites," *Waste Manag.*, vol. 83, pp. 184-193, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.wasman.2018.11.012.
3. M. Palazot, L. Soccalingame, M. Yvin, D. Cirederf Boulant, M. Kedzierski, and S. Bruzaud, "Contamination des sols par les plastiques et les microplastiques," *Techniques de l'Ingénieur*, p. 21, Dec. 10, 2022. Accessed: Dec. 28, 2022. [Online]. Available: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/plastiques-et-environnement-42657210/contamination-des-sols-par-les-plastiques-et-les-microplastiques-am9010/>
4. R. Geyer, J. R. Jambeck, and K. L. Law, "Production, use, and fate of all plastics ever made," *Sci. Adv.*, vol. 3, no. 7, p. e1700782, Jul. 2017, doi: 10.1126/sciadv.1700782.
5. P. Agamuthu, S. Mehran, A. Norkhairah, and A. Norkhairiyah, "Marine debris: A review of impacts and global initiatives," *Waste Manag. Res.*, vol. 37, no. 10, pp. 987-1002, Oct. 2019, doi: 10.1177/0734242X19845041.
6. E.-L. Ng et al., "An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems," *Sci. Total Environ.*, vol. 627, pp. 1377-1388, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.341.
7. A. A. Horton, A. Walton, D. J. Spurgeon, E. Lahive, and C. Svendsen, "Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities," *Sci. Total Environ.*, vol. 586, pp. 127-141, May 2017, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.01.190.
8. M. Bläsing and W. Amelung, "Plastics in soil: Analytical methods and possible sources," *Sci. Total Environ.*, vol. 612, pp. 422-435, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.08.086.
9. F. GALGANI et al., "Pollution des océans par les plastiques et les microplastiques," *Techniques de l'Ingénieur*, Editions I.T.I. | Techniques de l'Ingénieur, Jan. 10, 2020. Accessed: Jul. 28, 2020. [Online]. Available: <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/genie-industriel-th6/conception-d-emballage-42133210/pollution-des-océans-par-les-plastiques-et-les-microplastiques-bio9300/>
10. S. BRUZAUD, M. Kedzierski, M. Palazot, and L. Soccalingame, "Pollution des environnements terrestres et marins par les plastiques," *Actualités Chimiques*, no. 456-457-458, pp. 115-120, Jan. 2020.
11. O. Gerigny et al., "Seafloor litter from the continental shelf and canyons in French Mediterranean Water: Distribution, typologies and trends," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 146, pp. 653-666, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.marpolbul.2019.07.030.
12. M. Kedzierski et al., "Threat of plastic ageing in marine environment. Adsorption/desorption of micropollutants," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 127, pp. 684-694, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.12.059.
13. L. Persson et al., "Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 56, no. 3, pp. 1510-1521, Feb. 2022, doi: 10.1021/acs.est.1c04158.
14. M. Mignot, "Deux nouvelles limites planétaires franchies en 2022 : de quoi parle-t-on ?," *The Conversation*, Jun. 26, 2022. Accessed: Dec. 29, 2022. [Online]. Available: <http://theconversation.com/deux-nouvelles-limites-planetaires-franchies-en-2022-de-quoi-parle-t-on-184508>
15. "La loi anti-gaspillage pour une économie circulaire," *Ministères Écologie Énergie Territoires*. <https://www.ecologie.gouv.fr/loi-anti-gaspillage-economie-circulaire> (accessed Jan. 01, 2023).
16. I. Paul-Pont et al., "Discussion about suitable applications for biodegradable plastics regarding their sources, uses and end of life," *Waste Manag.*, vol. 157, pp. 242-248, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.wasman.2022.12.022.
17. W. W. Y. Lau et al., "Evaluating scenarios toward zero plastic pollution," *Science*, Jul. 2020, doi: 10.1126/science.aba9475.

Donnez du sens à vos compétences

## Enovacom recrute

Acteur majeur de la e-santé, Enovacom est éditeur de logiciel 100% santé et filiale du groupe Orange Business.

### Rejoignez-nous !

recrutement.enovacom@enovacom.com  
[www.enovacom.fr/job](http://www.enovacom.fr/job)



Saving time for care

## Solutions de Mesure, Test et Contrôle pour la Décarbonation



### Technologies de Pointe pour l'Industrie et la Recherche

- **R&D des Matériaux, Cellules et Stacks**

Analyses scientifiques sur les matériaux bruts, et sur les composants des piles à combustibles et électrolyseurs

- **Gestion du Procédé de Fabrication**

Contrôle qualité en ligne, supervision de la fabrication et test de fin de chaîne de production

- **Moyens d'Essais**

Bancs de tests pour les performances et la durabilité des moteurs à combustion interne, des piles à combustible, des électrolyseurs et de leurs systèmes

- **Analyse des Gaz et de l'Eau**

Mesures de concentration des gaz (hydrogène, oxygène, azote), détection des polluants et contrôle de conformité

- **Ingénierie et Conseil**

Cycle de développement complet : du design du powertrain jusqu'à l'homologation du véhicule

- **Recyclage**

Spectromètres en ligne pour identifier les composants lors du recyclage des piles à combustibles et des électrolyseurs afin de les séparer

# SIGEDI RECRUTE !

Donnez de l'envergure  
à votre carrière... 

RECRUTEMENT@ALBATROS-GROUPE.COM  
WWW.ALBATROS-GROUPE.COM



**GROUPE ETPO**

**DES SOLUTIONS CONSTRUCTIVES**

**BÂTIMENT** : Gros oeuvre, tout corps d'état, conception construction, travaux neufs et réhabilitation

**IMMOBILIER** : Développement de projets tertiaires et résidentiels

**OUVRAGES D'ART ET GÉNIE CIVIL** : Viaducs, ouvrages d'art, génie civil industriel ...

**TRAVAUX MARITIMES ET FLUVIAUX / TRAVAUX SOUS-MARINS** : Infrastructures portuaires lourdes, barrages, écluses, émissaires ...

**TRAVAUX SPÉCIAUX** : Réparation et renforcement de structures

 **21 implantations** en France et à l'international

 Un Groupe **familial & indépendant**

 **>200 M€** Chiffre d'affaires

La Prévention au  de nos Réussites

Toutes nos offres  
[www.groupe-etpo.com](http://www.groupe-etpo.com)




**JEAN LEFEBVRE**  
TRAVAILLE POUR VOUS  
LILLE - FLANDRES

Pour tous vos travaux publics  
et particuliers

EJL LILLE FLANDRES : 03 20 00 96 40 - [lille@ejl.fr](mailto:lille@ejl.fr)

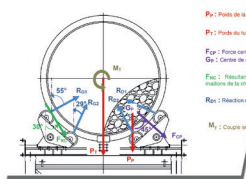


**ALIBERT**

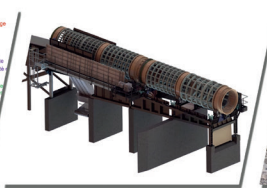
INFORMATIQUE & AUTOMATISME INDUSTRIEL  
ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

SIEGE - Chemin de Lavernose - 31410 LONGAGES - T: 05.61.87.47.16  
AGENCE - ZAC des Landes - Imp. de Rous - 31800 ESTANCARBON - T: 05.81.66.80.20

# Minexi Heavy duty Trommel experts



Calculs



Conception & plans



Fabrication & montage



Réglages à vide



Suivi & assistance maintenance

MINEXI - 21, Rue Berlioz 59000 Lille - Tél. : 06 60 13 33 70 - [selim.guedouar@minexi.eu](mailto:selim.guedouar@minexi.eu)



VOTRE PARTENAIRE LOCAL DANS LA CONSTRUCTION, L'ENTRETIEN  
ET LA MAINTENANCE DES ROUTES POUR LES TRAVAUX PUBLICS  
ET LES PARTICULIERS



**EUROVIA PICARDIE - AGENCE DE COMPIÈGNE**

Boulevard Henri Barbusse - 60 150 Thourotte

T/ 03 44 90 40 40 - email : [thourotte@eurovia.com](mailto:thourotte@eurovia.com)

[www.eurovia.fr](http://www.eurovia.fr)



Rejoignez-nous à  
**La Rochelle**  
pour construire  
l'avenir !



**Huhtamaki**



# E.D.T.I.

Entreprise De Tuyauterie Industrielle

Le spécialiste  
de la tuyauterie  
industrielle en  
milieu chimique,  
pétrochimique  
et alimentaire.

Une équipe structurée  
pour répondre à vos besoins  
dans les plus brefs délais.

Réalisation de tout type de travaux  
de tuyauterie, tout diamètre,  
toute épaisseur, toute nuance.

Du personnel qualifié à  
votre écoute pour :

- vos travaux neufs
- vos travaux de maintenance
- les interventions d'urgence

6 rue Vaucanson  
13500 MARTIGUES  
Tél. : 04.42.77.69.16  
edti13@edti.fr







**Actemium Projets Nucléaires France**  
projets-nucleaires@actemium.com  
**Grands Projets Ensembliers**

**Actemium Maintenance Nucléaire Sud**  
actemium-amns@actemium.com  
**Maintenance et Exploitation**



Courants Forts & Courants faibles  
Contrôle commande,  
Instrumentation, Analyse  
Industrielle, Radioprotection,  
Protection Physique de sites  
sensibles



Retrouvez nos offres sur [www.vinci.net](http://www.vinci.net)



Solutions & Services pour l'Industrie



## Intelligence industrielle.

Fineza s'engage auprès de ses clients, comme partenaire de valeur, par un conseil et une expertise ancrés dans une expérience solide.

Nous mobilisons une équipe issue de l'entreprise et du conseil, alliance robuste qui sécurise la croissance, le développement, et la performance des projets auxquels nous contribuons.



**Transformation  
managériale**



**Excellence  
opérationnelle**



**Advanced  
digital analytics**

Fineza Consulting - 94 RUE LEGENDRE 75017 PARIS  
[mohamed.feguir@fineza.fr](mailto:mohamed.feguir@fineza.fr)



Montagnards et constructeurs dans l'âme, l'entreprise **MARJOLLET TP & BÉTON** vous propose son savoir-faire pour tous vos chantiers. Fortes de nos 40 années d'expérience, nos équipes et nos moyens en travaux publics nous permettent d'intervenir sur des aménagements spécifiques en ville, en montagne ou en campagne (espaces agricoles) dans le département de la Haute-Savoie.

### TRAVAUX PUBLICS



### TRAVAUX EN MONTAGNE



### TRAVAUX AGRICLES



### PLATEFORME DE RECYCLAGE



### CENTRALE À BÉTON



Quelle que soit l'importance du chantier, le niveau d'exigence ou les spécificités du travail à réaliser, nous saurons mettre en place les moyens adéquats pour satisfaire votre demande, grâce à notre savoir-faire et à la puissance de nos moyens, même dans les conditions extrêmes !

### CONTACTEZ-NOUS

129 Allée de la Géode 74490 SAINT-JEOIRE EN FAUCIGNY  
Tel : 04 50 43 14 30 - Fax : 04 50 43 07 67

[www.marjollet-tp.fr](http://www.marjollet-tp.fr)



ARTICLE ORIGINAL

L'article suivant a été publié le 19 janvier 2022 sur IMTech, le blog de l'actualité scientifique et technologique de l'IMT ([www.imtech.wp.imt.fr](http://www.imtech.wp.imt.fr)).

Nous reproduisons ci-dessous cet article, avec l'aimable autorisation de Benjamin VIGNARD, Responsable du pôle Information et communication scientifiques.

# Déchets plastiques

## Transformer le problème en énergétique

Le cycle de vie linéaire des plastiques, trop peu recyclés, exerce une pression accrue sur l'environnement. Le procédé de gazéification permettrait de réduire cet impact en transformant davantage de déchets – actuellement incinérés ou mis en décharge – en ressources d'intérêt comme l'hydrogène ou le biométhane. Javier ESCUDERO, chercheur en génie des procédés à IMT Mines Albi, vise à perfectionner cette approche pour favoriser son implémentation locale.

**D**es déchets plastiques comme s'il en pleuvait. S'il est bien connu qu'ils s'accumulent dans les décharges et les océans, une étude américaine parue dans le journal Science a également montré que des fragments virevoltent dans l'air que nous respirons. Malgré cette pollution accrue, la production mondiale continue sa croissance fulgurante. Cependant, en bout de chaîne, le recyclage n'a jamais réussi à suivre la tendance. En France, le taux de recyclage moyen de l'ensemble des plastiques serait de 28 %, un quota majoritairement obtenu grâce au recyclage des bouteilles (54,5 % du total). Une grande majorité de ces matériaux est donc incinérée ou mise en décharge.

Afin de répondre efficacement à la crise du plastique, d'autres formes de valorisation doivent être développées. « *La gazéification permet de transformer ces déchets en vecteurs énergétiques utiles tout en perdant le moins de matière possible* », expose Javier ESCUDERO, chercheur en génie des procédés à IMT Mines Albi. Une alternative qui s'inscrit dans un contexte d'économie circulaire.

### Des emballages *made in plastic* pas fantastiques

Les plastiques rigides utilisés dans les bouteilles sont généralement constitués d'un seul matériau, ce qui facilite leur recyclage. Les films d'emballage, représentant 40 % des gisements de déchets, n'ont pas cette chance. Ils consistent en une combinaison multicouche de différents plastiques : polyéthylène, polyuréthane, etc. parfois mêlée à d'autres matériaux comme les cartons. Cette composition chimique complexe rend leur recyclage trop coûteux. Dans les centres de tri, ils se retrouvent donc en masse au sein des combustibles solides de récupération (CSR) – des déchets non dangereux utilisés pour la valorisation énergétique. Ils sont donc incinérés pour alimenter des turbines et générer de l'électricité.

Autres rebuts inéligibles au recyclage : les emballages de produits chimiques (industriels et grande consommation),

considérés comme dangereux. Un pré-lavage de ces gisements retire une partie des composés toxiques (chlore, soufre, métaux, etc.) en surface. Toutefois, certains atomes migrent à l'intérieur de la matière que le pré-lavage ne permet pas de retirer. C'est là qu'entrent en jeu les avantages de la gazéification. « *Elle permet de traiter tous les plastiques - les CSR et les pollués - et ce, avec un pré-traitement moindre en amont du procédé* », souligne Javier ESCUDERO.

De plus, ce procédé a une plus grande capacité de valorisation des déchets plastiques que l'incinération, car elle produit des composés chimiques réutilisables par l'industrie. Ces gaz de synthèse peuvent être brûlés pour générer de l'énergie (chaleur, électricité) avec un meilleur rendement que la combustion. Ils peuvent aussi être retraités et stockés sous forme de gaz d'intérêt énergétique (biométhane, hydrogène). Pour y parvenir, l'un des enjeux de recherche est d'observer l'influence des polluants, et donc de la composition des plastiques, sur les produits obtenus après gazéification.

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

La valorisation des plastiques



© MTECH

## Transformer la matière jusqu'à la dernière miette

Les déchets broyés sont compactés sous forme de pastilles de taille homogène facilitant leur transformation en gaz au sein d'un gazéifieur. Mais valoriser au maximum les déchets demande d'adapter les paramètres de fonctionnement de la gazéification selon une classification des plastiques contenus dans ces pastilles. Par exemple, un traitement à basse température casse les longues chaînes de polymères constituant les films plastiques. Les molécules sont ensuite recoupées lors d'une nouvelle étape comme cela se fait en pétrochimie. En résulte une grande diversité de produits : hydrogène, méthane, acétylène, ainsi que des molécules plus lourdes.

Une transformation à plus haute température produit davantage de gaz de synthèse. Toutefois, elle favorise aussi la production de molécules aromatiques comme le benzène et le naphthalène. Ces

composés, à la structure très stable, sont très difficiles à casser pour obtenir des molécules d'intérêt et peuvent se convertir en suies – des solides qui se déposent dans les conduits – synonymes d'une importante perte de matière. L'objectif des travaux de Javier Escudero sur la gazéification est donc de combiner les avantages de ces deux traitements afin d'éviter la formation de résidus solides, tout en produisant un maximum de gaz.

Pour cela, le chercheur et son équipe jouent notamment sur l'injection de gaz qui vont briser les liaisons moléculaires des matières à transformer. Où et quand les injecter dans le procédé ? Avec quel rapport ?

Comment réagit la matière ? Autant de questions nécessaires à l'amélioration du procédé. Pour les tests, le gazéifieur de la plateforme technologique Valthera située à IMT Mines Albi permet de traiter une vingtaine de kilogrammes de matière par heure. En plus de la matière, le procédé valorise l'énergie des matériaux. « Les réactions de gazéification ont besoin d'énergie pour se produire. Cela signifie que nous utilisons l'énergie stockée dans la matière pour alimenter sa transformation », explique le chercheur.

## Dépenser moins, transformer plus

L'hydrogène et le biométhane obtenus par gazéification alimentent directement les ambitions de la transition énergétique française. La gazéification transforme donc un matériau d'origine fossile, en énergie renouvelable. Cependant, ce procédé reste cantonné au cadre de la recherche. « Il y a encore de nombreux petits aspects à étudier dans la conception des gazéifieurs pour les rendre plus performants et matures selon une quantité donnée de matière. Nous allons également nous concentrer sur l'épuration des gaz de synthèse dans le but d'identifier des solutions encore moins onéreuses », rapporte Javier ESCUDERO. La gazéification pourrait compléter les modes de gestion des déchets à l'échelle locale. Son coût demeure néanmoins le plus grand frein à son adoption par de petits acteurs industriels. ■

Anais CULOT

# Valorisation de matières plastiques bromées issues de déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E)

Polyvia Formation et l'IMT Nord Europe se sont alliés, dans la cadre de la Chaire ECOCIRNOV (ECONomie CIRculaire et inNOVation), afin de relever un défi majeur de valorisation de matières plastiques contenant des retardateurs de flamme bromés, tout en respectant les réglementations.

## PARCOURS



**Layla GRIPON**

IMT Nord Europe,  
promo 2021 (PhD)

Elle est Ingénieure de Recherche  
en Compoundage chez Arkema.

## De nouveaux objectifs de valorisation des D3E

Les innovations technologiques et industrielles dans le domaine des équipements électriques et électroniques (EEE) engendrent une consommation croissante de produits et un

renouvellement plus rapide du matériel au profit d'appareils plus modernes. Ainsi, en 2019, près de 2,1 millions de tonnes d'EEE ont été mises sur le marché<sup>1</sup>. Pour limiter la pollution générée par ces EEE ainsi que la consommation de ressources non renouvelables, de nouveaux objectifs en termes de recyclage et de valorisation des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E) ont été mis en place par la Commission Européenne. Ils sont définis dans la directive 2012/19/UE et correspondent, par exemple, à 75 % de valorisation et 55 % de recyclage et réemploi pour les petits appareils, tels que les équipements ménagers et les équipements informatiques.

Les matières plastiques représentent environ 18 % de la masse totale des D3E<sup>1</sup> et, en raison des objectifs ambitieux précédemment cités, il est important de s'intéresser aux possibilités de recyclage et de valorisation de ces matériaux. Ceux-ci peuvent contenir des retardateurs de flamme bromés utilisés pour améliorer leur résistance au feu. Ces composés à base de brome sont de plus en plus décriés, car certains sont considérés comme polluants organiques persistants (POP), c'est-à-dire comme substances organiques connues pour être toxiques, persistantes dans l'environnement, bioaccumulables et capables de se déplacer sur de longues distances<sup>2</sup>. La convention de Stockholm<sup>3</sup> ainsi que la Commission Européenne ont donc interdit ou restreint l'utilisation des

retardateurs de flamme reconnus POP dans les nouveaux produits, et limité le recyclage des déchets contenant ces substances. Actuellement, les D3E sont donc majoritairement incinérés avec les déchets dangereux engendrant des dépenses énergétiques et financières importantes.

## Un nouveau défi pour Polyvia Formation, Armines et l'IMT Nord Europe

Dans ce contexte, un projet de recherche visant à contribuer au recyclage et à la valorisation des matières plastiques bromées issues des D3E, tout en respectant la législation, a été engagé sur une durée de trois ans (2018 - 2020). Il s'est inscrit dans le cadre de la Chaire

1. Rapport annuel du registre des déchets d'équipements électriques et électroniques - données 2019.
2. Les polluants organiques persistants (POP), <https://www.ademe.fr/entreprises-monde-agricole/reduire-impacts/reduire-emissions-polluants/dossier/polluants-organiques-persistants-pop/definition-sources-emission-impacts>, consulté le 1er avril 2019.
3. UNEP, Report of the Conference of the Parties to the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on the work of its 8th meeting, 2017.

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

La valorisation des plastiques

## PARCOURS



**Laurent CAURET**

Il est Responsable Recherche et Développement chez Polyvia Formation.

Chaire **ECONomie**  
**CIRculaire**  
et **inNOVation**

**PARTENAIRES**

industrielle **ECOCIRNOV** associant entre autres **IMT Nord Europe**, **Polyvia Formation** et **Armines**. L'objectif a été, dans un premier temps, d'étudier et de caractériser un lot de matières plastiques issu d'un gisement réel de D3E, en évaluant différentes méthodes de traitements physico-chimiques, afin de mesurer leur efficacité et leur impact sur les propriétés du matériau après décontamination. Dans un second temps, l'objectif a été de démontrer l'intérêt technico-économique du recyclage de ces matières plastiques bromées après dépollution.

## Les retardateurs de flamme bromés

Les polymères sont utilisés dans de nombreuses applications car ils disposent de propriétés mécaniques et physiques intéressantes, et sont faciles à mettre

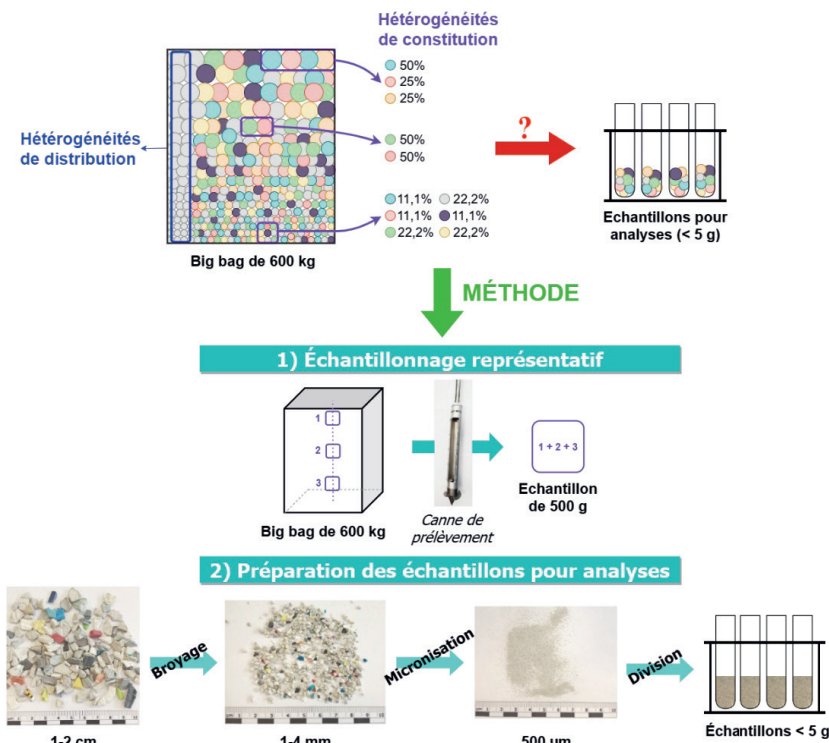


Fig. 1 - Méthode d'échantillonnage développée chez Polyvia Formation et inspirée de la norme d'Aliapur.

en œuvre par les procédés de plasturgie (injection, extrusion, thermoformage, etc.). Cependant, ils présentent une faible résistance thermique comparativement aux métaux par exemple. Afin de retarder la combustion des matières plastiques et de satisfaire les normes de résistance au feu, des ignifugeants ou retardateurs de flammes (RF) sont ajoutés dans leur formulation. Plus particulièrement, les retardateurs de flammes bromés (RFB) se positionnent au rang des RF les plus utilisés. Ils sont répartis en plusieurs catégories : les bisphénols, les diphenyléthers, les cyclododécanes, les biphenyles, les phénols et les dérivés d'acide phtalique. Les trois premières catégories (bisphénols, diphenyléthers et cyclododécanes) représentent la majorité du marché des RFB. Les matières plastiques peuvent contenir entre 3 et 25 % en masse de ces RFB.

## Contexte réglementaire

Les centres de démantèlement et de tri des déchets séparent les matières plastiques contenant du brome de celles qui n'en contiennent pas, afin de permettre le recyclage des matières plastiques exemptes de composés bromés et de limiter au maximum la propagation de ces substances à d'autres déchets. Les déchets de matières plastiques bromées sont considérés comme des déchets dangereux et doivent être éliminés ou traités de manière à ce que les POP soient détruits ou irréversiblement transformés en substances ne présentant plus le caractère POP. Pour cela, les opérations d'élimination ou de valorisation autorisées

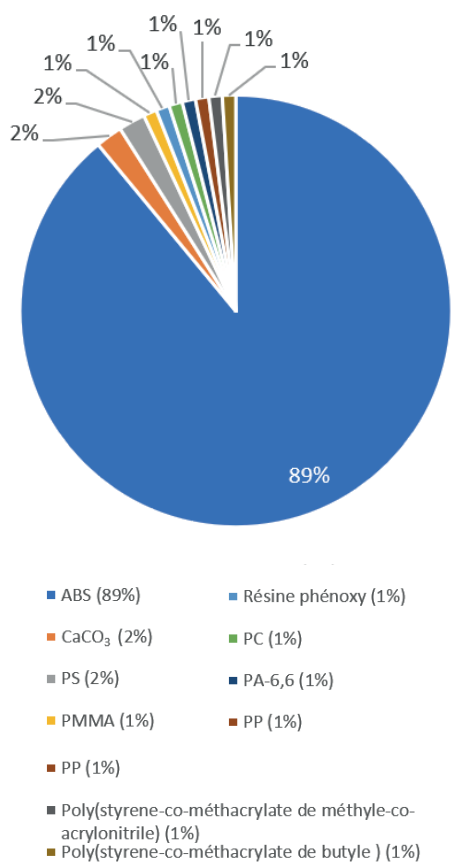
Substance	Limite de concentration
Hexabromobiphényle	50 mg/kg
Somme des concentrations de tétrabromodiphényléther, pentabromodiphényléther, hexabromodiphényléther, heptabromodiphényléther et décabromodiphényléther	1 000 mg/kg
Hexabromocyclododécane	1 000 mg/kg

Tableau 1 - Retardateurs de flamme bromés figurant sur l'Annexe IV du règlement 2019/1021/UE et leur limite de concentration en vigueur pour le traitement des déchets

4. K. Pivnenko et al., Waste Management 2017, 69, 101.
5. J. N. Hahladakis, et al., Journal of Hazardous Materials 2018, 344, 179.
6. Règlement (UE) 2019/1021 du Parlement européen et du Conseil du 20 juin 2019 concernant les polluants organiques persistants, 2019.
7. Prélèvement et échantillonnage de granulats, Aliapur, 2010.

dans le règlement 2019/1021/UE sont le traitement physico-chimique, l'incinération à terre, l'utilisation principale comme combustible ou la récupération et le recyclage des fractions métalliques. Les déchets plastiques contenant ces substances peuvent néanmoins être éliminés ou valorisés autrement, à condition que la concentration de ces substances soit inférieure à des seuils fixés dans le règlement 2019/1021/UE (Tableau 1).

La directive 2008/98/UE stipule que les déchets dangereux ne doivent pas être dilués ou mélangés dans le but de diminuer les concentrations initiales en substances dangereuses et de les faire passer sous les seuils définissant leur caractère dangereux. Enfin, la directive européenne RoHS (2011/65/UE) impose que les EEE mis sur le marché possèdent des concentrations massiques maximales, dans les matériaux homogènes, inférieures à 0,1 % en plomb, mercure, chrome hexavalent, polybromobiphényles (PBB) et polybromodiphényléthers (PBDE), et inférieures à 0,01 % en cadmium.



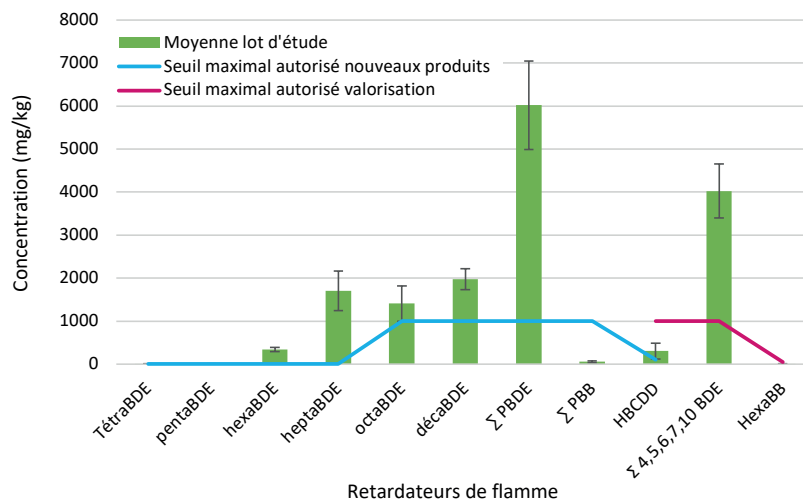
↑ Fig. 2 - Analyse de 100 broyats par infrarouge (en % unitaires).

## Caractérisation d'un lot de matières plastiques bromées issues de D3E

Après avoir mis au point une méthode d'échantillonnage (Fig. 1), le lot de matières plastiques bromées étudié a été caractérisé afin de déterminer ses propriétés physico-chimiques, thermiques, rhéologiques et mécaniques. L'objectif de ces analyses est de déterminer la composition du lot d'étude et de mettre en évidence les impuretés qu'il contient afin de mieux appréhender son recyclage, sa processabilité et ses champs d'applications futures, mais également de se positionner par rapport à la législation.

Les différentes analyses physico-chimiques ont confirmé la composition majoritaire en Acrylonitrile-Butadiène-Styrène (ABS) du lot étudié et ont mis en évidence la présence d'une faible proportion d'autres polymères ou d'indésirables (Fig. 2).

Par la suite, l'extraction des RFB suivie d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC-MS) ont permis d'identifier et de quantifier les RFB concernés par la réglementation sur les POP. Les résultats obtenus sont environ 4 fois supérieurs aux seuils fixés pour la somme des dérivés tétra-, penta-, hexa- et déca- bromodiphényléthers (Fig. 3). Ces résultats confirment que ce lot d'étude ne peut donc pas être valorisé directement et un traitement préliminaire doit être mis en place dans le but de pouvoir le recycler.



↑ Fig. 3 - Comparaison de la composition en RFB dans le lot étudié avec les seuils réglementaires.

### PARCOURS



**Imane BELYAMANI**

Elle est Responsable  
Recherchist Assistant Professor  
à Zayed University (ABU DHABI).

### PARCOURS



**Eric LAFRANCHE**

Il est Professeur associé  
à IMT Nord Europe.

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

La valorisation des plastiques

## Vers une valorisation des matières plastiques bromées ?

D'après l'ADEME, un peu plus de 846 000 tonnes de D3E ont été traitées en France en 2019. Parmi ceux-ci, près de 14 % ne sont pas valorisés et font l'objet d'un traitement spécifique à cause de la présence de polluants comme les RFB. Si une décontamination est possible, cela signifierait qu'environ 118 500 tonnes de D3E supplémentaires pourraient être valorisées par an.1

Dans le cadre de la présente étude, la caractérisation d'un lot d'ABS bromé a permis d'identifier et de quantifier les RFB POP qu'il contient et de mettre en évidence sa complexité liée à la présence d'impuretés. Différentes méthodes d'extraction des RFB ont ensuite été étudiées afin de réduire la concentration en RFB POP présents dans ces matières plastiques et permettre leur recyclage mécanique. En particulier, l'extraction par CO<sub>2</sub> supercritique (sc-CO<sub>2</sub>), déjà industrialisée pour des applications dans l'agroalimentaire, a été étudiée et est considérée comme plus respectueuse de l'environnement que les méthodes

utilisant des solvants organiques. De plus, les fluides supercritiques ont pour avantage de posséder des propriétés de solubilisation similaires aux solvants organiques et des propriétés de diffusion similaires aux gaz. Le sc-CO<sub>2</sub> est également un plastifiant des polymères, il est donc capable de gonfler certains matériaux, permettant de faciliter la diffusion des molécules à extraire à travers la matrice polymère. Dans le cadre d'une collaboration avec Innovation Fluides Supercritiques, des essais d'extraction sc-CO<sub>2</sub> ont été effectués en faisant varier les conditions expérimentales (pression, température, granulométrie de l'échantillon, ajout d'un co-solvant) et ont permis d'extraire jusqu'à 44 % de brome issu principalement du TBBPA, l'un des RFB les plus utilisés aujourd'hui.

Un autre procédé de décontamination, l'extraction solide-liquide avec un solvant organique tel que l'éther diéthylique, a également été étudié et se présente comme étant la méthode la plus efficace permettant de satisfaire la réglementation. En effet, ce procédé a permis d'extraire jusqu'à 80 % de brome et jusqu'à 99 % des RFB POP. De plus, ce traitement préserve la matrice polymère ce qui rend le procédé compatible avec un recyclage mécanique de la matière plastique. En considérant à la fois

l'efficacité et l'impact environnemental des procédés de décontamination étudiés, l'extraction solide-liquide en présence d'éther diéthylique se positionne donc comme le meilleur compromis.

## Perspectives

Les propriétés de l'ABS traité, issu des D3E, ont été comparées à celles de différents ABS commerciaux de référence. Aucun signe de dégradation n'a été observé et les propriétés résultantes obtenues sont similaires à celles des ABS de référence. Cependant, la résistance au choc est tout de même amoindrie et pourrait être optimisée à l'aide d'une étape de formulation en fonction de l'application future envisagée. Les résultats de cette collaboration, dans le cadre de la Chaire industrielle ECOCIRNOV, engendrent ainsi de nouvelles possibilités en termes de valorisation des matières plastiques issues des D3E. C'est pourquoi un nouveau projet est actuellement en cours de montage et d'examen par l'ADEME, dans le but de répondre à différents enjeux environnementaux et économiques. ■



**INATIS RECRUTE**

- Oil & Gas
- Industries
- Transports
- Autres energies

ENVOYER VOTRE CV À : [recrutement@inatis.fr](mailto:recrutement@inatis.fr)

 Groupe INATIS  
[inatis.fr](http://inatis.fr)

**POSTES RÉCURRENTS À POURVOIR**

**"SI VOUS POUVEZ LE RÊVER, NOUS POUVONS LE CONSTRUIRE"**



# Développement de films multicouches recyclables et/ou compostables pour le secteur de l'emballage alimentaire

Dans le but de répondre au concept de l'économie circulaire et afin de substituer les emballages plastiques actuellement incinérés ou enfouis, le projet REACT (REcyclABLE et ComposTable), financé par la région Normandie et l'Union Européenne, a permis de développer de nouveaux matériaux polymères recyclables et/ou compostables, conduisant à l'élaboration d'emballages multicouches à hautes propriétés barrières.

## Matières plastiques et emballages alimentaires

L'industrie de l'emballage consomme 44 % des matières plastiques dans le monde<sup>1</sup>, dont la plus grande partie est utilisée pour les emballages alimentaires<sup>2</sup>. Ceux-ci sont généralement constitués de films multicouches permettant de combiner les propriétés de différents polymères dans un seul et même matériau. Les couches externes sont composées de polymères pétro-sourcés tels que le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP) ou encore le poly(éthylène téréphtalate) (PET), apportant les propriétés mécaniques au film et assurant leur flexibilité. La couche centrale est généralement constituée de poly(éthylène-co-alcool vinylique) (EVOH), en raison de ses hautes propriétés barrières et sa grande transparence<sup>3</sup>. Ainsi, la couche centrale assure la protection des aliments contre l'oxygène et l'humidité qui peuvent rapidement altérer leur qualité et les rendre dangereux pour la consommation. Cette couche centrale doit être entourée de deux couches additives, contenant des adhésifs ou encore de l'aluminium, afin de permettre une bonne adhésion entre elle et chacune des couches externes. Les films multicouches utilisés en tant qu'emballages

alimentaires sont donc constitués d'une grande variété de matériaux polymères, ainsi que de traces de couches additives, et offrent un réel intérêt en termes de propriétés.

## Les emballages plastiques victimes de leur succès

L'emballage alimentaire plastique a largement contribué à réduire le gaspillage alimentaire, à endiguer les problèmes sanitaires relatifs au commerce de nourriture, et à lutter contre la famine et la malnutrition, en raison de ses propriétés inégalables. Cependant, les emballages plastiques sont, aujourd'hui, victimes de leur succès. Malheureusement, une grande partie des matières plastiques n'est employée que pour sa fonction initiale et n'est ni réutilisée, ni recyclée. En effet, les emballages alimentaires étant constitués d'une large variété de matériaux incompatibles, ils ne permettent pas d'accéder à des procédés de recyclage traditionnels<sup>4</sup>. Par ailleurs, les emballages alimentaires post-consommation, généralement non biodégradables, ne sont pas collectés en totalité pour être recyclés et sont donc abandonnés en partie dans l'environnement, conduisant à

une détérioration de l'écosystème<sup>5</sup>. Ainsi, 44 % des déchets plastiques d'emballages post-consommation français sont incinérés, et 29 % sont enfouis en décharge. Seuls 27 % sont recyclés, dont principalement les bouteilles en PET<sup>6</sup>.

Parallèlement au recyclage, une seconde alternative au traitement des déchets plastiques est l'utilisation d'emballages biodégradables, voire compostables. Industriel ou domestique, le compostage permet la transformation des emballages en substances naturelles et réutilisables. Les matières plastiques biodégradables les plus prometteuses sont des matériaux biosourcés, obtenus à partir de substances naturelles. Cette approche est parfaitement en lien avec le concept de l'économie circulaire<sup>7</sup> et permet de s'affranchir de la difficulté relative à la nature multi-

1. [https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/12/PE-PLASTICS-THE-FACTS\\_FINAL\\_DIGITAL.pdf](https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/12/PE-PLASTICS-THE-FACTS_FINAL_DIGITAL.pdf)
2. J. W. Rhin, H. M. Park, V. S. Ha, Prog. Polym. Sci., 38(10-11), 1629 (2013).
3. (a) A. López-Rubio, Multifunctional Nanoreinforced Polymer Food Packaging, 2011, 261. (b) J. M. Lagarón et al., Polymer (Guildford), 2001, 42, 9531.
4. (a) K. Kaiser et al., Recycling, 2018, 3, 1. (b) Z. O. G. Schyns, Macromol. Rapid Commun., 2021, 42, 2000415. (c) Synthèse projet RECYCTUB, ALBEA / Eco-Emballages, Mai 2014. (d) G. Cabrera et al., Polymers, 2022, 14, 2319. (e) J. Schmidt et al., Polymers, 2022, 14, 1825.
5. O. A. Alabi et al., Toxicol. Risk Assess., 2019, 5, 021.
6. [https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/12/PE-PLASTICS-THE-FACTS\\_FINAL\\_DIGITAL.pdf](https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2022/12/PE-PLASTICS-THE-FACTS_FINAL_DIGITAL.pdf)
7. ADEME, Economie circulaire, Stratégie et études n°33, 10 octobre 2012, p.1.

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

La valorisation des plastiques

## PARCOURS



**Maud PLOUZEAU**

Elle est Enseignant-Chercheur chez Polyvia Formation.

couvrant l'ensemble de la chaîne de valeur concernée (formulation et compoundage de nouveaux matériaux, mise en œuvre de produits manufacturés, recyclage et/ou compostage), est apparue idéalement placée pour développer cette nouvelle filière créatrice d'emplois, tout en améliorant l'éco-conception des produits et la gestion durable des matières premières. Les défis sociétaux actuels que sont la raréfaction des ressources et la gestion de fin de vie des matériaux, doivent en effet faire du développement de matériaux issus de ressources renouvelables un axe de recherche prioritaire au cœur des enjeux territoriaux pour les transitions et le développement durable.

Le projet REACT a été coordonné par le Centre Technique de la Plasturgie et des Composites (IPC) et a réuni deux industriels, un fabricant d'emballages (Bischof et Klein), un fournisseur de technologies (Polytechs), trois laboratoires de recherche (PBS Université de Rouen, UniLaSalle et Polyvia Formation), IPC, et un Centre de Ressources Technologiques (Praxens).

## PARCOURS



**Laurent CAURET**

Il est Responsable Recherche et Développement chez Polyvia Formation.

## Les objectifs du projet REACT

Les films multicouches à base de matériaux pétro-sourcés répondent aux exigences imposées par les applications d'emballage, tandis que les matériaux biosourcés à base de polymères tels que le poly(acide lactique) (PLA), les poly(hydroxyalcanoates) (PHA), le poly(succinate de butyle) (PBS) ou encore l'amidon thermoplastique (TPS) ne permettent pas d'obtenir des propriétés telles que les propriétés mécaniques, les propriétés barrières, la transparence, l'innocuité bactérienne et la scellabilité.

L'objectif principal du projet REACT a été de lever ces verrous tout en maintenant l'aspect de recyclabilité et de compostabilité dans un esprit d'économie circulaire. C'est pourquoi cinq axes complémentaires et innovants ont été menées :

1. l'atteinte de hautes propriétés barrières à l'oxygène et à l'humidité,
2. la conception de nouveaux matériaux afin d'optimiser les coûts de production et de diminuer de 50 % l'épaisseur de la couche barrière centrale,
3. l'apport de fonctions actives antimicrobiennes,
4. l'élaboration de trois démonstrateurs en lien avec des applications industrielles,

5. la validation du cycle de l'économie circulaire de cette nouvelle génération d'emballages barrières par la recyclabilité (si possible dans le même domaine d'application), la compostabilité et l'analyse du cycle de vie (ACV).

Deux types de matériaux ont été envisagés afin de répondre à ces objectifs, en ajustant la composition et la morphologie des structures en fonction des propriétés barrières visées. Dans un premier temps, des matériaux multicouches à l'échelle submicronique à base de PE et d'EVOH, avec de faibles taux d'EVOH et de compatibilisant ont été étudiés pour des applications nécessitant de très hautes propriétés barrières à l'oxygène (<10<sup>-4</sup> barrer) et à l'humidité (<1 barrer). Dans un second temps, des matériaux multicouches biosourcés et compostables ont été investigués, pour des applications nécessitant des propriétés barrières moins importantes à l'oxygène (<10<sup>-3</sup> barrer) et à l'humidité (<10 barrer).

Par ailleurs, la recyclabilité de nouveaux polymères biosourcés, tels que les PHA, a été étudiée dans le but de les intégrer aux matériaux multicouches mentionnés ci-dessus, si celle-ci s'avérait pertinente.

## Les PHA, biosourcés, biodégradables et recyclables : des matériaux polymères prometteurs !

Dans le cadre de ce projet collaboratif, Polyvia Formation s'est intéressé plus particulièrement à la recyclabilité des PHA, matériaux polymères biosourcés présentant des avantages significatifs<sup>8</sup>. En effet, ils possèdent des propriétés mécaniques similaires à celle d'un PP, couramment utilisé dans l'élaboration d'emballages multicouches, et des propriétés barrières aux gaz adaptées aux applications visées<sup>9</sup>. Par ailleurs, les PHA sont connus comme étant des matériaux biodégradables, avec une cinétique de biodégradation plus intéressante que celle d'un PLA, par exemple<sup>10</sup>.

matériaux des emballages multicouches, si l'ensemble des composants est compostable.

C'est dans ce contexte que le projet REACT a été lancé afin de développer des emballages barrières recyclables et/ou compostables en substitution des films multicouches actuellement incinérés ou enfouis.

## Un projet collaboratif en région Normandie

Le projet REACT a été financé par la région Normandie et l'Union Européenne pour une durée de trois ans (2019 - 2022). La région Normandie, forte de la présence d'acteurs académiques et industriels

8. (a) S. Saurabh et al., Trends Food Sci. Technol., 2021, 115, 87. (b) V. Sharma et al., Polymer, 2021, 212, 123161. (c) A. H. Westlie et al., Prog. Polym. Sci., 2022, 134, 101608.

9. (a) N. Jabeen et al., Cogent Food Agriculture, 2015, 1. (b) V. Siracusa et al., Trends Food Sci. Technol., 2008, 19, 634.

10. (a) N. Jabeen et al., Cogent Food Agriculture, 2015, 1. (b) V. Siracusa et al., Trends Food Sci. Technol., 2008, 19, 634.

Une des études menées au cours du projet REACT a permis d'investiguer la recyclabilité du poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalérate) (PHBH), polymère faisant partie de la famille des PHA, dans le but d'envisager son intégration dans les emballages multicouches recyclables et compostables en tant que couches externes. Pour ce faire, plusieurs cycles successifs d'extrusion/injection ont été réalisés à l'aide d'un PHBH vierge sous forme de granulés. Ces cycles successifs ont permis de faire subir au PHBH des sollicitations thermiques et mécaniques et de simuler son recyclage. Chacun des matériaux PHBH recyclés, obtenu après chaque cycle, a été analysé finement à l'aide de diverses caractérisations chimique, thermique, rhéologique et mécanique, et les propriétés obtenues ont été comparées à celle du PHBH vierge afin d'observer l'impact du recyclage.

Dans un premier temps, une diminution de la masse molaire des chaînes polymères de PHBH a été observée par chromatographie d'exclusion stérique (SEC) avec l'augmentation du nombre de cycles de recyclage. Cette diminution de la masse molaire implique la présence de chaînes polymères plus courtes dans les matériaux PHBH recyclés. Par ailleurs, une augmentation de l'indice de fluidité à chaud (MFI) a été observée après recyclage. Cette augmentation du MFI induit une augmentation de la fluidité des matériaux PHBH recyclés et la présence de chaînes polymères plus courtes. Ces résultats de MFI sont donc cohérents avec les masses molaires obtenues par SEC et confirment la présence de phénomènes de scission de chaînes polymères lors du recyclage du PHBH. Celui-ci subit donc une dégradation en raison des sollicitations thermiques et mécaniques qui lui ont été appliquées.

Ensuite, les propriétés mécaniques des matériaux PHBH recyclés ont été analysées. Les tests de traction ont permis de montrer une légère diminution de la rigidité des matériaux après recyclage par la diminution du module élastique. De façon cohérente, une augmentation de l'élongation à la rupture a été observée. Cette augmentation de l'élasticité peut s'expliquer par une réorientation et une distribution optimale des cristaux dans les matériaux au cours des cycles de recyclage. De plus, une augmentation de la résistance au choc a également été observée impliquant l'obtention de matériaux PHBH recyclés plus résistants.

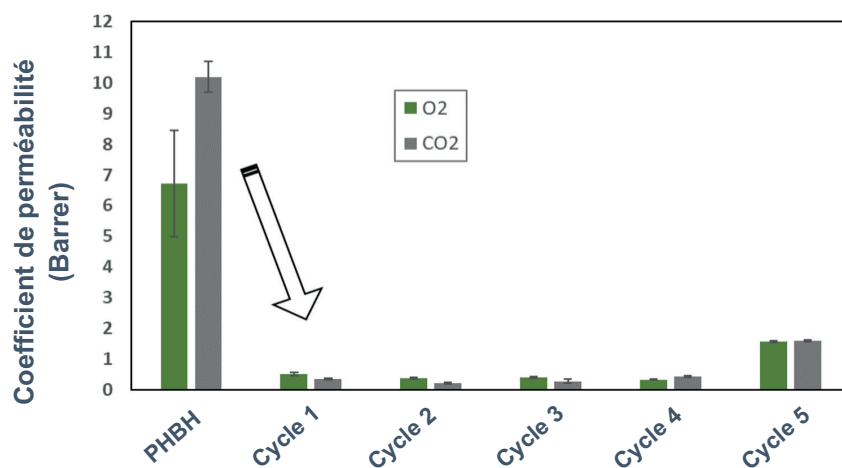
Enfin, l'analyse des propriétés barrières au gaz des matériaux recyclés a été réalisée

par le laboratoire PBS. Une diminution significative de la perméabilité au dioxygène ( $O_2$ ) et au dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) a été observée, induisant des matériaux recyclés plus imperméables aux gaz (Fig. 1). Ces résultats s'expliquent par l'augmentation de la tortuosité dans les matériaux, et sont cohérents avec les résultats obtenus par analyse calorimétrique différentielle à balayage (DSC). En effet, les analyses DSC ont montré une augmentation du taux de cristallinité au cours des cycles de recyclage et donc une restructuration de la phase cristalline. Ce plus grand nombre de cristaux présents dans les matériaux PHBH recyclés agit donc comme un obstacle aux gaz.

Pour conclure, les matériaux recyclés à base de PHBH possèdent des propriétés mécaniques et barrières satisfaisantes pour

les applications visées. Le PHBH semble donc être un candidat prometteur pour l'élaboration d'emballages alimentaires. Par ailleurs, il présente un réel intérêt environnemental en raison de son aspect de biodégradabilité.

Enfin, le projet REACT a permis à l'équipe de Recherche & Développement de Polyvia Formation d'investir dans différents équipements afin de valoriser, promouvoir et développer ses axes de recherche. Plus particulièrement, un broyeur (permettant de broyer tous types de pièces et films pour pouvoir ensuite re-granuler et re-transformer la matière plastique) et une ligne d'extrusion ayant une double fonctionnalité : version cast (Fig. 2) et version gonflage/blown (Fig. 3), ont permis de réaliser les différentes études présentées



↑ Fig. 1 - Evolution des propriétés barrières à l' $O_2$  et au  $CO_2$  au cours des cycles de recyclage du PHBH.



↑ Fig. 2 - Elaboration d'un film à base de PHA en extrusion cast.



↑ Fig. 3 - Elaboration d'un film à base de PLA en extrusion gonflage (blown).

# Matières plastiques : quel impact sur l'environnement ?

## La valorisation des plastiques

ci-dessus et sont parfaitement en lien avec l'élaboration de films plastiques. Ces équipements s'inscrivent entièrement dans le développement des différentes thématiques de recherche de Polyvia Formation.

## Perspectives

Les études de recyclabilité développées par Polyvia Formation, et avec l'aide de l'ensemble des membres du consortium du projet REACT, engendrent de multiples possibilités en termes de développement de matériaux multicouches recyclables et compostables pour le secteur de l'emballage alimentaire. En effet, la recyclabilité pertinente des PHA permet d'envisager leur incorporation en tant que couches externes dans les emballages plastiques, afin de remplacer les polymères pétro-sourcés actuellement utilisés. Ce type de matériaux

pourrait ainsi permettre de limiter l'impact environnemental et de lutter contre la détérioration de l'écosystème.

## Remerciements

L'ensemble des partenaires du consortium du projet REACT remercie la région Normandie et l'Union Européenne pour leur aide de financement. ■

## Financiers



## Partenaires



# CONCEPT TECHNIQUE PAYSAGE

8 rue du Moulin

62123 BERLES AU BOIS

Tél.: 03 21 23 72 01



**ACMM** • *nuc*

**Prestation Intellectuelle**

**Assistance à  
Maîtrise d'Ouvrage**

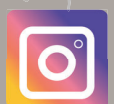
**Planification**

**Gestion de Projets**

**Rejoignez-nous !**

**Par mail: [contact@acmmnuc.fr](mailto:contact@acmmnuc.fr)**

**Par téléphone: 03-86-26-89-65**





## INSTALLATEUR ÉLECTRICIEN CONSTRUCTEUR DE RÉSEAUX

Installée dans le nord du département de la Loire, l'entreprise HULIS Electricité met son savoir-faire dans les domaines de l'électricité générale mais également des réseaux électriques à votre disposition.

HULIS Electricité saura vous épauler dans la réalisation de vos projets en habitat individuel et collectif, la réalisation de réseau de distribution haute tension industrielle, la maintenance et l'entretien de vos postes de transformation.

 [www.hulis-electricite.com](http://www.hulis-electricite.com)

 04 77 66 12 79



# Bilski

ENTREPRISE GENERALE DE BATIMENT



[www.bilski-construction.com](http://www.bilski-construction.com)

ZI La Baute 81990 Le Séquestre  
[contact@bilski-construction.com](mailto:contact@bilski-construction.com)

tél. 05.63.76.61.53

# POLYPLAST

Transformation et distribution  
des matières plastiques

USINAGE

NÉGOCE

CHAUDRONNERIE  
PLASTIQUE

MOULAGE  
POLYURÉTHANE

DÉCOUPE DE JOINTS  
CAOUTCHOUC



ZI Sainte Agathe - Rue Lavoisier - 57190 FLORANGE  
Tél. 03 87 70 36 71 - Fax. 03 87 71 59 90  
[secrtaire@polyplast.pro](mailto:secrtaire@polyplast.pro) - [www.polyplast.pro](http://www.polyplast.pro)



Cabinet  
**CIEL**  
Conseil en Environnement

**ACTEUR INDÉPENDANT - ENGAGÉ ET SPÉCIALISÉ DANS  
LE SECTEUR DE LA GESTION DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT -  
SOLUTIONS ADAPTÉES AUX EXIGENCES DE VOS PROJETS**



**04 94 52 97 00**



**IMPLANTATIONS FRÉJUS • LYON**

INTERVENTION SUR LE TERRITOIRE NATIONAL

[www.ciel-environnement.fr](http://www.ciel-environnement.fr)

#### Activité Mécanique:

Nous accompagnons les industriels dans tous leurs travaux de mécanique: Maintenance sur site, prise de cotes et conception, réalisation suivant plan ou modèle (usinage, tôlerie, chaudronnerie), soudure, tuyauterie, mise en conformité machine/ cartérisation, convoyage, dépannages  
Tel: Mr PARDOUX: 07.68.94.48.49

# **SAMRI**

**Société Amiénoise de  
Mécanique & Robinetterie  
Industrielle**

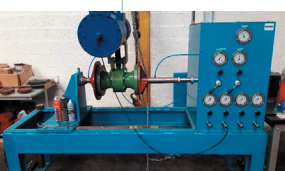
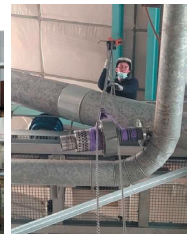
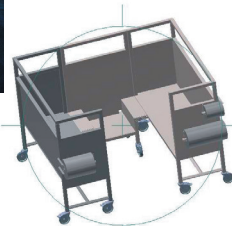
#### 2 adresses:

3 rue des poiriers  
80540 Guignemicourt

Zone Industrielle, rue de la  
voierie  
Lieu dit 'Le Fief de Saucourt'  
60120 Hardivillers

#### Activité Robinetterie:

Nous réalisons la dépose/repose, maintenance sur site et révision en atelier de tous types de vannes et toutes marques (Vannes de régulation, vannes TOR, désurchauffes), clapets, purgeurs, vérins...  
Gestion d'arrêts techniques dans tous types d'industries  
Tel Mr Follet: 07.49.06.52.76





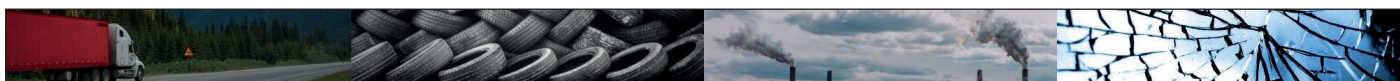
Terrassement

**ROUX T.P.**

Espaces Verts

Génie Civil

VRD



ARTHUR WAGNER

+33(0) 650 187 696 - a.wagner@tc-transports.fr

ZI des Mûriers 71160 DIGOIN, FRANCE  
www.tc-transports.fr



Le groupe de transports TC avec sa branche TC-Environnement regroupe ses activités autour de la gestion des déchets et accentue ses engagements pour l'environnement.



ACTIVITES

- Recyclage de pneus usagés avec sa société **REGOM**,
- Plateforme de méthanisation et gazéification,
- Collecte et recyclage de vitrages et huisseries.



OBJECTIFS

- Donner vie à de nouveaux projets de gestion des déchets,
- Innover en matière de pratiques environnementales,
- Devenir un partenaire engagé pour ses parties prenantes.



LUCILE CASSIER

+33(0) 695 891 100 - lu.cassier@regom.fr

ZI des Mûriers 71160 DIGOIN, FRANCE  
www.tc-transports.fr



Collecteur français de pneumatiques usagés le groupe TC créé la start-up REGOM pour développer des solutions de tri innovantes. et améliorer la qualité de tri des pneus.



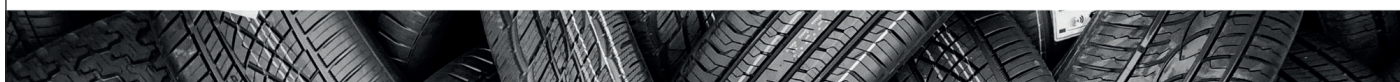
ACTIVITES

- Créer, produire, implanter et vendre des machines de tri,
- Développer des logiciels pour la gestion des activités de tri,
- Promouvoir le réemploi des pneus et l'allongement de leur vie.



OBJECTIFS

- Améliorer les conditions de travail des opérateurs de tri;
- Affiner et optimiser la valorisation;
- S'adapter au marché de demain



## CHAUDRONNERIE, TUYAUTERIE ET USINAGE PLASTIQUE

TSCT, spécialiste des solutions chaudronnées et tuyauteries plastiques sur-mesure

- + Soudure plastique,
- + Découpe,
- + Tournage,
- + Usinage,
- + Pliage des matériaux thermoplastiques

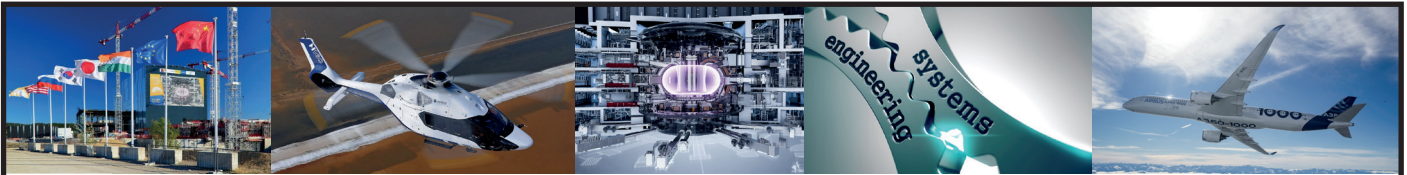


### MATIÈRES PLASTIQUES

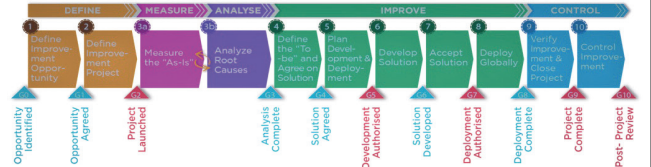
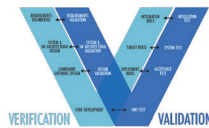
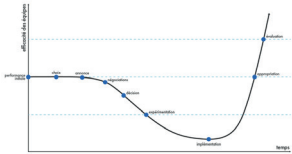
- + PEHD PP PVC
- + PETG PMMA PC
- + POM PA
- + PVDF PTFE PCTFE PEEK

ZI Sud -21 rue Paul Sabatier 26700 PIERRELATTE • Tél. 04 75 96 34 13 • www.tsct-plastiques.fr





SYSTEMS ENGINEERING  
**INFIN8 INITIATIVE**  
 PROJECT CONTACT@INFIN8.FR



**ARDATEM**  
GERARD PERRIER INDUSTRIE

**SPÉCIALISTE ÉNERGIE ET FILIÈRE NUCLÉAIRE**

**INSTALLATION - MAINTENANCE  
ÉTUDES - INGÉNIERIE & PRESTATIONS INTELLECTUELLES**

INSTRUMENTATION	GÉNIE ÉLECTRIQUE
INFORMATIQUE INDUSTRIELLE	ÉLECTRONIQUE
PRESTATIONS MULTI-MÉTIER	AUTOMATISME
CHAUDRONNERIE	MÉCANIQUE

*La formation est au cœur de notre projet d'entreprise !*

**Anta** Académie du Nucléaire et des Techniques Appliquées  
 Centre de formation intégré à ARDATEM

- Plusieurs parcours de formation (Automatisme, Changés d'essais, Électroliens...)
- Des outils pédagogiques au plus proche du terrain.
- Immersion en CNPE...

Qualiavor  
 Qualifoudre  
 APSAF  
 EDF  
 LRQA  
 Qualiop  
 Framatome

www.ardatem.fr

**NowAct**

Votre partenaire en performance industrielle

6 rue de Pont-Noyelles – 94130 Nogent-sur-Marne – France  
 www.nowact.fr – contact : eric@nowact.fr  
 SIREN : 817 423 643 – TVA intra : FR70817423643

**www.val-i-d.com**  
Tel 04 74 58 42 02

**Aides au transfert et au déstockage des vracs et pulvérulents**

**Décolmatage des silos**  
 Canons à air

**Nettoyage convoyeurs**  
 Racleurs de bande

**Captation poussières**  
 Brumisation

**C**e magazine Minerai a été lancé avec la volonté de regrouper par thématique les contributions des diplômés de nos écoles,

en faisant participer les élèves et les partenaires (école, start-ups, ...) pour présenter un document riche en témoignages sur un sujet touchant à la vie professionnelle des ingénieurs. La démarche va donc de pair avec le développement des groupes professionnels de l'association, encouragée depuis quelques années pour développer le réseau professionnel des ingénieurs membres de **Mines+**, et faire rayonner la formation de qualité proposée par nos écoles.

La réalisation du numéro que vous tenez entre les mains ou lisez sur un écran est le fruit d'un travail passionnant, intellectuellement enrichissant, qui est actuellement supporté par une toute petite équipe.

Nous sommes donc à la recherche de personnes disposant d'un peu de temps (1h par mois est déjà suffisant), et de beaucoup de bonne volonté !

Les diplômés, élèves, enseignants-chercheurs, personnel de l'École, souhaitant contribuer sont donc les bienvenus pour collecter les informations sur un sujet d'ingénierie, et identifier des contributeurs parmi nos réseaux. Nous vous garantissons un accueil sympathique et enthousiaste dans cette aventure !

Pour tout renseignement (non engageant), nous vous invitons à prendre contact avec notre secrétariat :  
**minerai@mines-plus.org**

## >> Développer le réseau

Adhérer à l'association !

## >> Pourquoi adhérer ?

Nous essayons de fournir un maximum de services aux Diplômés et aux Élèves. Toutefois, afin d'y parvenir, nous avons besoin de ton soutien financier.

## >> Cotiser en ligne

[www.imt-nord-europe.org](http://www.imt-nord-europe.org)  
[www.mines-albi.org](http://www.mines-albi.org)  
[www.mines-ales.org](http://www.mines-ales.org)

## >> Prochain numéro

Le ferroviaire

Pour continuer de recevoir ton magazine, vérifie que les coordonnées et ta cotisation sont à jour sur le site.

## >> Participer

Rédaction d'articles, idées à développer, relectures, avis et observations...

N'hésitez pas à nous contacter :  
**minerai@mines-plus.org**



Fort de notre expérience dans le secteur de l'hygiène et de la propreté, nous développons notre expertise dans le Nord-Pas-de-Calais et sur la région parisienne, choisissez une structure à échelle humaine privilégiant le contact à la clientèle, un travail de qualité et de proximité. Présent sur toute l'Île-de-France et le Nord de la France, ALH Nettoyage élabore pour vous des prestations sur mesure et adaptées à votre demande.

## NOUS VOUS PROPOSONS NOTRE SAVOIR-FAIRE DANS TOUS SECTEURS D'ACTIVITÉS

- Administration
- Collectivité
- Restauration
- Laboratoire, pharmacie
- Industrie
- Lieux publics

Notre enjeu quotidien est que vos employés puissent travailler dans des conditions optimales et vos clients dans un environnement propre et sain, vous permettant ainsi de préserver votre image de marque.

ALH Nettoyage, ce sont aussi des femmes et des hommes dynamiques, encadrés et formés régulièrement à l'émergence de nouvelles technologies, à des consignes de sécurité et d'éthique strictes. Ils travaillent en toute discrétion et s'engagent à respecter vos espaces de travail.

## DÉVELOPPEMENT DURABLE

ALH Nettoyage a pris conscience du devenir de notre planète, c'est pourquoi, nous nous efforçons quotidiennement de mettre en application tous les processus en faveur au développement durable ainsi que tous les moyens humains et techniques répondant au respect des normes environnementales.

- Maîtrise des consommations d'eau et d'énergie
- Utilisation des produits d'entretien écologique respectant les exigences ECOLABEL & ECOCERT
- Le choix de matériels économes en énergie et leur valorisation en fin de vie
- Le respect de l'environnement est une responsabilité de chacun d'entre nous à chaque instant



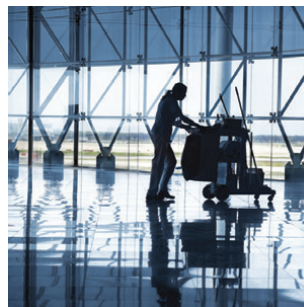
## NOS 2 AGENCES

### SIÈGE SOCIAL

Entrepôt numérique - 2, rue François Hennebicque 62223 ST LAURENT BLANGY

### AGENCE DE PARIS

09 70 00 89 11



### PROPRETÉ INDUSTRIELLE

Bureau, entrepôt  
Remise en état après  
travaux (tous locaux)  
Shampooing moquette  
Lavage du sol mécanisé



### ENTRETIEN VITRERIE

Vitrine  
Nacelle  
Titulaire du CACES 1B



### ENVIRONNEMENT

Parking  
Espace vert



### COPROPRIÉTÉ / RÉSIDENCE

Entretien, remise en état  
Enlèvement de graffiti  
Vitrerie, sol  
(parquet, marbre)  
Shampooing moquette

## ENGAGEMENTS

### Des prestations de nettoyage d'entretien de qualité

- Adéquation avec les exigences du client
- Notre intervention commence toujours par une analyse rigoureuse des besoins qui permet une adéquation optimale entre les services et les exigences du client
- Chaque devis se doit de répondre aux besoins et de proposer une solution adaptée à chacun

### Professionnalisme

Tout ceci est réalisé chaque jour par nos équipes techniques, au travers de gestes et méthodes appropriés, en apparence simples, mais qui doivent être exécutés avec professionnalisme par des équipes bien encadrées.

### Respect des impératifs

Nous sommes particulièrement attentifs et attachés au respect des principes suivants : Respect des horaires, Réactivité Discrétion, Rapidité d'exécution, Disponibilité, Discrétion et Confiance.



alhnettoyage.fr



[www.cominject.com](http://www.cominject.com)



## INJECTION PLASTIQUE

### CONCEPTEUR ET FABRICANT DE PIÈCES TECHNIQUES

#### DU SUIVI DE PROJET À L'INDUSTRIALISATION

De la première ébauche, jusqu'à la fabrication série, un interlocuteur unique, force de proposition, à toutes les étapes du processus de conception.

#### INJECTION PLASTIQUE ET SURMOULAGE

Nous maîtrisons toutes les étapes de la production de la réception des granulés de matière jusqu'à la livraison finale de vos produits.

#### SOUS-ENSEMBLE PARACHÈVEMENT ET SOUDURE US

Nos services comprennent également : l'assemblage des sous-ensembles, l'ornement et la décoration des pièces ainsi que la soudure US.



MÉDICAL ET SANTÉ



LOISIRS



BÂTIMENT



INDUSTRIE



AGRO-ALIMENTAIRE



AUTOMOBILE



BUREAUTIQUE



COSMÉTIQUE

**CONTACTEZ-NOUS MAINTENANT**  
**02 41 33 19 19 • [contact@cominject.com](mailto:contact@cominject.com)**

