



Chimie recyclage et économie circulaire

Armand Ajdari
Jacques Amouroux
Hervé Antonsanti
Jean-Christophe Arnal
Estelle Cheret
Jean-Michel Douarre
Jean-François Gérard
Lama Itani
Olivier Larcher
Katell Le Lannic
Constance Maréchal-Dereu
Fanny Mas
Pascal Muller
Yohan Parsa
Renaud Rohe

*Coordonné par
Danièle Olivier
et Paul Rigny*



Chimie et recyclage et économie circulaire



Cet ouvrage est issu du colloque « Chimie, Recyclage et Économie circulaire »
qui s'est déroulé le 8 novembre 2023 à la Maison de la Chimie.

« COLLECTION CHIMIE ET ... »

Collection dirigée par Philippe Gœbel

Président de la Fondation internationale de la Maison de la Chimie

Chimie et recyclage et économie circulaire

Armand Ajdari, Jacques Amouroux, Hervé Antonsanti, Jean-Christophe Arnal,
Estelle Cheret, Jean-Michel Douarre, Jean-François Gérard, Lama Itani,
Olivier Larcher, Katell Le Lannic, Constance Maréchal-Dereu, Fanny Mas,
Pascal Muller, Yohan Parsa, Renaud Rohe

Coordonné par Danièle Olivier et Paul Rigny

Conception de la maquette intérieure et de la couverture :
Pascal Ferrari

Crédits couverture :
Images Adobe Stock : © Therina Groenewald – © monticellllo –
© saelim – © sida – © VisualProduction – © Janar Siniväli –
© Andrei Merkulov – © Joaquin Corbalan

Mise en pages et couverture : Patrick Leleux PAO
Conception graphique, visuel du colloque : CB Defretin

Imprimé en France

ISBN (papier) : 978-2-7598-3624-6
ISBN (ebook) : 978-2-7598-3625-3

Tous droits de traduction, d'adaptation et de reproduction par tous procédés, réservés pour tous pays. La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective », et d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40). Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

© 2025 – Fondation de la Maison de la Chimie

Fondation de la Maison de la Chimie
28, rue Saint-Dominique
75007 Paris, France

Ont contribué à la rédaction de cet ouvrage :

Armand Ajdari

*Vice-président R&D du groupe
Arkema*

Jacques Amouroux

*Professeur DC émérite, DHC
– École nationale supérieure
de Chimie de Paris/PSL –
Université Pierre et Marie
Curie/Sorbonne Université*

Hervé Antonsanti

*Chef de service, Directeur
de la branche Valorisation,
traitement des déchets,
entreprise Pizzorno*

Jean-Christophe Arnal

*Docteur en génie des procédés
et directeur de l'usine de
fabrication du verre plat sur
le site Saint-Gobain d'Aniche-
Émerchicourt*

Estelle Cheret

*TotalEnergies VP OneTech
R&D Downstream Process
& Polymers*

Jean-Michel Douarre

*Responsable du programme
de Recherche sur les
Matériaux, Michelin*

Jean-François Gérard

*Directeur adjoint scientifique
CNRS Chimie, directeur
programme PEPR « Recyclage,
Recyclabilité & Réutilisation
des Matériaux », professeur
INSA Lyon – Ingénierie des
Matériaux Polymères UMR
5223 CNRS*

Lama Itani

*Solvay, Rhodia Opérations,
Terres Rares Business Line*

Olivier Larcher

*Solvay, Rhodia Opérations,
Terres Rares Business Line*

Katell Le Lannic

*Responsable du service
R&D Recyclage chimique
des plastiques TotalEnergies
OneTech Belgium*

Constance Maréchal-Dereu

*Cheffe du service de l'industrie
à la Direction générale
des entreprises (ministère
de l'Économie, des Finances
et de la Souveraineté
industrielle et numérique).
Précédemment directrice
générale de France
Logistique*

Fanny Mas

*Ingénieure Recherche et
Développement en métallurgie
chez Constellium*

Pascal Muller

*Directeur, Pôle Hauts
de France et Grand Est,
Sarpi Veolia*

Yohan Parsa

*Directeur Recherche
& Développement de Rosi Solar*

Renaud Rohe

*Solvay, Rhodia Opérations,
Terres Rares Business Line*

Équipe éditoriale :

*Danièle Olivier
et Paul Rigny*

Sommaire

Avant-propos, par Paul Rigny	9
Préface, par Danièle Olivier	11

Partie 1 : Recyclage des composites et des polymères

Chapitre 1 : Recycler les matériaux, une des réponses pour une économie circulaire : illustration pour les polymères par Jean-François Gérard	17
--	----

Chapitre 2 : Recyclage des plastiques vers une économie circulaire par Estelle Cheret et Katell Le Lannic	37
---	----

Chapitre 3 : L'émergence de l'économie circulaire du pneu : un défi passionnant ! par Jean-Michel Douarre	47
---	----

Chapitre 4 : Matériaux de spécialité pour une économie circulaire : illustration sur le recyclage des pales d'éoliennes par Armand Ajdari	57
--	----

Partie 2 : Recyclage et transition énergétique

Chapitre 5 : Le recyclage des matériaux : Enjeux et stratégie – procédés chimiques et bioprocédés par Jacques Amouroux	73
---	----

Chapitre 6 : Le recyclage des terres rares : une stratégie d'approvisionnement à la taille de leurs enjeux par Lama Itani, Olivier Larcher et Renaud Rohe	97
--	----

Chapitre 7 : L'hydrométallurgie au service du recyclage des batteries de véhicules électriques par Pascal Muller	109
---	-----

Chapitre 8 : Industrie photovoltaïque : les enjeux de la circularité par Yohan Parsa	125
---	-----

Partie 3 : Problématique du recyclage et de l'économie circulaire des matériaux de grande diffusion

Chapitre 9 : Recyclage de l'aluminium : enjeux, défis et opportunités par Fanny Mas	143
--	-----

Chapitre 10 : Recyclage du verre plat par Jean-Christophe Arnal	157
--	-----

Chapitre 11 : Tri et valorisation de mâchefers d'incinération d'ordures ménagères, l'installation de Pierrefeu par Hervé Antonsanti	169
--	-----

Chapitre 12 : Stratégie pour accélérer l'économie circulaire par Constance Maréchal-Dereu	179
--	-----

Avant-propos

Le recyclage des matériaux par et pour l'industrie ! Quel problème !

Voilà qu'en une génération, on est passé d'une attitude négative – pour ne pas dire méprisante – sur ce domaine à un véritable enthousiasme. Ce serait même le sauveur de la civilisation. L'industrie était développée et on savait qu'il nous faudrait des quantités toujours plus importantes de matières premières, mais on avait confiance : la brillante activité minière du xx^e siècle ne montrait-elle pas que tout existait dans la planète Terre et qu'avec de l'imagination et du travail... on aurait ce qui était nécessaire ?

C'est la démographie qui a fait exploser cet optimisme. En passant de trois milliards à sept milliards d'habitants au xx^e siècle, on a compris les limites essentielles : le développement annonce l'épuisement des ressources (le cas du pétrole + gaz est le plus spectaculaire), l'explosion des quantités de déchets « à stocker » comme si on pouvait s'en débarrasser, leurs effets mortels, le cas du CO_2 qui nous promet le changement climatique étant même générateur de paniques de plus en plus affolées.

Depuis les années 2000, l'humanité comprend de mieux en mieux qu'elle est menacée par elle-même. Et progressivement, elle se mobilise pour chercher et exploiter les moyens de fuir ce destin mortel. Tout le monde s'implique : les industries, les écoles, les associations de citoyens de partout : Europe, Amérique, Asie et les autres. Tout le monde sollicite les exemples du passé et surtout l'imagination et le travail des chercheurs dans toutes les disciplines techniques et scientifiques. Imaginons, imaginons, imaginons encore : pour être plus sobres, pour comprendre et respecter la nature et sa diversité impressionnante qui peut nous servir de modèle pour économiser les ressources ! Facile à dire, peut-être, mais pas facile à faire dans un monde devenu global et encore gouverné par l'économie et la concurrence.

Petit à petit, le pessimisme, né de la prise conscience de nos excès potentiellement mortels, fait place à des réalisations magnifiques qui viennent contrer les mauvaises tendances. Nous voyons dans ce colloque « Chimie, recyclage et économie circulaire » les exemples et les résultats

d'entreprises qui intègrent ou ont intégré le recyclage dans leur stratégie et leur pratique. Par des exemples sur des composants techniques de la vie quotidienne (les pneus, le verre plat, les plastiques), on saisit mieux les défis posés aux entreprises et aux laboratoires... Et des aventures industrielles et scientifiques similaires se généralisent aujourd'hui dans le pays ou dans des collaborations internationales.

Et puis, bien naturellement, on insiste aussi dans cet ouvrage sur la question de l'énergie, si prioritaire qu'elle ne laisse personne indifférent : où la prendre si la Terre ne la fournit plus ? Le soleil, le vent sont sacrés comme des sauveurs, mais qu'en est-il vraiment ? Comment pourra-t-on préserver une accessibilité économique dans ces domaines si concurrentiels ? De beaux exposés montrent comment la réalité prend ces préoccupations en charge.

Et ces « matériaux rares » mobilisés comme jamais par la civilisation technologique, dont nous ne pouvons pas imaginer qu'elle disparaisse, par quoi les remplacer ? Nos téléphones portables en dépendent ! On se tourne vers la sobriété avec de nombreux exemples de succès pratiques des plus concrets : il nous faut les connaître.

Ces développements nous emmènent dans des chemins que nous ne soupçonnions même pas il y a peu. Déjà, depuis 150 ans, les chimistes avaient ouvert une magnifique nouvelle branche dans les laboratoires : la chimie des polymères. Sans se contenter d'étonner et d'émerveiller les laboratoires, elle avait conquis

l'estime étonnée des industriels qui en avaient imaginé et obtenu des prouesses de performances pour contourner ou différer les obstacles au développement... que l'on pense à l'industrie textile – supprimez les polymères, que reste-t-il aujourd'hui dans les magasins de mode ou d'équipements divers ? Et comment sont alors faites les voitures, retournent-elles à la lourdeur et au manque de souplesse d'antan ? Et bien, les polymères eux aussi terminent leur vie en déchets si l'on ne fait rien. Il faut apprendre à les traiter, eux aussi sont consommateurs de science avec toute leur capacité de s'adapter et de diversifier leurs natures chimiques. Les laboratoires ont proposé des techniques et, aujourd'hui, des entreprises les mettent en œuvre. Et recycler les plastiques n'est plus un mystère pour qui a assisté aux exposés du colloque.

Les efforts qui sont présentés dans ce colloque montrent qu'on est bien passé du pessimisme originel à une démarche énergique et responsable déjà couronnée de beaux succès. La démarche continuera, c'est évident. Parce que les objectifs sont toujours nombreux, que le contexte national (la demande des citoyens) et international y conduisent. Également parce que les laboratoires se mobilisent, laissant espérer de nouvelles idées, de nouvelles entreprises et de nouveaux succès.

Le recyclage : nouvelles motivations pour les laboratoires et les entreprises !

Paul Rigny
Conseiller du président
de la Fondation de la Maison
de la Chimie

Préface

Le thème du recyclage est un sujet d'actualité dont les défis à résoudre sont fondamentaux pour l'avenir de la planète.

On en parle beaucoup et partout, pas toujours de façon rigoureuse et réaliste sur le plan scientifique et il est important que le grand public, et notamment les jeunes, prennent conscience qu'il ne suffit pas de bien trier ses ordures et que la mise en œuvre d'un recyclage et d'une économie circulaire efficace est un problème difficile, complexe et financièrement coûteux.

Non seulement il faut gérer la logistique de la gestion des produits usagés et des déchets, mais il faut mettre en œuvre une nouvelle discipline de déconstruction et de reconstruction de la matière, coûteuse, dans laquelle les chimistes jouent et joueront un rôle important.

Pour faire le point dans les principaux domaines, nous avons donc fait appel à des experts scientifiques industriels et universitaires qui ont accepté de faire l'effort pédagogique pour être compris par

tous, notamment par le jeune public.

Cet ouvrage rassemble les versions écrites des conférences du colloque du 8 novembre 2023. Pour des raisons d'homogénéité thématique et de compréhension pédagogique, le sommaire n'est pas présenté dans le même ordre que les vidéos des conférences du colloque.

Compte tenu de l'importance de la gestion des déchets plastiques, nous avons rassemblé dans la première partie les présentations dédiées au recyclage des composites et des polymères.

Dans le premier chapitre, **Jean-François Gérard**, directeur scientifique adjoint de l'Institut de chimie du CNRS et responsable du Programme de recherche national coordonné par le CNRS sur le recyclage de cinq principales classes de matériaux (plastiques, composites, métaux stratégiques, textiles, papier/cartons), a centré son intervention sur le recyclage des polymères.

Les trois chapitres suivants sont dédiés aux recyclages industriels développés par les grands groupes pour faire face aux tonnages croissants.

Estelle Cheret, responsable de R&D des polymères, présente les différentes technologies sur lesquelles **TotalEnergies** travaille pour trouver des solutions pour aider à être plus vertueux vis-à-vis de l'utilisation et du développement de l'économie circulaire des plastiques, l'ambition étant de produire 30 % de polymères recyclés et renouvelables d'ici 2030.

Jean-Michel Douarre décrit l'émergence de l'économie circulaire du pneu alors que, aujourd'hui, plus de la moitié des pneus européens en fin de vie sont encore exportés. Dans ce cadre, il présente les actions mises en place par **Michelin** dans le cycle de vie du pneu et dans la capacité de pouvoir recycler le pneu usé dans le pneu neuf en développant des technologies permettant de trouver des solutions de valorisation des pneus en fin de vie non réutilisables.

Armand Ajdari, directeur de la R&D, **expose les solutions mises au point par Arkema** dans le champ de l'économie circulaire pour permettre le recyclage des polymères de grande diffusion et pour produire des matériaux avancés intrinsèquement recyclables. **Il traite notamment le cas particulier** par la dimension et les volumes importants attendus **des éoliennes**. Il présente les défis actuels et futurs et les voies de recyclage possibles avec la résine Elium mise au point par Arkema.

Ce chapitre fait la transition avec **la deuxième partie de cet ouvrage qui rassemble les**

articles sur le recyclage et la transition énergétique.

Jacques Amoureux présente les problèmes posés par : d'une part, **les procédés de recyclage** technique dans les cas **des batteries et du photovoltaïque**, et d'autre part, **les bioprocédés appliqués au recyclage du gaz carbonique et des lanthanides** qui apparaissent comme un enjeu stratégique.

Pascal Muller montre comment **le Groupe Veolia explore des voies de recyclage des batteries des véhicules électriques en fin de vie et des sous-produits de leurs productions**. Il présente les méthodes prenant en compte la gestion des risques intrinsèques à la manipulation de batteries usagées, leur mise en sécurité, leur démantèlement, le broyage des fractions unitaires et l'extraction sélective des métaux stratégiques par voie chimique. Ces travaux ont abouti à un premier concept pilote qui a confirmé la pertinence de ces technologies.

Actuellement, 70 à 80 % des véhicules électriques et 100 % des éoliennes « off-shore » fonctionnent grâce aux aimants à terres rares (TR). Pour sa transition énergétique et pour la mobilité, l'Europe aura besoin de TR, mais malheureusement elle n'en dispose pas et c'est le problème aujourd'hui.

Lama Itani explique comment les décennies d'expertise que Solvay a dans le domaine des terres rares ont permis de mettre au point **les procédés**

de recyclage des aimants à TR issus des équipements en fin de vie, qui constituent une mine urbaine dont l'exploitation contribuera à la préservation des ressources naturelles, car les TR recyclées présenteront les mêmes performances que celles des TR primaires.

L'énergie photovoltaïque permet maintenant de remplacer rapidement et à un coût compétitif les énergies fossiles, mais elle doit encore satisfaire à d'importantes exigences quant à sa circularité, car les quantités de modules arrivant en fin de vie sont en pleine explosion. Les techniques de broyage des panneaux photovoltaïques sont largement inefficaces puisqu'elles ne permettent ni de récupérer l'entièreté des matériaux, ni de le faire avec un haut niveau de pureté. L'innovation et le développement de procédés dédiés permettent de relever ces défis. **Yohan Parsa** (Directeur Recherche et Développement, **Rosi Solar**) décrit l'émergence de ces procédés de recyclage à haute valeur ajoutée, permettant de mettre en place des solutions plus durables pour le traitement des déchets photovoltaïques.

Les défis et enjeux du recyclage des matériaux usuels sont présentés dans la troisième partie.

Dans le chapitre de **Fanny Mas**, nous voyons que le processus de recyclage de l'aluminium ne nécessite que 5 % de l'énergie nécessaire à la production d'aluminium primaire et qu'il permet la récupération des déchets d'aluminium usagé. La canette en aluminium qui se

recycle très bien est un parfait exemple de cette économie circulaire.

Les différentes méthodes utilisées par **Constellium** pour stimuler le recyclage de l'aluminium sont exposées. Une nouvelle métallurgie est en train de voir le jour, riche de nombreux sujets de recherche, comme la nécessité de développer des alliages capables d'absorber les déchets issus des blocs moteurs des voitures thermiques en fin de vie.

Le verre fait partie de notre quotidien, il se retrouve partout et sa particularité est d'être recyclable à l'infini. Il s'inscrit donc naturellement dans un projet d'économie circulaire.

Bien développées pour les bouteilles, les filières de recyclage pour le verre plat sont cependant moins matures. **En cela, le recyclage du verre plat décrit dans le chapitre de Jean-Christophe Arnal (Saint-Gobain)** est donc un sujet d'actualité qui s'inscrit dans une évolution nécessaire des comportements.

Hervé Antonsanti, industriel spécialisé dans la gestion des déchets ménagers (**Entreprise Pizzorno**), montre qu'il est possible de concevoir des solutions innovantes pour transformer ces déchets en ressources à partir de l'exemple de la **réutilisation des résidus urbains issus des déchets ménagers incinérés, appelés mâchefers**, en utilisant des technologies intelligentes, d'une part pour améliorer la collecte, le tri et le recyclage, d'autre part en développant une technologie de réutilisation du produit issu

des mâchefers en l'intégrant dans le béton pour la fabrication de pavés biorecyclés. Ainsi, les déchets d'hier deviennent de véritables ressources de demain.

Le chapitre de conclusion de cet ouvrage est issu de la conférence de clôture du colloque présentée par **Constance Maréchal-Dereu**. Il a pour objectif de présenter **les stratégies nationales mises en œuvre pour accélérer l'économie circulaire**.

Cet ouvrage a pour objectif d'apporter des informations utiles, récentes et scientifiquement rigoureuses, sur un sujet d'actualité important pour notre société. Nous souhaitons être utiles à tous les publics et notamment aux enseignants.

Dans ce cadre, nous avons conscience que la richesse et le niveau du contenu de certains textes, malgré les efforts des auteurs, demandent encore un gros travail pour être directement exploitables en classe. C'est pourquoi, le contenu de cet ouvrage a servi de base pour la rédaction de fiches pédagogiques, adaptées aux programmes de l'enseignement secondaire, fiches que vous retrouverez dans l'espace enseignement de notre médiathèque www.mediachimie.org.

Nous vous souhaitons une bonne lecture.

Danièle Olivier
*Vice-présidente de la Fondation
internationale de la Maison
de la Chimie*

Partie 1

Recyclage des composites
et des polymères

Recycler les matériaux, une des réponses pour une économie circulaire : illustration pour les polymères

Jean-François Gérard, directeur adjoint scientifique CNRS Chimie, directeur programme PEPR « Recyclage, Recyclabilité & Réutilisation des Matériaux », professeur INSA Lyon – Ingénierie des Matériaux Polymères UMR 5223 CNRS

L'objectif de ce chapitre est de montrer l'implication de la communauté scientifique et comment celle-ci travaille sur les problématiques de recyclage, de recyclabilité et de réutilisation des matières. Le rôle des scientifiques est d'apporter des connaissances scientifiques ouvrant sur des solutions technologiques

permettant de répondre à ces enjeux majeurs pour notre société. Ensuite, les politiques pourront également s'emparer de leurs travaux pour pouvoir les mettre en place dans des politiques publiques. La problématique du recyclage est très systémique, il ne faut pas en avoir une vision parcellaire. C'est l'ambition

de l'engagement de la communauté scientifique dans sa grande diversité disciplinaire, identifier des questions scientifiques originales porteuses de ruptures technologiques.

1 Circularité et matériaux : un chemin important à parcourir

Le programme confié au CNRS pour le recyclage, la recyclabilité et la réutilisation des matières dans le cadre du programme *France 2030* et l'une de ses stratégies nationales d'accélération (SNA), concerne cinq grandes classes de matériaux.

1.1. Matériaux stratégiques et terres rares

La première est celle des métaux stratégiques. On peut

les définir différemment selon le périmètre que l'on prend.

Sur le tableau périodique (**Figure 1**), issu de travaux du BRGM, le code couleur montre que peu d'éléments sont aujourd'hui recyclés et réutilisés en termes de matériaux. Un élément dont on parle beaucoup est le lithium qui a aujourd'hui un taux de recyclage extrêmement faible, alors que nous avons des gisements potentiellement très importants qui sont traditionnellement issus des domaines de l'électronique et l'électroménager (**Figure 2**). Les gisements des batteries de type Li-ion sont en constante croissance ces dernières années.

Des filières industrielles sont déjà organisées sur ces problématiques. Le recyclage des produits en fin de vie est un vrai problème, car souvent on n'a pas un objet monomatériau mais un produit qui contient plusieurs matériaux. Il est donc nécessaire dans un premier temps de démonter le produit avant de considérer les matériaux eux-mêmes pour leur recyclage.

De nouveaux gisements apparaissent comme ceux issus des nouvelles technologies de l'énergie : l'éolien (dans les rotors et les aimants) ou le photovoltaïque (les terres rares¹). Dans les piles, on utilise également des nanoparticules² de platine en faibles quantités, mais les éléments sont très importants. Il y a

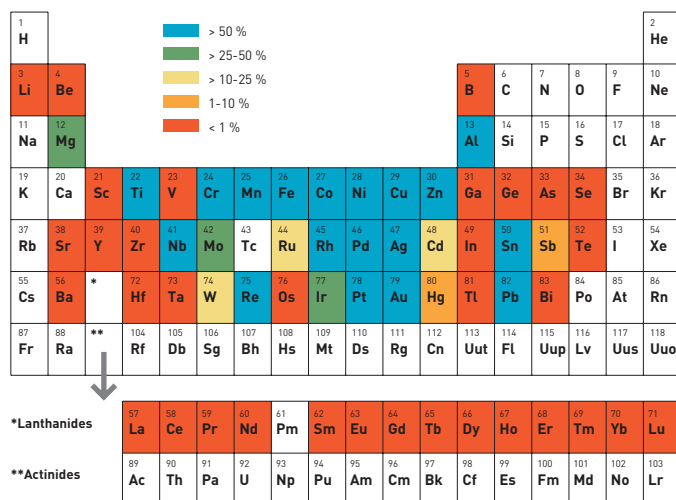


Figure 1

Taux de recyclage des métaux des produits en fin de vie. Les couleurs indiquent les éléments recyclés et ceux qui sont réutilisés directement. Les pourcentages désignent le taux de recyclabilité pratiqué.

Source : UNEP 2011

1. Un groupe de métaux aux propriétés voisines comprenant le scandium Sc, l'yttrium Y et les quinze lanthanides.

2. Des molécules dont la taille varie entre 1 et 100 nanomètres.

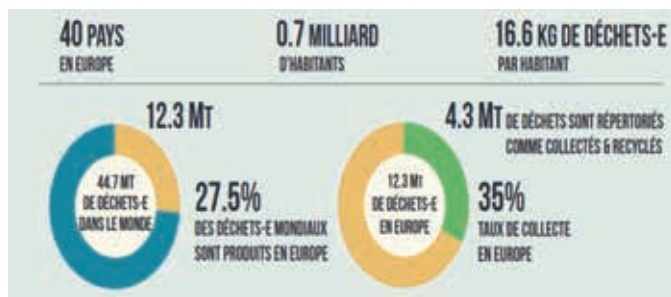


Figure 2

Part des déchets mondiaux produits en Europe en 2016.

Source : Baldé, 2017

aussi, bien entendu, le domaine des batteries. C'est un domaine extrêmement important qui est à considérer dans le futur comme une source de gisement de matériaux stratégiques très divers et en quantité.

1.2. Matériaux composites : des gisements croissants

Le deuxième type de matériaux sur lequel la stratégie nationale souhaite mobiliser des travaux de recherche est celui des matériaux composites³. Les matériaux composites sont typiquement des objets complexes par nature, faisant appel à l'association d'au moins deux types de matériaux : des fibres et une matrice⁴ le plus souvent polymère. On les connaît depuis longtemps dans le domaine maritime pour les bateaux et le nautisme. On peut penser aussi à l'aéronautique ou au domaine spatial, cela représente des quantités de déchets

relativement faibles à l'échelle mondiale.

Si on analyse l'évolution de l'implantation mondiale des éoliennes (Figure 3), le recyclage devient un élément essentiel de la chaîne de valeur. Sont typiquement concernés les déchets des pales ou des mâts d'éoliennes pour lesquels très peu de solutions vertueuses sont développées à l'échelle industrielle. Celles-ci font appel à la mise en décharge, c'est-à-dire

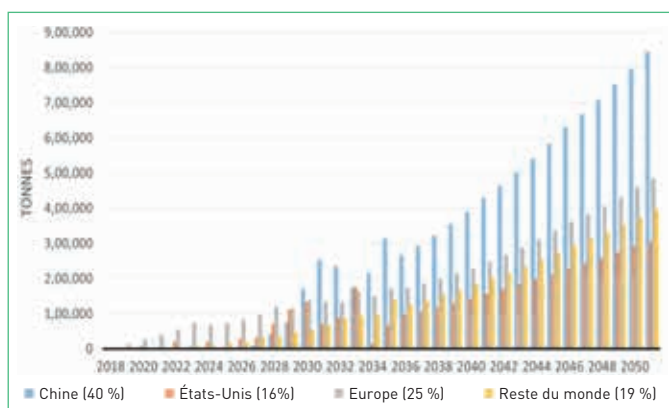


Figure 3

Prévisions d'évolution des quantités de déchets issues des éoliennes par région du monde jusqu'en 2050.

Source : P. Liu et al., 2017

3. Un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles donnant des propriétés améliorées.

4. Un matériau permettant d'assurer la tenue chimique et la cohésion du matériau tout en donnant la forme souhaitée au produit final.

matériaux issus du recyclage. Pour la demande, cela implique la stratégie des industriels qui doivent développer les volumes de fabrication privilégiant la substitution de matières traditionnelles par des matières recyclées. Pour l'offre, les efforts doivent être faits en quantité et en qualité, ce qui veut dire que les matières recyclées doivent pouvoir être réutilisées facilement et économiquement.

Quand on voit les acteurs actuels du domaine, industriels, start-up et laboratoires, on voit la **nécessité que tout le monde travaille ensemble, État et acteurs privés.**

Chimie et recyclage et économie circulaire

mais aussi des ressources naturelles, minérales ou végétales, qui sont menacées, car notre gestion des terres ne sait pas résister à notre **démographie envahissante**.

C'est pourquoi le **mot « recyclage »**, naguère réservé aux responsables de la propreté, **désigne maintenant un concept majeur**. Il faut maintenant l'entendre comme outil de lutte – l'un des seuls outils – contre la disparition des matières sur lesquelles toutes nos vies reposent. Et on le résume par un idéal, l'économie circulaire, qui sous-entend que « rien ne se perd », si on travaille vraiment.

Ce livre explique les efforts considérables des laboratoires et des industriels vers la construction d'un monde qui saurait régler le problème des ressources. Qu'il s'agisse des pneus de nos automobiles, des équipements de la construction – métaux, verre plat, matières plastiques, etc. – ou de la production d'énergie-batterie pour le photovoltaïque, pales d'éoliennes par exemple, on y examine des exemples où, souvent grâce à la chimie, on trouve des solutions. Elles ne sont jamais simples, commencent par la récupération de la matière mais nécessitent qu'ensuite, on imagine et mette en œuvre un tri à chaque étape, et des traitements chimiques spécifiques. Le tout devant rester économique et respectueux de l'environnement !

La bataille peut être gagnée mais au prix de quels efforts d'imagination, de volonté et de technologies variées ! Après avoir lu cet ouvrage, **le lecteur saura mesurer l'ambition admirable mais indispensable** que tous – producteurs, consommateurs, scientifiques et industriels – doivent assumer **pour éviter les catastrophes**.



ISBN : 978-2-7598-3624-6

Prix : 25 €

edp sciences

www.edpsciences.org