

**RAPPORT
D'INFORMATION**

JUILLET 2019

**LES BIOPLASTIQUES
BIODÉGRADABLES
ET COMPOSTABLES**

ÉTAT DES LIEUX



LE RECYCLAGE DES EMBALLAGES
PLASTIQUES EN EUROPE
ET EN FRANCE

P 13

LES PLASTIQUES « OXO-DÉGRADABLES »
OU « FRAGMENTABLES » NE SONT PAS
DES BIOPLASTIQUES ET NE SONT PAS
BIODÉGRADABLES

P 17

LE COMPOSTAGE, UNE PRATIQUE
QUI PROGRESSE

P 22

LA BIODÉGRADATION DÉPEND
DU MATÉRIAU ET DE SON PROCÉDÉ
DE FABRICATION

P 24

« PLASTISPHERE » : DES BACTÉRIES
QUI DÉGRADENT LES PLASTIQUES

P 27

L'ADEME TESTE LES SACS
COMPOSTABLES À DOMICILE

P 27

LE COMPOSTAGE INDUSTRIEL DU PLA
EN TEST À PARIS

P 29

LE POINT SUR LA LÉGISLATION
EN MATIÈRE DE PRODUITS
ET D'EMBALLAGES EN PLASTIQUE
À USAGE UNIQUE

P 30

LE MARCHÉ
DES BIOPLASTIQUES
EN QUELQUES CHIFFRES

P 33

L'EXEMPLE DE LORIENT :
UNE COLLECTE SPÉCIFIQUE
DES BIODÉCHETS GRÂCE AUX
BIOPLASTIQUES

P 39

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION ENJEUX ET PERSPECTIVES	6
LES BIOPLASTIQUES BIOSOURCÉS ET BIODÉGRADABLES	16
1. LES PLASTIQUES BIOSOURCÉS	
2. LES PLASTIQUES BIODÉGRADABLES ET COMPOSTABLES	
3. UN BEL EXEMPLE D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE	
4. DÉVELOPPER LA FILIÈRE DE VALORISATION DES BIODÉCHETS	
CONCLUSION	40
GLOSSAIRE	41
BIBLIOGRAPHIE	43

AVANT-PROPOS

De nombreuses recherches scientifiques sont aujourd'hui menées en France et en Europe mais aussi dans d'autres pays du monde, comme la Chine ou les États-Unis sur les « bioplastiques ». Depuis 20 ans, des innovations intéressantes sont apparues sur le marché et ont été développées à grande échelle. Ainsi, dans de nombreuses villes d'Europe et dans certaines agglomérations françaises, des sacs en bioplastique biodégradable et compostable sont déjà utilisés pour collecter les déchets organiques ménagers.

Lorsqu'ils sont à la fois « biosourcés », c'est-à-dire fabriqués à partir de ressources biologiques le plus souvent végétales, et « biodégradables », c'est-à-dire complètement décomposés et assimilés par les micro-organismes dans des conditions définies, les bioplastiques permettent de limiter considérablement l'impact environnemental de ce matériau, tant en termes de préservation des écosystèmes naturels que d'émissions de gaz à effet de serre et de préservation des ressources fossiles. Ils s'inscrivent parfaitement dans les feuilles de route de l'économie circulaire du gouvernement français et de l'Union européenne.

Évoluant avec les avancées de la recherche et de l'innovation, le sujet fait intervenir des notions relativement complexes sur lesquelles des confusions sont possibles. C'est aussi un sujet sur lequel circulent bon nombre d'*a priori*, d'idées reçues ou d'opinions plus ou moins fondées.

Dans ce contexte, ce rapport d'information a pour objectif de dresser un état des lieux des connaissances scientifiques sur les bioplastiques biosourcés, biodégradables et compostables, et d'expliquer en quoi ces nouveaux matériaux représentent une solution intéressante – parmi d'autres – pour améliorer notre gestion des déchets.

Pour nous aider dans ce travail, nous nous sommes appuyés sur l'expertise et le sens pédagogique de trois chercheurs qui connaissent bien le sujet et ont accepté de répondre à nos questions : Nathalie Gontard, directrice de recherche à l'Inra, Stéphane Bruzard, enseignant-chercheur à l'Université Bretagne Sud et Jean-François Ghiglione, directeur de recherche au CNRS. Nous nous sommes également largement inspirés de leurs publications scientifiques ou de leurs conférences publiques. Ils nous éclairent tout au long de ce rapport d'information, même si, bien sûr, ils ne sont engagés que par les propos qui leur sont explicitement attribués.

Comme le résume Stéphane Bruzard, « *l'idée est de fabriquer des plastiques avec une autre ressource que le pétrole, des végétaux par exemple, et qui, en fin de vie, vont pouvoir se décomposer naturellement, sans persister des années ou des décennies dans l'environnement* ».

« *Aujourd'hui la recherche travaille sur des polymères qui existent déjà à l'état naturel, synthétisés soit par des végétaux (amidon, cellulose, etc.) soit par des micro-organismes (PHA), et qui se biodégradent rapidement en conditions naturelles, précise Nathalie Gontard. Ils peuvent être fabriqués à partir de résidus de l'agriculture ou de l'agroalimentaire, pour ne pas entrer en concurrence avec les terres agricoles destinées à l'alimentation humaine ou animale.* »

Jean-François Ghiglione rajoute « *les bioplastiques doivent répondre à la fois à l'utilisation raisonnée des ressources biologiques, garantir une biodégradation complète dans des conditions de l'environnement ou par des procédés de recyclage tels que le compostage, et ne pas être toxiques pour les espèces naturelles. La science apporte aujourd'hui plusieurs innovations d'avenir dans ce domaine de l'écoconception durable, qui fait partie de l'économie circulaire* ».

Les bioplastiques biosourcés et biodégradables ne vont évidemment pas régler d'un coup de baguette magique tous les problèmes liés aux externalités négatives de l'économie des plastiques. Ils ne vont pas non plus se substituer à l'ensemble des polymères utilisés aujourd'hui. Ils ne représentent pas plus une solution unique qui exclurait toutes les autres. Mais il serait

dommage de se priver, pour de mauvaises raisons, d'une solution intéressante de recyclage organique, complémentaire du recyclage matière, qui prend notamment tout son sens dans la valorisation des biodéchets, dont il est indispensable et urgent de développer la filière.

À l'initiative de ce rapport d'information, le Groupe SPHERE, groupe familial français indépendant et leader européen des emballages ménagers, et KANEKA, groupe japonais spécialisé dans la chimie, souhaitent apporter toutes les précisions nécessaires sur le sujet des bioplastiques biosourcés, biodégradables et compostables, afin que les citoyens et les responsables politiques puissent prendre leurs décisions en connaissance de cause, sur la base de l'état actuel des connaissances scientifiques.

AVIS D'EXPERTS



Nathalie Gontard est directrice de recherche INRA à l'unité « Ingénierie des agropolymères et technologies émergentes » de Montpellier. Elle est également spécialiste des sciences de l'aliment et de l'emballage.

Elle a été distinguée par le trophée des Étoiles de l'Europe dans la catégorie « Environnement, changement climatique » en 2015 et a reçu le Laurier Défi scientifique 2017 de l'Inra pour ses travaux sur la fabrication d'emballages alimentaires biodégradables à partir de sous-produits des industries agro-alimentaires.

Elle coordonne actuellement le projet européen « No Agro-Waste » (NOAW 2020), « zéro gaspillage en agriculture », un projet soutenu par l'Union européenne et associant 32 pays, dont la Chine, qui vise à valoriser les agrodéchets en bioénergie, biofertilisants et bioplastiques biodégradables (PHA).



Stéphane Bruzaud est professeur à l'Université Bretagne Sud et chercheur à l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRDL), spécialisé dans l'ingénierie des matériaux. Basé à Lorient, il coordonne des recherches sur l'ingénierie des biopolymères et sur la fabrication de bioplastiques à partir de procédés biotechnologiques.

Il développe également des recherches sur l'évaluation de la pollution de l'environnement par les plastiques et a participé à l'étude scientifique de Tara Méditerranée, visant à mieux comprendre les impacts du plastique sur l'écosystème méditerranéen.

Il pilote par ailleurs le projet BlueEcoPHA, soutenu par l'ADEME et associant des industriels du Grand Ouest, qui vise à produire un bioplastique biosourcé et biodégradable (PHA) à l'échelle locale à partir de coproduits des industries agroalimentaires et en utilisant des bactéries marines.



Jean-François Ghiglione est directeur de recherche CNRS à l'Observatoire Océanologique de Banyuls. Il coordonne l'équipe Écotoxicologie et ingénierie métabolique microbienne marine au sein du laboratoire d'Océanographie Microbienne (LOMIC, UMR 7621).

Il est membre du comité de direction du GDR Polymères et Océans et cofondateur de la société Plastic@Sea.

Il est coordinateur de plusieurs programmes scientifiques sur le devenir, la biodégradation et la toxicité des plastiques en milieu marin et il est responsable scientifique de la mission Tara Microplastiques 2019.



INTRODUCTION ENJEUX ET PERSPECTIVES

LES ENJEUX

LE PLASTIQUE, UN MATÉRIAU INCONTOURNABLE DANS L'ÉCONOMIE MODERNE...

Le mot « plastique » dérive du latin « *plasticus* », lui-même issu du grec ancien « *plastikós* », qui signifie « relatif au modelage ». Et c'est bien cette formidable « plasticité », cette absence de restriction dans la forme qu'on peut lui donner, alliée à un prix peu élevé, qui explique que ce matériau est devenu incontournable dans notre économie moderne. D'autant qu'il cumule d'autres précieuses qualités, parmi lesquelles une faible densité et un ratio résistance/poids élevé, l'hydrophobicité, l'inertie biologique, la déformabilité et la résistance mécanique.

Le mot « plastique » ne fait donc aucune référence à l'origine de la matière (végétale, fossile, etc.) ni à son aptitude à la biodégradation.

Aujourd'hui, les plastiques constituent un élément clé pour des secteurs aussi variés que les emballages, la construction, le transport, la santé ou l'électronique. Ils représentent par exemple environ 15 % du poids d'une voiture et environ 50 % d'un Boeing Dreamliner⁽¹⁾.

La production mondiale de plastiques a été multipliée par vingt au cours du dernier demi-siècle, passant de 15 millions de tonnes en 1964 à 311 millions de tonnes en 2014. Selon la Fondation Ellen MacArthur, elle devrait encore doubler dans les vingt prochaines années et presque quadrupler d'ici à 2050⁽¹⁾. Elle a atteint 320 millions de tonnes en 2015, 335 millions de tonnes en 2016 et 348 millions de tonnes en 2017.

Le plastique est devenu une source de richesse (27,5 milliards d'euros de contribution aux finances publiques dans les pays européens) et d'emplois (plus de 1,5 million d'emplois en Europe)⁽²⁾.

Principale application, les emballages plastiques représentent 26 % du volume total des plastiques produits⁽¹⁾. Peu chers, légers et dotés de performances élevées, « *les emballages plastiques*

peuvent en outre avoir un effet positif sur l'environnement : leur faible poids permet en effet de diminuer la consommation de carburant nécessaire au transport et ses propriétés protectrices permettent une meilleure conservation des aliments, ce qui réduit le gaspillage alimentaire », souligne la Fondation Ellen MacArthur, qui s'est donné pour mission d'accélérer la transition vers l'économie circulaire.

« L'emballage plastique constitue l'élément essentiel de prévention des contaminations extérieures (chimiques ou microbiennes), de préservation de la qualité, de traçabilité des produits et de réduction des pertes et gaspillages en protégeant les aliments », constate également Nathalie Gontard, directrice de recherche à l'INRA⁽²⁾.

Résultat : les plastiques remplacent de plus en plus les autres matériaux d'emballage. Entre 2000 et 2015, ils sont ainsi passés de 17 % à 25 % du volume total des emballages, du fait d'une forte croissance du marché mondial des emballages plastiques de 5 % par an. En 2013, le secteur a mis sur le marché 78 millions de tonnes d'emballages plastiques. Un volume qui devrait continuer à progresser fortement selon la Fondation Ellen MacArthur, doublant dans les 15 prochaines années et plus que quadruplant d'ici à 2050, pour atteindre 318 millions de tonnes par an - plus que l'ensemble du secteur des plastiques aujourd'hui⁽¹⁾.

... MAIS QUI ENGENDRE DES EXTERNALITÉS NÉGATIVES

Bien qu'elle offre de nombreux avantages, l'économie actuelle des plastiques repose sur l'essentiel sur une chaîne de valeur linéaire, fondée sur le triptyque « extraire-fabriquer-jeter », qui présente d'importants inconvénients économiques et environnementaux.

Dans le monde, seuls 14 % des emballages plastiques sont collectés pour être recyclés. Mais la majorité de ceux-ci sont transformés dans des applications de moindre valeur et ne sont pas recyclables après usage. Au final, si l'on intègre les pertes occasionnées lors du tri et du retraitement, seuls 5 % de la valeur des matériaux sont conservés pour un usage ultérieur⁽¹⁾. Après un premier cycle d'utilisation de courte durée,

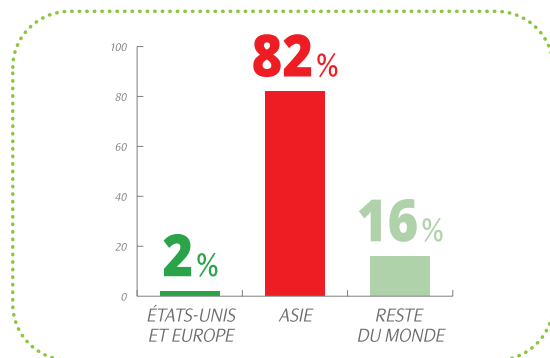
95 % de la valeur des matériaux d'emballages plastiques sont donc perdus chaque année, ce qui représente 80 à 120 milliards de dollars, estime la Fondation Ellen MacArthur.

De plus, selon le Programme des Nations unies pour l'Environnement, les emballages plastiques engendrent d'importantes externalités négatives, estimées à 40 milliards de dollars par an - un montant supérieur aux profits de l'industrie des

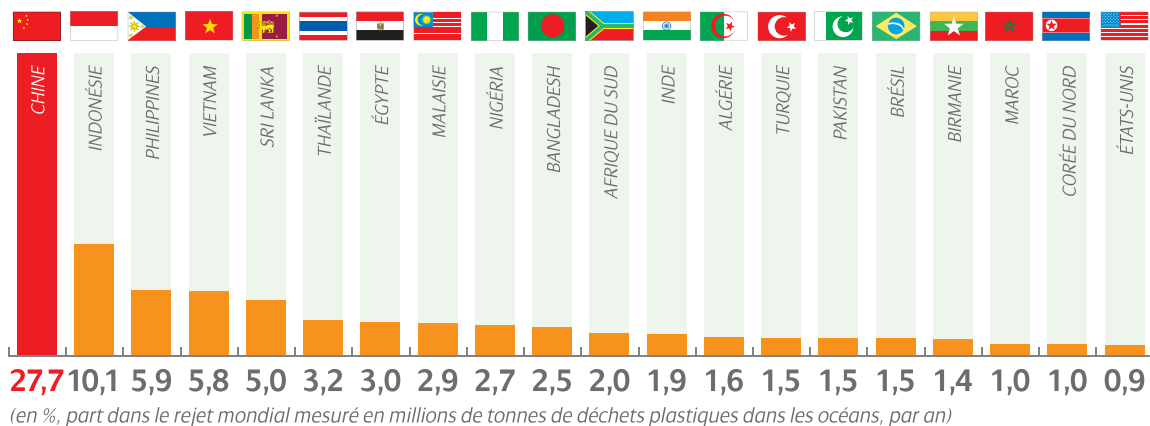
emballages plastiques dans son ensemble. Ces impacts négatifs sur l'environnement concernent principalement la dégradation des systèmes naturels liée aux fuites d'emballages plastiques, en particulier dans les océans, et les émissions de gaz à effet de serre lors de la production des plastiques et de l'incinération des déchets.

Répartition géographique des fuites de plastique vers les océans

Source : Fondation Ellen MacArthur, *Pour une nouvelle économie des plastiques*, 2017



Les principaux pays émetteurs de déchets plastiques dans les océans



Source : J. R. Jambeck et al, *Plastic waste inputs from land into the ocean*, Science, 2015

Ces fuites concernent les emballages qui n'entrent pas dans le système de collecte, parce qu'ils ne sont pas collectés, ou lorsqu'ils le sont, parce qu'ils sont par la suite jetés illégalement ou mal gérés. Ces fuites représentaient en 2013 au niveau mondial, selon la Fondation Ellen MacArthur, 32 % des emballages plastiques produits (14 % étant collectés pour être recyclés, 14 % étant incinérés ou faisant l'objet d'une valorisation énergétique, et 40 % étant mis en décharge).

UTILISATION DE RESSOURCES FOSSILES ET ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

La production des plastiques repose sur un stock limité de matières premières fossiles (pétrole et gaz), qui constituent plus de 90 % de sa matière première. Selon la Fondation Ellen MacArthur, environ 6 % (entre 4 % et 8 % selon les estimations) de la consommation mondiale de pétrole sont dédiés à la production de plastique, soit l'équivalent de la consommation mondiale du secteur aéronautique. À peu près la moitié de ces ressources fossiles sont utilisées comme matière première de fabrication, et l'autre moitié comme combustible dans le processus de production.

Quant aux émissions de CO₂ liées aux plastiques, elles auraient atteint environ 390 millions de tonnes en 2012, selon le calcul du Projet MainStream à partir de données de l'Agence internationale de l'énergie⁽¹⁾. Ce qui représente environ 1 % des émissions totales de CO₂. La phase de production produit l'essentiel de ces émissions, le reste du carbone libéré sous forme de gaz à effet de serre dépendant du traitement du produit en fin de vie.

Même si les plastiques permettent de réaliser des gains d'efficacité en termes d'utilisation des ressources durant leur période d'utilisation (du fait de leur légèreté en comparaison à d'autres matériaux), leur impact carbone n'est donc pas négligeable et pourrait fortement augmenter avec la hausse de la production.

DÉGRADATION DES SYSTÈMES NATURELS LIÉE AUX FUITES, EN PARTICULIER DANS LES OCÉANS

Chaque année, dans le monde, au moins 8 millions de tonnes de plastiques se frayent un chemin jusqu'aux écosystèmes marins – ce qui équivaut à décharger chaque minute le contenu d'un camion poubelle en mer. Si rien n'est mis en œuvre, ce nombre passera à deux par minute d'ici à 2030, et à quatre par minute d'ici à 2050, selon les calculs de la Fondation Ellen MacArthur⁽¹⁾.

Les emballages plastiques représentent l'essentiel de ces pertes. En effet, ils constituent la principale application des plastiques et du fait de leur petite

taille, de leur durée d'utilisation très courte et de leur faible valeur résiduelle, ils sont particulièrement susceptibles d'être perdus dans l'environnement. Les emballages plastiques représentent d'ailleurs plus de 62 % de l'ensemble des déchets recueillis lors des opérations internationales de nettoyage des côtes⁽¹⁾.

D'après les recherches disponibles actuellement, les océans contiennent aujourd'hui plus de 150 millions de tonnes de déchets plastiques⁽¹⁾. Et les prévisions tablent sur des stocks de 250 millions de tonnes en 2025. Selon le rapport *Stemming the Tide*, publié en 2015 par Ocean Conservancy, il pourrait ainsi y avoir en 2025 une tonne de plastique pour trois tonnes de poissons dans les océans... Et même autant de plastique que de poissons (en poids) d'ici à 2050, selon les projections de la Fondation Ellen MacArthur, qui tablent sur une croissance du flux annuel de déchets plastiques similaire à celui des emballages plastiques.

Comme le souligne le rapport *Stemming the Tide*, même si des efforts concertés étaient déployés en vue de réduire le flux de plastiques dans les océans, le volume des déchets arrivant dans les océans se stabiliserait, sans diminuer, ce qui conduirait à une augmentation continue du volume de plastiques dans les océans.

Les plastiques que l'on retrouve dans les océans ont un impact important sur le patrimoine maritime naturel. D'après *Valuing Plastic* (Programme des Nations unies pour l'Environnement), les dommages subis par les écosystèmes marins s'élevaient à au moins 13 milliards de dollars par an.

FOCUS SUR LA POLLUTION DES OCÉANS PAR LES PLASTIQUES

« LE 7^e CONTINENT »

En 1997, Charles Moore découvrait ce qu'on appelle depuis le « 7^e continent de plastique » : un vortex de déchets plastiques dans l'océan Pacifique Nord, qui s'étend sur une superficie de 3,5 millions de km² (six fois la France) et sur 30 mètres de profondeur⁽³⁾. Une zone d'accumulation créée par des courants marins appelés gyres océaniques.

Mais ce n'est pas un cas isolé : il existe quatre autres zones d'accumulation identifiées dans quatre autres gyres (Pacifique Sud, Atlantique Nord, Atlantique Sud et océan Indien). Dans ces vortex, on enregistre des concentrations de 5 kg de plastique par km²⁽⁴⁾.

Ramenée à la surface d'un terrain de football (environ 7 000 m²), cette concentration correspond à environ 35 grammes de plastique, soit le poids d'une bouteille plastique vide d'un litre et demi.

La Méditerranée, mer semi-fermée, dont les eaux ne se renouvellent que tous les 90 ans, n'est pas épargnée. Les expéditions Tara Méditerranée (2014) et Expédition Med (tous les ans depuis 2010) ont ainsi relevé des concentrations de microplastiques (particules de 0,3 à 5 mm) aussi élevées que dans le gyre du Pacifique Nord⁽⁴⁾. Les débris plastiques retrouvés à la surface de l'eau sont en effet dominés par les particules de taille inférieure à 5 mm, communément appelées microplastiques et issus de la fragmentation des plastiques.

« *Quel que soit le point de prélèvement en Méditerranée, on retrouve les mêmes types de plastiques à peu près dans les mêmes proportions : 70 à 75 % de polyéthylène (PE), qui permet notamment de fabriquer tous les emballages souples comme les sacs plastiques, les gobelets et différents objets à usage unique, et qui du fait de sa densité a tendance à flotter, et 20 à 25 % de polypropylène (PP)* », explique Stéphane Bruzaud, enseignant-chercheur à l'Université Bretagne Sud. « *On retrouve également des proportions significatives de polyamide (PA) ou de polystyrène (PS) à proximité des zones d'activité intense (touristique, portuaire, halieutique), par exemple au large de Marseille, de Toulon et dans la baie de Saint-Tropez - Fréjus - Saint-Raphaël.* »⁽³⁾

D'une densité inférieure à 1 et inertes vis-à-vis de l'eau, les plastiques flottent, dans un premier temps, à la surface des océans, explique le scientifique. Ils sont ensuite colonisés par les micro-organismes et deviennent de plus en plus lourds. Lorsque leur densité devient supérieure à 1, ils sont immergés. On considère ainsi que 70 % des plastiques sont immergés au fond des océans... Et lorsqu'ils atteignent le fond des océans, où il fait 4°C et où il y a peu de vie (des conditions peu favorables à la biodégradation), ils vont mettre des décennies, voire des siècles, à se dégrader.

Les « *estimations de surface* » de la masse de déchets plastiques dans les océans ne représentent que « *1 % des apports du continent* » (8 millions de tonnes déversées par an). Ce n'est que « *la partie émergée de l'iceberg* », souligne Jean-François Ghiglione, directeur de recherche CNRS et directeur adjoint de l'Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer. On considère que les 99 % restants sont immergés sous la surface, et vont ensuite « *soit être ingérés par les poissons, soit se loger dans les sédiments au fond des océans.* »⁽⁴⁾

« *Au niveau mondial, sur les 78 millions de tonnes d'emballages plastiques produits annuellement (chiffres 2013), 32 % sont dispersés de façon incontrôlée dans notre environnement et 40 % sont stockés dans des stations d'enfouissement ce qui signifie que 72% ne font pas l'objet d'une récupération et ont toutes les chances de finir, un jour, dispersés sur nos terres ou dans nos océans* », explique Nathalie Gontard⁽⁵⁾.

Selon Jean-François Ghiglione, on estime que 10 % des plastiques produits finiront en mer, que 80 % du plastique qui arrive en mer vient du continent, et que 30 % des déchets viennent des consommateurs^(4,6).

QUELLES CONSÉQUENCES POUR LES ÉCOSYSTÈMES MARINS ?

Les plastiques se fragmentent lentement en microparticules et lorsqu'ils atteignent la taille du plancton, les animaux qui s'en nourrissent - notamment les poissons - vont les absorber. « *Le plancton étant le maillon fondamental de la chaîne alimentaire en milieu marin, les plastiques infiltrent ainsi tous les niveaux de la chaîne alimentaire des océans* », souligne Stéphane Bruzaud⁽³⁾.

Dans les zones d'accumulation, la concentration de microplastiques observée est même comparable à celle du zooplancton dont se nourrissent les poissons qui finiront dans nos assiettes.

« *De plus, les déchets plastiques entraînent la mort chaque année de centaines de milliers de mammifères marins et d'oiseaux de mer, par étouffement, strangulation ou épuisement* », ajoute Stéphane Bruzaud.

« *Les effets désastreux de l'ingestion des débris de plastiques confondus avec des proies sont bien documentés, selon Jean-François Ghiglione. La tortue de mer, par exemple, ne fait pas la différence entre un sac plastique et une méduse, un animal dont elle se nourrit quotidiennement. L'IFREMER en Corse récupère ainsi de plus en plus de tortues mortes, remplies de plastiques.* »^(4,6)

Le premier danger pour ces animaux est en effet l'obstruction des voies aériennes, c'est-à-dire l'étouffement. Selon Jean-François Ghiglione, 1,4 million d'oiseaux sont ainsi retrouvés morts chaque année, remplis de plastiques, et 14 000 mammifères marins (tortues, etc.) sont tués chaque année par les plastiques. Le deuxième danger, ce sont les étranglements, notamment à cause des filets « fantômes », perdus en mer par des pêcheurs, qui représentent 10 % des déchets plastiques dans les océans⁽⁴⁾.

Les plastiques sont également des vecteurs de dispersion de composés toxiques qui peuvent aussi s'accumuler dans les chaînes alimentaires, précise

Jean-François Ghiglione. Ces composés peuvent être directement présents dans la composition des plastiques (additifs de type phtalates ou biphényles qui servent de plastifiant, stabilisant, retardateurs de flammes, etc.) ou bien s'adsorber à leur surface (hydrocarbures, pesticides, etc.). « Certains de ces polluants sont des perturbateurs endocriniens qui dérèglent la croissance, le développement, la pression artérielle, la glycémie et la reproduction des animaux qui l'ingèrent. Les effets sont observés à tous les maillons de la chaîne alimentaire », insiste le chercheur. Les microplastiques peuvent également servir de vecteurs de microorganismes pathogènes pouvant provoquer des maladies chez les animaux marins. Ils sont également colonisés par des larves d'espèces invasives qui sont susceptibles d'envahir un nouvel écosystème à des kilomètres de distance de la source de pollution et supplanter les espèces présentes ^(4,6).

DES EFFETS MAL CONNUS SUR LA SANTÉ HUMAINE

Synthétisés massivement depuis une cinquantaine d'années, les plastiques mettront des décennies, voire des siècles à se dégrader en microplastiques puis en nanoparticules de plastiques, explique Nathalie Gontard⁽⁵⁾, qui évoque une véritable « bombe à retardement »⁽²⁾. « Une fois cette taille nanométrique atteinte, soit approximativement d'ici la fin du XXI^e siècle, les plastiques accumulés auront alors toutes les facilités pour se répandre très largement et rapidement non seulement dans notre environnement mais aussi dans tous les organismes vivants, y compris le nôtre, avec des effets potentiellement redoutables très mal évalués à l'heure actuelle. »⁽⁵⁾

« Le plastique est aujourd'hui tellement répandu dans toutes les couches et tous les compartiments géologiques qu'il est désormais étudié comme marqueur stratigraphique de l'Anthropocène, cette époque géologique post-XVIII^e siècle qui se distingue par l'interférence de l'activité humaine avec les cycles naturels », souligne la scientifique ⁽²⁾.

« On retrouve aujourd'hui des nanoparticules de plastique dans les huîtres, la bière, le miel, le sel ou l'eau, parce que les nanoplastiques sont tellement volatils qu'ils réussissent à s'immiscer dans toutes les ressources, précise Stéphane Bruzaud. À ce jour, les impacts sur la santé humaine sont peu connus. »⁽³⁾

« Si les poissons sont consommés sans leur estomac où s'accumulent les microplastiques, une étude de l'Université de Gand sur les moules de Mer du Nord a montré que le consommateur ingère 300 nanoparticules plastiques dans chaque portion de moule ⁽³⁾. Une étude récente américaine a également montré que les eaux embouteillées de 11 marques étaient polluées à 93% par plus de 300 particules et jusqu'à 10 000 particules de microplastiques par litre, ce qui est bien supérieur à ce qui peut être trouvé dans l'eau du robinet. », indique Jean-François Ghiglione.

QUELLES SOLUTIONS ?

NETTOYER LES MERS ET LES OCÉANS ? ILLUSOIRE !

Le projet a été baptisé « *The Ocean Cleanup* » : Boyan Slat, un jeune Néerlandais de 22 ans, est parti à l'été 2018, après avoir levé 20 millions d'euros, pour nettoyer le gyre du Pacifique Nord (« le 7^e continent ») avec un barrage flottant de 120 mètres de long qui récupère les déchets... Avant de s'attaquer à d'autres zones d'accumulation identifiées dans les océans.

« Cela revient à ratisser une superficie qui fait six fois la France avec un râteau de 120 mètres, constate Jean-François Ghiglione. Quand l'expédition sera de retour en 2025, les océans auront accumulé 400 fois plus de plastique que ce qui aura été récolté. De plus, cette initiative ne récolte que les macro-déchets de surface, qui ne représentent que 1 % du plastique total présent en mer. »⁽⁴⁾

D'autres initiatives du même type ont vu le jour, comme le projet Manta (« *The Sea Cleaner* »), du navigateur franco-suisse Yvan Bourgnon, qui vise, avec un bateau écologique de 49 mètres de large et de 70 mètres de long, à collecter le plastique des océans pour le recycler ou le transformer en carburant. Coût du projet : 30 millions d'euros. Départ prévu en 2022.

Le projet « *Plastic Odyssey* », des jeunes Français Simon Bernard et Alexandre Dechelotte, mise, lui, sur un catamaran écologique qui transforme le plastique en carburant grâce à un pyrolyseur et se propulse grâce aux déchets plastiques. Le bateau peut produire en une heure 3 litres de carburant à partir de 5 kilos de déchets.

Tous ces projets ont le mérite de sensibiliser l'opinion mondiale au problème de la pollution des océans par les plastiques et à la nécessité d'agir. Ils mettent également en avant des innovations technologiques intéressantes... Mais ils ne permettront pas de « nettoyer les océans. »

« Il n'y a pas un continent de plastique qu'il suffirait d'aller nettoyer avec un grand filet », précise d'ailleurs lui-même Alexandre Dechelotte, cofondateur de *Plastic Odyssey* au quotidien *Le Monde*. « On ne pourra pas nettoyer nos océans de nos déchets plastiques des cinquante dernières années. Par contre, nous avons une responsabilité collective à endiguer le flux et à amorcer la transition. »

« La surface est trop importante à couvrir » pour que ces projets ne soient pas « illusoire à l'échelle des océans », estime également Stéphane Bruzaud. D'autant que se posent également deux questions difficiles : « que fait-on des déchets récupérés ? » et « qui paye le coût très élevé du nettoyage dans les eaux internationales ? ». La solution n'est donc pas en mer. Et il ne s'agit d'ailleurs pas de « résoudre le problème », mais de faire en sorte « qu'il ne s'aggrave pas encore plus. »⁽³⁾

SE PASSER DE PLASTIQUE ? IMPOSSIBLE, TROP D'INCONVÉNIENT !

Un monde sans plastique est-il aujourd'hui possible ? Non, répond Stéphane Bruzaud. « Ces matériaux sont souvent critiqués mais ils restent incontournables car ils présentent de réelles qualités (résistance, légèreté, prix, etc.). Aujourd'hui, on ne peut pas se passer de plastique car ce matériau reste indispensable pour de nombreux secteurs industriels comme le biomédical, l'automobile, l'aéronautique ou le bâtiment. »⁽³⁾

« Aujourd'hui, imaginer un monde sans plastiques est presque impossible. Les plastiques sont de plus en plus utilisés dans l'ensemble de l'économie et constituent un élément clé pour des secteurs aussi variés que les emballages, la construction, le transport, la santé ou l'électronique », estime également la Fondation Ellen MacArthur⁽¹⁾.

Dans le domaine des emballages, il n'est pas évident de remplacer ce matériau car les alternatives au plastique présentent de nombreux inconvénients. Les sacs en papier, par exemple, ne peuvent pas être autant compactés que les sacs en plastique. On estime ainsi que pour un même nombre d'emballages, il faut environ cinq fois plus de camions pour transporter les emballages en papier que les emballages en plastique. Les sacs en papier offrent également des capacités nettement moindres en termes de résistance et de volume transporté. Sans parler de leur sensibilité à l'humidité, à la pluie, et à tout liquide qui peut s'écouler à l'intérieur de l'emballage, ni de son bilan écologique qui n'est pas des plus flatteurs malgré certains *a priori*.

RÉDUIRE L'UTILISATION, EN PARTICULIER POUR LES PLASTIQUES À USAGE UNIQUE

La réduction à la source de l'utilisation des emballages plastiques à usage unique est l'un des objectifs de plusieurs lois récentes et en particulier de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (*lire p. 30-31*).

Aujourd'hui, les sacs plastiques à usage unique distribués en caisse sont interdits. Pour les autres sacs distribués sur les lieux de vente (au rayon fruits et légumes, fromagerie ou boucherie par exemple), seuls restent autorisés les sacs biosourcés (avec une teneur minimale en matière végétale de 40 % en 2018-2019, de 50 % en 2020 et de 60 % en 2025) et compostables en compostage domestique. La vaisselle en plastique jetable (gobelets, verres, etc.) sera soumise aux mêmes conditions à partir de 2020.

Interdits également par la loi pour la reconquête de la biodiversité : les gommages exfoliants contenant des microbilles de plastique (depuis 2018) et les Cotons-Tiges en plastique (à partir de 2020). La liste des ustensiles plastiques interdits (à partir de 2020) s'allonge également avec la loi EGalim et la loi Pacte : pailles, assiettes jetables, couverts, bâtonnets mélangeurs pour boissons, plateaux-repas, pots à glace, piques à steak, couvercles à verre jetables... Tandis que la directive européenne *Single-Use Plastics* (SUP) prévoit de son côté l'interdiction de huit produits à usage unique pour lesquels des alternatives existent : bâtonnets de coton, couverts, assiettes, pailles, contenants alimentaires et gobelets en PSE, touillettes et tiges pour ballons en plastique.

Le « suremballage », souvent motivé par des raisons marketing, peut également être réduit. Dans son plaidoyer pour une « Nouvelle Économie des plastiques », la Fondation Ellen MacArthur préconise également, entre autres, de « renforcer l'adoption d'emballages réutilisables, en priorité dans les applications professionnelles, mais également dans certaines applications ciblées pour les consommateurs, telles que les sacs plastiques », estimant que « la réutilisation constitue une opportunité économique intéressante pour au moins 20% des emballages plastiques. »⁽¹⁾

RECYCLAGE : DES ATOUTS MAIS AUSSI DES LIMITES

« 100 % des plastiques recyclés à l'horizon 2025 » : tel est l'objectif ambitieux que s'est fixé la France lors de la présentation de son Plan Climat en juillet 2017. Dans une perspective d'économie circulaire, on considère généralement que, lorsque cela est possible, le recyclage matière est préférable au recyclage organique (compostage ou méthanisation), car le premier garde les matériaux dans l'économie, alors qu'avec le second, le plastique se décompose en éléments de moindre valeur, tels que l'eau et le CO₂.

Mais la pratique n'est pas aussi simple que la théorie. Selon la Fondation Ellen MacArthur, aujourd'hui, à l'échelle mondiale, seuls 14 % des emballages plastiques sont recyclés et seulement 2 % en circuit fermé, c'est-à-dire pour une utilisation similaire (« bouteille à bouteille », par exemple). En effet, 8 % sont recyclés en circuit ouvert, c'est-à-dire pour des applications différentes (pour fabriquer un pull, par exemple)... Et 4 % sont perdus au cours du processus de recyclage⁽¹⁾.

Le taux de recyclage des plastiques au sens large est encore plus bas que celui des emballages plastiques et bien en deçà des taux de recyclage mondiaux pour le papier (58 %), le fer (70 %) ou l'acier (90 %). Les plastiques paient le prix de leur légèreté, cause principale limitant le taux de recyclage.

La Fondation Ellen MacArthur estime néanmoins qu'« avec des efforts concertés sur la conception et les systèmes de traitement après usage, le recyclage présenterait un intérêt économique pour 50 % des emballages plastiques non réutilisables » – soit 40 % des emballages plastiques utilisés actuellement. Une étude récente a également montré qu'en Europe, 53 % des emballages plastiques pourraient être efficacement recyclés avec des retombées économiques et environnementales positives⁽¹⁾.

Mais le recyclage montre également des limites. Dans le cas du circuit ouvert (ou recyclage en cascade), par exemple pour fabriquer un pull, « les fibres du pull usagé étant chargées de nombreux additifs, colorants, contaminants, etc., la dégradation du polymère les rend impropres pour un recyclage visant un usage similaire, explique Nathalie Gontard. Il convient ici de parler de "décyclage" plutôt que de recyclage. »⁽²⁾

Par ailleurs, dans le cas du circuit fermé, « le recyclage thermomécanique tel qu'il est actuellement appliqué dans les technologies "bouteille

à bouteille" implique une détérioration des propriétés du matériau en endommageant ou en raccourcissant les chaînes polymères du PET et par la présence de contaminants et d'impuretés provenant de produits de pré-utilisation et de dégradation des monomères et des additifs, entraînant une réduction du cycle du matériau. La sécurité des plastiques recyclés pour le contact alimentaire, par nature, nécessite la récupération de matériaux vierges qui ne pourraient pas être atteints avec un faible coût environnemental en utilisant les méthodologies actuelles. Le recyclage n'est pas la solution unique à déployer pour résoudre le problème de l'économie plastique. Des solutions d'emballage alternatives doivent être déployées »⁽⁷⁾.

« De plus, recycler en circuit fermé signifie collecter, trier, décontaminer et repolymériser un plastique qui se dégrade au cours du procédé de recyclage. Les contraintes logistiques de collecte sont importantes, la consommation d'énergie des multiples étapes se discute et sa probabilité de contamination dangereuse également. Aussi, le nombre maximal de cycles de décontamination est limité et le plastique recyclé doit être mélangé à du vierge. »⁽²⁾

Résultat : seuls les plastiques de type bouteilles en PET – qui représentent moins de 10 % des plastiques consommés – peuvent se plier aux contraintes du recyclage en boucle fermée et être régénérés pour une utilisation identique. De plus, aujourd'hui, en Europe, seule la moitié du PET est collectée pour être recyclée, et 7 % seulement sont recyclés de bouteille à bouteille⁽⁷⁾.

« Pour des raisons de sécurité du consommateur (risque de contamination) et technologiques (propriétés différentes du polymère vierge), le taux de recyclage en boucle fermée s'avère ainsi extrêmement faible ; il peut théoriquement atteindre un maximum de 5 % des plastiques usagés, explique Nathalie Gontard. Soulignons ici que le recyclage d'une matière ne s'inscrit dans un principe d'économie circulaire que si la boucle peut être reproduite à l'infini, ce qui est quasiment le cas pour le verre ou le métal. Les matériaux biodégradables se situent naturellement dans le cycle biologique de la matière organique, qui leur assure un renouvellement illimité (à condition cependant que la vitesse de consommation reste compatible avec celle de production). Le recyclage du plastique n'est donc pas un sésame pour épargner à notre écosystème terrestre les méfaits potentiels de ses déchets, même s'il peut modestement contribuer à les retarder. Ne nous laissons pas aveugler par le mirage du tout-recyclage, qui ne peut résoudre à lui seul le gros problème de gestion post-usage des déchets plastiques. »⁽²⁾

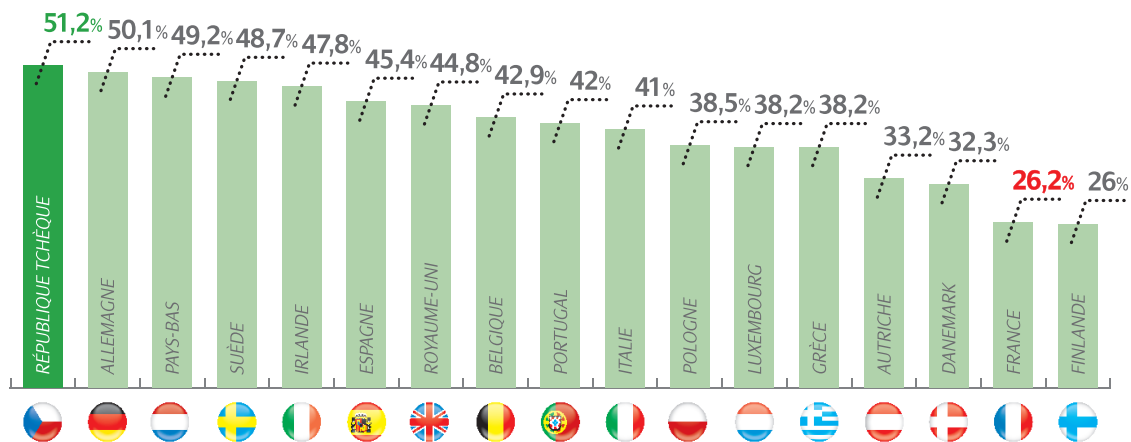


LE RECYCLAGE DES EMBALLAGES PLASTIQUES EN EUROPE ET EN FRANCE

En Europe, le taux de recyclage des emballages plastiques a atteint 40,8 % en 2016 selon le rapport annuel de *Plastics Europe*, la France faisant figure de mauvaise élève, puisque elle pointe au 29^e rang sur 30 pays, avec un taux de recyclage de 26,2 %. La République tchèque (51,2 %) et l'Allemagne (50,1 %) sont les mieux classées, suivies par les Pays-Bas (49,2 %), la Suède (48,7 %), l'Irlande (47,8 %), l'Espagne (45,4 %), le Royaume-Uni (44,8 %). Puis viennent, entre autres, la Belgique (42,9 %), la Norvège (42,4 %), l'Italie (41,0 %) ou le Danemark (32,3 %) ; la Finlande (26,0 %) fermant la marche, juste derrière la France.

En France, seuls les bouteilles et les flacons en plastique (PET et PEHD) étaient jusqu'ici recyclables. En 2016, le taux de recyclage français était de 26 % pour l'ensemble des emballages plastiques, atteignant 55 % pour les bouteilles, mais seulement 1 % pour les pots et barquettes ou pour les films, selon les chiffres du Comité technique pour le recyclage des emballages plastiques (Cotrep). L'organisme de collecte Citeo a prévu de généraliser progressivement le tri à l'ensemble des emballages plastiques, dont les pots, barquettes et films plastiques, d'ici 2022. Fin 2016, un quart des Français étaient en mesure de recycler l'ensemble des plastiques, soit plus de 15 millions de personnes contre 3,7 millions en 2014, selon le Cotrep.

Les taux de recyclage des emballages plastiques en 2016



Source : Plastic Europe

LES BIOPLASTIQUES BIOSOURCÉS ET BIODÉGRADABLES

Malgré toutes les actions menées pour améliorer les infrastructures de collecte et de traitement, les fuites d'emballages plastiques dans l'environnement ne pourront pas être complètement éliminées – et même avec un taux de fuite de seulement 1%, environ un million de tonnes d'emballages plastiques sortiraient du système de collecte et seraient déversés dans la nature chaque année. Il faut donc absolument réduire l'impact environnemental négatif des emballages plastiques qui échappent aux systèmes de collecte et de traitement soit par l'absence de tri, soit par des fuites accidentelles dans l'environnement. Et donc investir dans la création de nouveaux emballages inoffensifs pour l'environnement. Des plastiques qui, dans l'idéal, seraient biodégradables en conditions naturelles dans les sols et les milieux aquatiques (mers et rivières).

« *L'idée est de fabriquer des plastiques avec une autre ressource que le pétrole, des coproduits végétaux par exemple, et qui, en fin de vie, sont biodégradables, c'est-à-dire capables de se décomposer naturellement, sans persister des années et des décennies dans l'environnement* », explique Stéphane Bruzard ⁽³⁾. Autrement dit, des plastiques à la fois « biosourcés » et « biodégradables ».

De plus, l'utilisation de matières premières renouvelables permet à la fois de préserver les ressources fossiles et de réduire les émissions de carbone à la fois durant la phase d'utilisation, mais également durant la phase de production.

Les bioplastiques biosourcés et biodégradables font l'objet de nombreuses recherches. Si aujourd'hui, la loi fixe la teneur biosourcée minimale des sacs plastique à usage unique (30 % à partir du 1^{er} janvier 2017, 40 % à partir du 1^{er} janvier 2018, 50 % à partir du 1^{er} janvier 2020 et 60 % à partir du 1^{er} janvier 2025), elle vise à concevoir des bioplastiques 100 % biosourcés et biodégradables. Ces matériaux trouvent aujourd'hui des applications industrielles. Ils représentent en particulier une solution intéressante pour le recyclage organique des biodéchets. C'est le sujet de la deuxième partie de ce rapport d'information.

L'IMPORTANCE DU COMPORTEMENT ET DE L'INFORMATION DU CONSOMMATEUR

Ne pas jeter, réduire, réutiliser, recycler, composter... Comme pour les autres matériaux, toutes les solutions envisagées pour réduire la pollution plastique reposent également sur l'adoption de comportement vertueux. La sensibilisation, l'éducation et l'information des citoyens sont donc au cœur de toutes les politiques menées pour mieux gérer la fin de vie des plastiques, et en particulier pour optimiser le tri à la source et la collecte des emballages.

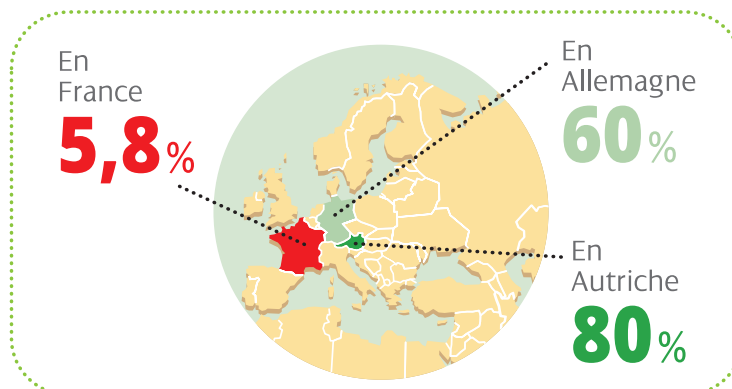
C'est un élément clé en particulier pour le développement des « bioplastiques » biosourcés et biodégradables, dont la fin de vie la plus pertinente est le compostage domestique ou industriel. Le sujet met en effet en œuvre des notions complexes, qui peuvent faire naître certaines confusions. C'est un point sur lequel nous reviendrons également dans la deuxième partie.

LA NÉCESSITÉ D'ORGANISER DES FILIÈRES DE TRI, DE COLLECTE ET DE VALORISATION, EN PARTICULIER POUR LES BIODÉCHETS

Le succès des stratégies de valorisation, qu'elle soit matière (recyclage), organique (compostage précédé ou non de méthanisation) ou énergétique (incinération avec production d'énergie), dépend en premier lieu de la qualité du tri et de la collecte. Les citoyens doivent en effet pouvoir disposer de filières efficaces.

C'est le cas en particulier pour les biodéchets, qui peuvent être collectés avec leur emballage biodégradable, comme c'est le cas dans de nombreuses villes européennes et dans certaines villes françaises, malheureusement, à ce jour, trop peu nombreuses. Ce sera d'ailleurs le sujet du dernier chapitre de ce document.

Les taux de collecte des biodéchets en France, en Allemagne et en Autriche



Source : ADEME, 2013

LES TAUX DE COLLECTE SÉPARÉE DES BIODÉCHETS EN EUROPE

Pays / région	Taux de collecte séparée des biodéchets
FRANCE	5,8%
ALLEMAGNE	60%
AUTRICHE	80%
ITALIE	41%
BELGIQUE	
→ Flandre	67%
→ Wallonie	50%
ESPAGNE	
→ Catalogne	50%
ROYAUME-UNI	
→ Angleterre	53%

Source : ADEME, 2013

LES BIOPLASTIQUES BIOSOURCÉS ET BIODÉGRADABLES

LES « BIOPLASTIQUES », QU'EST-CE QUE C'EST ? LES BIOPLASTIQUES : BIOSOURCÉS ET/OU BIODÉGRADABLES

Très utilisé, le terme de « bioplastique » peut prêter à confusion car il désigne des matériaux de nature et de propriétés différentes. Le préfixe « bio » peut en effet faire référence soit à l'origine biologique du plastique (« biosourcé ») soit à sa fin de vie (« biodégradable ») - et même parfois à son utilisation dans le domaine médical (« biomédical », « biocompatible »).

Or, certains plastiques biosourcés, c'est-à-dire fabriqués à partir de ressources biologiques renouvelables - le plus souvent végétales - ne sont pas biodégradables, c'est-à-dire assimilables par les micro-organismes (voir exemples dans le tableau ci-dessous). Et inversement, certains plastiques issus de la pétrochimie (donc non biosourcés) sont biodégradables.

Enfin, une troisième catégorie de plastiques cumule les deux propriétés et sont à la fois biosourcés et biodégradables, comme les poly-

mères à base de fécula de pommes de terre, d'amidon ou de cellulose, le PLA (acide polylactique), les PHA (polyhydroxy-alcanoates) ou le bio-PBS (poly(butylène succinate)). Ce sont bien sûr les plus intéressants. D'ailleurs la définition française, parue au *Journal officiel* du 22 décembre 2016, réserve le terme de « bioplastique » à ces matériaux à la fois biosourcés et biodégradables.

Les « bioplastiques » regroupent donc un grand nombre de matériaux qui sont soit biosourcés, soit biodégradables, soit les deux. C'est pour cette raison que le terme de « bioplastique » ne peut se suffire à lui-même et qu'il convient de préciser, à chaque fois que l'on utilise ce mot, quelle est l'origine (biosourcé ou non) et la fin de vie (biodégradable ou non) du plastique.

Selon Nathalie Gontard, « cette confusion, en créant de la méfiance, porte préjudice aux bioplastiques depuis le début, d'autant que certains industriels profitent de cette confusion pour faire du "green washing" sur certains matériaux sans que les bénéfices environnementaux soient clairs. Un bio-PE ou un bio-PET, qui n'est pas biodégradable, n'a par exemple aucun intérêt du point de vue de la problématique des déchets plastiques. Si l'on veut décrypter les réels intérêts potentiels des nombreuses initiatives qui existent dans ce domaine, il faut d'abord clarifier la définition du terme « bio ». On ne peut pas se contenter du mot "bioplastique" sans risquer de partir sur de fausses pistes. »⁽⁶⁾

EXEMPLES DE DIFFÉRENTS TYPES DE PLASTIQUES CLASSÉS EN FONCTION DE LEUR ORIGINE (BIOSOURCÉS OU NON) ET DE LEUR FIN DE VIE (BIODÉGRADABLES OU NON)

Origine / Fin de vie	Issus de la biomasse (biosourcés)	Issus de la pétrochimie (non biosourcés)
Biodégradable (au minimum en conditions de compost industriel)	<ul style="list-style-type: none"> - Polymères à base de fécula de pommes de terre, d'amidon ou de cellulose - PHA (polyhydroxy-alcanoates) - PLA (acide polylactique) - bio-PBS (poly(butylène succinate)) 	<ul style="list-style-type: none"> - PCL (polycaprolactone) - PBAT (polybutylène adipate-co-téréphtalate) - PBS (polybutylène succinate) - copolyesters
Non biodégradable	<ul style="list-style-type: none"> - bio-PE (bio-polyéthylène) - bio-PET (bio-téréphtalate d'éthylène) - bio-PTT (bio-polytéréphtalate de triméthylène) - polyamides (PA) et polyuréthanes (PUR) biosourcés 	<ul style="list-style-type: none"> - PE (polyéthylène) - PET (téréphtalate d'éthylène) - PS (polystyrène) - PP (polypropylène) - PVC (polychlorure de vinyle) - PA (polyamides) et PUR (polyuréthanes)



LES PLASTIQUES « OXO-DÉGRADABLES » OU « FRAGMENTABLES » NE SONT PAS DES BIOPLASTIQUES ET NE SONT PAS BIODÉGRADABLES

Ces dernières années, des plastiques qualifiés d'« oxo-dégradables », de « fragmentables », d'« oxo-fragmentables », voire de « biofragmentables » ou même d'« oxo-biodégradables », sont apparus sur le marché. Ce ne sont pas des « bioplastiques » car ils ne sont ni biosourcés ni biodégradables.

Il s'agit en fait de polymères d'origine pétrochimique contenant des additifs oxydants minéraux favorisant leur dégradation en petits morceaux (jusqu'à devenir même invisibles à l'œil nu). Ces plastiques peuvent en effet se fragmenter, sous certaines conditions (lumière, chaleur, etc.), mais ne sont pas biodégradables selon les normes en vigueur (EN 13432 ou NF T51-800). Par ailleurs, ces additifs contiendraient des métaux lourds dont on ne connaît pas actuellement les effets sur l'environnement.

Ces plastiques ont d'ailleurs été interdits par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte pour les applications emballages et sacs (article 75, II) : « *La production, la distribution, la vente, la mise à disposition et l'utilisation d'emballages ou de sacs fabriqués, en tout ou partie, à partir de plastique oxo-fragmentable sont interdites. Un plastique oxo-fragmentable est dégradé mais non assimilable par les micro-organismes et non compostable conformément aux normes en vigueur applicables pour la valorisation organique des plastiques* ». Pour d'autres applications, telles que le paillage agricole, ces plastiques fragmentables sont toujours autorisés. Mais cela ne devrait pas durer car la nouvelle directive européenne *Single-Use Plastics* (SUP), approuvée par le Parlement européen le 27 mars 2019, prévoit l'interdiction de ces plastiques oxo-dégradables pour tous les usages, y compris pour le paillage agricole.

1. LES PLASTIQUES BIOSOURCÉS

QU'APPELLE-T-ON PLASTIQUES « BIOSOURCÉS » ? DES PLASTIQUES ISSUS DE RESSOURCES BILOGIQUES RENOUVELABLES

Les bioplastiques biosourcés sont fabriqués, en partie ou en totalité, à partir de ressources biologiques renouvelables, le plus souvent végétales.

Les sources de matières premières sont très variées. « *On retrouve tout ce qui touche à la biomasse, à la matière organique, en particulier*

les amidons, les sucres et les huiles végétales », résume Stéphane Bruzard⁽⁹⁾.

L'amidon et les sucres sont extraits de la pomme de terre, de la canne à sucre, de la betterave, du maïs, du blé, du riz, etc. Quant aux huiles végétales, elles peuvent provenir par exemple du tournesol, du lin, du soja, voire du palmier ou de l'olivier.

Des fibres naturelles, telles que le coton, le jute, le chanvre et le bois, peuvent également être utilisées pour fabriquer des plastiques biosourcés, ainsi que des protéines et des lipides provenant du monde animal, comme la caséine, le lactosérum, les matières grasses ou la gélatine.

La fabrication des plastiques à partir de matières premières végétales est réalisée en utilisant soit des processus chimiques (hydrolyse, déshydratation, etc.), soit des processus biotechnologiques (fermentation, extraction, etc.). Certains polymères, comme les PHA, sont ainsi produits à partir de ressources végétales par des bactéries.

Certains polymères biosourcés possèdent une structure identique à celle des polymères d'origine fossile (comme le PE et le PET issus de

la canne à sucre par exemple) tandis que d'autres ont une structure innovante, différente de celles des polymères pétrochimiques existants (comme le PLA issu d'amidon)⁽¹⁰⁾.

« On sait faire des matières plastiques à partir de ressources végétales, résume Stéphane Bruzaud. Aujourd'hui, tous les grands plastiques peuvent être reproduits avec de la matière végétale, au moins au stade de la recherche et développement. »⁽⁹⁾

QUE DIT LA LOI ? AU MOINS 40 % DE MATIÈRE BIOSOURCÉE

Le décret d'application de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte concernant les sacs plastiques à usage unique définit la « matière biosourcée » comme « toute matière d'origine biologique à l'exclusion des matières intégrées dans des formations géologiques ou fossilisées ». Quant à la « teneur biosourcée », c'est le « pourcentage, exprimé en fraction de carbone total, de matières biosourcées contenues dans le sac, déterminé selon la méthode de calcul spécifiée par la norme internationale en vigueur relative à la détermination de la teneur en carbone biosourcé des plastiques » (normes ISO 16620-2 et CEN/TS 16640).

La loi fixe la teneur biosourcée minimale des sacs en matière plastique à usage unique à 30 % à partir du 1^{er} janvier 2017, 40 % à partir du 1^{er} janvier 2018, 50 % à partir du 1^{er} janvier 2020 et 60 % à partir du 1^{er} janvier 2025.

QUEL EST L'INTÉRÊT DES PLASTIQUES BIOSOURCÉS ? RÉDUIRE L'UTILISATION DES RESSOURCES FOSSILES

Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce document (*lire p.6*), même si les plastiques permettent de réaliser des gains d'efficacité en termes d'utilisation des ressources durant leur période d'utilisation (du fait de leur légèreté en comparaison à d'autres matériaux), leur bilan carbone n'est pas négligeable.

« Il est crucial de s'attaquer à l'impact des gaz à effet de serre au niveau de la production et du traitement après usage », estime ainsi la Fondation Ellen MacArthur. D'où l'intérêt de « découpler la production de plastiques de l'utilisation des matières premières fossiles ». « L'utilisation de

matières premières renouvelables permettrait au secteur des emballages plastiques de réduire ses émissions de carbone à la fois durant la phase d'utilisation, mais également durant sa phase de production – contribuant ainsi de manière efficace à un monde décarboné », souligne la Fondation⁽¹⁾.

L'utilisation de matières premières renouvelables pour la fabrication de plastiques est donc une solution pour réduire le recours aux ressources fossiles.

La production de plastiques biosourcés offre également des débouchés de valorisation de la biomasse (coproduits de l'agriculture et de l'agroalimentaire, déchets, ligno-cellulose, etc.)⁽¹⁰⁾.

QUELLE PRESSION SUR LES TERRES AGRICOLES ET QUELLE CONCURRENCE AVEC LES RESSOURCES ALIMENTAIRES ? UNE CONCURRENCE SUR LES TERRES AGRICOLES AUJOURD'HUI TRÈS LIMITÉE, DES PISTES DE RECHERCHE POUR ANTICIPER

La plupart des plastiques biosourcés actuellement commercialisés utilisant des matières premières végétales cultivées sur des terres agricoles, le risque que s'installe dans l'avenir une compétition sur l'utilisation des ressources alimentaires soulève des inquiétudes.

Ces préoccupations légitimes en matière de sécurité alimentaire et de pression sur les terres agricoles ne doivent cependant pas être exagérées. Car la production de polymères biosourcés, encore faible en volume, mobilise aujourd'hui très peu de ressources agricoles.

Selon des données publiées par *European Bioplastics*, la capacité mondiale de production de bioplastiques était de 2,11 million de tonnes en 2018, soit une utilisation de 0,81 million d'hectares de terres⁽¹¹⁾. Ce qui représente moins de 0,02 % de la superficie agricole mondiale (celle-ci étant de 4,9 milliards d'hectares). Cette part de 0,02 % des terres agricoles utilisées ne devrait être atteinte qu'en 2023 avec la progression prévue de la production mondiale de plastiques biosourcés à 2,6 millions de tonnes.

Une étude menée en 2010 par OWS, un laboratoire belge spécialisé dans l'évaluation de la biodégradabilité

et de la compostabilité, a par ailleurs conclu que si 10 % des plastiques du marché étaient des plastiques biosourcés, cela ne mobiliserait que 0,54 % de la surface agricole utile de l'Europe. Or aujourd'hui, les plastiques d'origine biologique ne représentent que 1 % des plastiques.

Mais pour éviter qu'à terme cette question puisse réellement se poser, la recherche s'oriente aujourd'hui sur la production de biopolymères à partir de ressources diversifiées n'entrant pas en concurrence avec les cultures vivrières. Il s'agit notamment de déchets organiques : résidus de récolte, sous-produits agroalimentaires, etc.

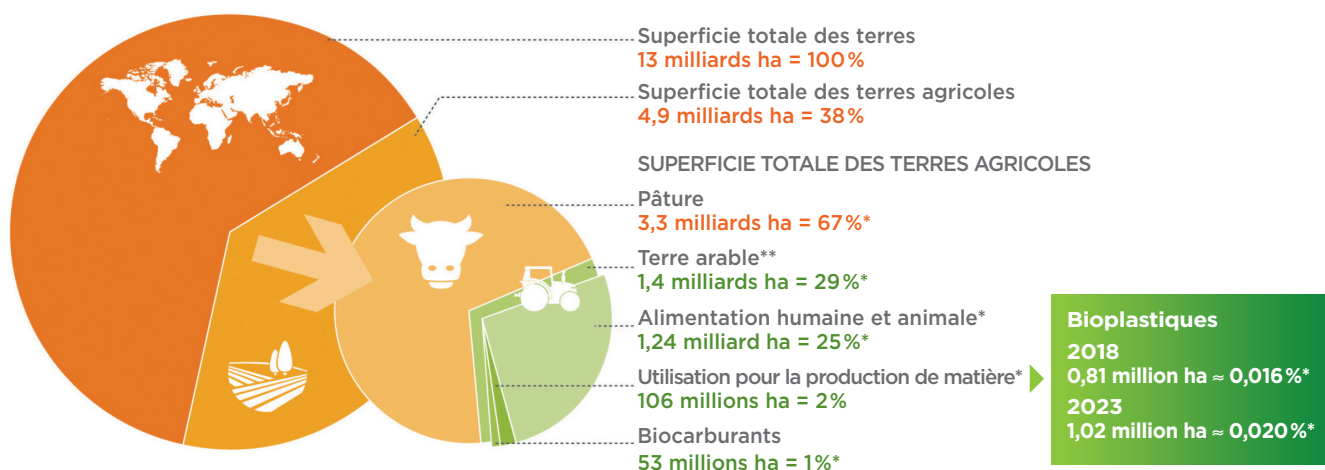
« Dans nos recherches, nous essayons de fabriquer des bioplastiques à partir de ressources non alimentaires et en essayant de valoriser des biodéchets, explique ainsi Stéphane Bruzaud. Ces coproduits végétaux vont pouvoir ainsi entrer dans un nouveau cycle de production industrielle selon le fameux concept d'économie circulaire. »⁽⁹⁾

« Il faut être réaliste : si l'on veut utiliser massivement ces matériaux biosourcés, il faut des

ressources disponibles, estime Nathalie Gontard. Or, actuellement, on utilise des ressources alimentaires, ou du moins des végétaux cultivés sur des terres agricoles. Pour anticiper, la recherche se tourne aujourd'hui vers des ressources biologiques qui ne risquent pas de poser un problème pour la sécurité alimentaire, c'est-à-dire des résidus qui ne sont utilisés ni pour l'alimentation humaine, ni pour l'alimentation animale. »⁽⁸⁾

« Détourner des ressources alimentaires dont la production est gourmande en pesticides et qui contribue à l'appauvrissement des sols aurait des effets néfastes sur la santé de l'environnement et sur la santé humaine, indique Jean-François Ghiglione. L'éco-conception doit être réfléchie en prenant en compte le cycle de vie complet des produits, de leur production à leur fin de vie, avec évidemment un suivi de leur impact environnemental. Le recyclage de déchets organiques en plastiques biosourcés est à mon avis la piste à suivre ».

Estimation de l'utilisation des terres pour les bioplastiques en 2018 et en 2023



*par rapport à la superficie totale des terres agricoles
** incluant les terres en jachère (approximativement 1%)

Sources : European Bioplastics (2018), FAO Stats (2014), nova-Institut (2018), and Institute for Bioplastics and Biocomposites (2016)

2. LES PLASTIQUES BIODÉGRADABLES ET COMPOSTABLES

LA BIODÉGRADABILITÉ, QU'EST-CE QUE C'EST ? UNE DÉFINITION QUI FAIT CONSENSUS

Comme le rappelle l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie), un matériau est dit « biodégradable » s'il peut être décomposé sous l'action des micro-organismes (bactéries, champignons, algues, vers de terre, etc.). Le résultat est la formation d'eau (H₂O), de dioxyde de carbone (CO₂) et/ou de méthane (CH₄), et de sous-produits (résidus, nouvelle biomasse) non toxiques pour l'environnement ⁽¹²⁾.

Cette définition, qui fait consensus, est utilisée dans au moins cinq normes en vigueur (ISO, CEN), dont la norme européenne et française NF EN 13432 portant sur les exigences relatives aux

« emballages valorisables par compostage et biodégradation ».

Il découle de cette définition que « la biodégradabilité est la capacité intrinsèque d'un matériau à être dégradé par une attaque microbienne, pour simplifier progressivement sa structure et finalement se convertir facilement en eau, CO₂ et/ou CH₄ et une nouvelle biomasse. » ⁽¹²⁾

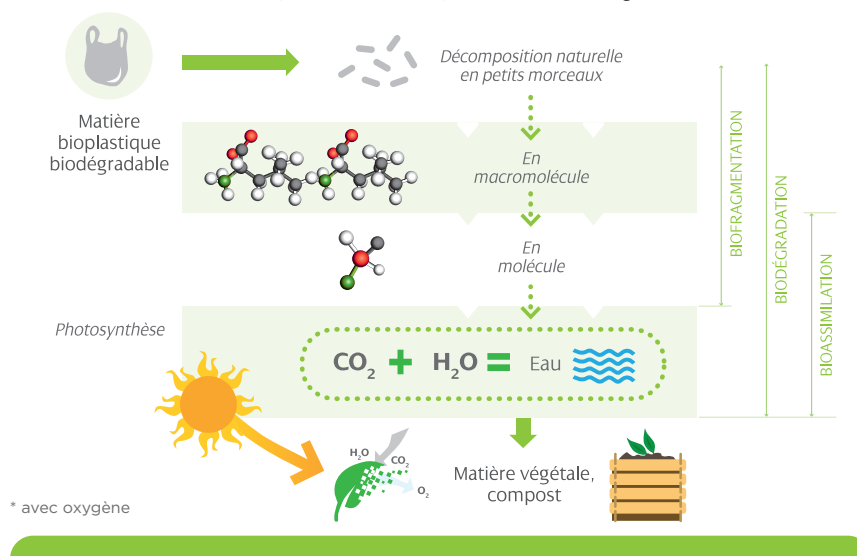
POURQUOI CE N'EST PAS SI SIMPLE ? LA BIODÉGRADATION DÉPEND DES CONDITIONS DE L'ENVIRONNEMENT

La biodégradation est influencée par les paramètres physico-chimiques (température, humidité, pH) et microbiologiques (quantité et nature des micro-organismes) du milieu dans lequel elle se produit.

« Pour avoir vraiment un sens, le terme " biodégradable " doit être précisé et relié non seulement à une durée, compatible avec notre échelle humaine, mais aussi à des conditions de biodégradation, souligne Stéphane Bruzaud. C'est ce qui fait toute l'ambiguïté de ce terme et la complexité de cette notion... Car à l'extrême, un plastique d'origine pétrochimique

Le processus de biodégradation aérobie*

Dans un environnement tempéré, humide avec présence de micro-organismes



non biodégradable, de type polyéthylène ou polystyrène, sera sûrement biodégradé au bout de quatre siècles. De même, un polymère biodégradable placé au pôle Nord, à - 20°C et en l'absence de bactéries, va être biodégradé beaucoup plus lentement que si on le met dans un compost industriel, avec de nombreux micro-organismes, à 50 ou 60°C et en présence d'humidité. »⁽⁹⁾

La biodégradation est en fait une succession de plusieurs phénomènes, qui se superposent partiellement. Ils vont être d'abord plutôt d'origine physique : le matériau va se fragmenter, se fissurer, notamment sous l'effet des chocs et du rayonnement du soleil. Lorsque la taille des particules devient plus petite, interviennent plutôt des phénomènes d'origine chimique : par exemple dans le cas des polyesters, l'eau va hydrolyser la fonction ester et couper la chaîne polymère à différents endroits. Enfin, lorsque les tailles des chaînes deviennent encore plus petites (poids moléculaire réduit et degré d'oxydation élevé), c'est la dégradation biologique qui va entrer en jeu : les micro-organismes (essentiellement les bactéries et les champignons) vont métaboliser ces chaînes grâce à leurs enzymes, le résultat final étant une production de biomasse microbienne et une minéralisation qui correspond à la production d'un mélange d'eau (H₂O) et de dioxyde de carbone (CO₂) et/ou de méthane (CH₄)⁽⁴⁾.

« La chaleur, l'humidité, la présence d'éléments nutritifs et de nombreux micro-organismes favorisent ce processus de biodégradation. Un plastique biodégradable se dégradera toujours beaucoup plus vite qu'un plastique qui ne l'est pas, mais le processus de biodégradation sera ralenti dans l'environnement si les conditions de biodégradation ne sont pas réunies », précise Jean-François Ghiglione.

C'est pour cette raison qu'en aucun cas les sacs plastiques biodégradables ne doivent être abandonnés dans la nature. C'est aussi pour cette raison que les bioplastiques biodégradables trouvent leur pertinence dans un scénario de fin de vie par compostage (domestique ou industriel) ou par méthanisation.

QU'EST-CE QUE LE COMPOSTAGE ? OPTIMISER ET CONTRÔLER LE PROCESSUS NATUREL DE BIODÉGRADATION

Selon la définition de l'ADEME, le compostage est un procédé de transformation aérobie (c'est-à-dire en présence d'oxygène, contrairement à la méthanisation qui est une réaction anaérobie,

c'est-à-dire sans oxygène) de matières fermentescibles dans des conditions contrôlées. Il permet l'obtention d'une matière fertilisante stabilisée, riche en composés humiques, le compost. Il s'accompagne d'un dégagement de chaleur et de gaz carbonique⁽¹³⁾.

C'est un procédé très utilisé en particulier en milieu agricole car le compost permet d'amender les sols en améliorant leur structure et leur fertilité.

Les déchets qui peuvent être compostés sont les déchets verts, les effluents d'élevage, les déchets agricoles, les effluents agroalimentaires, les déchets organiques (biodéchets) des gros producteurs et des ménages, les boues de stations d'épuration... Et les bioplastiques biodégradables et compostables qui peuvent être collectés et traités avec les biodéchets.

Le compostage est facilement mis en œuvre, ce qui permet une gestion locale limitant les transports de déchets. Le compostage de proximité est ainsi, selon l'ADEME, une solution simple à mettre en œuvre, efficace, peu coûteuse et peu émettrice de CO₂ (pas de déplacement de la matière)⁽¹³⁾.

On distingue deux types de compostage : le compostage individuel (domestique), pouvant être réalisé par les particuliers, et le compostage industriel, mis en œuvre le plus souvent par les collectivités dans le cadre de la valorisation organique de la fraction fermentescible des déchets des communes. Dans les installations de compostage industriel, la quantité d'air, le taux d'humidité et la température peuvent être contrôlés, ce qui permet de réduire la durée de compostage. Et surtout l'effet de masse obtenu dans les conditions de compostage industriel permet de faire monter naturellement la température jusqu'à 50 à 60°C car la fermentation dégage de la chaleur.

« Il est actuellement admis qu'il n'y a aucun intérêt à orienter les plastiques biodégradables en fin de vie vers les filières de décharge, d'incinération et de tri-valorisation, car leur spécificité qui est la biodégradation ne serait pas valorisée, estime l'ADEME. Ce caractère biodégradable pourrait être valorisé de manière avantageuse dans les filières de compostage ou de méthanisation dans les cas des emballages alimentaires associés aux biodéchets ou des sacs biodégradables utilisés comme contenants pour la collecte sélective des déchets fermentescibles. »⁽¹⁴⁾

« Intégrés dans une filière de traitement organique, les déchets plastiques biodégradables peuvent permettre d'améliorer la valorisation de ces déchets (qualité du compost ou augmentation de la production de biogaz dans une installation de méthanisation), souligne également l'ADEME. En particulier lorsque le déchet plastique biodégradable est constitué de plastiques biosourcés, il peut améliorer, en se dégradant, le rendement et la qualité du compost (amélioration du ratio contenu carbone/contenu azote). »⁽¹⁵⁾



LE COMPOSTAGE, UNE PRATIQUE QUI PROGRESSE

Si 25 % des ménages déclaraient composter leur déchets organiques en 2008, ce chiffre s'élevait à 47 % en 2013 selon une étude de l'ADEME.

Selon une enquête IFOP réalisée pour l'ADEME en 2015 ⁽¹⁶⁾, un peu plus de la moitié des Français trie ses déchets de cuisine (restes de repas, épluchures de légumes, etc.), soit en les donnant à des animaux (17 %), soit en faisant du compost (39 %) ; 44 % déclarant *a contrario* mettre ces détritiques dans la même poubelle que les autres déchets ménagers, notamment pour des raisons pratiques (habitants des zones urbaines, en appartement, au sein d'un foyer d'une personne, etc.).

Rappelons également que selon l'INSEE, 68 % des Français habitent en maison individuelle et ont donc la possibilité de composter à domicile.

La mise en place d'un système de tri à la source des biodéchets doit d'ailleurs être généralisée en France d'ici 2025 selon la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, et même d'ici le 31 décembre 2023 selon la directive européenne 2018/851.

COMMENT SAVOIR SI UN EMBALLAGE EST BIODÉGRADABLE EN CONDITION DE COMPOSTAGE ? UNE BIODÉGRADATION ENCADRÉE PAR DES NORMES

Selon la définition retenue par les pouvoirs publics français (*Journal officiel* du 22 décembre 2017), l'adjectif « biodégradable » « se dit d'une substance ou d'un matériau qui se décompose en éléments divers sous l'action d'organismes vivants ». Avec cette précision : « Le caractère biodégradable d'une substance ou d'un matériau s'apprécie, en matière d'environnement, en fonction du degré de décomposition, du temps nécessaire à cette décomposition et de l'effet des éléments obtenus sur les milieux. »

Aujourd'hui en France, deux normes encadrent l'appellation « biodégradable » en condition de compostage pour les emballages : NF EN 13432 pour l'aptitude à la biodégradation en conditions de compostage industriel et NF T51-800 pour l'aptitude à la biodégradation en conditions de compostage domestique.

Les emballages plastiques conformes à ces normes sont donc biodégradables et peuvent faire l'objet d'une valorisation organique soit par compostage industriel (NF EN 13432) soit par compostage domestique (NF T51-800), au même titre que des déchets organiques (déchets alimentaires, déchets verts, etc.).

Pour les raisons expliquées plus haut, les bioplastiques qui se décomposent dans les installations de compostage industriel, où la température atteint 50-60°C, ne se décomposent pas forcément dans le compost du jardin.

La norme européenne et française NF EN 13432, relative aux « emballages valorisables par compostage et biodégradation », fixe quatre critères d'acceptation, qui doivent tous être remplis pour que le matériau soit déclaré apte au compostage industriel.

- **Composition** : la norme établit un taux maximal de solides volatils, de métaux lourds et de fluor acceptables dans le matériau initial.

- **Désintégration** : c'est l'aptitude du produit à se désintégrer sous l'effet du compostage. Le seuil de refus est de 10 % de la masse initiale au-dessus du tamis de 2 mm au bout de 12 semaines d'essai.

- **Biodégradabilité** : le seuil acceptable de bio-assimilation est d'au moins 90 % au total (ou 90 % de la dégradation maximale d'une substance de référence) en moins de 6 mois.

- **Qualité du compost final et écotoxicité** : elle ne doit pas être modifiée par les matériaux d'emballage ajoutés au compost et ne doit pas être dangereuse pour l'environnement. La norme impose de réaliser des tests écotoxicologiques sur le compost final et exige une performance supérieure à 90 % de celle du compost témoin correspondant.

La norme NF T51-800, qui régit l'aptitude au compostage domestique, reprend les mêmes exigences que la norme NF EN 13432 en matière de composition du matériau initial (taux maximal de solides volatils, de métaux lourds et de fluor), de qualité du compost final et d'écotoxicité. Mais elle adapte les seuils de biodégradabilité (plus de 90 % en moins de 12 mois) et de désintégration (moins de 10 % au-dessus de 2 mm en moins

de 6 mois) car les cycles de compostage sont plus longs, notamment en raison d'une température de biodégradation plus faible (environ 25°C).

Ces plastiques biodégradables en compostage domestique peuvent également être valorisés en milieu industriel lorsque les filières de collectes sont en place ou en composteur individuel en leur absence, offrant ainsi la possibilité d'une valorisation organique systématique des plastiques répondant à la norme NF T51-800, précise l'ADEME ⁽¹⁵⁾.

L'organisme de certification apporte ainsi une garantie indépendante de conformité à la norme, non seulement au moment de l'enregistrement du produit mais aussi sur la durée, au moyen de contrôles continus.

Le label « OK compost INDUSTRIAL » certifie ainsi la conformité des bioplastiques à la norme européenne EN 13432 et donc leur biodégradabilité dans des conditions de compostage industriel. De même, le label « OK compost HOME » certifie la conformité des bioplastiques à la norme française NF T51-800 et donc leur biodégradabilité dans des conditions de compostage domestique.

COMMENT RECONNAÎT-ON UN EMBALLAGE COMPOSTABLE ? DES LABELS FONDÉS SUR LES NORMES

Il existe également des labels spécifiques aux matériaux biodégradables qui garantissent leurs propriétés de biodégradabilité ou de compostabilité. Délivrées par des organismes de certification comme TÜV AUSTRIA, ces marques de conformité sont fondées sur les normes existantes, en particulier NF EN 13432 et NF T51-800, et s'inscrivent dans la continuité directe de celles-ci.

Trois autres labels, délivrés par le même organisme, adaptent également les critères de biodégradabilité et de désintégration à différents milieux de fin de vie des bioplastiques biodégradables (sol, eau, eau de mer) : « OK biodegradable SOIL », « OK biodegradable WATER » et « OK biodegradable MARINE » (*voir tableau ci-dessous*).

Les labels « eedling » compostable et « DIN-Geprüft Industrial Compostable » sont présents sur certains produits en bioplastiques. Ils sont équivalents au label OK compost et certifient la conformité des bioplastiques à la norme européenne EN 13432 qui atteste de la biodégradabilité des produits à 90 % en 6 mois dans des conditions de compostage industriel.

DEUX EXEMPLES DE LOGOS CERTIFIANT LA COMPOSTABILITÉ D'UN EMBALLAGE



ADAPTATION DES CRITÈRES DE BIODÉGRADATION ET DE DÉSINTÉGRATION AUX CONDITIONS DE BIODÉGRADATION

Conditions de biodégradation	Température	Biodégradation (plus de 90 %)	Désintégration (moins de 10 % au-dessus de 2 mm)
Compostage industriel	50 - 70°C	Moins de 6 mois	Moins de 12 semaines
Compostage domestique	20 - 30°C	Moins de 12 mois	Moins de 6 mois
Biodégradation en sol	20 - 25°C	Moins de 24 mois	Pas d'exigence
Biodégradation dans l'eau	20 - 25°C	Moins de 56 jours	Pas d'exigence
Biodégradation marine	20 - 25°C	Moins de 6 mois	Moins de 12 mois



LA BIODÉGRADATION DÉPEND DU MATÉRIAU ET DE SON PROCÉDÉ DE FABRICATION

Outre les paramètres physico-chimiques (température, humidité, pH) et microbiologiques (quantité et qualité des micro-organismes) du milieu de dégradation, la biodégradation des matériaux est également influencée par la structure moléculaire et les propriétés des polymères constituant le matériau.

Comme le rappelle Jean-François Ghiglione, « *Il est couramment admis qu'une faible masse molaire du polymère et un haut degré d'oxydation facilitent la biodégradation par les enzymes microbiennes. Parmi les autres facteurs, on peut citer les caractères hydrophile ou hydrophobe du matériau et leur cristallinité qui peuvent influencer la diversité des espèces qui s'installent sur le plastique, ou encore sa porosité qui peut également jouer un rôle dans la formation du biofilm microbien et la diffusion des enzymes à travers le polymère* ».

Le procédé de fabrication du matériau (extrusion, injection, thermoformage, etc.), ainsi que les conditions de sa mise en forme (température, pression, utilisation de plastifiants, d'additifs) ont aussi une influence sur la biodégradation. Car ils vont donner des matériaux aux caractéristiques très différentes tant au niveau de leur cristallinité que de leur composition, ou encore de leur comportement vis-à-vis de l'eau, induisant des biodégradations différentes comme le souligne l'ADEME ⁽¹²⁾.

L'épaisseur du matériau obtenu intervient également dans la vitesse de biodégradation. En général, plus le matériau est épais, plus lente est la dégradation, notamment si on considère que le mécanisme de dégradation est une érosion de surface.

« *Des additifs peuvent inhiber, même à faible dose, la croissance microbienne s'ils contiennent des éléments toxiques, signale également l'ADEME. Enfin, l'incorporation de charges biodégradables à faible masse moléculaire peut favoriser la biodégradation globale du matériau, laissant les autres constituants inertes livrés à un destin incertain. C'est le cas des mélanges amidon / polyéthylène pour lesquels l'élimination de l'amidon ne s'accompagne au mieux que d'une fragmentation du polyéthylène restant.* » ⁽¹²⁾

COMMENT EST MESURÉE LA BIODÉGRADABILITÉ ? LES TESTS D'ÉTUDE DE LA BIODÉGRADABILITÉ DES POLYMÈRES

Les méthodes de mesure de la biodégradabilité sont variées et difficiles à mettre en œuvre. Elles peuvent être effectuées selon deux catégories de tests :

- **des tests de laboratoire (*in vitro*)**, fondés sur la mesure de la production de CO₂ et/ou de CH₄, de la consommation d'oxygène ou sur des tests enzymatiques, lorsque le matériau est exposé à une source de micro-organismes;
- **des tests de terrain (*in situ*)** dans les sols et les composts. Les échantillons sont enfouis selon un protocole précis. Après un temps d'exposition déterminé, les changements visuels et massiques sont notés pour chaque échantillon. Dans les sols, les conditions sont souvent connues mais non maîtrisées. Dans les stations de compostage, les conditions peuvent être maîtrisées sommairement (température, aération, humidité, granulométrie, etc.) ⁽¹²⁾.

Les travaux du CEMAGREF ont montré que les taux de dégradation *in vitro* et les caractéristiques physico-chimiques des matériaux sont significatifs pour prédire le devenir d'un matériau dans son environnement, à condition d'y ajouter au moins une des caractéristiques du climat (histogramme des températures), du sol (granulométrie du sol) et la durée de l'exposition ⁽¹²⁾.

QUELS SONT LES POLYMÈRES BIODÉGRADABLES ? LES DIFFÉRENTS TYPES DE PLASTIQUES BIODÉGRADABLES

1. Des polymères naturels d'origine végétale ou animale

Parmi les plastiques biodégradables figurent d'abord ceux qui sont issus de polymères synthétisés naturellement par les plantes, en particulier les polysaccharides (amidon, cellulose, lignine, etc.) et les huiles (colza, soja, tournesol,

etc.), mais aussi les protéines (gluten). On retrouve certains de ces polymères dans le bois, le papier, la viscose, le cellophane et toutes les fibres textiles (coton, lin, chanvre, etc.). Mais on trouve aussi des biopolymères issus de produits animaux (collagène, gélatine, caséine), qui peuvent également permettre de fabriquer des plastiques. Rappelons toutefois que certains polymères d'origine biologique ne sont pas biodégradables, l'exemple le plus connu étant celui du caoutchouc naturel.

2. Des polymères naturels d'origine bactérienne

D'autres polymères, comme les PHA, sont produits par des micro-organismes par fermentation. Ils s'accumulent dans le cytoplasme de certaines bactéries placées en conditions de fermentation. Les matières premières fermentescibles utilisées sont principalement les sucres et l'amidon. Les PHA regroupent plusieurs polymères, notamment le PHB (poly-hydroxy-butyrates), le PHBH (poly-3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) et le PHBV (polyhydroxybutyratevalérate).

« Ces polymères, synthétisés par des végétaux ou par des micro-organismes, qui existent déjà à l'état naturel, sont biodégradables dans des conditions naturelles », souligne Nathalie Gontard⁽⁸⁾.

3. Des polymères synthétiques biosourcés

Ces polymères synthétiques sont fabriqués par une polycondensation (chauffage) de monomères naturels. Le plus connu est le PLA (acide polylactique), provenant de la polymérisation de molécules d'acide lactique. Ce monomère, nécessaire à la synthèse du PLA, est obtenu par fermentation bactérienne (biotechnologies) à partir des ressources renouvelables.

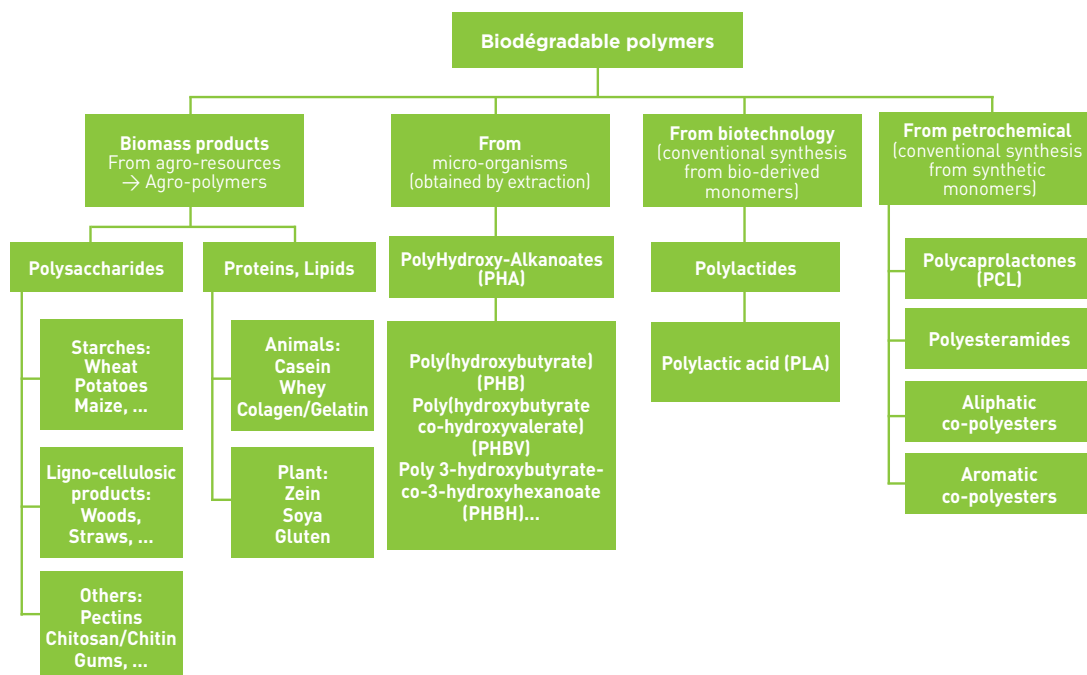
« Le PLA, qui est un matériau synthétique, n'est biodégradable qu'en conditions de compost industriel. Il faut en effet augmenter la température de ces matériaux pour passer leur transition vitreuse afin que la biodégradation démarre », souligne Nathalie Gontard⁽⁸⁾.

4. Des polymères issus de la pétrochimie

Il existe également des matériaux obtenus à partir de polymères biodégradables de synthèse, notamment de polymères aliphatiques tels que le PCL (polycaprolactone), le PBS (polybutylène succinate), le PBAT (polybutylène adipate-co-téréphtalate), le PGA (acide polyglycolique) ou encore le PVOH (acide polyvinylique).

Les plastiques biodégradables commercialisés peuvent également être composites. Il est ainsi possible par exemple de mélanger de l'amidon à des PCL (non biosourcés) pour obtenir des substances aux performances mécaniques comparables aux plastiques traditionnels.

CLASSEMENT DES PRINCIPAUX PLASTIQUES BIODÉGRADABLES



D'après Luc Avérus, 2008

QU'EN DIT LA SCIENCE ? QUAND LA RECHERCHE ÉTUDIE LA BIODÉGRADATION DES BIOPLASTIQUES

Etude de la biodégradation des PHA

Stéphane Bruzaud a réalisé l'une de ses deux thèses sur la biodégradation des PHA en reconstituant des milieux marins en laboratoire (à 25°C). « *La biodégradation est assez spectaculaire, explique-t-il, puisqu'au bout de 220 jours, on atteint 90 % de biodégradation.* » À titre de comparaison, placés dans les mêmes conditions et au bout de la même durée, la cellulose n'est biodégradé qu'à 50 % et le PLA à seulement 20 %⁽³⁾.

« *Bien sûr, ce sont des résultats obtenus à 25°C en laboratoire, nuance Stéphane Bruzaud. A 15°C, cela mettra bien sûr plus longtemps... Et si le PHA est au fond de l'océan, à 4°C, il faudra encore plus longtemps. Mais cela permet néanmoins d'avoir un ordre d'idée. On est sur une échelle de temps de quelques mois, voire de quelques années, mais en tout cas, sur une durée incomparable avec le temps que prendrait un plastique classique d'origine pétrochimique de type polyéthylène ou polystyrène pour se dégrader.* »⁽³⁾

« *Pour ces derniers, on atteint des durées très longues, qui se chiffrent au minimum en décennies, estime le scientifique. Certains parlent de 100 ou 200 ans, voire même de 400 ans ou plus, c'est un peu la surenchère... Mais on manque de recul pour vraiment connaître l'état de dégradation des plastiques après 50 ans ou 100 ans. Car ces matériaux ont été inventés dans les années 1960 et ont commencé à être utilisés massivement*

seulement dans les années 1970-1980. Toutes les pollutions observées aujourd'hui ne datent donc que de 30 à 40 ans au maximum. »⁽³⁾

Jean-François Ghiglione dirige actuellement plusieurs programmes de recherche sur la biodégradabilité des plastiques en mer. « *Le milieu marin est un peu le parent pauvre des études scientifiques sur la biodégradation des plastiques, certainement parce que les temps de biodégradation sont plus lent que dans les sols ou dans des conditions de compost. Il n'en reste pas moins que l'Océan est le réceptacle final de tous les déchets et qu'il faut y consacrer plus de moyens pour pouvoir prédire leur devenir. Aujourd'hui, les temps de biodégradation des plastiques en mer sont très peu connus, par manque d'études dans le domaine. Nos travaux ont permis de montrer que les plastiques biosourcés tels que les PHAs sont ceux qui s'y dégradent le plus rapidement.* »

Etude de la biodégradation du PLA

« *Le PLA est généralement classé dans les plastiques " biodégradables " mais de mon point de vue, on peut mettre un bémol en disant qu'il est plutôt " biocompostable " dans des conditions de compost industriel, commente Stéphane Bruzaud. Car il nécessite une température suffisante pour que s'amorce et se catalyse la dégradation.* »⁽³⁾

« *Dans une étude mandatée par le ministère de la transition écologique et solidaire, nous avons testé la biodégradabilité du PLA par rapport à d'autres polymères biosourcés ou conventionnels, indique Jean-François Ghiglione. Si la biodégradation du PLA a déjà été démontrée en condition de compostage, nous n'avons pas observé de phénomène similaire en mer, où les températures et la diversité des espèces bactériennes sont bien moindre qu'en condition de compostage industriel.* »⁽⁴⁾

TEMPS DE DÉGRADATION DU PLA EN FONCTION DES CONDITIONS ENVIRONNEMENTALES

Température	Humidité	Durée jusqu'au début de la fermentation (en mois)	Temps de dégradation totale (en mois)
4°	100 %	64	122
25°	20 %	30	58
25°	80 %	24	37
40°	80 %	5,1	10
60°	20 %	1,0	2,5
60°	80 %	0,5	2,0

Source : Stéphane Bruzaud



« PLATISPHÈRE » : DES BACTÉRIES QUI DÉGRADENT LES PLASTIQUES

« Les plastiques sont un nouveau support qui est colonisé par une grande variété de microorganismes », explique Jean-François Ghiglione, directeur de recherche CNRS, dans une vidéoconférence ⁽⁴⁾. « Les espèces qui s'y développent sont vraiment spécifiques du plastique, puisqu'elles ne sont présentes qu'à d'infimes quantités dans l'eau environnante. Il s'agit notamment de cyanobactéries qui, à l'image des plantes, stockent du CO₂ et vont produire de l'oxygène et de la matière organique. Mais on trouve également des bactéries hétérotrophes qui, elles, vont produire du CO₂ et consommer de l'oxygène. Le bilan de carbone sur ces plastiques distribués dans tous les Océans reste à faire. Enfin, on trouve également beaucoup de bactéries spécialisées dans la dégradation des pétrole, appelées « bactéries hydrocarbonoclastes ». Elles sont donc susceptibles de dégrader les plastiques qui sont composés essentiellement de pétrole. Mais la preuve directe n'en a pas encore été faite ». Une vie microbienne intense que Jean-François Ghiglione appelle la « platisphère ».

« On a observé en microscopie électronique que certaines de ces bactéries très abondantes et très diversifiées étaient capables de faire des « trous » dans le plastique, et donc de participer à sa fragmentation (bio-détérioration), poursuit le chercheur. Lorsqu'on isole ces bactéries en laboratoire, on peut séquencer leur ADN et mieux comprendre les processus impliqués dans la biodégradation. Les bactéries envoient des enzymes à l'extérieur de leurs cellules pour attaquer le plastique qui est un polymère et le couper en morceaux (bio-fragmentation). Le polymère va alors être découpé en oligomères, puis en monomères, qu'elles vont ensuite être capables d'assimiler (assimilation). Il existe plusieurs démonstrations en conditions de laboratoire qui montrent que ces bactéries vont jusqu'à minéraliser complètement le plastique et à le transformer en CO₂ (minéralisation) ».

« Mais il faut faire la différence entre la biodégradation en conditions de laboratoire et la biodégradation en milieu naturel qui est beaucoup plus lente, souligne également Jean-François Ghiglione. On essaie aujourd'hui de démontrer cette biodégradabilité en milieu naturel (c'est l'objet de plusieurs thèses dans notre laboratoire) et ce n'est vraiment pas simple parce qu'il s'agit le plus souvent de cinétiques de temps très longues ».



L'ADEME TESTE LES SACS COMPOSTABLES À DOMICILE

L'ADEME a mené une étude pour évaluer la possibilité de composter à domicile des sacs de type « fruits et légumes » fabriqués à partir de 40 % de matière biosourcée et labellisés « compostables » en conditions domestiques. Les résultats de ces tests devraient être publiés très prochainement. Mais les premiers éléments ont été dévoilés à l'occasion de l'édition 2018 de Pollutec selon le média *Actu-Environnement*. Principale conclusion : « C'est possible, à condition d'être très rigoureux et d'appliquer à la lettre les consignes de compostage. » ⁽¹⁷⁾

Selon *Actu-Environnement*, une dizaine de protocoles différents ont été utilisés : sacs vides ou remplis de déchets fermentescibles, sacs à simple épaisseur ou sacs doublés, compost régulièrement brassé ou simplement en tas, etc. ⁽¹⁷⁾. À l'issue de l'expérience, un contrôle visuel et un décompte des fragments de plastique selon leur taille ont été réalisés.

« Le premier contrôle visuel confirme que dans certains cas, le compostage des sacs semble complet, indique *Actu-Environnement*. C'est le cas des composts réalisés en douze mois et brassés régulièrement, conformément à ce que prévoit la norme officielle. Concrètement, la meilleure façon d'assurer la décomposition des sacs est de les mettre ouverts dans le composteur après les avoir remplis de biodéchets. Dans ce cas, les contrôles n'ont trouvé que trois fragments de plastique de 0 à 1 mm. Les résultats restent bons avec des sacs doublés, mais de plus gros fragments de plastique subsistent (treize morceaux de plus de 20 mm et 5 de 0 à 1 mm). » ⁽¹⁷⁾

Par contre, dès que la réalisation du compost s'éloigne de la méthode idéale, les performances reculent. Ainsi, le compostage de sac vide est le premier facteur de baisse de performance. Mais c'est surtout l'absence de brassage qui pose problème. « L'étude permet ainsi d'établir de bonnes pratiques pour assurer la dégradation complète des sacs plastiques compostables : il faut donc remplir les sacs de déchets biodégradables et brasser le compost ».

QUELS SONT LES INTÉRÊTS DES BIOPLASTIQUES BIODÉGRADABLES ? UNE SOLUTION, PARMIS D'AUTRES, POUR LIMITER À L'AVENIR LA POLLUTION PAR LES PLASTIQUES

Le premier intérêt des bioplastiques biodégradables est de limiter l'empreinte écologique des matériaux. Il concerne tout particulièrement les objets à usage unique, dont la durée d'utilisation est très courte (parfois quelques minutes), mais dont la durée de vie avant biodégradation est très longue (au moins plusieurs décennies, voire plusieurs siècles). Des objets qui font également partie de ceux qui ont le plus de chances de finir leur vie dans les océans et d'avoir des effets néfastes sur l'environnement. L'emballage et les sacs plastiques figurent donc en première ligne.

Quelles que soient toutes les mesures mises en place pour limiter les « fuites » hors du système de tri et de collecte, ces fuites ne pourront pas être complètement éradiquées à la surface de la planète. Et même avec un taux de fuite de seulement 1 %, environ un million de tonnes d'emballages plastiques seraient déversés dans la nature chaque année, estime la Fondation Ellen MacArthur⁽¹⁾. Développer des emballages plastiques inoffensifs pour l'environnement et dont les impacts négatifs sont considérablement réduits en cas de fuite constitue donc à l'évidence un progrès considérable.

« Le challenge consiste à faire disparaître ce que la nature met des décennies ou des siècles à éliminer, souligne Stéphane Bruzaud. Il s'agit, en quelque sorte, de mettre à profit le fameux concept d'obsolescence programmée pour parvenir à concevoir des plastiques dont on pourra prédire la durée de décomposition. »⁽³⁾

« Les matériaux biodégradables ouvrent de nouvelles options de fin de vie comme la biodégradabilité, la compostabilité ou encore la digestion anaérobie (méthanisation), ajoute Nathalie Gontard. Les polymères biosourcés et biodégradables en conditions naturelles (amidon, PHA, etc.), sont des matériaux qui garantissent

dès leur conception (éco-conception), qu'ils seront biodégradés comme de la matière organique. »⁽⁸⁾

« Les plastiques biosourcés, biodégradables et recyclables sont une des solutions pour lutter contre la pollution plastique, complète Jean-François Ghiglione. Il faut y rajouter également «non toxique pour l'environnement» comme le prévoit l'agence européenne des produits chimiques (ECHA). On parle alors d'écoconception, c'est-à-dire des produits qui sont pensés dès leur conception non seulement pour leur usage principal mais aussi à leur réutilisation et à leur devenir dans l'environnement ».

La valorisation organique des bioplastiques biosourcés et biodégradables est donc une solution qui peut parfaitement s'intégrer, aux côtés du recyclage et de la réutilisation, dans la nouvelle économie de fin de vie des plastiques que la Fondation Ellen MacArthur, par exemple, appelle de ses vœux.

« Mais il ne s'agit pas pour autant de faire preuve d'angélisme ou d'affirmer que les bioplastiques biodégradables vont permettre de résoudre le problème de la pollution des océans par les plastiques, souligne Stéphane Bruzaud. Car celle-ci est due avant tout à un manque de citoyenneté. C'est d'abord un problème de comportement et de collecte des déchets. Et ce ne sont évidemment pas les bioplastiques biodégradables qui vont résoudre ce problème de comportement. »⁽⁹⁾

« Il faudra en particulier lever la confusion existant dans l'esprit de nombreux consommateurs, qui peuvent se dire : " C'est un plastique biodégradable, donc je peux m'en débarrasser sans me soucier de son tri ". Car s'il est abandonné dans la nature, même un sac biodégradable, dont la durée de dégradation est drastiquement raccourcie par rapport à celle d'un sac plastique traditionnel, ne va pas se biodégrader instantanément et aura largement le temps d'avoir des effets néfastes sur l'environnement, en particulier sur les oiseaux et les animaux marins. »⁽⁹⁾



LE COMPOSTAGE INDUSTRIEL DU PLA EN TEST À PARIS

Depuis septembre 2018, Citeo et Les Alchimistes, entreprise parisienne de valorisation des biodéchets, expérimentent le compostage industriel du PLA (acide polylactique) à Paris *via* un procédé électromécanique innovant ⁽¹⁸⁾. Une expérimentation qui a pour objectif de tester des procédés de compostage et des modes de collecte responsables. En effet, l'objectif de ces tests est double : certifier que le compostage industriel répond aux normes de qualité du compost et trouver un mode de collecte adapté pour ces emballages, proche du bassin de consommation. Le projet devrait livrer ses premiers résultats d'ici mai 2019.

Polymère produit à partir de ressources végétales, le PLA est en effet biodégradable dans des conditions de compostage industriel – mais pas de compostage domestique. Par ailleurs, il est considéré comme un « perturbateur » de tri du PET – ce qui lui vaut un malus Citeo de 100 % pour les applications bouteilles. D'où la nécessité de trouver des voies de valorisation nouvelles.

Le compostage électromécanique testé comporte trois étapes :

1/ le pré-traitement : étape préalable qui permet de trier les emballages réceptionnés, de les broyer en paillettes de plastique de fine granulométrie et de les mélanger pendant trois jours dans le composteur avec des biodéchets pour entamer le processus de compostage ;

2/ le compostage : la maturation dans un conteneur fermé permet ainsi une dégradation rapide (en six semaines) grâce notamment à un mélange régulier du compost et à un système d'aération permettant une oxygénation complète. Ce type de composteur peut traiter jusqu'à 120 kilos de déchets alimentaires par jour, soit 25 à 35 tonnes par an selon la fréquence de remplissage ;

3/ les opérations post-compostage : elles permettront de tester et d'analyser le compost dans ses phases de maturation. L'objectif étant une labellisation du compost (norme NFU 44051) afin de distribuer le premier compost « fabriqué à Paris » issu des emballages compostables et des biodéchets.



LE POINT SUR LA LÉGISLATION EN MATIÈRE DE PRODUITS ET D'EMBALLAGES EN PLASTIQUE À USAGE UNIQUE

► Loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (2015)

> Interdiction des sacs de caisse à usage unique (2016)

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte a mis en place l'interdiction des sacs plastiques à usage unique distribués en caisse dans les commerces alimentaires et non alimentaires. Depuis le 1^{er} juillet 2016, seuls des sacs plastiques réutilisables, d'une épaisseur de plus de 50 microns, ou composés d'autres matières que le plastique (papier, tissu, etc.) peuvent être distribués en caisse, que ce soit à titre gratuit ou onéreux.

> Interdiction des autres sacs à usage unique (2017)

Depuis le 1^{er} janvier 2017, cette interdiction s'applique également aux autres sacs distribués sur les lieux de vente (sacs mis à disposition dans les rayons fruits et légumes, fromagerie ou boucherie par exemple). Pour ces derniers, seuls restent autorisés les sacs biosourcés, avec une teneur minimale exigée en matière végétale qui augmente progressivement dans le temps (40% en 2018, 50 % en 2020 et 60 % en 2025), et compostables en compostage domestique.

Le décret d'application de l'article 75 de la LTECV précise les indications qui devront figurer sur ces sacs plastiques à usage unique biodégradables pour informer le consommateur de leur gestion en fin de vie. Un marquage devra être apposé sur les sacs en plastique indiquant :

- que celui-ci peut être utilisé pour le compostage domestique, en précisant les références de la norme correspondante ou en indiquant qu'il présente des garanties équivalentes ;
- qu'il peut faire l'objet d'un tri au sein d'une collecte séparée de biodéchets et ne doit pas être abandonné dans la nature.

> Interdiction des films de routage (2017)

Depuis le 1^{er} janvier 2017, l'utilisation des emballages plastiques non biodégradables et non compostables en compostage domestique pour l'envoi de la presse et de la publicité adressée ou non adressée est également interdite.

> Interdiction de la vaisselle en plastique jetable (2020)

Cette même loi a aussi entériné l'interdiction, à partir de 2020, de la mise à disposition de gobelets, verres et assiettes jetables de cuisine pour la table en matière plastique. Là encore, seuls les articles compostables en compostage domestique et constitués, pour tout ou partie, de matières biosourcées pourront continuer à être distribués à titre onéreux ou gratuit.

► Loi pour la reconquête de la biodiversité (2016)

> Interdiction des microbilles plastiques exfoliantes (2018) et des Cotons-Tiges (2020)

La loi pour la reconquête de la biodiversité prévoit quant à elle l'interdiction de mise sur le marché de gommages exfoliants contenant des microbilles de plastique (à partir du 1^{er} janvier 2018) et de Cotons-Tiges en plastique (à partir du 1^{er} janvier 2020).

► Loi EGAlim (2018)

> Interdiction des pailles, couverts, plateaux-repas, etc.

La loi n° 2018-938 du 30 octobre 2018 pour l'équilibre des relations commerciales dans le secteur agricole et une alimentation saine, durable et accessible à tous, dite loi EGAlim, allonge la liste des produits plastiques interdits (à partir du 1^{er} janvier 2020) : pailles, couverts, bâtonnets mélangeurs pour boissons, plateaux-repas, pots à glace, saladiers, boîtes, piques à steak, couvercles

à verre jetables... L'interdiction La loi EGAlim prévoit également l'interdiction de l'utilisation des barquettes de cuisson et des bouteilles d'eau en plastique dans la restauration scolaire.

Les exceptions en vigueur, à savoir une teneur minimale en contenu biosourcé (50% en 2020 et 60% en 2025) et la capacité à se biodégrader en compostage domestique (selon la norme NF T51-800), sont confirmées pour ce type de produits.

► Loi Pacte (2019)

> Interdiction de la vaisselle en plastique jetable (2020)

L'article 8 bis A de la loi Pacte (Plan d'action pour la croissance et la transformation des entreprises), dont le texte a été adopté par l'Assemblée nationale en nouvelle lecture le 15 mars 2019 après avoir été amendé par le Sénat, vient confirmer la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte en ce qui concerne l'interdiction « à compter du 1^{er} janvier 2020 pour les gobelets et verres ainsi que les assiettes jetables de cuisine pour la table, à l'exception des gobelets et verres qui ne sont pas en polystyrène expansé lorsqu'ils sont compostables en compostage domestique et constitués, pour tout ou partie, de matières biosourcées. »

► Directive européenne Single-Use Plastics (2019)

Au niveau européen, la directive *Single-Use Plastics* (SUP), approuvée par le Parlement européen le 27 mars 2019, prévoit également l'interdiction de huit produits à usage unique pour lesquels des alternatives existent : bâtonnets de coton, couverts, assiettes, pailles, contenants alimentaires et gobelets en PSE, touillettes et tiges pour ballons en plastique. À ce jour, il n'est pas mentionné que les bioplastiques biodégradables par compostage domestique bénéficient d'une

exemption pour ces produits.

La directive fixe par ailleurs un objectif de collecte distincte de 90 % des bouteilles en plastique d'ici 2029 (77 % d'ici 2025) et l'introduction d'obligations de conception pour connecter les bouchons aux bouteilles, ainsi que l'objectif d'incorporer 25 % de plastique recyclé dans les bouteilles en PET à partir de 2025 et 30 % dans toutes les bouteilles en plastique à partir de 2030.

QUELLES UTILISATIONS ? LES DOMAINES D'APPLICATION DES PLASTIQUES BIODÉGRADABLES

L'intérêt des bioplastiques biodégradables concerne particulièrement les objets à usage unique. L'emballage et en particulier les sacs plastiques figurent parmi les premières applications des bioplastiques biodégradables : sacs de collecte des déchets verts et des déchets organiques, emballage alimentaire du rayon frais... La biodégradabilité permet, en particulier, lorsqu'il existe une filière de traitement des déchets organiques, d'éviter l'étape de séparation des sacs et des biodéchets lors de la collecte et du traitement.

La vaisselle en plastique (couverts, gobelets, etc.) et certains produits d'hygiène (Cotons-Tiges microbilles exfoliants, etc.), visés par la législation, font également partie des applications développées... Tout comme les capsules à café ou encore les tee de golf.

« Dans certaines applications précises, les emballages compostables industriellement pourraient représenter un mécanisme intéressant permettant de retourner les nutriments vers le sol », estime la Fondation Ellen MacArthur ⁽¹⁾. Ces usages ciblés concernent en particulier les sacs-poubelle destinés aux déchets organiques ou les emballages alimentaires utilisés lors de manifestations par les entreprises de restauration rapide, les cantines ou d'autres systèmes fermés – où les risques qu'ils soient mélangés avec le flux des déchets recyclés sont faibles.

Les matériaux compostables revêtent également un intérêt pour les emballages plastiques qui ne peuvent être ni réutilisés ni recyclés. Cette catégorie représente au moins la moitié des emballages plastiques et près de 30 % du marché total ⁽¹⁾. C'est le cas notamment des emballages de petit format (environ 10 % du marché, et de 35 à 50 % de la quantité totale des emballages), comme les sachets, les pellicules détachables, les couvercles, les emballages des pailles, les papiers de bonbons et les petits pots, qui échappent souvent aux systèmes de collecte ou de tri et ne suivent pas un parcours de réutilisation ou de recyclage.

C'est le cas également des emballages « multi-matériaux » (environ 13 % du marché) et bien sûr des emballages contaminés par des nutriments « en vue de restituer des matières organiques à la terre et de favoriser la conservation du capital naturel » ⁽¹⁾. Par exemple, les emballages de *fast-food* en matériaux compostables pourraient être jetés, avec le contenu restant, dans une

poubelle organique. Cela augmenterait le volume de matières organiques valorisables par le compostage ou la méthanisation. Les matériaux compostables pourraient aussi contribuer à limiter l'impact des fuites involontaires dans l'environnement.

Les matériaux biodégradables peuvent également apporter des solutions dans le domaine des films pour paillage agricole et les autres produits pour l'agriculture, l'horticulture et la foresterie (ficelle, clips, etc.). Des produits qui sont également à usage unique et à courte durée d'utilisation, mais difficiles et coûteux à collecter dans les champs, puis à transporter vers les usines de recyclage. Résultat : aujourd'hui, beaucoup d'objets plastiques, utilisés en quantité non négligeable dans le milieu agricole, finissent leur vie en terre ^(9, 12, 14).

Stéphane Bruzard souligne aussi l'intérêt des bioplastiques biodégradables en milieu marin, comme les PHA, pour tous les produits susceptibles de se retrouver dans la mer, comme les filets de pêche, le fil de pêche, les casiers, etc. « Nous travaillons actuellement sur des plastiques biodégradables qui seraient directement utilisés pour des applications de pêche susceptibles d'être perdues en mer », précise le chercheur ⁽⁹⁾.

Pour Stéphane Bruzard, tout ce qui touche à la formulation d'ingrédients liquides (cosmétiques, détergents, lessive, etc.) représente également un domaine d'application pour les bioplastiques biodégradables. Car il y a, à l'intérieur de ces produits, de nombreux polymères qui sont évacués par les eaux usées, ne sont pas filtrés par les stations d'épuration, et contaminent durablement nos mers et nos océans. Cela concerne par exemple les microparticules exfoliantes, désormais interdites à la vente si elles ne sont pas biosourcées et biodégradables ⁽⁹⁾.

Pour Jean-François Ghiglione, la recherche et l'innovation sur les plastiques biosourcés, biodégradables et recyclables doit être encore plus active. « Lors d'une étude commanditée par le Ministère de la transition écologique et solidaire, nous avons testé différents substituts aux plastiques conventionnels pour remplacer leur usage pour les microbilles à usage d'exfoliant ou pour les cotons tiges. Les biopolymères peuvent effectivement remplacer efficacement les plastiques conventionnels pour ces usages. Il faut maintenant poursuivre la recherche de nouvelles formulations pour réduire leur coût et étendre la gamme de leurs propriétés mécaniques, ce qui permettrait de les proposer plus systématiquement comme substituts à d'autres produits de la consommation » ⁽⁴⁾.

Enfin, les secteurs de l'emballage industriel, de la chimie ou de la pharmacie, entre autres, peuvent également trouver un intérêt à utiliser des bioplastiques biodégradables.



LE MARCHÉ DES BIOPLASTIQUES EN QUELQUES CHIFFRES

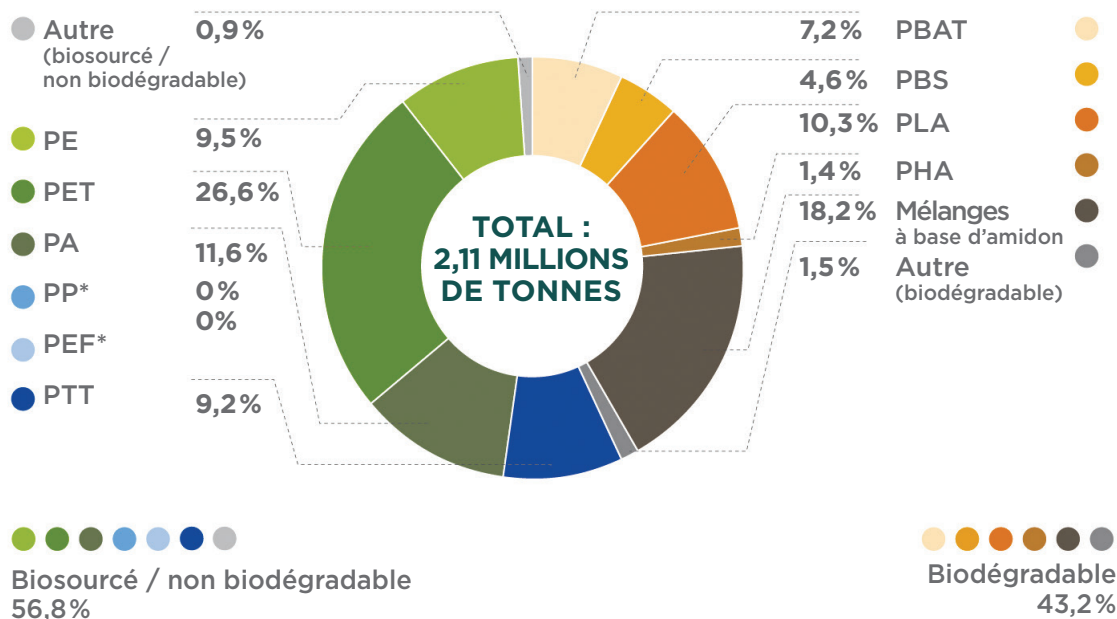
Pour l'association *European Bioplastics* et *nova-Institut*, institut de recherche indépendant sur l'environnement basé en Allemagne, la capacité mondiale de production de polymères biosourcés et / ou biodégradables est estimée à 2,11 millions de tonnes en 2018, ce qui représente un peu moins de 1 % de l'ensemble des plastiques produits annuellement. Sur ce total, 43 % sont biodégradables dont 30 % sont à la fois biosourcés et biodégradables ⁽¹⁾.

Le marché des bioplastiques reste toujours porté par le PET biosourcé (non biodégradable), qui représente 27 % du marché, et les mélanges à base d'amidon biodégradables (18 %). Suivent, autour de 10 % du marché, le PA biosourcé (non biodégradable), le PLA (biodégradable en compost industriel) et le PE biosourcé (non biodégradable). Selon *European Bioplastics*, le PLA et les PHA (biodégradables) seront dans les prochaines années les principaux moteurs du marché.

Les emballages représentent à eux seuls 65 % des débouchés de ces matériaux, devant le textile, les biens de consommation, l'automobile et le transport ou le bâtiment.

European Bioplastics prévoit une augmentation des capacités mondiales de production des bioplastiques de 24 % d'ici à 2023, à 2,62 millions de tonnes.

Capacité mondiale de production de bioplastiques en 2018 (par type de résine)



*Le PP et le PEF biosourcé sont actuellement en cours de développement et leur commercialisation est prévue pour 2023

Sources : European Bioplastics, nova-Institut (2018)

COMMENT FAIRE ÉVOLUER LES COMPORTEMENTS ? LA NÉCESSITÉ D'INFORMER ET D'ÉDUCUER LE CONSOMMATEUR

Aujourd'hui, l'un des freins à la valorisation de ces emballages ou de ces sacs réside dans la difficulté pour le consommateur de les identifier. Or, toute erreur de tri peut d'un côté perturber les flux de plastiques recyclés, et de l'autre détériorer la qualité du compost produit.

Pour l'ADEME, « *il est nécessaire d'informer et d'éduquer le consommateur sur les avantages et les inconvénients de tels produits, sur la nécessité de séparer les fractions des déchets compostables à la source, ainsi que sur sa responsabilité quant à leur dissémination dans la nature.* »⁽¹⁴⁾

« *Il y a aussi beaucoup de communication et d'éducation à faire, car ces questions de biodégradation et de compostage ne sont pas simples, estime Stéphane Bruzaud. Il n'est pas facile pour les citoyens et pour les décideurs politiques de saisir les nuances.* »⁽⁹⁾

« *Il est ainsi indispensable de pouvoir identifier facilement les plastiques biodégradables d'une part, mais également s'ils peuvent être valorisés en composteur individuel ou uniquement en milieu industriel, afin de les diriger vers les filières adéquates lorsqu'elles existent sur le territoire* », souligne également l'ADEME⁽¹³⁾. C'est l'objectif de labels comme « OK compost INDUSTRIAL » (compostable industriellement) ou « OK compost HOME » (compostable domestiquement), basés sur les normes en vigueur (respectivement NF EN 13432 et NF T51-800).

L'ADEME considère également que l'usage du terme « biodégradable », lorsqu'il ne concerne pas un emballage (encadré pour ce secteur par ces normes), doit être accompagné de précisions sur l'étendue de la biodégradation pour un temps donné ou sur le temps nécessaire à une biodégradation complète dans des conditions environnementales données⁽¹⁵⁾. Enfin, l'ADEME rappelle bien sûr que l'appellation « biodégradable » ou « compostable » ne peut en aucun cas être prétexte à l'abandon du produit dans la nature.

3. UN BEL EXEMPLE D'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

BOUCLER LE CYCLE DU CARBONE

« *Le cycle biogéochimique de la nature est le plus beau système d'économie circulaire qui existe, souligne Nathalie Gontard. La matière organique est naturellement biodégradée par les micro-organismes et des processus physico-chimiques... Et ensuite, des phénomènes de ré-assimilation des éléments de base permettent de produire une nouvelle matière organique par photosynthèse. C'est parfaitement circulaire.* »⁽²⁾

« *La nature ne produit pas de déchet qui ne soit pas recyclé. Le déchet à long terme, c'est une invention humaine, confirme Jean-François Ghiglione. Puiser dans les ressources de la planète, consommer et jeter des produits non recyclables est un schéma de consommation qui n'est pas tenable. La solution passe forcément par l'économie circulaire, comme le fait la nature depuis des millénaires.* »⁽⁴⁾

« *Si le bioplastique est biosourcé et biodégradable, le cycle du carbone est bouclé, explique Stéphane Bruzaud, puisque tout le carbone de la biomasse du végétal utilisé pour la fabrication du plastique est restitué en fin de biodégradation. La biodégradation va produire in fine un mélange de dioxyde de carbone (CO₂) et d'eau (H₂O)... Ce même mélange qui est utilisé par le processus de la photosynthèse et qui sera à l'origine de la croissance d'une nouvelle masse végétale. On est donc vraiment sur un cycle fermé en termes de carbone.* »⁽⁹⁾

« *Lorsque l'on parle d'économie circulaire, il est important de prendre en compte la durée d'un cycle, il faut que celle-ci soit compatible avec l'activité humaine, ajoute Nathalie Gontard. C'est le cas du cycle biodégradation / photosynthèse, qui s'accomplit assez rapidement.* »⁽²⁾

EN PHASE AVEC LES FEUILLES DE ROUTE FRANÇAISE ET EUROPÉENNE SUR L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Les bioplastiques biodégradables et compostables répondent aux enjeux de l'économie circulaire car ils sont valorisables par le recyclage organique, c'est-à-dire par le compostage (domestique ou industriel).

L'économie circulaire vise en effet à remplacer le modèle économique linéaire « produire, consommer, jeter » en promouvant un modèle circulaire où l'ensemble du cycle de vie des produits est intégré, de leur éco-conception à la gestion des déchets, en passant par leur consommation en limitant les gaspillages. Autrement dit, plus schématiquement, mieux produire, mieux consommer et mieux gérer nos déchets.

Dans cette optique, le gouvernement français a adopté une feuille de route pour l'économie circulaire qui prévoit notamment de tendre vers 100 % de plastiques recyclés d'ici 2025, de réduire de 50 % les quantités de déchets non dangereux mis en décharge en 2025 par rapport à 2010, et de favoriser le tri et la valorisation des biodéchets.

Dans cette feuille de route, le gouvernement a d'ailleurs reconnu l'intérêt des sacs bioplastiques biodégradables et compostables conformes aux normes en vigueur pour la collecte séparée des biodéchets. Il souhaite également favoriser l'acquisition de solutions techniques de compostage de proximité ⁽¹⁹⁾.

Le Plan d'action pour l'économie circulaire de l'Union européenne prend également en compte l'intérêt des bioplastiques, considérés comme « *un composant essentiel à la mise en place d'une bioéconomie pleinement durable et circulaire* » ⁽²⁰⁾. L'UE a ainsi activement soutenu la mise au point de ces matériaux par le biais d'ambitieuses recherches en collaboration destinées à « *généraliser leur adoption et à accompagner la transformation de l'industrie européenne des plastiques au cours des prochaines années.* » ⁽²⁰⁾

Dans le cadre du projet EUROPHA, financé par l'UE, des chercheurs ont par exemple mis au point des formulations de bioplastiques 100 % naturels et biodégradables (PHA) pour les emballages alimentaires. « *Ces bioplastiques peuvent être éliminés avec les aliments et gérés comme des déchets organiques dans le cadre d'un compostage industriel et d'une digestion anaérobie qui répondent aux normes de l'UE* », a ainsi précisé le coordinateur du projet ⁽²¹⁾.

4. DÉVELOPPER LA FILIÈRE DE VALORISATION DES BIODÉCHETS

Même si certains d'entre eux sont également recyclables, les bioplastiques biodégradables trouvent surtout leur pertinence dans un scénario de fin de vie par compostage (domestique ou industriel) ou par méthanisation. Leur biodégradabilité leur permet en effet d'intégrer la filière de valorisation organique des biodéchets.

LES BIODÉCHETS, QU'EST-CE QUE C'EST ? DES DÉCHETS ORGANIQUES ISSUS DE RESSOURCES NATURELLES

Selon le Code de l'environnement est considéré comme un « biodéchet » « *tout déchet non dangereux biodégradable de jardin ou de parc, tout déchet non dangereux alimentaire ou de cuisine, issu notamment des ménages, des restaurants, des traiteurs ou des magasins de vente au détail, ainsi que tout déchet comparable provenant des établissements de production ou de transformation de denrées alimentaires* ». (Article 541-8 du Code de l'environnement).

Les biodéchets correspondent donc aux déchets organiques issus de ressources naturelles végétales ou animales. Pour les ménages, ils sont constitués des déchets de cuisine (épluchures de légumes et autres restes alimentaires) et des déchets verts du jardin (tailles de haie, tonte de gazon, feuilles mortes, etc.).

POURQUOI SÉPARER LES BIODÉCHETS DES AUTRES ORDURES MÉNAGÈRES ? FAVORISER LE RECYCLAGE ORGANIQUE

Les biodéchets représentent 1/3 du poids des ordures ménagères résiduelles des Français. Et lorsqu'ils ne sont pas isolés à la source et traités séparément, ils sont soit mis en décharge, soit incinérés.

« C'est un gisement non négligeable qu'il faut maintenant détourner de l'élimination en vue d'une économie circulaire de la matière organique », estime le ministère de la Transition écologique et solidaire⁽²²⁾. Éliminer les biodéchets par incinération ou mise en décharge, alors qu'ils représentent une ressource importante en matière organique pour les sols, constitue en effet un gaspillage. C'est pourquoi la loi relative à la transition écologique pour la croissance verte prévoit que tous les particuliers disposent d'une solution pratique de tri à la source de leurs biodéchets avant 2025... Afin de pouvoir soit les composter à domicile ou dans un compostage de quartier, soit les remettre à une collecte sélective des biodéchets destinée à un centre de compostage industriel.

Le tri à la source des biodéchets et leur valorisation permettent non seulement de réduire leur impact environnemental mais aussi de contribuer à lutter contre le réchauffement climatique.

La mise en décharge des déchets organiques peut en effet engendrer des pollutions. En se décomposant, les biodéchets perdent de l'eau qui va former un jus appelé « lixiviat ». Ces jus peuvent contenir les substances polluantes et toxiques issues de la macération avec les autres déchets (métaux, mercure, etc.).

De plus, la mise en décharge des biodéchets est à l'origine d'émissions de gaz à effet de serre. Le tassement des déchets provoque en effet la fermentation de biodéchets dans un milieu sans oxygène, un processus qui est à l'origine d'émission de méthane (CH₄) dans l'atmosphère. Un gaz qui a un pouvoir de réchauffement global 25 fois supérieur à celui du CO₂. De même, l'incinération de ces déchets produit également des gaz à effet de serre⁽²²⁾.

Le bilan carbone est également mauvais lorsque les déchets organiques non triés sont orientés avec d'autres déchets vers l'incinération. Les biodéchets étant composés de 60 à 90 % d'eau, les incinérer revient en effet à brûler de l'eau, ce qui est très énergivore et

émetteur de gaz à effet de serre lors de la combustion. À l'inverse, la valorisation organique *via* le compostage ou la méthanisation (suivie du compostage du digestat) permet de faire retourner au sol ou de transformer des matières organiques brutes en une matière valorisable, le compost, adapté aux besoins agronomiques des sols⁽²²⁾.

Dans le contexte actuel d'appauvrissement des sols en matières organiques, il existe un réel besoin d'amendements organiques naturels comme cela a été souligné par l'initiative « 4 pour 1000 » lancée par la France lors de la COP 21. Les composts de biodéchets peuvent en partie combler cet appauvrissement⁽²²⁾.

Par ailleurs, la substitution des engrais de synthèse par des engrais organiques représente un réel intérêt environnemental. En effet, la fabrication de ces engrais de synthèse repose notamment sur des ressources minières non renouvelables et non disponibles en France (phosphore et potasse), et pèse considérablement sur le bilan énergétique global, la synthèse de l'azote, notamment, étant très énergivore⁽²²⁾.

Enfin, la collecte séparée des biodéchets permet d'améliorer le tri ainsi que la collecte des matériaux recyclables en incitant le consommateur à mieux trier ses déchets. Dans son étude technico-économique de la collecte séparée des biodéchets de 2016, l'ADEME constate en effet que la collecte de biodéchets a un effet positif sur la collecte des recyclables⁽²³⁾. « La collecte de biodéchets a un effet positif sur la collecte de recyclables, écrit ainsi l'Agence. Il semblerait qu'elle incite l'usager à mieux trier l'ensemble des flux d'ordures ménagères et assimilés. Les moyens de communication déployés lors de la mise en place de la collecte séparée des biodéchets sont également l'occasion de communiquer sur l'ensemble des flux. Les collectivités confirment constater un effet d'entraînement sur le tri lié à la collecte séparée des biodéchets. » L'exemple de Lorient (*lire page 39*) va notamment dans ce sens.

Une fois triés à la source, les biodéchets peuvent être valorisés notamment *via* le compostage pour permettre un retour au sol de la matière organique : - à l'échelle professionnelle, ils peuvent être transformés en un amendement agricole (compost) utilisable par les professionnels dès lors qu'il respecte certaines normes. Leur valorisation peut aussi passer par la méthanisation, technique industrielle qui permet de récupérer le biogaz (méthane) généré par les biodéchets et de l'utiliser comme source d'énergie, avec un retour au sol du digestat (résidu de méthanisation) après son compostage ; - à l'échelle domestique ou locale, ils peuvent être transformés en terreau ou en engrais utilisable pour le jardinage *via* un composteur de jardin ou encore un lombricomposteur⁽²²⁾.

OÙ EN EST-ON AUJOURD'HUI ? LA COLLECTE DES BIODÉCHETS EN FRANCE ET EN EUROPE

> Le cadre réglementaire : vers la généralisation du tri à la source

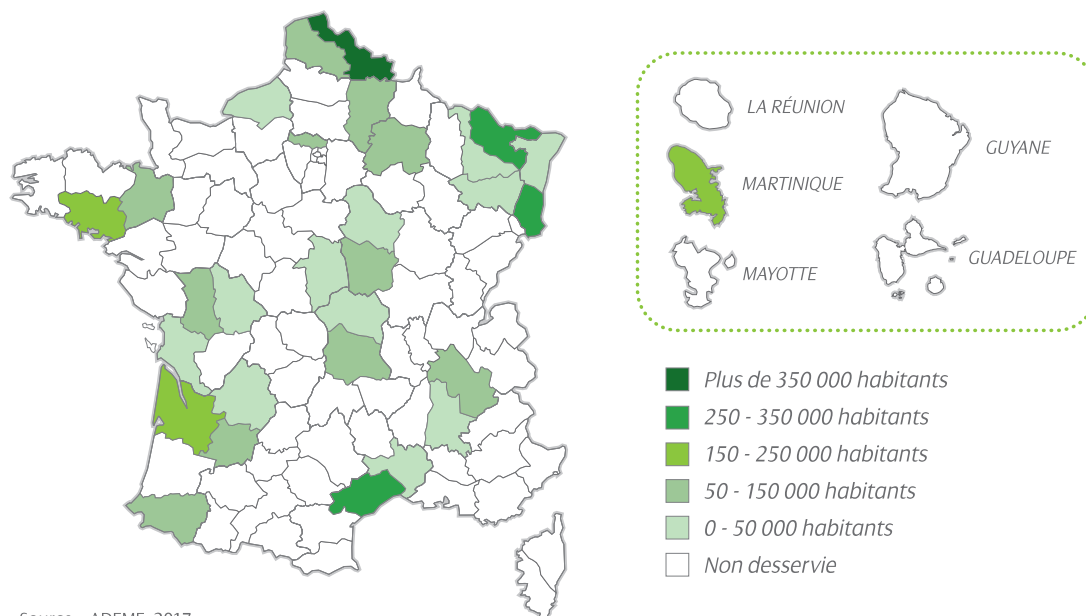
En France, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte prévoit « le développement du tri à la source des déchets organiques, jusqu'à sa généralisation pour tous les

producteurs de déchets avant 2025, pour que chaque citoyen ait à sa disposition une solution lui permettant de ne pas jeter ses biodéchets dans les ordures ménagères résiduelles, afin que ceux-ci ne soient plus éliminés, mais valorisés ». Charge aux collectivités territoriales de définir des solutions techniques de compostage de proximité ou de collecte séparée des biodéchets et un rythme de déploiement adaptés à leur territoire.

Déjà, depuis le 1^{er} janvier 2012, les producteurs qui produisent ou détiennent une quantité importante de biodéchets ont l'obligation de trier ces biodéchets et de les faire valoriser dans des filières adaptées (telles que le compostage ou la méthanisation).

Répartition géographique de la collecte séparée des biodéchets en France

Population desservie par une collecte séparée des biodéchets



Source : ADEME, 2017

Depuis le 1^{er} janvier 2016, ce sont tous les professionnels produisant plus de 10 tonnes par an de biodéchets, et de 60 litres par an pour les huiles, qui sont concernés par cette obligation.

Au niveau européen, la directive 2018/851 du 30 mai 2018 modifiant la directive 2008/98/CE relative aux déchets prévoit l'obligation pour les Etats membres, d'ici le 31 décembre 2023, soit de trier et recycler les biodéchets à la source soit de les collecter séparément et non mélangés avec d'autres types de déchets. La France va donc devoir avancer l'échéance de 2025, prévue dans la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte.

> État des lieux : la France doit vite rattraper son retard

Aujourd'hui en France, selon l'ADEME, la pratique du tri des déchets organiques par les particuliers est estimée à environ 30 % des ménages (25 % par compostage domestique et 5 % par collecte séparée) ⁽²⁴⁾.

Au 1^{er} janvier 2016, 101 collectivités avaient mis en place une collecte séparée des biodéchets pour les ménages. Au total, cela concerne 3 282 000 habitants, soit 5,8 % de la population française ⁽²³⁾.

Cette centaine de collectivités, réparties sur tout le territoire, y compris dans des agglomérations denses telles que Lille, Montpellier ou Rennes, mais aussi sur des villes moyennes comme Niort, Lorient, Nevers, Pau, Arras ou Clermont-Ferrand, sont déjà engagées dans une démarche de tri à la source et de collecte séparée des biodéchets. « *Les retours d'expériences montrent que les collectivités qui se sont engagées sont satisfaites : la collecte séparée des déchets alimentaires a souvent l'intérêt d'augmenter les performances de tri des autres flux de déchets* », note le ministère de la Transition écologique et solidaire ⁽²²⁾.

Dans le cadre de sa stratégie « zéro déchet », la mairie de Paris a lancé depuis juin 2017 une expérimentation de la collecte des déchets alimentaires dans les 2^e et 12^e arrondissements, l'objectif étant, à la lumière des retours d'expériences, de généraliser à terme cette collecte pour l'ensemble des habitants de la capitale. Les habitants des deux arrondissements se sont ainsi vu remettre en mains propres un « P'tit bac » et deux lots de « P'tit sac » entièrement compostables.

À titre de comparaison, la proportion de la population desservie par la collecte séparée des biodéchets se situe, selon l'ADEME, entre 70 % et 80 % en Autriche, entre 55 % et 60 % en Allemagne, à 41 % en Italie et à 53 % en Angleterre. Dans ces pays, les taux de valorisation des matières organiques s'élevaient, en 2011, à 55 %

en Allemagne et en Autriche, à 35 % en Italie et à 40 % au Royaume-Uni ⁽²⁵⁾.

Dans de nombreux pays d'Europe (Allemagne, Suisse, Autriche, Italie, Espagne, Belgique), le tri sélectif et la valorisation organique des biodéchets se sont en effet fortement développés depuis une dizaine d'années.

QUEL EST L'INTÉRÊT DES EMBALLAGES BIODÉGRADABLES ? LES BIOPLASTIQUES : UN ATOUT POUR LA COLLECTE DES BIODÉCHETS

Les sacs-poubelle biodégradables facilitent la collecte des biodéchets, contribuent à la mise en place des filières de compostage et participent à l'obtention d'un compost de qualité.

S'ils sont compostables, les sacs de type « fruits et légumes » peuvent également être réutilisés pour collecter les biodéchets.

La ville de Milan, par exemple, a plus que triplé sa collecte de déchets alimentaires – de 28 kg à 95 kg par habitant et par an – lorsqu'elle a lancé des sacs compostables pour la collecte des déchets organiques ⁽¹⁾.

Deuxième ville d'Italie avec 1,35 million d'habitants, Milan a en effet lancé dès 2012 le tri à la source et la collecte en porte-à-porte des déchets alimentaires des ménages, généralisés à l'ensemble des habitants en 2014. Les usagers utilisent des sacs compostables selon la norme EN 13432 (compostage industriel), distribués en sortie de caisse dans les commerces. Les déchets alimentaires sont mis dans ces sacs compostables, eux-mêmes ensuite placés dans un bioseau. Des dispositifs de précollecte qui favorisent le confort des habitants en réduisant les odeurs, les moisissures et le poids par perte d'humidité, facilitent le geste de tri en cuisine et diminuent l'impact environnemental *via* la réduction de la quantité de jus et donc du poids de biodéchets transportés.

« *L'utilisation de sacs biodégradables peut être envisagée pour la collecte des biodéchets, ces derniers présentant l'avantage de limiter les nuisances (odeurs, développement d'insectes, écoulements de jus)* », estime l'ADEME. À condition que les caractéristiques de biodégradation du sac soient adaptées au mode de compostage (de proximité ou industriel), afin d'assurer sa bonne dégradation dans les conditions du compostage ⁽¹⁵⁾.

« Les sacs plastiques à usage unique biodégradables visés par l'article 75 de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte présenteront l'avantage de pouvoir être biodégradés en compostage industriel mais également domestique (norme NF T51-800) et constitueraient donc d'excellents candidats pour un réemploi en tant que sac pour la collecte de biodéchets », estime également l'ADEME ⁽¹⁵⁾.

« L'idée, déjà appliquée à Lorient, est d'avoir une poubelle de biodéchets dans laquelle on peut mettre aussi les plastiques biodégradables, et/ou d'utiliser des sacs plastiques biodégradables dans lesquels on peut mettre les biodéchets », indique Stéphane Bruzard ⁽⁹⁾.

« Le développement de matériaux d'emballages biodégradables simplifie énormément la filière de valorisation des biodéchets, estime Nathalie Gontard. Dans l'idéal, on n'aurait plus besoin de séparer les plastiques des déchets organiques. » ⁽¹²⁾

« Le principal enjeu de la recherche et développement se situe aujourd'hui sur l'amélioration de l'impact environnemental du système "aliment emballé" dans son ensemble, non seulement en minimisant l'impact négatif du matériau d'emballage sur l'environnement, mais aussi en améliorant son rôle positif sur la réduction des pertes et des gaspillages alimentaires qui impactent très fortement notre environnement », écrit également Nathalie Gontard ⁽⁵⁾.



L'EXEMPLE DE LORIENT : UNE COLLECTE SPÉCIFIQUE DES BIODÉCHETS GRÂCE AUX BIOPLASTIQUES

Dans l'agglomération de Lorient (25 communes, près de 207 000 habitants), les déchets organiques de type épluchures, restes de repas, filtres à café, sachets de thé, coquilles d'œufs, de noix, de crustacés et autres cartons souillés issus de la cuisine (pizza, pâtisserie) bénéficient d'une collecte et d'un traitement spécifiques.

Pour faciliter la collecte de ces biodéchets sur son territoire, Lorient Agglomération a mis en place différents outils : bacs dédiés de 35 litres ou 80 litres, composteurs individuels, bioseaux et sacs biodégradables en bioplastique. « Grâce à une forte sensibilisation, à un ramassage en porte-à-porte efficace et aux outils mis à la disposition des citoyens dont l'usage de sacs en bioplastique », autour de 8 000 tonnes de biodéchets sont collectées chaque année, « avec une excellente compréhension du tri par les habitants de l'agglomération, les taux d'indésirables restant très faibles (de 1 à 5 % du poids) », précise l'agglomération.

Les biodéchets ramassés par les camions-bennes les jours de collectes spécifiques sont acheminés vers l'unité de traitement biologique des déchets de Caudan, située dans l'agglomération lorientaise. Les biodéchets y sont mélangés avec des déchets végétaux broyés secs pour permettre leur transformation en compost, dans des tunnels de compostage.

Chaque année, environ 3 700 tonnes de compost sont ainsi produites. Conforme aux exigences de la norme européenne « écolabel » et même à la norme de l'agriculture biologique (« AB »), la qualité du compost produit lui permet d'être commercialisé auprès des agriculteurs locaux, des paysagistes et pépiniéristes, et mis gratuitement à la disposition des services espaces verts municipaux et des habitants du territoire lors d'animations.

« Ce retour à la terre du carbone végétal des biodéchets, comme celui des sacs en bioplastique fabriqués à partir d'une matière première végétale, est une parfaite illustration d'une valorisation en boucle, fondatrice du principe de l'économie circulaire », souligne l'agglomération.

LEVER LES FREINS

> Baisser les coûts de production

Aujourd'hui, les bioplastiques biosourcés et biodégradables sont au moins deux fois plus chers que les plastiques classiques issus de la pétrochimie. « Cette différence est liée au coût des matières premières, de leur transformation mais aussi de la recherche et à l'amortissement des investissements », explique l'ADEME ⁽¹⁰⁾.

Toutefois, la hausse des volumes et les économies d'échelle qu'elle génère, tout comme l'amélioration des procédés de fabrication et la hausse des prix du pétrole, tendent à rendre les bioplastiques biosourcés et biodégradables de plus en plus compétitifs par rapport aux plastiques issus de la pétrochimie. La réduction des coûts de production des bioplastiques et le développement de modèles économiques viables constituent donc l'un des premiers objectifs de la recherche et de l'innovation.

> En attente d'incitations législatives

« Aujourd'hui, la filière des bioplastiques est jeune, les matières sont chères, donc peu disponibles, du coup, les clients sont frileux, c'est un peu le serpent qui se mord la queue, résume Stéphane Bruzaud. Et cela risque de durer tant qu'il n'y aura pas d'incitation législative. » ⁽³⁾

« L'absence d'une législation internationale visant à promouvoir, voire à imposer pour certaines applications l'utilisation de matériaux biodégradables et issus de ressources renouvelables fait défaut », notait également l'ADEME dès 2006 ⁽¹⁴⁾.

La loi française a prévu que les sacs biosourcés (avec une teneur minimale en matière végétale de 40 % depuis 2018, de 50 % en 2020 et de 60 % en 2025) et compostables en compostage domestique (selon la norme NF T 51-800) soient exemptés de l'interdiction des sacs plastiques distribués dans les lieux de vente au rayon frais et de certains ustensiles en plastique. C'est un premier pas.

Aujourd'hui, l'Union européenne prévoit également d'interdire huit produits à usage unique : couverts, assiettes, pailles, contenants alimentaires et gobelets en PSE, bâtonnets ouatés, touillettes et tiges pour ballons en plastique. Alors que cette directive vient d'être publiée, la possibilité d'utiliser l'alternative des plastiques biosourcés et biodégradables pour ces produits n'est pas aujourd'hui abordée. Il serait pourtant dommage

de se priver de cette solution et de freiner par ce type de décision la recherche et l'innovation.

> Développer la filière de valorisation des biodéchets

Aujourd'hui, les bioplastiques biosourcés et biodégradables trouvent leur pertinence dans un scénario de fin de vie par compostage (domestique ou industriel) ou par méthanisation. Leur biodégradabilité leur permet en particulier d'intégrer la filière de valorisation organique des biodéchets, qui représentent 1/3 du poids des ordures ménagères résiduelles en France.

Mais si cette filière de tri, de collecte et de valorisation des biodéchets est aujourd'hui très développée dans de nombreux pays d'Europe et dans certaines villes françaises, elle reste embryonnaire dans la plupart des régions de notre pays. « L'absence de filière organisée dédiée à l'élimination et à la valorisation des déchets organiques » fait partie des « verrous à lever », estime ainsi l'ADEME ⁽¹⁴⁾.

L'objectif doit être de détourner de l'élimination (incinération ou mise en décharge) ce gisement non négligeable des biodéchets, afin de l'intégrer dans une économie circulaire de la matière organique. Il y a donc urgence à développer en France la filière de tri, de collecte et de valorisation des biodéchets.

> Mieux informer les citoyens consommateurs

La communication et la sensibilisation des consommateurs à ces notions complexes de biodégradabilité et de compostabilité sont primordiales. Comme l'indique l'ADEME, il est nécessaire d'informer et d'éduquer le consommateur sur les avantages et les inconvénients de ces produits, sur la nécessité de séparer les fractions des déchets compostables à la source, ainsi que sur sa responsabilité quant à leur dissémination dans la nature.

Pour éviter toute confusion des usagers, il est en particulier indispensable que ceux-ci puissent identifier facilement les plastiques biodégradables, mais également si ces derniers peuvent être valorisés en composteur individuel ou uniquement en milieu industriel, afin de les diriger vers les filières adéquates.

En conclusion, il est important de souligner que la recherche sur les matériaux biosourcés et biodégradables est aujourd'hui particulièrement dynamique. Elle a fait l'objet de plus de 1 400 publications scientifiques par an au cours des dix dernières années selon Nathalie Gontard ⁽⁷⁾. Sur ce sujet, la recherche progresse et l'innovation se développe, partout dans le monde. L'Europe ne peut pas se permettre de passer à côté de ces nouveaux matériaux.

Biodéchets

Les biodéchets correspondent aux déchets organiques issus de ressources naturelles végétales ou animales. Pour les ménages, ils sont constitués des déchets de cuisine (épluchures de légumes et autres restes alimentaires) et des déchets verts du jardin (tailles de haie, tonte de gazon, feuilles mortes, etc.).

Biodégradable

Un matériau est dit « biodégradable » s'il peut être décomposé sous l'action des micro-organismes (bactéries, champignons, algues, vers de terre, etc.). Le résultat est la formation d'eau (H₂O), de dioxyde de carbone (CO₂) et/ou de méthane (CH₄), et de sous-produits (résidus, nouvelle biomasse) non toxiques pour l'environnement.

La biodégradation est influencée par les paramètres physico-chimiques (température, humidité, pH) et microbiologiques (quantité et nature des micro-organismes) du milieu dans lequel elle se produit. Pour avoir vraiment un sens, le terme « biodégradable » doit donc être précisé et relié non seulement à une durée, compatible avec l'échelle humaine, mais aussi à des conditions de biodégradation.

Biomasse

Ressources renouvelables composées de ressources agricoles et forestières, des coproduits des agro-industries et des déchets organiques.

Bioplastique

Les « bioplastiques » regroupent des matériaux qui sont soit biosourcés, soit biodégradables, soit les deux. C'est pour cette raison que le terme de « bioplastique » ne peut se suffire à lui-même et qu'il convient de préciser, à chaque fois que l'on utilise ce mot, quelle est l'origine (biosourcé ou non) et la fin de vie (biodégradable ou non) du plastique. D'ailleurs, la définition française, parue au *Journal officiel* du 22 décembre 2016, réserve le terme de « bioplastique » aux matériaux à la fois biosourcés et biodégradables.

Biopolymères

Ce sont les polymères naturels issus des ressources renouvelables de plantes ou d'animaux. Ils peuvent être directement synthétisés par les plantes ou les animaux comme les polysaccharides (amidon, cellulose, chitosane, etc.), les protéines (collagène, gélatine, caséine, etc.) et les lignines, ou bien synthétisés à partir de ressources biologiques comme les huiles végétales (colza, soja, tournesol, etc.). D'autres biopolymères, comme le PHA, sont produits par des micro-organismes (bactéries) par fermentation à partir de sucres et d'amidon.

Biosourcé

Les matériaux biosourcés sont fabriqués, en partie ou en totalité, à partir de ressources biologiques renouvelables, le plus souvent végétales. Les sources de matières premières sont très variées. On retrouve tout ce qui touche à la biomasse, à la matière organique, en particulier les amidons, les sucres et les huiles végétales.

Compostable

Littéralement, qui peut être composté ou faire l'objet d'un compostage (*voir ci-dessous*).

Aujourd'hui en France, deux normes encadrent l'appellation « compostable » pour les emballages : NF EN 13432 pour l'aptitude au compostage industriel et NF T51-800 pour l'aptitude au compostage domestique. Les emballages plastiques conformes à ces normes peuvent donc faire l'objet d'une valorisation organique soit par compostage industriel (NF EN 13432) soit par compostage domestique (NF T51-800), au même titre que des déchets organiques (déchets alimentaires, déchets verts, etc.).

Compostage

Selon la définition de l'ADEME, le compostage est un procédé de transformation aérobie (c'est-à-dire en présence d'oxygène, contrairement à la méthanisation qui est une réaction anaérobie, c'est-à-dire sans oxygène) de matières fermentescibles dans des conditions contrôlées. Il permet l'obtention d'une matière fertilisante stabilisée, riche en composés humiques, le compost. Il s'accompagne d'un dégagement de chaleur et de gaz carbonique.

C'est un procédé très utilisé en particulier en milieu agricole car le compost permet d'amender les sols en améliorant leur structure et leur fertilité.

Économie circulaire

Pour l'ADEME, l'économie circulaire est « un système économique d'échange et de production qui vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer notre impact sur l'environnement. Il s'agit de découpler la consommation des ressources de la croissance du produit intérieur brut (PIB) tout en assurant la réduction des impacts environnementaux et l'augmentation du bien-être ».

L'économie circulaire désigne un modèle économique dont l'objectif est de produire des biens et des services de manière durable, en limitant la consommation et les gaspillages de ressources (matières premières, eau, énergie) ainsi que la production des déchets. Il s'agit de rompre avec le modèle de l'économie linéaire (extraire, fabriquer, consommer, jeter) pour un modèle économique « circulaire » où l'ensemble du cycle de vie des produits est intégré, de leur éco-conception à la gestion des déchets, en passant par leur consommation en limitant les gaspillages.

Méthanisation

La méthanisation (ou digestion anaérobie) est le processus naturel biologique de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène (anaérobie). Il se produit naturellement dans certains sédiments, les marais, les rizières, les décharges, ainsi que dans le tractus digestif de certains animaux comme les termites ou les ruminants. Une partie de la matière organique est dégradée en méthane, et une autre est utilisée par les micro-organismes méthanogènes pour leur croissance. La décomposition n'est pas complète et laisse le « digestat » qui nécessite un compostage pour être stabilisé.

La méthanisation est aussi une technique mise en œuvre dans des méthaniseurs où l'on accélère et on entretient le processus pour produire un méthane utilisable (biogaz). Des déchets organiques peuvent ainsi fournir de l'énergie.

Oxo-dégradable

Ces dernières années, des plastiques qualifiés d'« oxo-dégradables », de « fragmentables », d'« oxo-fragmentables », voire de « biofragmentables » ou même d'« oxo-biodégradables », sont apparus sur le marché. Il s'agit de polymères d'origine pétrochimique contenant des additifs oxydants minéraux favorisant leur dégradation en petits morceaux (jusqu'à devenir même invisibles à l'œil nu). Ces plastiques peuvent en effet se fragmenter, sous certaines conditions (lumière, chaleur, etc.), mais ne sont pas biodégradables selon les normes en vigueur (EN 13432 ou NF T51-800). Par ailleurs, ces additifs contiendraient des métaux lourds dont on ne connaît pas actuellement les effets sur l'environnement.

Ces plastiques ont d'ailleurs été interdits par la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte pour les applications emballages et sacs. La nouvelle directive européenne *Single-Use Plastics* (SUP), approuvée par le Parlement européen le 27 mars 2019, prévoit l'interdiction de ces plastiques oxo-dégradables pour tous les usages.

Polymère

Le terme polymère désigne une molécule de masse moléculaire élevée constituée d'un enchaînement répétitif d'un grand nombre de molécules simples appelés monomères, qui peuvent être identiques ou non. Le nombre de motifs monomères constituant la macromolécule est appelé degré de polymérisation. Les polymères sont en général polymoléculaires, c'est-à-dire qu'ils sont composés de mélanges de molécules de tailles différentes.

Les sucres, l'amidon et les protéines sont des polymères naturels synthétisés par les plantes, les animaux ou les bactéries ; on parle alors de biopolymères. Les plastiques issus de la pétrochimie sont également des polymères.

Recyclage organique

Le recyclage (ou la valorisation) organique désigne l'ensemble des modes de gestion et de valorisation des déchets biodégradables (déchets alimentaires, déchets verts, boues urbaines, boues industrielles, déchets des industries agroalimentaires, déchets agricoles, etc.). Les déchets biodégradables peuvent être recyclés (ou valorisés) *via* deux grands modes de traitement : le compostage et la méthanisation.

- (1) Fondation Ellen MacArthur, Pour une nouvelle économie des plastiques, rapport présenté au Forum économique mondial en 2016.
- (2) Nathalie Gontard, Déchets plastiques : la dangereuse illusion du tout-recyclage, The conversation, 28 janvier 2018.
- (3) Stéphane Bruzaud, Des matériaux innovants pour limiter l'impact des plastiques sur l'environnement marin, La Maison de la mer, Lorient, 28 mai 2018 (vidéoconférence).
- (4) Jean-François Ghiglione, Pollution plastique des océans : comment inverser la donne ?, Observatoire Océanologique de Banyuls-sur-Mer, 5 décembre 2018 (vidéoconférence).
- (5) N. Gontard, V. Guillard, S. Gaucel, C. Guillaume, L'emballage alimentaire et l'innovation écologique dans toutes leurs dimensions, Innovations Agronomiques 58 (2017).
- (6) Claire Dussud et Jean-François Ghiglione, La dégradation des plastiques en mer, Société Française d'Ecologie, décembre 2014.
- (7) Nathalie Gontard, Valérie Guillard, Sébastien Gaucel, Claudio Fornaciari, Hélène Angellier-Coussy, Patrice Buche, The Next Generation of Sustainable Food Packaging to Preserve Our Environment in a Circular Economy Context, Frontiers in Nutrition, 4 décembre 2018.
- (8) Nathalie Gontard, interview réalisée pour la rédaction de ce rapport d'information, 1^{er} mars 2019.
- (9) Stéphane Bruzaud, interview réalisée pour la rédaction de ce rapport d'information, 27 février 2019.
- (10) ADEME, Les plastiques biosourcés, Les Fiches techniques de l'ADEME, septembre 2013.
- (11) European Bioplastics, Bioplastics facts and figures, décembre 2018.
- (12) ADEME, Biodégradabilité et matériaux polymères biodégradables, Note de synthèse I, 2005.
- (13) ADEME, Le compostage, Fiche technique, novembre 2015.
- (14) ADEME, Matériaux polymères biodégradables et applications, Note de Synthèse II, 2006.
- (15) ADEME, Plastiques biodégradables, Les Fiches techniques de l'ADEME, septembre 2016.
- (16) ADEME, La sensibilité des Français à la prévention des déchets, Résultats enquête septembre 2015, juin 2016.
- (17) Actu-Environnement, Sacs plastiques compostables : le compostage à domicile est difficile, Philippe Collet, 3 décembre 2018.
- (18) Citeo, Citeo expérimente le compostage des emballages plastiques biosourcés, communiqué de presse, 5 décembre 2018.
- (19) Ministère de la Transition écologique et solidaire, 50 mesures pour une économie 100 % circulaire, Feuille de route Économie circulaire, avril 2018.
- (20) Commission européenne, Les bioplastiques : des matériaux durables pour bâtir une bioéconomie circulaire forte en Europe, Results Packs, CORDIS (Community Research and Development Information Service), 2017.
- (21) Commission européenne, Vers des emballages alimentaires plus durables, Projet EUROPHA, CORDIS (Community Research and Development Information Service), 2017.
- (22) Ministère de la Transition écologique et solidaire, Biodéchets (site internet), 2017.
- (23) ADEME, Étude technico-économique de la collecte séparée des biodéchets, 2016.
- (24) ADEME, Fabienne Muller, Guillaume Bastide, Isabelle Deportes, Olga Kergaravat, Chloé Mahé, Comment réussir la mise en œuvre du tri à la source des biodéchets, Recommandations pour les collectivités, 2018.
- (25) ADEME, État de l'art de la collecte séparée et de la gestion de proximité des biodéchets, Étude, juin 2013.



Siège social :
3, rue Scheffer - 75116 Paris
Société anonyme au capital de 7 510 000 €
RCS Paris B 306 591 249
www.sphere.eu



The Dreamology Company
—Make your dreams come true—

Siège social :
Nijverheidsstraat 16
B-2260 Westerlo-Oevel
BTW/VAT BE 0407 633 194
www.kaneka.be