

1. Définitions

Biodégradabilité

Un polymère biodégradable est formé de molécules qui peuvent être transformées en molécules plus petites et moins polluantes par des micro-organismes vivants dans le milieu naturel, tels que les bactéries, les champignons et les algues. Le résultat final de cette dégradation doit être de l'eau, du dioxyde de carbone ou du méthane.

Compostabilité

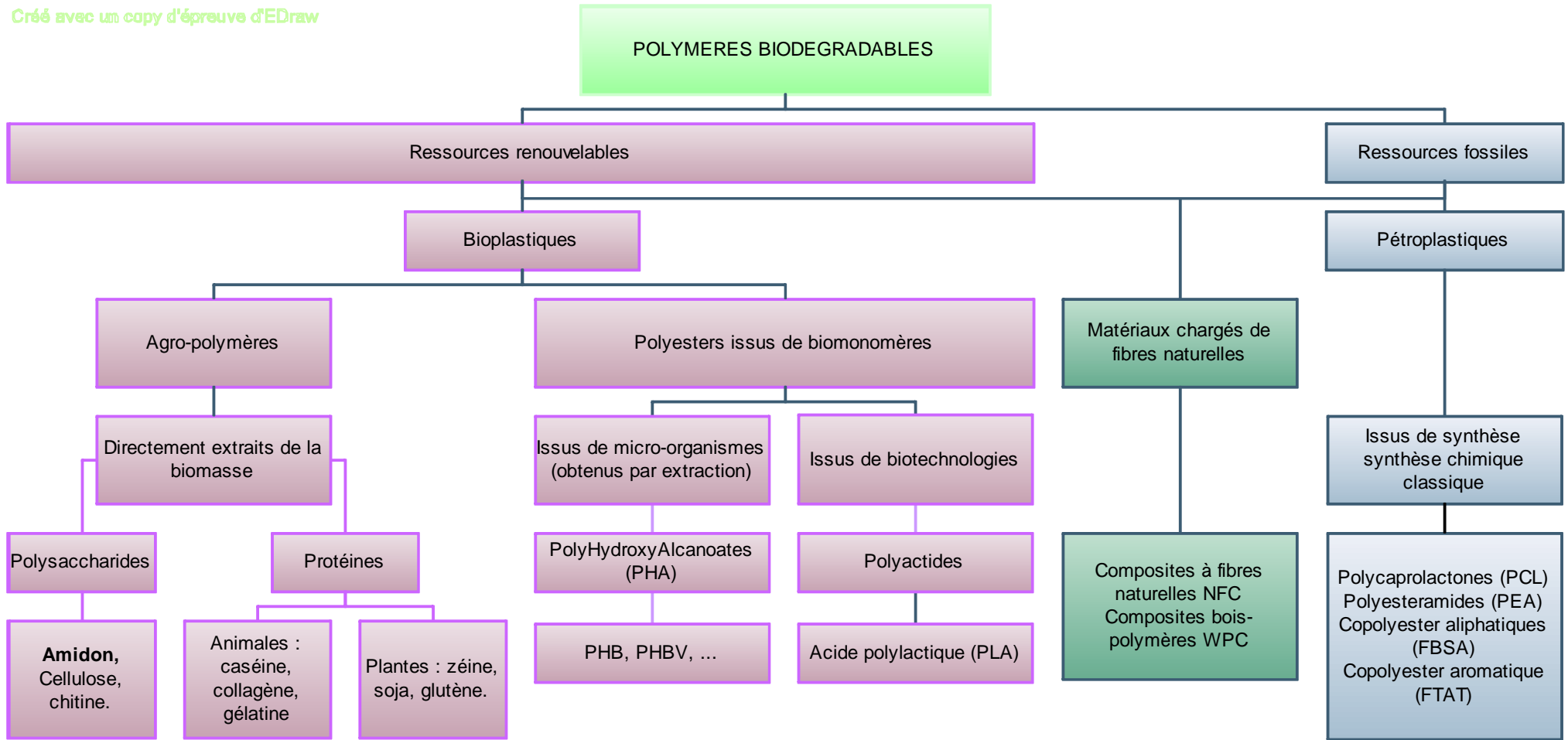
Un plastique compostable se dégrade par suite de processus biologiques à l'œuvre lors du compostage et donne dioxyde de carbone et/ou de l'eau, des composés inorganiques et de la biomasse dans un délai compatibles avec d'autres matériaux compostables (déchets verts) et sans laisser de résidus toxiques ou visibles à l'œil nu.

Bioplastique

Un bioplastique est issu de matières végétales ou est d'origine biologique et présente la propriété d'être biodégradable. Ce terme porte parfois à confusion, en particulier car il existe des polymères issus de ressources fossiles qui sont biodégradables.

2. Différents types

Il convient de noter qu'il existe de nombreux types de polymères biodégradables, qui sont généralement classés en deux grandes familles selon leur origine - renouvelable ou fossile (Pétrochimie)-, auxquelles s'ajoutent les mélanges qui sont souvent utilisés pour les produits commerciaux.



Agropolymères

Les agromatériaux constituent un sous ensemble des plastiques bio-sourcés (dérivés de ressources renouvelables). Ils présentent des caractéristiques intrinsèques et des propriétés particulières modulables par voies formulation/mélange/modifications chimiques.

Remarques : Le très faible attrait de l'industrie vis-à-vis de ces ressources s'explique par le faible niveau des propriétés mécaniques. Les seules solutions viables utilisant ces matières premières consistent à réaliser des mélanges avec des macromolécules synthétiques, généralement des polyesters qui permettent de conserver le caractère biodégradable du mélange, et qui apportent une certaine hydrophobie.

Bioplastiques produits par des micro-organismes

Les polymères d'origine microbienne s'accumulent dans le cytoplasme de bactéries en état de fermentation, qui utilisent le sucre ou l'amidon pour produire des polyesters. Ici on distingue principalement :

✓ Les PHA ou polyhydroxyalcanoates :

Les PHA sont une famille de biopolymères qui présentent des caractéristiques similaires aux plastiques conventionnels tout en étant biodégradables. Ils sont produits naturellement par certaines bactéries sous forme de microgranules intracellulaires. Emmagasinés en réponse à un stress, ils servent de réserve d'énergie aux bactéries.

Remarques : Sur les 300 bactéries productrices de PHA recensées, on dénombre la production d'au moins 80 monomères différents (les hydroxyalcanoates ou HA). Les caractéristiques mécaniques de ces polymères dépendent de la structure chimique des monomères qui les composent.

Même si les bactéries arrivent à produire par fermentation des quantités de PHAs représentant jusqu'à 80-90 % de leur poids sec, le coût de production de ce plastique biodégradable est élevé :

✓ Les PHB ou polyhydroxybutyrates :

Les PHB (Polyhydroxybutyrates), qui sont d'origine bactérienne, présentent des propriétés voisines, légèrement supérieures dans certains cas, de celles du Polypropylène.

Remarques : Sa haute température de fusion (173-180°C) présente un avantage par rapport aux autres polyesters biodégradables, mais il est difficile à mettre en oeuvre. Il s'agit également de matériaux coûteux.

Polymères biosynthétiques

✓ PLA

Le PLA est fabriqué à partir d'amidon de maïs. L'amidon est déstructuré sous haute température jusqu'à donner du glucose, qui est soumis à une fermentation bactérienne et se transforme en acide lactique. C'est l'assemblage de ces monomères qui aboutit au PLA.

Le PLA est biodégradable et biocompatible. Il a été largement utilisé pour des applications dans le domaine biomédical. Aujourd'hui, son utilisation est beaucoup plus large. Ses propriétés sont proches de celles des plastiques conventionnels, tels que le polypropylène ou le polyéthylène.

Remarques : Le PLA est un polymère qui se dégrade rapidement en présence d'humidité, à T=50-70°C. La température de transition vitreuse est de l'ordre de 60°C et sa température de fusion varie entre 130 et 195°C. La masse volumique du PLA est de l'ordre de 1,25 g/cm³.

Matériaux chargés de fibres naturelles

L'utilisation de fibres naturelles au sein d'un matériau permet une diminution de la quantité de matériau tout en conservant ses propriétés. Diverses fibres sont utilisées telles que le lin, le chanvre, le coton, le cuir... Les efforts portent sur la compatibilité entre le matériau et la fibre naturelle.

Les fibres naturelles présentent de nombreux avantages par rapport aux fibres synthétiques (faible coût, ressource renouvelable, biodégradabilité, propriétés mécaniques spécifiques importantes (résistance et rigidité)). En revanche, certains inconvénients peuvent être un frein au niveau du développement industriel tels que, la méthode de mise en oeuvre difficilement reproductible (non industrielle, des propriétés physiques non reproductibles, la quantité et la qualité des fibres dépendent de l'environnement et de l'humidité ainsi actuellement ces fibres sont en cours de développement.

Les composites renforcés par des fibres naturelles sont encore peu utilisés et en court de développement. Pour le développement à grande échelle, les efforts portent actuellement sur :

- la mise en place de filière de production et de distribution pour répondre aux besoins de l'industrie ;
- l'augmentation des connaissances sur ces matériaux (performances, gestion, maîtrise de la biodégradabilité, identifications de ces structures complexes...) sachant qu'il existe des fibres végétales ;
- la mise en place de filières de recyclage (de démontage et gestion des déchets) ;
- la mise en point de biopolymères ayant un coût compétitif ;
- le développement de technologies industrielles pour transformer ces fibres végétales (comme on sait le faire dans l'industrie textile, papetière et du bois).

Pétroplastiques

✓ PCL

Le polycaprolactone (PCL) est un polyester synthétique biodégradable. C'est un polymère linéaire obtenu à partir du monomère ϵ -caprolactone en présence d'alcool. Il est principalement utilisé comme plastifiant et dans les domaines de l'emballage, des adhésifs, de la libération contrôlée de principes actifs...

Le PCL est hydrophobe, sa masse volumique est de l'ordre de 1,11 g/cm³. La température de transition vitreuse est de l'ordre de - 60°C et sa température de fusion varie entre 58 et 61°C. La température de fusion relativement peu élevée, limite l'utilisation du PCL. Il est alors souvent mélangé avec d'autres polymères ou modifié.

L'avantage principal de ce polyester réside dans sa « flexibilité ». Sa déformation à la rupture peut atteindre 1100%, tandis que sa résistance mécanique est de 33 MPa.

Ce polyester n'est pas compatible avec l'amidon. La faible adhésion entre le PCL et l'amidon peut être améliorée par l'introduction de différents agents.

La décomposition de ce polyester est plus longue que celle du PLA. Le PCL est consommé lentement par des microorganismes au cours de la biodégradation. En présence d'amidon, ce polyester se décompose plus rapidement. Dans les conditions de compost (similaires à celles proposées par la norme ASTM D 5338-1992), la biodégradation du PCL est de l'ordre de 65% après 23 jours alors qu'elle est supérieure à 65% après 14 jours dans le cas de mélanges PCL/amidon (90/10, 70/30, 50/50). Certains auteurs expliquent que la biodégradation des mélanges PCL/amidon démarre par la consommation d'amidon. Elle est suivie ensuite par la consommation des deux composants du mélange.

✓ PEA

polyesteramides

✓ **FBSA**

Le polybutylène succinate co-adipate (PBSA) et le polybutylène adipate co-téréphtalate (PBAT) ont des structures chimiques similaires. Ils sont synthétisés par réaction de polycondensation de glycols et d'acides dicarboxyliques aliphatiques ou aromatiques. Le PBSA est un copolyester possédant une température de fusion de l'ordre de 90 à 120°C. Il peut être mis en forme par extrusion comme les polymères thermoplastiques synthétiques. Sa température de transition vitreuse est de l'ordre de -45 à -10°C et sa masse volumique est égale à 1,25 g/cm³. La masse molaire du PBSA peut varier de 10 000 à 100 000 g/mol. La haute résistance chimique et thermique et la biodégradabilité du PBSA sont les propriétés qui favorisent son utilisation dans un large domaine d'applications. Malgré ceci, la production de ce polyester est limitée par son coût élevé. Dans les conditions de compostage, le PBSA sous forme de film, peut être dégradé en 2 mois tandis que le mélange PBSA/amidon peut être complètement dégradé en 45 jours. Le PBAT est un copolyester de masse volumique égale à 1,21 g/cm³. Sa température de transition vitreuse est de l'ordre de 30°C et sa température de fusion de l'ordre de 110 à 115°C. Le PBAT est un copolyester obtenu par réaction de condensation du butane-1,4-diol, d'acide adipique et d'acide téréphtalique. Les applications de ce polyester sont diverses. Possédant une masse volumique faible, une bonne résistance à l'humidité, à l'étirement et au choc, il convient pour des applications comme l'emballage rigide dans l'alimentaire ou encore pour les produits de beauté. Tandis que les polyesters aromatiques comme le polyéthylène téréphtalate (PET) ne sont pas biodégradables, les copolyesters aliphatique-aromatique qui contiennent de faibles quantités de fractions aromatiques, sont capables de se décomposer. La décomposition du PBAT dépend alors de la quantité de fonctions esters aromatiques. Au dessus de 60% molaire d'acide téréphtalique, la décomposition du PBAT dans des conditions de compost devient difficile.

✓ **FTAT**

En général, les biopolyesters présentent des propriétés semblables, voire supérieures, à celles des plastiques traditionnels. Ainsi, par copolymérisation de deux polyesters biodégradables leurs propriétés peuvent être modulées en vue des différentes applications. De plus, ces matériaux sont capables de se dégrader après leur utilisation. L'inconvénient principal de ces matériaux réside dans leur coût important. Afin de réduire leur coût, il existe aujourd'hui de nombreux travaux portant sur le développement de nouveaux procédés de mise en oeuvre. De même, il semble intéressant de combiner ces biopolyesters au sein de mélanges ou des composites avec d'autres polymères biodégradables, qui ont un coût inférieur. C'est pour cette raison que ces biopolyesters sont souvent mélangés avec de l'amidon ou renforcés par des fibres végétales.

3. Réglementation

Au niveau réglementaire ensuite, il est nécessaire de préciser qu'à ce jour, seules deux normes sont applicables en termes de biodégradabilité :

1. La norme NF EN 13432 qui définit les exigences relatives aux emballages valorisables par compostage et biodégradation ainsi que le programme d'essais et les critères d'évaluation pour l'acceptation finale des emballages.
2. La norme NFU 52-001 « matériaux biodégradables pour l'agriculture et l'horticulture » qui vise principalement les films de paillage.

Il existe également des labels concernant les matériaux biodégradables.



Rhône-Alpes Région



4. OGM

D'après NatureWorks (<http://www.natureworkslc.com>) filiale de CARGILL, principal producteur mondial, aucune trace de gène modifié ne serait présente dans le polymère au stade final.

Ceci n'exclut absolument pas l'usage d'OGM dans le processus de fabrication du polymère, qui ne l'exige cependant pas spécifiquement.

CARGILL précise qu'une part du Maïs utilisé est de source OGM , mais pourrait -- sur demande - proposer des produits non issus d'OGM.

5. ADDITIFS/COLORANTS

Il convient enfin d'ajouter que des sociétés comme POLYONE et, de façon sensiblement moindre, CLARIANT, spécialistes mondiaux des mélanges maîtres et des additifs, proposent diverses formulations destinées aux Polymères biodégradables.



Rhône-Alpes Région

