

Unusual applications for biomass, challenges and opportunities of bioplastics

Without any doubt, plastics have become a highly important part of our contemporary, modern life. Prehistoric ages of human society have been called the Stone, Bronze, Copper, and Iron Ages. These denominations reflect the predominant materials relied upon during that time. Today, plastic production has largely surpassed steel; worldwide annual production is estimated to exceed significantly 300 million tons [Plastic Europe 2016]. Humanity has lived to Plastics Age!

Plastics are used in a huge variety of applications and, unfortunately, this has raised economic and environmental problems. A first environmental problem linked to plastics is the ever increasing amount of plastic waste and the inherently shrinking landfill capacity. The largest proportion of plastics in modern use is for single-use applications; hence, their end-of-life has historically been disposal to landfill. Moreover, the resistance of fossil fuel based plastics to biodegradation means that they end up occupying huge volumes of landfill space [Philp et al. 2013]. Increasing amounts of plastic waste have emerged as a crisis in many areas of the World because of shrinking landfill capacity, rising costs and strict legislations.

The second environmental problem is the disastrous accumulation of plastics in aquatic ecosystems. Plastic pollution of the world's oceans were already mentioned in scientific literature in the early 1970s. Today, oceans are going through an increasingly severe crisis. Carpenter & Smith [1972] were the first researchers to alert about the presence of polystyrene spherules in coastal waters. They wrote: *"... The increasing production of plastic, combined with present waste disposal practices, will probably lead to greater concentrations on the sea surface. At present, the only known biological effect of these particles is that they act as a surface for the growth of hydroids, diatoms, and probably bacteria..."* Two years later, Colton et al. [1974] confirmed that plastic particles occur over a wide area of the North Atlantic Ocean. Today, we know plastic pollution is ubiquitous. It is no secret that the presence of plastics in the marine environment - even in the most remote habitats of the world ocean [Waller et al. 2017] - constitutes a global threat. And yet, people continue to dump their rubbish in the sea, a deplorable and extremely worrying situation! Moreover, several investigations, predominantly conducted during the last decennium, suggest freshwater microplastic presence and interactions share remarkable similarities to the ones observed in the marine realm. Microplastics have been detected in freshwaters of Europe, North America, and Asia [Eerkes-Medrano et al. 2015].

Thirdly, since the vast majority in current plastic production is derived from fossil crude oil, their greenhouse gas (GHG) emission is of high concern. European Union (EU) leaders have committed to transforming Europe into a highly energy-efficient, low carbon economy. The EU has set objectives for reducing its greenhouse gas emissions progressively up to 2050 [Eurostat Statistics Explained, Greenhouse gas emission statistics]. For 2020, the EU has committed to

cutting its emissions to 20 % below 1990 levels. This commitment is one of the headline targets of the Europe 2020 growth strategy, known as the Climate and Energy package. In addition, the EU has offered to increase its emissions' reduction to 30 % by 2020 if other major emitters commit to undertake their fair share of a global emissions reduction effort. Furthermore the European Commission has also published a roadmap for building the low-carbon European economy that the reduction of GHG emission will require.

The fourth problem is the plastic's quality itself as well as its durability. Plastics are not biodegradable and will persist in the environment for hundreds (or thousands) of years. Most "conventional" plastics such as polyethylene, polypropylene, polystyrene, poly(vinyl chloride), and poly(ethylene terephthalate) are not biodegradable. We face their increasing accumulations in estuarine, oceanic as well as terrestrial ecosystems. Their threat to the planet must now be placed at the forefront of our concerns.

Biodegradable plastics are seen by many as a promising and environmentally friendly solution to this problem. Although "Biodegradable plastics" and "bioplastics" are at the heart of many articles and reports, they are not synonymous terms (Figure 1). Tokiwa et al. [2009] make a distinction between biodegradable plastics and bio-based plastics (based on renewable raw materials). Biodegradable plastics can be synthesized either with fossil or with renewable materials. However, it is also possible that plastics based on renewable raw materials are not biodegradable.

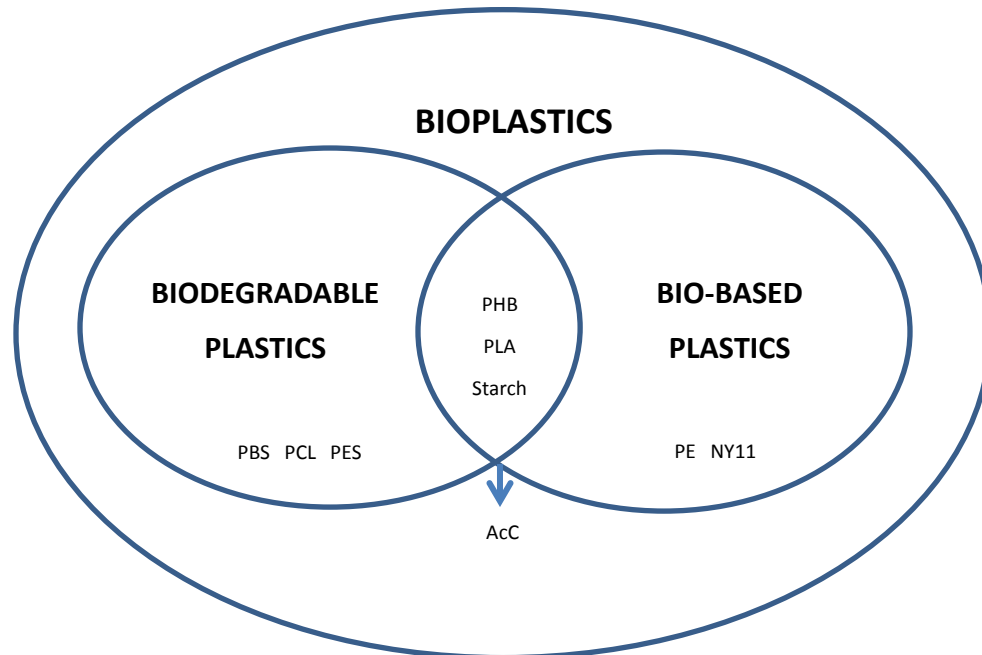


Figure 1. Bioplastics comprehend biodegradable plastics as well as bio-based plastics

Polycaprolactone (PCL), polyethersulfone (PES), and polybutylene succinate (PBS) are petroleum based, but can be degraded by microorganisms. On the other hand, polyhydroxybutyrate (PHB), polylactide (PLA) and starch blends which are produced from biomass or renewable resources, are biodegradable. Despite the fact that polyethylene (PE) and Nylon 11 (NY11) can

be produced from biomass or renewable resources, they are non-biodegradable. Acetyl cellulose (AcC) is either biodegradable or non-biodegradable, depending on the degree of acetylation. Acetylations are reactions that introduce an acetyl group into a chemical compound. AcC's with a low acetylation can be degraded, while those with high substitution ratios are non-biodegradable.

Bioplastics are traditionally synthesized from renewable resources such as wood, corn, sugar cane, potatoes, and... And they can also be produced by a range of microorganisms. Arikian & Ozsoy [2015] distinguish four types of degradable plastics: photodegradable bioplastics, compostable bioplastics, bio-based bioplastics and biodegradable bioplastics.

Photodegradable bioplastics have light sensitive groups incorporated directly into the polymer backbone. Extensive ultraviolet radiation for several weeks or months can disintegrate their polymeric structures, preparing them for further bacterial degradation. Compostable bioplastics are biologically decomposed during a composting process at a similar rate to other compostable materials and without leaving visible toxic remainders. In order to designate a plastic as bio-compostable, its total biodegradability, its disintegration degree, and the possible eco-toxicity of the degraded material must be determined by means of standard tests. The Business-NGO Working Group for Safer Chemicals and Sustainable Materials [<http://www.bizngo.org/>] defines bio-based bioplastics as plastics *in which 100 % of the carbon is derived from renewable agricultural and forestry resources such as corn starch, soybean protein and cellulose*. And, finally, the term "biodegradable" refers to materials that can naturally disintegrate or break down into biogases and biomass as a result of their exposure to microbes and humidity.

Bioplastics, a blessing or a curse? It is generally believed that the future of biodegradable plastics shows great potential. They undoubtedly have plenty of advantages.

Any permanent bioplastic, e.g. PE or other conventional plastic, produced from biomass and/or renewable resources, stores the carbon dioxide (CO₂) forever. Even if this polymer is recycled many times, the CO₂ initially taken from the atmosphere remains sequestered [Chen 2014]. Bioplastics are also energy efficient; they use less energy than traditional plastics. Moreover, since fossil oil runs out, the plastics' manufacture is increasingly exposed to fluctuating prices. Thus the need for replacement sources of raw material becomes ever more urgent. In addition, it is well known that the use of carbon-based energy sources in plastics' manufacturing adds greenhouse gases to the atmosphere and impedes the world's attempts to cut CO₂ emissions.

On the other hand, some possible drawbacks might come along with the use of bioplastics. It is acclaimed that bioplastics cost 2 times more than conventional plastics. Cost reductions are expected though, with the arrival of more large scale bioplastic production plants. Bioplastic materials might also contaminate the recycling feedstock if not separated from conventional plastics. Unfortunately, the application of infrared rays in waste separation systems is inefficient to separate bioplastics from conventional ones. Furthermore, in order to reduce the energy consumption during the bioplastics' production as well as the potential competition with agricultural resources for foods, and to provide additional raw material sources, the exploitation of food by-products such as inedible plant parts, carcasses of shrimps, ... is nowadays a predominant trend.

The results of the European Bioplastics' annual market data update, presented at the 11th European Bioplastics Conference in Berlin, confirm a stable growth of the global bioplastics industry. The advancement of biodegradable technology has risen in recent years and there are growing signs that the public is interested in the product. The global bioplastics production capacity is set to increase from around 4,2 million tons in 2016 to approximately 6,1 million tons in 2021. Packaging remains the largest fields of application for bioplastics with almost 40 % (1,6 million tons) of the total bioplastics market in 2016. The data also confirm a decisive increase in the uptake of bioplastics materials in other sectors, including consumer goods (22 %, 0,9 million tons), applications in the automotive and transport sector (14 %, 0,6 million tons) as well as the construction and building sector (13 %, 0,5 million tons), where technical performance polymers are being used.

Bio-based, non-biodegradable plastics, such as polyurethanes (PUR) and drop-in solutions, such as bio-based PE and bio-based PET, are the main drivers of this growth, with PUR making up ~40 % and PET >20 % of the global bioplastics production capacities. More than 75 % of the bioplastics production capacity worldwide in 2016 was composed of bio-based, durable plastics. This share will increase to almost 80 % in 2021. Production capacities of biodegradable plastics, such as PLA, PHA, and starch blends, are also growing steadily from around 0,9 million tons in 2016 to almost 1,3 million tons in 2021. PHA production will almost quadruple by 2021 compared to 2016, due to a ramp-up of capacities in Asia and the USA and the start-up of the first PHA plant in Europe. With a view to regional capacity development, Asia will further expand its role as major production hub. In 2021, more than 45% of bioplastics will be produced in Asia, whereas approximately 25% of the global bioplastics production capacity will be located in Europe [European Bioplastics 2016].

Bioplastics are a growing, innovative industry that offers solutions for a sustainable plastics economy and that plays a key role in the transformation to a bio-based circular economy. Involved and also fascinated by this trend, the Belgian Packaging Institute organizes a Bioplastics seminar on March 08 and 09, 2018. ([Programme](#))

Don't hesitate to contact us for any additional information you might require (m.calcoen@ibebvi.be).

References

Arikan & Ozsoy [2015]. A Review: Investigations of Bioplastics, *Journal of Civil Engineering and Architecture* 9, 188 – 192

Carpenter & Smith [1972]. Polystyrene Spherules in Coastal Waters, *Science* 178, 4062, 749 – 750

Chen [2014]. Bioplastics and their role in achieving global sustainability, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 6, 1, 226 - 231

Colton et al. [1974]. Plastic Particles in Surface Waters of the Northwestern Atlantic, *Science* 185, 4150, 491 – 497

Eerkes-Medrano et al. [2015]. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs, *Water Research* 75, 63 – 82

European Bioplastics [2016]. *Global bioplastics production capacities continue to grow despite low oil price*, Press Release

Philp et al. [2013]. Biobased plastics in a bioeconomy, *Trends in Biotechnology* 31, 2, 65 - 67

Plastic Europe [2016]. *Plastics – the Facts 2016*, An analysis of European plastics production, demand and waste data, pp. 38

Waller et al. [2017]. Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research, *Science of the Total Environment* 598, 220 – 227

Ongebruikelijke toepassingen voor biomassa, uitdagingen en kansen voor bioplastics

Zonder enige twijfel zijn de kunststoffen uitgegroeid tot een heel belangrijk onderdeel van ons hedendaags, modern leven. Men noemde de prehistorische tijdperken van de menselijke samenleving het stenen tijdperk, het bronzen tijdperk, de koper- en ijzertijd. Dergelijke benamingen verwijzen naar de meest gangbare materialen van dat ogenblik. Vandaag is de productie van kunststoffen een stuk groter geworden dan de productie van staal: wereldwijd bedraagt de productie van kunststoffen minstens 300 miljoen ton. De mens leeft nu in het kunststoffen tijdperk!

Kunststoffen vindt men terug in heel wat toepassingen en, spijtig genoeg, gaf dit aanleiding tot economische en milieuproblemen. Een ontzettend ernstig probleem is te wijten aan de steeds maar groeiende afvalberg en het probleem van de krimpende capaciteit aan stortplaatsen dat daarmee gepaard gaat. Het overgrote deel van de huidige kunststoftoepassingen zijn toepassingen voor eenmalig gebruik; historisch gezien, was de eindbestemming de stortplaats. Daar komt nog bij dat kunststoffen op basis van fossiele, ruwe olie nauwelijks of niet biodegraderen. En dat betekent dus overvolle stortplaatsen [Philp et al. 2013]. Op heel wat plaatsen in de wereld is plastic afval een nieuw probleem omwille van de beperkte stortcapaciteit, de toenemende kosten en de strikte reglementeringen.

Een tweede milieuprobleem is de rampzalige ophoping van plastic in aquatische ecosystemen. Daarover werd reeds in de jaren '70 bericht in de wetenschappelijke literatuur. Vandaag zijn onze oceanen alsmar meer belast. Carpenter and Smith [1972] waren de eersten om de alarmbel te luiden over de aanwezigheid van polystyreen in kustwateren. Zij schreven: “... *The increasing production of plastic, combined with present waste disposal practices, will probably lead to greater concentrations on the sea surface. At present, the only known biological effect of these particles is that they act as a surface for the growth of hydroids, diatoms, and probably bacteria...* (... De toenemende productie van kunststoffen en de huidige afvalverwijdering zullen waarschijnlijk leiden tot nog grotere concentraties in het wateroppervlak. Op dit ogenblik is enkel bekend dat deze deeltjes dragers kunnen zijn, waarop hydroiden, diatomeeën en allicht ook bacteriën groeien...)”. Twee jaar later bevestigden Colton et al. [1974] dat plastic deeltjes voorkwamen in grote delen van de Noord-Atlantische oceaan. En vandaag weten we dat de verontreiniging overal voorkomt. Het is helemaal geen geheim meer dat plastic in de zee - zelfs in de meest afgelegen zones van de wereldzeeën [Waller et al. 2017] - een bedreiging vormt voor onze planeet. En toch blijven mensen maar afval in zee kieperen, een betreurenswaardige en uiterst zorgwekkende situatie! Daar komt nog bij dat meerdere studies van het laatste decennium hebben aangetoond dat de aanwezigheid van microplastic in zoetwater dezelfde karakteristieken vertoont als microplastic in de wereldzeeën. Microplastic werd gevonden in Europa, Noord-Amerika en Azië [Eerkes-Medrano et al. 2015].

Ten derde, moeten we heel erg voorzichtig zijn wat de uitstoot van broeikasgassen betreft, omdat het allergrootste deel van de huidige kunststofproductie gebeurt met fossiele, ruwe olie. De leiders van de Europese Unie (EU) hebben zich geëngageerd om Europa te transformeren in een zeer energie-efficiënte, koolstofarme economie. De EU legde de objectieven voor de reductie van de uitstoot van broeikasgassen tussen nu en 2050 vast [Eurostat Statistics Explained, Greenhouse gas emission statistics]. Tegen 2020 wil de EU de uitstoot verminderen tot 20 % beneden het niveau van 1990. Dit engagement is een van de kernobjectieven van de Europese groeistrategie 2020, bekend als het Klimaat- en Energiepakket. Daarenboven heeft de EU aangeboden de uitstoot tegen 2020 te verminderen tot 30 % wanneer ook andere grote vervuilers hieraan een eerlijke bijdrage leveren. De Europese Commissie heeft overigens een routekaart gepubliceerd voor de opbouw van een koolstofarme Europese economie, die nodig is voor de reductie van de uitstoot.

Het vierde probleem is de kwaliteit zelf van de kunststof en meer in het bijzonder de duurzaamheid ervan. Kunststoffen zijn niet biodegradeerbaar, ze “overleven” honderden, zonet duizenden, jaren in het milieu. De meeste “gewone” kunststoffen, zoals polyethyleen, polypropyleen, polystyreen, polyvinylchloride en polyethyleentereftalaat zijn niet biodegradeerbaar. We zien trouwens de steeds toenemende aanwezigheid ervan in estuaria, oceanen en zoetwatersystemen: het is duidelijk geworden dat de bedreiging van onze planeet prioritair moet behandeld worden.

Biodegradeerbare kunststoffen worden door velen gezien als een veelbelovende en milieuvriendelijke oplossing voor dit probleem. “Biodegradeerbare” kunststoffen en “bioplastics” vormen de kern van veel artikelen en rapporten; het zijn echter geen synoniemen (Figuur 1). Tokiwa et al. [2009] maken een onderscheid tussen biodegradeerbare kunststoffen en kunststoffen op basis van hernieuwbare grondstoffen. De biodegradeerbare kunststoffen kunnen zowel gesynthetiseerd worden met fossiele als met hernieuwbare basisproducten. Maar het kan ook gebeuren dat kunststoffen op basis van hernieuwbare grondstoffen niet biodegradeerbaar zijn.

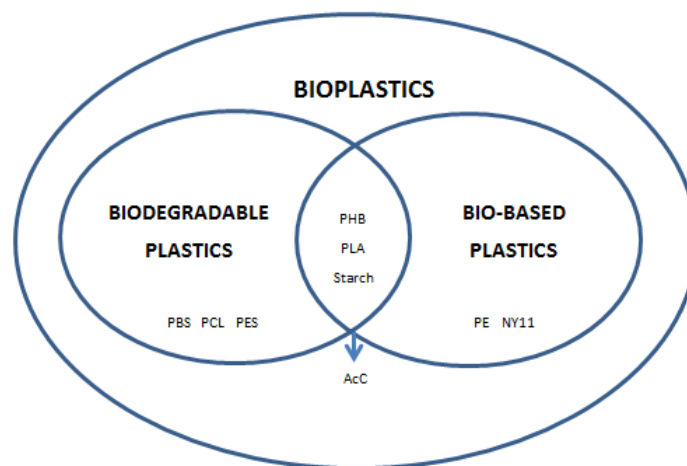


Figure 1. Bioplastics comprehend biodegradable plastics as well as bio-based plastics

Polycaprolacton (PCL), polyethersulfon (PES) en polybutyleensuccinaat (PBS) zijn gemaakt van petroleum, maar ze kunnen worden afgebroken door micro-organismen. En anderzijds hebben we polyhydroxybutyraat (PHB), polymelkzuur (PLA) en zetmeelmengsels (Starch), die verkregen worden uit biomassa en biodegradeerbaar zijn. Maar polyethyleen (PE) en Nylon 11 (NY11) kunnen gesynthetiseerd worden uit biomassa of hernieuwbaar materiaal en zijn niet biodegradeerbaar. Acetylcellulose (AcC) is of biodegradeerbaar of niet en dat hangt af van de acetyleringsgraad. Een acetylering is een reactie die ervoor zorgt dat een acetylgroep geplaatst wordt op een chemische verbinding. Bij lage acetyleringsgraad is AcC afbreekbaar en bij hoge acetyleringsgraad is het dat niet.

Bioplastics worden traditioneel gesynthetiseerd uit hernieuwbare grondstoffen zoals hout, graan, suikerriet, aardappelen en... Maar ze kunnen ook aangemaakt worden door micro-organismen. Arikian & Ozsoy [2015] maken een onderscheid tussen vier soorten degradeerbare kunststoffen: fotodegradeerbare bioplastics, composteerbare bioplastics, bioplastics op basis van biomassa en biodegradeerbare bioplastics.

De fotodegradeerbare bioplastics bevatten lichtgevoelige groepen die in de structuur van het polymeer verweven zitten. Een bestraling met sterk ultraviolet licht gedurende weken of maanden kan de polymeerstructuren ontbinden; en dit bereidt de verdere bacteriële afbraak voor. Composteerbare bioplastics worden biologisch afgebroken in een composteringsproces. De snelheid waarmee dat gebeurt is dezelfde als deze van de andere composteerbare materialen. En er mogen ook geen zichtbaar giftige overblijfselen ontstaan. Om die redenen moeten de composteerbaarheid, de biodegradeerbaarheid en de mogelijke ecotoxiciteit met standaardtechnieken worden bepaald. Voor de Business-NGO Working Group for Safer Chemicals and Sustainable Materials [<http://www.bizngo.org/>] zijn bioplastics op basis van biomassa plastics *als de koolstof voor de volle 100 % afkomstig is uit de landbouw of de bosbouw, zoals zetmeel van granen, eiwitten van soja en cellulose*. Tenslotte verwijst de term "biodegradeerbaar" naar materialen die op natuurlijke wijze kunnen afbreken tot biogas en biomassa wanneer ze zijn blootgesteld aan microben en vochtigheid.

Bioplastics, een zegen of een vloek? Algemeen wordt aangenomen dat de toekomst van biodegradeerbare kunststoffen er heel goed uitziet. Ze bieden onmiskenbaar heel wat voordelen.

Elke permanente kunststof, PE b.v. of om 't even welke andere conventionele kunststof die is bereid van biomassa en/of hernieuwbare grondstof, legt de koolstofdioxide (CO₂) voor altijd vast. Zelfs als het polymeer vaak gerecycleerd wordt, dan blijft de oorspronkelijk opgenomen CO₂ nog vastgehouden [Chen 2014]. Bioplastics zijn ook energie-efficiënt; door hun lagere behoefte aan energie dan de traditionele kunststoffen. Trouwens, nu de fossiele brandstof opraakt, is de synthese van kunststoffen steeds meer onderhevig aan prijsfluctuaties. De behoefte om de grondstoffen te vervangen wordt hierdoor steeds dringender. Daarbij komt nog dat koolstofhoudende energiebronnen broeikasgassen toevoegen aan de atmosfeer en dus de inspanningen om de uitstoot van broeikasgassen te beperken belemmert.

Anderzijds zijn er ook wat mogelijke nadelen verbonden aan het gebruik van bioplastics. Men beweert dat bioplastics 2 keer meer kosten dan conventionele kunststoffen. Er worden evenwel nog wat prijsverlagingen verwacht met de komst van grootschalige productie-eenheden. Bioplastic verontreinigt ook de grondstof toevoer voor de recyclage, wanneer niet gescheiden van de conventionele kunststoffen. Helaas is de infrarood-toepassing voor de scheiding van bioplastic en conventionele kunststof ontoereikend. Hier moet ook vermeld worden dat verminderingen van het energieverbruik en van de mogelijke competitie met de landbouw ten behoeve van de voeding, evenals de productie van andere basismaterialen steeds meer de nadruk leggen op de exploitatie van bijproducten uit de voedingsindustrie zoals oneetbare plantendelen, karkassen van grote garnalen en ...

De resultaten van de update van jaarlijkse marktgegevens door European Bioplastics, die werd voorgesteld op de 11^{de} European Bioplastics Conference in Berlijn, bevestigen de gestage groei van de bioplastics industrie op wereldvlak. De vooruitgang van de biodegradatietechnologie nam toe en er zijn duidelijke aanwijzingen dat er publieke belangstelling voor is. Men voorspelt wereldwijd een toename van de productiecapaciteit voor bioplastics van 4,2 miljoen ton in 2016 tot 6,1 miljoen ton in 2021. De verpakkingen blijven hierin de belangrijkste toepassing met ongeveer 40 % (1,6 miljoen ton) van het totale marktaandeel in 2016. De gegevens bevestigen trouwens een duidelijke toename van biokunststoffen in andere sectoren, zoals de verbruiksgoederen (22 %, 0,9 miljoen ton), de auto-industrie en de transportsector (14 %, 0,6 miljoen ton) en ook de bouwsector (13 %, 0,5 miljoen ton), waar hoog performante kunststoffen worden gebruikt.

De kunststoffen uit biomassa evenals de niet-biodegradeerbare zoals de polyurethanen (PUR) en de tussenoplossingen zoals bio PE en PET, zijn de drijvende krachten voor de groei. PUR vertegenwoordigt zo'n 40 % en PET zo'n 20 % van de wereldwijde bioplastics productie. In 2016 bestonden meer dan 75 % van alle bioplastics uit duurzame kunststoffen afkomstig van biomassa. Dit aandeel zal nog toenemen tot bijna 80 % in 2021. De productie van biodegradeerbare kunststof zoals PLA, PHA en zetmeelmengsels neemt ook geleidelijk toe, van 0,9 miljoen ton in 2016 tot ongeveer 1,3 miljoen ton in 2021. De PHA productie zal verviervoudigen omwille van de toename in capaciteit in Azië en in de VSA en omwille van het opstarten van een eerste PHA-fabriek in Europa. Met het oog op regionale capaciteitsontwikkeling zal Azië zijn rol als belangrijk productiezwaartepunt verder uitbreiden. In 2021 zal er meer dan 45 % van de bioplastics in Azië worden geproduceerd en ongeveer 25% in Europa [European Bioplastics 2016].

Bioplastics zijn een groeiende en vernieuwende industrie, die oplossingen biedt voor een duurzame kunststoffeneconomie en die een hoofdrol speelt in de omzetting naar een gebaseerde circulaire economie. Als betrokken en gefascineerde partij zal het Belgisch Verpakkingsinstituut een seminarie over Bioplastics organiseren op 08 en 09 maart 2018 ([programma](#)).

Aarzel niet ons te contacteren voor bijkomende informatie indien nodig (m.calcoen@ibebvi.be).

Referenties

Arikan & Ozsoy [2015]. A Review: Investigations of Bioplastics, *Journal of Civil Engineering and Architecture* 9, 188 – 192

Carpenter & Smith [1972]. Polystyrene Spherules in Coastal Waters, *Science* 178, 4062, 749 – 750

Chen [2014]. Bioplastics and their role in achieving global sustainability, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 6, 1, 226 - 231

Colton et al. [1974]. Plastic Particles in Surface Waters of the Northwestern Atlantic, *Science* 185, 4150, 491 – 497

Eerkes-Medrano et al. [2015]. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs, *Water Research* 75, 63 – 82

European Bioplastics [2016]. *Global bioplastics production capacities continue to grow despite low oil price*, Press Release

Philp et al. [2013]. Biobased plastics in a bioeconomy, *Trends in Biotechnology* 31, 2, 65 - 67

Plastic Europe [2016]. *Plastics – the Facts 2016*, An analysis of European plastics production, demand and waste data, pp. 38

Waller et al. [2017]. Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research, *Science of the Total Environment* 598, 220 – 227

Applications inhabituelles pour la biomasse, défis et opportunités des bioplastiques

Sans aucun doute, les plastiques sont devenus une partie très importante de notre vie contemporaine et moderne. Les âges préhistoriques de la société humaine ont été appelés les âges de pierre, de bronze, de cuivre et de fer. Ces dénominations reflètent les matériaux prédominants utilisés pendant cette période. Aujourd'hui, la production de plastique a largement dépassé celle de l'acier; la production annuelle mondiale étant estimée à plus de 300 millions de tonnes [Plastic Europe 2016]. L'humanité a vécu jusqu'à l'âge du plastique!

Les plastiques sont utilisés dans bon nombre d'applications et, malheureusement, cela a créé des problèmes économiques et environnementaux. Un premier problème environnemental lié aux plastiques est la quantité toujours croissante de déchets plastiques et la capacité de décharge qui diminue de façon inhérente. La plus grande proportion des plastiques actuellement utilisés est destinée aux applications à usage unique; par conséquent, leur fin de vie a toujours été une mise en décharge. De plus, la résistance à la biodégradation des plastiques à base de combustibles fossiles a pour conséquence qu'ils finissent par occuper d'énormes volumes dans les espaces d'enfouissement [Philp et al. 2013]. La quantité croissante de déchets plastiques a émergé comme une crise dans de nombreuses régions du monde en raison de la diminution de la capacité d'enfouissement, de la hausse des coûts et de la rigueur des réglementations.

Le deuxième problème environnemental est l'accumulation désastreuse de plastiques dans les écosystèmes aquatiques. La pollution plastique des océans du monde a déjà été mentionnée dans la littérature scientifique au début des années septante. Aujourd'hui, les océans traversent une crise de plus en plus grave. Carpenter et Smith [1972] ont été les premiers à sonner l'alarme quant à la présence de sphérules de polystyrène dans les eaux côtières. Ils écrivirent: "... *The increasing production of plastic, combined with present waste disposal practices, will probably lead to greater concentrations on the sea surface. At present, the only known biological effect of these particles is that they act as a surface for the growth of hydroids, diatoms, and probably bacteria...* (La production croissante de plastique, combinée aux pratiques actuelles d'élimination des déchets, conduira probablement à de plus grandes concentrations dans les eaux de surface de la mer. À l'heure actuelle, le seul effet biologique connu est leur rôle de support pour la croissance des hydroïdes, des diatomées et probablement des bactéries...)". Deux ans plus tard, Colton et al. [1974] ont confirmé qu'on trouve des particules de plastique dans une grande partie de l'océan Atlantique Nord. Aujourd'hui, nous savons que la pollution plastique est omniprésente. Ce n'est pas un secret que la présence de plastiques dans le milieu marin - même dans les habitats les plus reculés [Waller et al. 2017] de l'océan mondial - constitue une menace mondiale. Pourtant, les gens continuent de déverser leurs ordures dans la mer, une situation déplorable et extrêmement préoccupante! De plus, plusieurs études, menées principalement au cours de la dernière décennie, suggèrent la présence de microplastiques dans l'eau douce. Leurs interactions sont remarquablement similaires à celles observées dans l'eau de mer. Des

microplastiques ont déjà été retrouvés dans les eaux douces d'Europe, d'Amérique du Nord et d'Asie [Eerkes-Medrano et al. 2015].

Troisièmement, étant donné que la grande majorité de la production actuelle de plastiques provient du pétrole fossile, les émissions de gaz à effet de serre (GES) sont très préoccupantes. Les dirigeants de l'Union européenne (UE) se sont engagés à transformer l'Europe en une économie sobre en carbone et à haute efficacité énergétique. L'UE s'est fixé des objectifs de réduction progressive de ses émissions de GES jusqu'en 2050 [Eurostat Statistics Explained, Greenhouse gas emission statistics]. Pour 2020, l'UE s'est engagée à réduire ses émissions de 20 % par rapport aux niveaux de 1990. Cet engagement est l'un des grands objectifs de la stratégie de croissance Europe 2020, connue sous le nom de paquet "Climat et énergie". En outre, l'UE a proposé d'augmenter sa réduction d'émissions à 30 % d'ici 2020 si les autres grands émetteurs s'engagent à assumer leur juste part dans l'effort mondial de réduction des émissions. La Commission européenne a publié une feuille de route pour la construction de l'économie européenne à faible intensité de carbone, que la réduction des émissions de GES exige.

Le quatrième problème est la qualité même du plastique, c'est-à-dire sa durabilité. Le plastique n'est pas biodégradable et persistera dans l'environnement pendant des centaines (voire des milliers) d'années. La plupart des plastiques "classiques" tels que le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, le polychlorure de vinyle et le polytéréphtalate d'éthylène ne sont pas biodégradables. Nous faisons face à leur accumulation croissante dans les écosystèmes estuariens, océaniques et terrestres: la menace pour la planète doit être placée au premier plan de nos préoccupations.

Les plastiques biodégradables sont souvent considérés comme une solution prometteuse et écologique à ce problème. De nombreux articles et rapports mentionnent les plastiques biodégradables et les bioplastiques; or ce ne sont pas des synonymes (Figure 1). Tokiwa et al. [2009] font une distinction entre les plastiques biodégradables et les plastiques à base de matières premières renouvelables. Les plastiques biodégradables peuvent être synthétisés à la fois à partir de produits fossiles ou de produits de base renouvelables. Mais il est tout autant possible que les plastiques à base de matières premières renouvelables ne soient pas biodégradables.

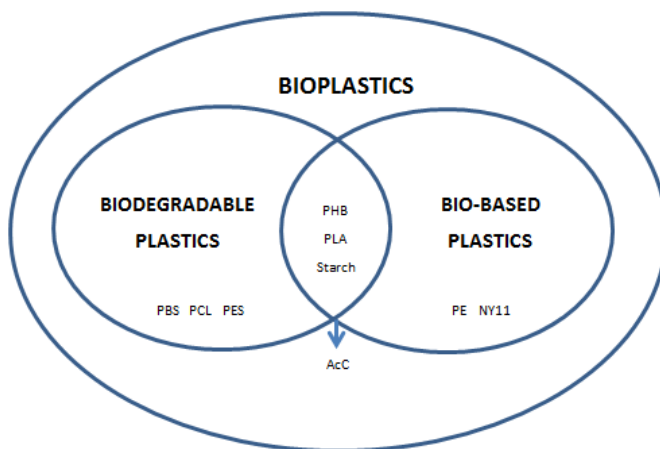


Figure 1. Les bioplastics comprennent les plastiques biodégradables ainsi que les plastiques biosourcés

La polycaprolactone (PCL) et le polysuccinate de butylène (PBS) sont produits à base de pétrole, mais ils peuvent être dégradés par des microorganismes. D'autre part, le polyhydroxybutyrate (PHB), le polylactide (PLA) et les mélanges d'amidon sont produits à partir de biomasse ou de ressources renouvelables, et sont biodégradables. Malgré le fait que le polyéthylène (PE) et le nylon 11 (NY11) soient produits à partir de biomasse ou de ressources renouvelables, ils sont non biodégradables. L'acétylcellulose (AcC) est biodégradable ou non, selon son degré d'acétylation. Les acétylations sont des réactions qui introduisent un groupe acétyle dans un composé chimique. Les AcC à faible acétylation peuvent être dégradés, tandis que ceux avec des taux de substitution élevés ne sont pas biodégradables.

Les bioplastiques sont traditionnellement synthétisés à partir de ressources renouvelables telles que le bois, le maïs, la canne à sucre, la pomme de terre, etc ... Et ils peuvent également être produits par plusieurs micro-organismes. Arikan & Ozsoy [2015] distinguent quatre types de plastiques dégradables: les bioplastiques photodégradables, les bioplastiques compostables, les bioplastiques biosourcés et les bioplastiques biodégradables.

Les bioplastiques photodégradables ont des groupes sensibles à la lumière incorporés directement dans la structure polymérique. Un rayonnement ultraviolet fort pendant plusieurs semaines ou plusieurs mois peut désintégrer les structures et les préparer à une dégradation bactérienne supplémentaire. Les bioplastiques compostables sont décomposés biologiquement pendant un processus de compostage à une vitesse similaire à celle d'autres matériaux compostables. En plus, la décomposition ne laissera pas de résidus toxiques visibles. Pour cette raison, la compostabilité, la biodégradabilité et l'écotoxicité éventuelle doivent être déterminées en utilisant des techniques standard. Le groupe de travail Business-NGO for Safer Chemicals and Sustainable Materials [<http://www.bizngo.org/>] définit les bioplastiques biosourcés comme des plastiques dans lesquels tout le carbone provient de ressources agricoles ou forestières renouvelables telles que l'amidon de maïs, les protéines de soja et la cellulose. Enfin, le terme "biodégradable" fait référence aux matériaux qui peuvent se désintégrer ou se décomposer naturellement en biogaz et en biomasse en raison de leur exposition aux microbes et à l'humidité.

Les bioplastiques, une bénédiction ou une malédiction? On croit généralement que l'avenir des plastiques biodégradables présente un grand potentiel. En effet, ils ont sans aucun doute beaucoup d'avantages.

Tout bioplastique permanent, p.ex. le PE ou tout autre plastique conventionnel, produit à partir de biomasse et/ou de ressources renouvelables, stocke à jamais le dioxyde de carbone (CO₂). Même si ce polymère est recyclé plusieurs fois, le CO₂ initialement extrait de l'atmosphère reste séquestré [Chen 2014]. Les bioplastiques sont également plus économes en énergie; ils utilisent moins d'énergie que les plastiques traditionnels. De plus, comme le pétrole risque d'être un jour en rupture de stock, la fabrication des plastiques est de plus en plus exposée aux fluctuations des prix. Le besoin de nouvelles sources de matières premières devient donc de plus en plus urgent. En outre, il est bien connu que l'utilisation de sources d'énergie à base de carbone dans

la fabrication des plastiques ajoute des GES à l'atmosphère et entrave les tentatives mondiales de réduction des émissions de CO₂.

Autrement, certains inconvénients possibles vont de pair avec l'utilisation des bioplastiques. Il est reconnu que les bioplastiques coûtent deux fois plus cher que les plastiques conventionnels. Des réductions de coûts sont toutefois attendues avec l'arrivée de plus grandes usines de production de bioplastiques. Ces matériaux peuvent également contaminer la charge de recyclage s'ils ne sont pas séparés des plastiques conventionnels. Malheureusement, l'application de rayons infrarouges dans les systèmes de séparation des déchets est inefficace pour séparer les bioplastiques des matériaux conventionnels. En outre, afin de réduire la consommation d'énergie pendant la production des bioplastiques ainsi que la concurrence potentielle des ressources agricoles pour les aliments et de fournir des sources de matières premières supplémentaires, l'exploitation de sous-produits alimentaires tels que les parties non comestibles des plantes, les carcasses de crevettes, ... est aujourd'hui une tendance prédominante.

Les résultats de la mise à jour annuelle des données de marché d'European Bioplastics, présentés lors de la 11^{ième} conférence européenne sur les bioplastiques à Berlin, confirment une croissance stable de l'industrie mondiale des bioplastiques. Les progrès de la technologie biodégradable ont augmenté ces dernières années et il y a de plus en plus de signes que le public s'y intéresse. La capacité de production mondiale de bioplastiques devrait passer d'environ 4,2 millions de tonnes en 2016 à environ 6,1 millions de tonnes en 2021. L'emballage reste le principal domaine d'application des bioplastiques avec près de 40 % du marché total des bioplastiques (1,6 million de tonnes) en 2016. Les données confirment également une augmentation décisive de l'absorption de bioplastiques dans d'autres secteurs, notamment les biens de consommation (22 %, 0,9 million de tonnes), les applications dans le secteur automobile et des transports (14 %, 0,6 million de tonnes) ainsi que le secteur de la construction (13 %, 0,5 million de tonnes), où des polymères de haute performance technique sont utilisés.

Les plastiques biosourcés, non biodégradables, tels que les polyuréthanes (PUR) et les solutions intermédiaires, comme les PE et PET biosourcés, sont les principaux moteurs de cette croissance, avec le PUR représentant 40 % et le PET >20 % des capacités de production mondiales de bioplastiques. Plus de 75 % de la capacité de production de bioplastiques dans le monde en 2016 étaient des plastiques biosourcés durables. Cette part passera à près de 80 % en 2021. Les capacités de production de plastiques biodégradables, tels que le PLA, le PHA et l'amidon, progresseront régulièrement, passant d'environ 0,9 million de tonnes en 2016 à près de 1,3 million de tonnes en 2021. La production de PHA quadruplera d'ici 2021 par rapport à 2016, en raison d'une montée en puissance des capacités en Asie et aux Etats-Unis et de la mise en service de la première usine en Europe. Dans la perspective du développement des capacités régionales, l'Asie continuera à développer son rôle de centre de production majeur. En 2021, plus de 45 % des bioplastiques seront produits en Asie, tandis qu'environ un quart de la capacité mondiale de production de bioplastiques sera situé en Europe [European Bioplastics 2016].

Les bioplastiques sont une industrie innovante en pleine croissance qui offre des solutions pour une économie durable des plastiques et qui joue un rôle clé dans la transformation vers une économie circulaire basée sur la biosynthèse. Impliqué et également fasciné par cette tendance, l'Institut Belge de l'Emballage organisera un séminaire sur les Bioplastiques les 08 & 09 mars 2018 ([Programme](#)).

N'hésitez pas à nous contacter pour toute information supplémentaire dont vous pourriez avoir besoin (m.calcoen@ibebvi.be).

Références

Arikan & Ozsoy [2015]. A Review: Investigations of Bioplastics, *Journal of Civil Engineering and Architecture* 9, 188 – 192

Carpenter & Smith [1972]. Polystyrene Spherules in Coastal Waters, *Science* 178, 4062, 749 – 750

Chen [2014]. Bioplastics and their role in achieving global sustainability, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 6, 1, 226 - 231

Colton et al. [1974]. Plastic Particles in Surface Waters of the Northwestern Atlantic, *Science* 185, 4150, 491 – 497

Eerkes-Medrano et al. [2015]. Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs, *Water Research* 75, 63 – 82

European Bioplastics [2016]. *Global bioplastics production capacities continue to grow despite low oil price*, Press Release

Philp et al. [2013]. Biobased plastics in a bioeconomy, *Trends in Biotechnology* 31, 2, 65 - 67

Plastic Europe [2016]. *Plastics – the Facts 2016*, An analysis of European plastics production, demand and waste data, pp. 38

Waller et al. [2017]. Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research, *Science of the Total Environment* 598, 220 – 227