

## The world we live in depends on chemicals

**Everything is chemistry, and chemistry is everywhere!** It is highly unusual to find oneself in a building or vehicle unadorned with plastics, rubber or synthetic textiles. Moreover, these materials are intimately ingrained in our daily routines: e.g. toothbrushes and other beauty articles, carrier bags, food as well as non-food packaging, mobile phones, computers, carpets, clothes, kitchenware, furniture and bedding, sporting goods and toys, etc.

When they are not the main constituent, chemical products often enhance other bulk materials such as metal and timber by providing protective (e.g. varnish) and decorative (e.g. paint) coatings. Plastics in electronic equipment are increasingly displacing paper as the medium for conveying information in a digitized world. Modern agricultural systems would struggle to maintain the current level of output without synthetic fertilisers and other agrochemicals. The pharmaceutical sector as we know it today would not exist. These are just a few examples.

It is no understatement to say we live in a world dependent on chemicals [OECD-IEA 2018]. Moreover, it is no longer surprising that the numbers and volumes of chemicals in the environment are increasing at an unprecedented rate and that they have an irreversible anthropogenic impact on Earth [Svingen & Vinggaard 2016].

Underlying the demand for chemical products is the demand for the services they provide, such as sustenance, mobility and thermal comfort. These services encompass both the universal human needs and the desire of the global population to achieve higher living standards. Plastics e.g. are used throughout the global food system in transportation, processing, packaging and preservation, consumption, etc. Plastic packaging, much of which is used for food and beverages, is the largest component of single end-use plastic demand; it accounts for ~36 % globally.

Yes, everything is chemistry, and chemistry is everywhere. It also appears where we prefer not to have it. Chemical products take an environmental toll, both when produced and after use, by ending up where they ought not to. The chemical sector's final energy consumption, which is the highest of all industrial sectors, is mainly composed of fossil fuels. In consuming this energy, the sector releases carbon dioxide and (other) air pollutants.

Unfortunately, when deposited in waterways, plastics, fertilisers and other chemical products cause damage to terrestrial as well as marine ecosystems, each in their own way. When

fertilisers are applied to fields in excess quantities — or just before a deluge — they can leach, resulting in high nutrient concentrations in nearby rivers and estuaries. This generates eutrophication, whereby a surge in algae growth deprives all other life of oxygen, leading to suffocation. With plastics, the pathway is more direct, but no less devastating to marine life. Plastics find their way into the oceans when they are inadequately disposed of, transported and processed. Whether or not broken down into microparticles they can be ingested by aquatic organisms [Bonanno & Orlando-Bonaca 2018; Windsor et al. 2019]. From seafood to the consumer's diner is but one small step; there is already clear evidence for the presence of microplastics in our food and this leads to great concern [Kontrick 2018].

**There is ample evidence for the rise of the chemical sector.** Society's growing dependence on chemicals is reflected by a steady period of growth in the output of the chemical and petrochemical sector. The production of plastics — one of the sector's key material outputs — has increased globally by more than tenfold since 1970 [OECD-IEA 2018].

Modern petrochemistry has its origins in the oil and gas industry. In the OECD-IEA [2018] report, petrochemicals are defined as chemicals derived from petroleum products or from natural gas. Using this definition, petrochemicals account for 90 % of total feedstock demand in chemical production today. Light olefins (e.g. ethylene and propylene) and aromatics (e.g. benzene and toluene), typically called high-value chemicals (HVC), are mostly co-produced in a process such as steam cracking<sup>1</sup>. The demand for HVC is predominantly driven by the consumption of plastics. Other derivatives are synthetic fibres and rubber.

It is quite challenging today to imagine a world without all kinds of plastics and agrochemicals. An example of multiple chemical products playing a fundamental role in society is found in the supply chains that underpin modern food production. Fertilisers and agrochemicals are used extensively to promote crop growth and provide protection against pests and weeds. Plastic packaging plays an instrumental role in delivering food from the pasture to the plate. This and a plethora of other applications result in a worldwide, persistent and increasing demand for these chemicals.

Plastic use shows almost no signs of saturation: plastic has a broad set of applications, familiar to many consumers. From carrier bags to cars, plastic is everywhere, making it one of the most versatile materials yet invented. Packaging, by far the largest end-use segment, accounts for 36 % of the global plastic demand. This segment includes both consumer packaging, including

---

<sup>1</sup> Steam cracking is a petrochemical process in which saturated hydrocarbons are broken down into smaller, often unsaturated, hydrocarbons. It is the principal industrial method for producing olefins [Posch 2011].

the drinks bottles made of polyethylene terephthalate (PET), and the packaging used for business-to-business transactions.

**It is surprising that just seven chemical building blocks underpin the vast chemical industry.**

Surprising indeed, since CAS REGISTRY<sup>SM</sup> contains more than 144 million unique organic and inorganic chemical substances<sup>2</sup>. But despite the enormous complexity of the chemical sector, only seven primary chemicals - they are ammonia, methanol, ethylene, propylene, benzene, toluene, and mixed xylenes - provide the key building blocks on which the bulk of the chemical industry is based. These primary chemicals account for approximately two-thirds of the sector's total consumption of final energy products [OECD-IEA 2018].

Ethylene and propylene are reactive compounds widely used, for example, in the production of polymers to manufacture plastics. The largest derivative of these olefins is their simplest polymer derivative: polyethylene and polypropylene. Combined global ethylene and propylene production is ~255 Mt per year. Polyethylene is the most common plastic produced in the world. It comes in a wide variety of physical properties. Polyethylene can be hard and rigid or soft and pliable. In the packaging industry soft and pliable films are often used to package and store a large variety of products and even waste. The low cost of polyethylene production has encouraged producers to prefer its use over many other plastics. Polypropylene is used in a variety of applications, including packaging for consumer products, plastic parts for various industries including the automotive industry, special devices like living hinges<sup>3</sup>, and textiles.

Benzene, toluene and mixed xylenes, collectively referred to as BTX, can also be easily modified; they are used in health and hygiene, food processing and packaging, transportation, information technology and other sectors. Global production of BTX aromatics is ~110 Mt per year.

**So, the question arises as to whether chemicals can be used more effectively.** We must use our raw materials wisely and we must be respectful of the environment. Can we be more sustainable in the way we use the resources by preventing and reducing waste; can we be more efficient by using more renewable resources?

---

<sup>2</sup> Information from <https://www.cas.org/support/documentation/chemical-substances>, consulted in January 2019

<sup>3</sup> Living hinges are a type of hinge made from an extension of the parent material; they are the thin section of plastic that acts as a connection between two larger plastic sections [<https://www.creativemechanisms.com/blog/everything-you-need-to-know-about-living-hinges>]

Several strategies can be pursued to improve the efficiency with which chemicals are used throughout the value chain, thereby providing the same final services while consuming fewer chemical resources. Widespread deployment of such strategies can reduce the overall demand for material [Rau & Oberhuber 2017]. Relevant measures are re-use, recycling, more intensive use of the products, reduced material losses, increased lifetimes, etc. [OECD-IEA 2018].

A product or material is said to be recycled or reused in a closed loop if it is returned at the end of its initial lifetime in a fit state to fulfil the service for which it was originally produced. Open-loop recycling, on the other hand, describes the way that enables a second lifetime for the material used in the original product. So, at least some is used to produce a different product from the original. A material or product is described as circular if it completes the closed loop without loss. Technically, most products can be returned to their original chemical components. However, very few materials or products are circular in today's supply chains, due to material losses during use and disposal.

PET bottles for mineral water and soft drinks are examples of a chemical product that is reused and recycled, but in varying degrees of open and closed loops. These are just three of many possible pathways [OECD-IEA 2018]:

- Post-consumer bottles can be re-used multiple times, either directly by the consumer or after return to the vendor for cleaning and re-filling, forming an entirely closed loop on a material basis. These schemes are most common for glass bottles, because glass can be recycled virtually indefinitely.
- The bottles can also be sent to a chemical recycling facility where they are broken down into key chemical building blocks and re-manufactured to form new bottles from the basic monomers. This bottle-to-bottle recycling exemplifies the back-to-monomer recycling.
- Moreover, the bottles can be returned to a recycling facility, chipped, melted and re-manufactured to form polyester fibre. Fibre is a lower grade end-use of PET, whereby grades of polymer purity can be slightly lower than for food-grade packaging material. This means this recycled product cannot be re-used in its original application. This type of recycling is often referred to as downcycling, it illustrates open-loop recycling.

**It is no longer a secret at all that the production, use, and disposal of petrochemical products poses a variety of sustainability challenges that need to be addressed.** The OECD-IEA [2018] report concludes that the policies can hardly be both global in scope and optimally efficient.

However, the report puts forward ten recommendations that aim at contributing to the chemical industry's transition to a more sustainable future. Five recommendations focus on production and five focus on use and disposal.

It will be important to directly and financially stimulate investment in R&D of sustainable chemical production routes and limit associated risks. Secondly, plant-level benchmarking for energy performance, and carbon dioxide emission reductions targets should be established and/or extended. The reduction of carbon dioxide emissions must be based on regulatory actions. Moreover, stringent air quality standards are required for the industry. And finally, fuel and feedstock prices should reflect the actual market value not to delay energy efficient measures.

Use and disposal will be significantly more sustainable when reliance on single-use plastics other than for essential non-substitutable functions is reduced, and when waste management is improved. Consumer awareness should rise (e.g. about the multiple benefits of recycling consumer goods), future products should be designed with disposal in mind and producer responsibility must be extended.

Keeping these policy strategies on course, monitoring, and evaluating their progress and effectively communicating their results require reliable, transparent, and timely data. The coming years will bring unprecedented challenges. Industry leaders might best integrate past and present ideologies of chemical innovation, while meeting consumer demands and requirements for sustainability. This may be the winning formula to engineer life-changing improvements.

#### References:

Bonanno & Orlando-Bonaca [2018]. Ten inconvenient questions about plastics in the sea, *Environmental Science & Policy* 85, 146 – 154

Kontrick [2018]. Microplastics and Human Health: Our Great Future to Think About Now, *Journal of Medical Toxicology* 14, 117 – 119

OECD-IEA [2018]. *The Future of Petrochemicals - Towards more sustainable plastics and fertilisers*, IEA Publications, pp. 132

Posch [2017]. Polyolefins, in *Applied Plastics Engineering Handbook (Second Edition) - Processing, Materials, and Applications - Plastics Design Library*, William Andrews, Applied Science Publishers, 27 - 53

Rau & Oberhuber [2017]. *Material matters*, Bertram + de Leeuw Uitgevers Bv, pp.

Svingen & Vinggaard [2016]. The risk of chemical cocktail effects and how to deal with the issue, *Journal of Epidemiology and Community Health* 70, 322 – 323

Windsor et al. [2019]. Microplastic ingestion by riverine macroinvertebrates, *Science of the Total Environment* 646, 68 – 74

## De wereld waarin we leven is afhankelijk van chemicaliën

**Alles is chemie en chemie is overal!** Het is hoogst ongewoon dat men zich in een gebouw of auto bevindt die niet is afgewerkt met kunststof, rubber of synthetisch textiel. Deze materialen zijn trouwens verankerd in onze dagdagelijkse routines: tandenbortels en andere schoonheidsproducten, draagzakken, verpakking voor voeding en non-food, gsm's, computers, vloermatten, kleren, keukengerief, meubels en beddengoed, sportartikelen en speelgoed, enz.

En wanneer ze niet het hoofbestanddeel zijn, dan worden chemische stoffen vaak gebruikt om bulkmaterialen zoals metaal en hout te versterken met een bescherm laag (b.v. vernis) of een decoratielaag (b.v. verf). Om in onze gedigitaliseerde wereld informatie over te brengen vervangt men steeds vaker het papier door de kunststof van elektronische toestellen. De moderne landbouwsystemen zouden het moeilijk hebben hun huidig niveau van opbrengst te halen zonder beroep te doen op synthetische meststoffen en andere landbouwchemicaliën. En ook de farmaceutische sector zou er zonder chemie helemaal anders uitzien. Dit zijn slechts enkele voorbeelden.

Op zijn zachts gezegd kunnen we beweren dat de wereld waarin we leven afhankelijk is van chemicaliën [OECD-IEA 2018]. Het is ook helemaal niet verbazingwekkend dat de aantallen en volumes van chemicaliën in het milieu toenemen aan nooit geziene snelheden. Dat leidt tot een onomkeerbare, menselijke druk op de aarde [Svingen & Vinggaard 2016].

Achter de vraag naar chemische stoffen zit ook nog de vraag naar hun werking, zoals het verschaffen van voeding, van mobiliteit en van warmtecomfort. Die dienstverlening omvat zowel de universele behoeften van de mens als de wens van de wereldbevolking om een steeds hogere levensstandaard te bereiken. Kunststoffen zijn b.v. terug te vinden in het wereldwijde voedselsysteem van transport, bewerking, verpakking en bewaring, consumptie enz. Verpakkingen uit kunststof, die heel veel gebruikt worden voor voeding en dranken, zijn het grootste onderdeel van de vraag naar kunststoffen voor eenmalig gebruik. Globaal gezien zijn ze goed voor ~36 % (volgens cijfers PlasticsEurope 2017 is 39,7% van alle plastics ingezet voor verpakkingen staat wel niets bij over éénmalig gebruik).

Inderdaad, alles is chemie en de chemie is overal. Ze is zelfs daar waar we haar liever niet hebben. Chemische producten eisen een milieutol, zowel wanneer ze geproduceerd worden als na hun gebruik, omdat ze daar eindigen waar het niet zou moeten. Overigens is het

energieverbruik van de chemische sector het hoogst van alle industriële sectoren en berust het voor het grootste deel op fossiele brandstof. Omwille van zijn energieverbruik is de sector een bron van koolstofdioxide en (andere) luchtvervuiling.

Spijtig genoeg kunnen kunststoffen, meststoffen en andere chemicaliën terrestrische en mariene ecosystemen schade berokkenen wanneer ze in het water terechtkomen. Wanneer te veel meststoffen worden aangevoerd op de velden, of vlak voor een stortvloed worden uitgestrooid, dan lekken ze weg wat leidt tot (te) hoge nutriëntgehalten in de naburige rivieren en estuaria. Dat zorgt voor eutroficatie waarbij een opflakking van algen alle leven dat zuurstof vereist onmogelijk maakt en tenslotte leidt tot verstikking. Plastic verontreiniging is directer maar niet minder verwoestend voor het leven in zee. Plastics vinden hun weg naar de oceaan wanneer ze achteloos worden weggeworpen, getransporteerd en verwerkt. Al dan niet gedegradeerd tot micropartikeltjes kunnen ze worden ingenomen door organismen die in het water leven [Bonanno & Orlando-Bonaca 2018; Windsor et al. 2019]. En van de zeevruchten naar het diner van de consument is maar een kleine stap. Er bestaan wel degelijk bewijzen voor de aanwezigheid microplastics in onze voeding en dat leidt tot grote bezorgdheid [Kontrick 2018].

**Er is afdoend bewijs voor de groei van de chemische sector.** Dat de gemeenschap steeds meer afhankelijk van chemicaliën blijkt duidelijk uit de gestage groeiperiode in de productie van de chemische en petrochemische sector. De productie van kunststoffen — en dat is toch één van de belangrijkste materiaalproducties — is wereldwijd vertienvoudigd sedert 1970 [OECD-IEA 2018].

De moderne petrochemie heeft zijn oorsprong in de olie- en gasindustrie. In het OECD-IEA [2018] rapport worden petrochemische stoffen gedefinieerd als chemicaliën die zijn afgeleid uit petroleumproducten of uit aardgas. Op basis van deze definitie is het duidelijk dat de petrochemische stoffen verantwoordelijk zijn voor 90 % van de totale vraag naar grondstoffen voor de productie van chemicaliën. Lichte olefinen (b.v. ethyleen en propyleen) en aromatische verbindingen (b.v. benzeen en toluen) zijn typische hoogwaardige chemicaliën (high-value chemicals, HVC). Het zijn veelal nevenproducten van het stoomkraakproces<sup>4</sup>. De vraag naar HVC is hoofdzakelijk bepaald door de behoefte aan kunststoffen. Andere afgeleiden zijn synthetische vezels en rubber.

---

<sup>4</sup> Stoomkraken is een petrochemisch proces waarbij verzadigde koolwaterstoffen worden afgebroken tot kleinere, vaak onverzadigde koolwaterstoffen. Het is de belangrijkste industriële methode voor het produceren van olefinen [Posch 2011].



Zich een wereld zonder kunststoffen of chemicaliën voor de landbouw inbeelden is een hele uitdaging. Het voorbeeld bij uitstek van de vele chemische producten die een fundamentele rol spelen in de samenleving is wel de bevoorradingsketen voor de voedselproductie. Meststoffen en andere chemicaliën voor de landbouw worden uitsluitend gebruikt om de groei van de teelten te bevorderen en om bescherming te bieden tegen ongedierte en onkruid. Kunststof verpakkingen hebben een werktuigelijke rol om de voeding “van het land naar het bord” te brengen. Dit en nog een overvloed aan andere toepassingen leidt tot een wereldwijde, aanhoudende en toenemende vraag naar chemicaliën.

Het gebruik van kunststof vertoont nauwelijks enige verzadiging: kunststoffen hebben veel toepassingen en heel wat consumenten kennen deze. Van draagzakken tot wagens, kunststoffen zijn overal, en daardoor behoren ze tot de meest veelzijdige materialen die tot nu toe zijn uitgevonden. De verpakkingen, verreweg het grootste segment van eindgebruik, zijn goed voor 36 % van de wereldvraag. Dit segment omvat verpakkingen voor de consument, met inbegrip van de polyethyleentereftalaat (PET) flessen, en de verpakkingen voor transacties tussen de ondernemingen onderling.

**Het is verrassend dat er slechts zeven essentiële chemische verbindingen aan de basis liggen van de enorme chemische industrie.** Verrassend inderdaad, als men weet dat CAS REGISTRY<sup>SM</sup> meer dan 144 miljoen unieke organische en anorganische chemische verbindingen telt<sup>5</sup>. Ondanks de enorme complexiteit van de chemische sector leveren zeven basischemicaliën — het betreft hier ammonia, methanol, ethyleen, propyleen, benzeen, toluen en de isomeren van xyleen — de essentiële grondstoffen waarop het merendeel van de chemische industrie is gebaseerd. Deze basisstoffen zijn goed voor ongeveer twee derde van het totale verbruik van finale energieproducten in de sector [OECD-IEA 2018].

Ethyleen en propyleen zijn reactieve componenten, die b.v. veel worden gebruikt in de productie van polymeren voor kunststoffen. De belangrijkste afgeleide van deze olefinen zijn de eenvoudigste polymeren, polyethyleen en polypropyleen. De productie van polyethyleen en polypropyleen samen bedraagt ~255 Mt per jaar. Wereldwijd wordt polyethyleen het meest gebruikt. Het bestaat in een hele reeks van fysische eigenschappen; zo kan polyethyleen hard of zacht zijn. In de verpakkingindustrie worden zachte, plooibare folies vaak gebruikt om een grote verscheidenheid aan producten, maar ook afval, te verpakken en te bewaren. De lage kosten van de polyethyleenproductie verklaren waarom veel producenten er de voorkeur aan geven boven andere kunststoffen. Polypropyleen wordt gebruikt in heel veel

---

<sup>5</sup> Informatie van <https://www.cas.org/support/documentation/chemical-substances>, geraadpleegd in januari 2019.

toepassingen, waaronder de verpakkingen van verbruiksgoederen, onderdelen in kunststof voor verschillende takken van de industrie zoals de auto-industrie, speciale toestellen zoals soepele scharnieren<sup>6</sup> en ook textiel.

Benzeen, toluen en de xyleenisomeren, die men samen BTX noemt kunnen ook gemakkelijk gemodificeerd worden; ze worden gebruikt voor gezondheid en hygiëne, voedingsbewerking en verpakking, transport, informatietechnologie en nog andere sectoren. De globale productie van aromatische BTX bedraagt ~110 Mt per jaar.

**Dan rijst uiteraard de vraag of chemicaliën efficiënter kunnen gebruikt worden.** We moeten onze grondstoffen verstandig gebruiken en we moeten respect hebben voor het milieu. Kunnen we op een duurzamere manier omspringen met onze grondstoffen door afval te voorkomen of door minder afval te maken; kunnen we efficiënter zijn door hernieuwbare grondstoffen te gebruiken?

Men kan meerdere strategieën toepassen om de efficiëntie waarmee de chemicaliën doorheen de waardeketen worden gebruikt te verbeteren terwijl men toch hetzelfde resultaat bereikt maar met minder chemische grondstoffen. Een wijdverbreide inzet van deze strategie kan de globale vraag naar materialen beperken [Rau & Oberhuber 2017]. De relevante maatregelen zijn hergebruik, recyclage, een intensiever gebruik van het product, minder materiaalverlies, toename van de levensduur, enz. [OECD-IEA 2018].

Men zegt dat een product of een materiaal in een gesloten lus wordt gerecycleerd of herbruikt wanneer het na zijn oorspronkelijk gebruik weerkeert in een toestand die opnieuw geschikt is voor de oorspronkelijke dienst. Open lus recyclage slaat op een recyclage die een tweede, maar verschillend gebruik van het oorspronkelijk materiaal mogelijk maakt. Van een materiaal of product zegt men dat het circulair is wanneer het de gesloten lus doorloopt zonder verlies. Technisch gezien kunnen de meeste producten herleid worden tot hun oorspronkelijke componenten. En nochtans zijn er maar heel weinig materialen of producten circulair in de supply chains van vandaag, omwille van materiële verliezen tijdens gebruik en afvalproductie. PET flessen voor mineraal water en frisdrank zijn voorbeelden van chemische producten die kunnen hergebruikt en gerecycleerd worden in verscheidene vormen van open en gesloten lussystemen [OECD-IEA 2018]:

- Postconsumer flessen kunnen zowel bij de consument als bij de verkoper meerdere keren worden hergebruikt na spoelen en opnieuw vullen. Het betreft dan een volledig

---

<sup>6</sup> Soepele scharnieren zijn een scharniersoort gemaakt uit hetzelfde materiaal als de rest, het zijn de dunnere secties die de verbinding maken tussen twee grotere kunststoffen delen [<https://www.creativemechanisms.com/blog/everything-you-need-to-know-about-living-hinges>]

gesloten lus op materiaalbasis. Uiteraard is een dergelijk schema meer geschikt voor glazen flessen, omdat glas vrijwel eindeloos kan gerecycleerd worden.

- Men kan de flessen ook verzenden naar een bedrijf voor chemische recyclage, waar ze worden herleid tot hun chemische basisstoffen en opnieuw geproduceerd uit de monomeren. Recyclage van-fles-naar-fles is een voorbeeld van de terug-naar-het-monomeer recyclage.
- Maar de flessen kunnen ook gebracht worden naar een recyclagebedrijf waar ze worden vermalen, gesmolten en opnieuw bewerkt tot polyestervezels. Vezels zijn een minderwaardig eindproduct van PET, waarvan de zuiverheidsgraad wat kleiner is dan deze van voedingsgeschikt PET. Met andere woorden dit gerecycleerd PET kan niet meer in zijn oorspronkelijke toepassing worden gebruikt. Men spreekt vaak van downcycling, dit is een illustratie van een open lus recyclage.

**Het is al lang geen geheim meer dat productie, gebruik en afvalverwerking van petrochemische producten aanleiding geven tot uitdagingen in verband met duurzaamheid, die men niet mag veronachtzamen.** Het OECD-IEA [2018] rapport concludeert dat het beleid moeilijk tegelijkertijd wereldwijd toepasbaar en heel efficiënt kan zijn. Maar het rapport biedt ook 10 aanbevelingen aan die nuttig kunnen zijn voor de overgang naar een duurzame toekomst. Vijf ervan hebben betrekking op de productie en vijf op het gebruik en de afvalverwerking

Het zal belangrijk zijn op een directe manier en met financiële ondersteuning te investeren in R&D voor een duurzame chemische productie en beperking van de inherente risico's. Ten tweede moeten de doelstellingen voor de benchmarking op bedrijfsniveau van energiestatistiek en voor de reductie van kooldioxide-emissies vastgelegd en/of uitgebreid worden. De reductie van de uitstoot van koolstofdioxide moet gebaseerd zijn op acties van regelgeving. Ook moeten er strenge luchtkwaliteitsnormen komen voor de industrie. En tenslotte moeten de prijzen van brandstof en van grondstoffen overeenkomen met de actuele marktwaarde om de investeringen in energie-efficiëntie niet te vertragen.

Het gebruik en de afvalverwijdering zullen aanzienlijk duurzamer worden wanneer men minder afhankelijk wordt van kunststof voor eenmalig gebruik, die niet dient voor essentiële en onvervangbare functies, en wanneer het afvalbeheer wordt verbeterd. Het bewustzijn van de consument moet omhoog (b.v. met betrekking tot de vele voordelen van recycling voor de consument). In de toekomst zal men producten moeten ontwerpen met afvalverwijdering in gedachten en de verantwoordelijkheden van de producent moeten uitgebreid worden.

Om deze beleidsstrategie op koers te houden, te monitoren, de vooruitgang ervan te evalueren en op een efficiënte manier de resultaten te communiceren heeft men behoefte aan betrouwbare, transparante en tijdige gegevens. Dit worden de grote uitdagingen voor de komende jaren. Marktleiders kunnen best vroegere en bestaande ideologieën van chemische innovatie integreren, terwijl ze tegemoetkomen aan de eisen van de consument en de eisen voor duurzaamheid. Dit kan de winnende formule zijn om levensbelangrijke verbeteringen te bewerkstelligen.

**Referenties:**

Bonanno & Orlando-Bonaca [2018]. Ten inconvenient questions about plastics in the sea, *Environmental Science & Policy* 85, 146 – 154

Kontrick [2018]. Microplastics and Human Health: Our Great Future to Think About Now, *Journal of Medical Toxicology* 14, 117 – 119

OECD-IEA [2018]. *The Future of Petrochemicals - Towards more sustainable plastics and fertilisers*, IEA Publications, pp. 132

Posch [2017]. Polyolefins, in *Applied Plastics Engineering Handbook (Second Edition) - Processing, Materials, and Applications - Plastics Design Library*, William Andrews, Applied Science Publishers, 27 - 53

Rau & Oberhuber [2017]. *Material matters*, Bertram + de Leeuw Uitgevers Bv, pp. Svingen & Vinggaard [2016]. The risk of chemical cocktail effects and how to deal with the issue, *Journal of Epidemiology and Community Health* 70, 322 – 323

Windsor et al. [2019]. Microplastic ingestion by riverine macroinvertebrates, *Science of the Total Environment* 646, 68 – 74

## Le monde dans lequel nous vivons dépend des produits chimiques

**Tout est chimie et la chimie est partout !** Il est extrêmement exceptionnel de se retrouver dans un bâtiment ou dans un véhicule sans plastique, caoutchouc ou textile synthétique. De plus, ces matériaux sont intimement enracinés dans nos routines quotidiennes : p.ex. brosses à dents et autres articles de beauté, sacs de transport, emballages alimentaires et non alimentaires, téléphones portables, ordinateurs, tapis, vêtements, ustensiles de cuisine, meubles et literie, articles de sport et jouets, etc.

Lorsqu'ils ne constituent pas le composant principal, les produits chimiques renforcent souvent les matériaux en vrac, comme le métal et le bois, en fournissant un revêtement de protection (p.ex. un vernis) ou de décoration (p.ex. une peinture). Dans un monde numérisé les plastiques dans les équipements électroniques remplacent de plus en plus souvent le papier en tant que support de transmission d'informations dans un monde numérisé. Les systèmes agricoles modernes auraient du mal à maintenir le niveau de production actuel sans engrais synthétiques et autres produits agrochimiques. Le secteur pharmaceutique tel que nous le connaissons aujourd'hui n'existerait même pas. Ce ne sont que quelques exemples.

Il n'est pas exagéré de dire que nous vivons dans un monde qui dépend des produits chimiques [OECD-IAE 2018]. De plus, il n'est plus étonnant que le nombre et le volume des produits chimiques dans l'environnement augmentent à un rythme sans précédent et qu'ils exercent un impact anthropogénique irréversible sur la Terre [Svingen & Vinggaard 2016].

Le besoin en substances chimiques est fondé sur la demande de services fournis, tels que la subsistance, la mobilité et le confort thermique. Ces services englobent à la fois les besoins humains universels ainsi que le désir de la population mondiale d'améliorer son niveau de vie. Les plastiques p.ex. sont utilisés dans l'ensemble du système alimentaire mondial pour le transport, la transformation, l'emballage et la conservation, la consommation, etc. Les emballages en plastique, dont une grande partie est utilisée pour les aliments et les boissons, constituent la plus grande composante de la demande de plastique à usage final ; celle-ci représente ~36 % au niveau mondial.

Oui, tout est chimie, et la chimie est partout. Elle apparaît également là où nous préférons ne pas l'avoir. Les produits chimiques ont des effets néfastes sur l'environnement, à la fois lors de la production et de l'utilisation, car ils aboutissent là où ils ne devraient pas. La consommation finale d'énergie du secteur chimique, qui est la plus élevée de tous les secteurs

industriels, est principalement composée de combustibles fossiles. En consommant cette énergie, le secteur rejette du dioxyde de carbone et d'autres polluants atmosphériques.

Malheureusement, lorsqu'ils sont déposés dans les cours d'eau, les plastiques, les engrais et autres produits chimiques endommagent les écosystèmes terrestres et marins, chacun à leur manière. Lorsqu'on épand l'engrais en quantités excessives sur les champs ou juste avant un déluge, ils peuvent être lessivés, ce qui entraîne des concentrations élevées en éléments nutritifs dans les rivières et les estuaires. Cela engendre une eutrophisation, au cours de laquelle une poussée de croissance des algues prive toute autre vie qui nécessite de l'oxygène, ce qui conduit à la suffocation. Pour les plastiques, la voie de contamination est plus directe, mais non moins dévastatrice pour la vie marine. Les plastiques se retrouvent dans les océans lorsqu'ils ne sont pas correctement éliminés, transportés et transformés. Qu'ils soient ou non décomposés en microparticules, ils peuvent être ingérés par les organismes aquatiques [Bonanno & Orlando-Bonaca 2018 ; Windsor et al. 2019]. Et du fruit de mer au diner des consommateurs, ce n'est qu'un petit pas. Il existe déjà des preuves évidentes de la présence de microparticules dans nos aliments, ce qui suscite de vives inquiétudes [Kontrick 2018].

**Il existe de nombreuses preuves de la montée en puissance du secteur chimique.** La dépendance croissante de la société à l'égard des produits chimiques se traduit par une période de croissance soutenue de la production des secteurs chimique et pétrochimique. Mondialement la production de plastiques — l'un des principaux produits du secteur — a été multipliée par dix depuis 1970 [OECD-IEA 2018].

La pétrochimie moderne a ses origines dans l'industrie du pétrole et du gaz. Dans le rapport OECD-IEA [2018], les produits pétrochimiques sont définis comme des substances chimiques dérivées de produits pétroliers ou du gaz naturel. En utilisant cette définition, les produits pétrochimiques représentent 90 % de la demande totale de matières premières dans la production chimique. Les oléfines légères (p.ex. l'éthylène et le propylène) et les composés aromatiques (p.ex. le benzène et le toluène), généralement appelés produits chimiques de haute valeur (high-value chemicals, HVC), sont principalement coproduits dans un processus tel que le vapocraquage<sup>7</sup>. La demande en HVC est principalement motivée par la consommation de plastiques. Les autres dérivés sont les fibres synthétiques et le caoutchouc.

Il est assez difficile aujourd'hui d'imaginer un monde sans les différentes sortes de plastiques et de produits agrochimiques. Un exemple de plusieurs produits chimiques jouant un rôle

---

<sup>7</sup> Le vapocraquage est un processus pétrochimique dans lequel les hydrocarbures saturés sont décomposés en hydrocarbures plus petits, souvent non saturés. C'est la principale méthode industrielle de production d'oléfines [Posch 2011].

fondamental dans la société se trouve dans les chaînes d'approvisionnement, qui soutiennent la production alimentaire moderne. Les engrais et les produits agrochimiques sont largement utilisés pour favoriser la croissance des cultures et fournir une protection contre les parasites et les mauvaises herbes. Les emballages en plastique jouent un rôle déterminant dans l'acheminement du pâturage à l'assiette des aliments. Ceci et une pléthore d'autres applications entraînent une demande mondiale, persistante et croissante pour ces produits chimiques.

L'utilisation des plastiques ne montre presque aucun signe de saturation : le plastique a de nombreuses applications, bien connues de beaucoup de consommateurs. Des sacs de transport aux voitures, le plastique est omniprésent, ce qui en fait l'un des matériaux les plus polyvalents. L'emballage, de loin le plus grand segment d'utilisation finale, représente 36 % de la demande mondiale de plastique. Ce segment comprend à la fois les emballages de consommation, y compris les bouteilles en poly(téréphtalate d'éthylène) ou PET ainsi que les emballages utilisés pour les transactions entre entreprises.

**Il est surprenant que seulement sept substances chimiques soient à la base d'une vaste industrie chimique.** Surprenant en effet, puisque CAS REGISTRY<sup>SM</sup> contient plus de 144 millions de substances chimiques organiques et inorganiques uniques<sup>8</sup>. Malgré l'énorme complexité du secteur chimique, seulement sept substances chimiques de base — l'ammoniac, le méthanol, l'éthylène, le propylène, le benzène, le toluène et les trois isomères du xylène — constituent les éléments de base sur lesquels repose l'essentiel de l'industrie chimique. Ces produits chimiques primaires représentent environ les deux tiers de la consommation totale de produits énergétiques finaux du secteur [OECD-IEA 2018].

L'éthylène et le propylène sont des réactifs largement utilisés, p.ex. dans la production de polymères pour la fabrication de matières plastiques. Les produits dérivés les plus importants sont les oléfines, dont les polymères les plus simples sont le polyéthylène et le polypropylène.

La production mondiale combinée d'éthylène et de propylène est de ~255 Mt par an. Le polyéthylène est le plastique le plus courant au monde. Il est disponible dans une grande variété de propriétés physiques. Le polyéthylène peut être dur et rigide ou souple. Dans l'industrie de l'emballage, les films souples sont souvent utilisés pour emballer et stocker une grande variété de produits et même de déchets. Le faible coût de la production de polyéthylène a incité les producteurs à préférer son utilisation à de nombreux autres plastiques. Le polypropylène est utilisé dans diverses applications, y compris l'emballage pour

---

<sup>8</sup> Information disponible sur <https://www.cas.org/support/documentation/chemical-substances>, consulté en janvier 2019

produits de consommation courante, les pièces en plastique pour diverses industries, notamment l'industrie automobile, des dispositifs spéciaux tels que les charnières actives et les textiles<sup>9</sup>.

Le benzène, le toluène et les isomères de xylène, appelés collectivement BTX, peuvent facilement être modifiés ; ils sont utilisés dans les domaines de la santé et de l'hygiène, de la transformation et de l'emballage des produits alimentaires, des transports, de la technologie de l'information, etc. La production mondiale de composés aromatiques BTX est de ~110 Mt par an.

**La question se pose donc de savoir si les produits chimiques peuvent être utilisés plus efficacement.** Nous devons utiliser nos matières premières à bon escient et nous devons être respectueux de l'environnement. Pouvons-nous être plus durables dans la manière dont nous utilisons les ressources en prévenant et en réduisant les déchets ? Pouvons-nous être plus efficaces en utilisant davantage de ressources renouvelables ?

Plusieurs stratégies peuvent être poursuivies pour améliorer l'efficacité de l'utilisation des produits chimiques tout au long de la chaîne de valeur, fournissant ainsi les mêmes services finaux tout en consommant moins de ressources chimiques. Le déploiement généralisé de telles stratégies peut réduire la demande globale de matériel [Rau & Oberhuber 2017]. Les mesures appropriées sont la réutilisation, le recyclage, une utilisation plus intensive des produits, une réduction des pertes de matériaux, une durée de vie prolongée, etc. [OECD-IEA 2018].

Un produit ou un matériau est dit recyclé ou réutilisé en boucle fermée, s'il est retourné à la fin de sa durée de vie initiale dans un état permettant de remplir le service pour lequel il a été initialement produit. Le recyclage en boucle ouverte, quant à lui, décrit la manière qui permet une seconde durée de vie du matériau utilisé dans le produit d'origine. Ainsi, au moins une partie est utilisée pour produire un produit différent de celui d'origine. Un matériau ou un produit est décrit comme circulaire s'il complète la boucle fermée sans perte. Techniquement, la plupart des produits peuvent être retournés à leurs composants chimiques d'origine. Cependant, très peu de matériaux ou de produits sont circulaires dans les chaînes d'approvisionnement d'aujourd'hui, en raison de pertes de matériaux lors de leur utilisation et de leur élimination.

---

<sup>9</sup> Les charnières souples sont un type de charnière constitué d'une extension du matériau de base ; c'est la section mince de plastique servant de lien entre deux plus grandes sections de plastique [<https://www.creativemechanisms.com/blog/everything-you-neou-ne-to-know-about-living-hinges>].



Les bouteilles en PET pour eau minérale et boissons non alcoolisées sont des exemples de produits chimiques réutilisés et recyclés, mais à des degrés variables de boucles ouvertes et fermées. Ce ne sont que trois des nombreuses voies possibles [OECD-IEA 2018]:

- Les bouteilles post-consommation peuvent être réutilisées plusieurs fois, soit directement par le consommateur, soit après leur retour au fournisseur pour nettoyage et remplissage, formant ainsi une boucle entièrement fermée sur une base matérielle. Ces systèmes sont les plus courants pour les bouteilles en verre, parce que le verre peut être recyclé pratiquement indéfiniment.
- Les bouteilles peuvent également être envoyées vers une installation de recyclage chimique où elles sont décomposées en blocs de construction chimiques clés et reconditionnées pour former de nouvelles bouteilles à partir des monomères de base. Ce recyclage de bouteille à bouteille illustre le recyclage du « retour au monomère ».
- En outre, les bouteilles peuvent être retournées dans une installation de recyclage, déchiquetées, fondues et reconditionnées pour former de la fibre de polyester. La fibre est une utilisation finale du PET de qualité inférieure, les qualités de pureté des polymères pouvant être légèrement inférieures à celles des matériaux d'emballage de qualité alimentaire. Cela signifie que ce produit recyclé ne peut pas être réutilisé dans son application d'origine. Ce type de recyclage est souvent appelé le « downcycling ». Il illustre le recyclage en boucle ouverte.

**Ce n'est plus un secret que la production, l'utilisation et la mise au rebut de produits pétrochimiques posent toute une série de problèmes de durabilité auxquels il faut s'attaquer.** Le rapport OECD-IEA [2018] conclut que les politiques peuvent difficilement être à la fois globales et d'une efficacité optimale. Cependant, le rapport formule dix recommandations visant à contribuer à la transition de l'industrie chimique vers un avenir plus durable. Cinq recommandations portent sur la production et cinq sur l'utilisation et l'élimination.

Il importera de stimuler directement et financièrement les investissements dans la R&D sur des filières de production de produits chimiques durables et de limiter les risques associés. Deuxièmement, des analyses comparatives au niveau des installations pour la performance énergétique et des objectifs de réduction des émissions de dioxyde de carbone devront être établis et/ou étendus. La réduction des émissions de dioxyde de carbone doit reposer sur des mesures réglementaires. De plus, des normes rigoureuses pour la qualité de l'air sont requises

pour l'industrie. Enfin, les prix des combustibles et des matières premières devraient refléter la valeur réelle du marché pour ne pas retarder les mesures d'efficacité énergétique.

L'utilisation et l'élimination seront nettement plus durables si la dépendance vis-à-vis des plastiques à usage unique autres que les fonctions essentielles, non substituables est réduite et lorsque la gestion des déchets est améliorée. Les consommateurs devraient être davantage sensibilisés (p.ex. les multiples avantages du recyclage des biens de consommation). Les futurs produits doivent être conçus en fonction de l'élimination et la responsabilité du producteur doit être étendue

Garder ces stratégies de gestion sur la bonne voie, surveiller et évaluer leurs progrès et communiquer efficacement leurs résultats nécessitent des données fiables, transparentes et à jour. Les années à venir apporteront des défis sans précédent. Les leaders de l'industrie feraient mieux intégrer les idéologies passées et présentes de l'innovation chimique, tout en répondant aux demandes des consommateurs et aux exigences de durabilité. C'est probablement la formule gagnante pour concevoir des améliorations qui changeront la vie.

#### Références :

Bonanno & Orlando-Bonaca [2018]. Ten inconvenient questions about plastics in the sea, *Environmental Science & Policy* 85, 146 – 154

Kontrick [2018]. Microplastics and Human Health: Our Great Future to Think About Now, *Journal of Medical Toxicology* 14, 117 – 119

OECD-IEA [2018]. *The Future of Petrochemicals - Towards more sustainable plastics and fertilisers*, IEA Publications, pp. 132

Posch [2017]. Polyolefins, in *Applied Plastics Engineering Handbook (Second Edition) - Processing, Materials, and Applications - Plastics Design Library*, William Andrews, Applied Science Publishers, 27 - 53

Rau & Oberhuber [2017]. *Material matters*, Bertram + de Leeuw Uitgevers Bv, pp.

Svingen & Vinggaard [2016]. The risk of chemical cocktail effects and how to deal with the issue, *Journal of Epidemiology and Community Health* 70, 322 – 323

Windsor et al. [2019]. Microplastic ingestion by riverine macroinvertebrates, *Science of the Total Environment* 646, 68 – 74