

MENS:  
een indringende  
en educatieve  
visie op het  
leefmilieu

Dossiers en rubrieken  
didactisch gewikt  
en gewogen door  
eminente specialisten

70

Jan-Feb-Maa 09

MENS

Driemaandelijks populair-wetenschappelijk tijdschrift

# Groene Chemie

## Duurzame, mens- en milieuvriendelijke chemische processen

Milieu  
Educatie  
Natuur  
Samenleving

 Universiteit  
Antwerpen

Nationale Loterij  
creëert kansen 

# Inhoud

Groene Chemie .....	3
Puur natuur .....	5
Massaproductie .....	4
Milieubewustwording .....	6
Recyclage, hergebruik en preventie .....	6
Ecologische voetafdruk en duurzaamheid .....	7
Groene chemie is nodig en mogelijk .....	9
De twaalf principes van groene chemie .....	9
Groene grondstoffen .....	10
Evaluatieparameters van groene chemie volgens EcoScale .....	11
Berekening van de groenwaarde volgens EcoScale .....	12
Nooit meer afval: cradle to cradle .....	13
Realisaties met de C2C-filosofie .....	13
Hype, utopie, ultieme oplossing of pure commercie? .....	14
De Vlaamse versie, Grenzeloos Gebruik .....	15
Toekomstmuziek .....	15

## Voorwoord

Chemie is voor de hedendaagse mensheid een onmisbare industrie geworden: zonder deze industrie zou ons dagdagelijkse leven er helemaal anders uitzien, zo niet onmogelijk worden.

Milieuproblemen uit het verleden die het wereldnieuws haalden, hebben er echter toe bijgedragen dat de meeste mensen diezelfde chemie en chemische industrie niet direct associëren met veiligheid en milieuzorg. De ontploffingen van chemische productie-eenheden in Seveso (Italië) in 1976 en in Bhopal (Indië) in 1984 maakten duizenden slachtoffers. Nog niet zo lang geleden (dec 2005) kwamen er tonnen van het kankerverwekkende benzeen in een rivier in China terecht na een lek in een opslagtank. Door het lozen van afvalwater bevat ook vandaag nog de Gele Rivier teveel van deze stof om als bron van drinkwater gebruikt te kunnen worden, de kwaliteit is zo slecht dat zelfs gebruik er van als industrieel water onmogelijk is. Midden vorige eeuw waren de kwikschandalen in de Minamatabaai in Japan en de milieueffecten van pesticiden op roofvogelpopulaties de aanzet tot het boek 'Silent spring' van Rachel Carson waarin milieuzorg en gezondheid voor het eerst als hoofddoel vooropgesteld werd.

Dat milieuzorg essentieel is beseffen we maar al te goed: de teloorgang van de eens bloeiende beschaving op Paaseiland (Grote Oceaan) door het ondoordacht gebruik van de natuurlijke bronnen van het eiland, bewijzen dat de mens in staat is om een ganse samenleving ten gronde te richten als hij geen rekening houdt met de gevolgen van zijn handelen. Gelukkig is onze chemische industrie niet zo bedreigend. Er zijn al veel inspanningen geleverd om een andere weg in te slaan. Een weg die leidt naar schonere en veiligere productieprocessen, veiliger voor mens en milieu, zonder de productie van gevaarlijke en giftige afvalstoffen. Processen waarbij men vertrekt van hernieuwbare grondstoffen en waarbij de afvalproducten terug als grondstof kunnen ingezet worden, zijn de basisprincipes van de Groene Chemie.

Als één van de honderden chemieleerkrachten in Vlaanderen beschouw ik het als een uitdaging om deze nieuwe kijk op chemie bij onze studenten duidelijk te maken. Wij zijn nog opgeleid volgens andere principes, maar alle studenten van vandaag kennen de regels voor het veilig werken in een scheikundige omgeving. Zij kennen de gevaren voor mens en milieu van de grondstoffen waarmee gewerkt wordt, en weten de gepaste veiligheidsregels toe te passen. Zij weten ook met welke chemicaliën in een practicum niet meer gewerkt wordt omdat de toxicologische risico's te groot zijn. In alle labo's staan recipiënten om afvalchemicaliën te sorteren en op gepaste wijze te recyclen of te vernietigen. Werken volgens deze basisprincipes is voor hen een gewoonte geworden.

Via hun opleiding kunnen wij jonge mensen op de arbeidsmarkt brengen die helemaal klaar staan om in hun chemische werkomgeving de ideeën van de vernieuwde, Groene chemie toe te passen. Op die manier zullen zij bijdragen tot de verdere evolutie van de oude milieubedreigende chemie naar een Groene, Veilige en Milieuzorgende Chemie.

Veel leesplezier met deze editie van MENS over de Groene Chemie.

Hilde De Bondt  
Lector Milieuchemie  
Karel de Grote-Hogeschool - Dep IWT  
Antwerpen



# MENS

**Bio-**  
**MENS**

© 2009 Mens - alle rechten voorbehouden

MENS is een uitgave van Bio-Mens vzw. In het licht van het huidige maatschappijmodel ziet zij objectieve wetenschappelijke voorlichting als één van de basisdoelstellingen.

[www.biomens.eu](http://www.biomens.eu)

### Academische begeleiding:

Prof. Dr. Roland Caubergs, Universiteit Antwerpen  
[roland.caubergs@ua.ac.be](mailto:roland.caubergs@ua.ac.be)

### Hoofd- en eindredactie:

Dr. Geert Potters, Universiteit Antwerpen  
[mens@ua.ac.be](mailto:mens@ua.ac.be)

### Kernredactie:

Lic. Karel Bruggemans, VRT  
Prof. Dr. Roland Caubergs, Universiteit Antwerpen  
Dr. Guido François, Universiteit Antwerpen  
Lic. Liesbeth Hens, Ministerie van Onderwijs en Vorming  
Dr. Lieve Maesele, Hogeschool Gent  
Lic. Els Grieten, Universiteit Antwerpen  
Lic. Chris Thoen, middelbaar onderwijs  
Dr. Sonja De Nollin, Universiteit Antwerpen  
Kit Ting Lau, Bio-Mens

### Abonnementen en info:

Corry De Buysscher  
Herrystraat 8b, 2140 Antwerpen  
Tel.: +32 (0)486 93 57 97 - Fax: +32 (0)3 309 95 59  
[corry.mens@telenet.be](mailto:corry.mens@telenet.be)

### Abonnement:

22 € op nr. 777-5921345-56

### Educatief abonnement: 14 €

of losse nummers: 4 €  
(mits vermelding instellingsnummer)

### Communicatie coördinator Bio-Mens:

Kit Ting Lau  
Herrystraat 8b, 2140 Antwerpen  
Tel.: +32 (0)3 609 52 30 - Fax +32 (0)3 609 52 37  
[kitting@biomens.eu](mailto:kitting@biomens.eu)

### Algemene coördinatie:

Dr. Sonja De Nollin  
Tel.: +32 (0)495 23 99 45  
e-mail: [sonja.denollin@ua.ac.be](mailto:sonja.denollin@ua.ac.be)

### Illustraties:

Mens, Geert Potters, Wikipedia, Hilde Van Craen

### Verantwoordelijke uitgever:

Prof. Dr. Roland Valcke, Universiteit Hasselt  
Reimenhof 30, 3530 Houthalen  
[roland.valcke@uhasselt.be](mailto:roland.valcke@uhasselt.be)



# Groene Chemie

## Duurzame, mens- en milieuvriendelijke chemische processen

Dit dossier werd samengesteld door **Karel Bruggemans**

Voor het opstellen van dit dossier is dankbaar gebruik gemaakt van de informatie en de commentaren geleverd door Sonja De Nollin, Els Grieten, Lieve Maessele, Geert Potters, Geert Scheys en Chris Thoen.

Je kent zeker mensen die menen dat de chemie een bedreiging vormt voor onze toekomst. Ze vrezen dat de massa producten die de chemische industrie produceert op termijn schadelijk zijn voor al wat leeft op deze planeet.

Misschien ken je er ook die dankbaarheid betonen tegenover de chemici die hun leven aangenamer gemaakt hebben of zelfs hun leven gered hebben met de uitvinding van een of ander geneesmiddel.

Zoals aan alle aspecten van onze samenleving zijn er aan sommige toepassingen van de wetenschap in het algemeen ook minder positieve kanten. De chemie zoals we die nu kennen is een relatief jonge wetenschap en in de loop van haar evolutie zijn een aantal klemtonen ervan verschoven. In dit dossier wordt kort geschetst hoe de belangstelling voor de wisselwerking tussen chemie en milieu is gegroeid en waar we nu staan op dit gebied.

### Puur natuur

Een chemisch verschijnsel wordt gedefiniëerd als een gebeurtenis waarbij stoffen omgezet worden in andere (nieuwe) stoffen. Als voorbeeld kunnen we de verbranding van aardgas (methaan) met zuurstofgas (uit de lucht) nemen.



De stoffen die geheel of gedeeltelijk verdwijnen noemen we de reagentia ( $\text{CH}_4$  en  $\text{O}_2$ ). Wat ontstaat zijn reactieproducten: koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ) en water ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Het woord 'verdwijnen' heeft hier wel een bijzondere betekenis. Het gaat om het uiteenvallen van materie en een recombinate van de onderdelen tot andere stoffen. Alle atomen worden daarbij behouden, in de verhouding: 1 koolstofatoom, 4 waterstofatomen en 4 zuurstofatomen, maar ze worden in een nieuwe structuur aan elkaar gebonden. Daardoor

kunnen we stellen dat er wel stoffen verdwijnen, terwijl de totale massa van de materie ongewijzigd blijft. Vandaar het aan Lavoisier toegeschreven zinnetje: rien ne se perd, rien ne se crée (bekend als de wet van het behoud van massa). We moeten deze uitspraak interpreteren als 'bij chemische reacties gaan geen atomen verloren en worden er geen nieuwe atomen gevormd'.

Dit uiteenvallen en recombineren van atomen is gebonden aan natuurwetten. In gegeven omstandigheden zijn slechts bepaalde chemische omzettingen mogelijk. In het laboratorium noch in de industrie kan de chemicus bereidingen realiseren volgens wegen die indruisen tegen de wetten van de natuur. In die zin is elke chemische reactie een natuurverschijnsel.

De mens heeft de chemische reacties niet uitgevonden. In het heelal hadden al lang chemische omzettingen plaats vóór de aarde gevormd was en dus zeker vóór er leven op aarde bestond. Er kan zelfs gesteld worden dat de oorsprong van 'leven' te danken is aan chemische verschijnselen. Alleszins is voor de instandhouding van levende wezens, micro-organismen, planten of dieren (de mens inbegrepen) een voortdurende cyclus van chemische omzettingen vereist. Een cruciale

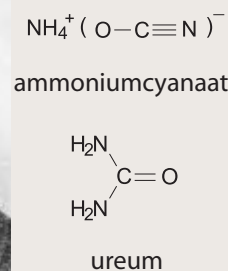
rol hierin wordt gespeeld door 'chlorofyl', een biokatalysator die groene planten in staat stelt om met lichtenergie de levensnoodzakelijke chemische processen te realiseren. Zonder deze planten zouden de meeste dieren en de mensen niet overleven want zij liggen aan de basis van hun voedselvoorziening. Vleeseters leven onrechtstreeks ook van planten. De belangrijke stofwisselingen die mogelijk zijn dank zij chlorofyl of bladgroen zouden we 'groene chemie' kunnen noemen. Maar in wat volgt zullen we zien dat met die term heel wat anders bedoeld wordt.

De studie van natuurverschijnselen op de manier zoals we die nu kennen, nl. volgens de zgn. 'wetenschappelijke methode', is nog maar enkele honderden jaren oud, maar de mensheid bedient



Antoine Lavoisier (1743-1794)





Friedrich Wöhler (1800-1882)

zich al duizenden jaren van chemische omzettingen. Het bereiden van metalen zoals ijzer of koper uit de overeenkomstige ertsen, is een oeroude chemische praktijk. De pottenbakkerij steunt op chemische omzettingen. De oud-Egyptische mummies zijn staaltjes van chemische kunst. Om van druivensap wijn te maken en wijn om te zetten in azijn, gebruikt de mens onbewust al vele honderden jaren micro-organismen die de vereiste chemische omzettingen mogelijk maken. De Middeleeuwse alchemisten deden pogingen om de geheimen van de natuur te ontsluiten, maar hielden zichzelf en hun geschriften in een waas van mysteries, waardoor de kennis van de materie maar heel langzaam vorderde. Toch werd enig inzicht verworven in de eigenschappen en de identiteit van een aantal minerale stoffen zoals salpeterzuur, zwavelzuur, keukenzout, kwikverbindingen, zwavel enz. Typische plantaardige of dierlijke producten zoals suiker, harsen, kleurstoffen en reukwaren bleven lange tijd veel minder toegankelijk voor onderzoek en bewerking, zodanig dat de geleerden bij het begin van de 18de eeuw nog van mening waren dat voor het bereiden van dergelijke 'organische' stoffen een speciale levenskracht, een 'vis vitalis' nodig was. De verbazing in de toenmalige wetenschappelijke wereld was dan ook groot toen Friedrich Wöhler er in 1828 in slaagde om ureum, een typisch organisch product, te bereiden uit de minerale stof ammoniumcyanaat. Het ongeloof in de maakbaarheid van sappen eigen aan levende wezens, bleef duren tot Kolbe in 1845 azijnzuur bereidde uit mineralen en

Berthelot in het laboratorium moerasgas (methaan) synthetiseerde (1856). Van dan af kende de chemie het ene succes na het andere. Steeds meer natuurproducten kon men namaken, langs laboratoriumwegen die grondig verschillen van de omzettingen die plaats grijpen in levende wezens, maar die verlopen volgens dezelfde algemene natuurwetten. Een speciale 'vis vitalis' blijkt niet te bestaan.

Zie ook dossier MENS (nummer) 27: *Chemie, basis van het leven.*

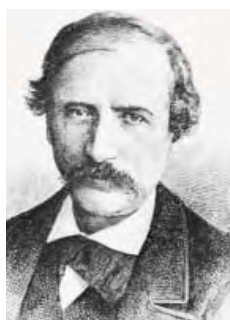
## Massaproductie

Sinds het ontstaan van de organische chemie werd voortdurend gezocht naar methoden om stoffen uit de planten- of dierenwereld na te maken. De wetenschap is daar aardig in gelukt. Een product dat uit eenvoudiger grondstoffen in een laboratorium of een fabriek is vervaardigd, noemen we 'een synthetische stof'. 'Eenvoudiger' wil in dit geval zeggen 'bestaande uit kleinere moleculen'. Kleurstoffen zoals anilineverbindingen, geurstoffen zoals lavendelolie, smaakstoffen zoals vanilline en geneesmiddelen zoals aspirine hoeven niet meer uit planten gehaald te worden: ze kunnen synthetisch bereid worden. Zelfs menselijke hormonen zoals insuline kunnen 'in vitro' (buiten het lichaam van een levend wezen) gemaakt worden. We zijn er zelfs in geslaagd om nuttige stoffen te maken die in de natuur niet voorkomen. Dat geldt voor veel geneesmiddelen maar ook voor bouwmaterialen en textiel. Sinds Leo

Baekeland in 1907 een octrooi nam op bakeliet is het aanbod aan synthetische materialen, plastics, enorm toegenomen. Niet veel later werd de wereld voor het eerst geconfronteerd met nylonvezels en nu is de toestroom van nieuwe synthetische materialen niet meer te stuiten.

Op alle terreinen van de samenleving haalt men profijt uit de enorme ontwikkeling van de chemische mogelijkheden. Voor de bouw en de productie van gebruiksvoorwerpen beschikt men over gepaste plastics, voor kleding en schoeisel worden synthetische stoffen aangewend, sportprestaties worden voortdurend scherper gesteld dankzij nieuwe synthetische materialen (zoals veerkrachtige schoenen en polsstokken, sterkere fietsen en zeilen...), uit het laboratorium komen efficiëntere geneesmiddelen, nieuwe verpakkingsmethoden zorgen voor een betere hygiëne enz.

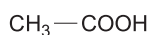
Zodra nieuwe stoffen of betere bereidingswijzen worden ontdekt, waarvan een commercieel succes verwacht wordt, tracht men over te gaan tot massaproductie. Laboratoriumprocedures worden omgezet in industriële processen. Daarbij spelen economische factoren een hoofdrol. De industrie moet vooral efficiënt produceren, d.w.z. tegen een zo laag mogelijke kostprijs. Dit houdt in dat gezocht wordt naar goedkope grondstoffen en weinig arbeidsintensieve installaties. Werknemers kosten immers geld en de investeerders eisen terecht rendement.



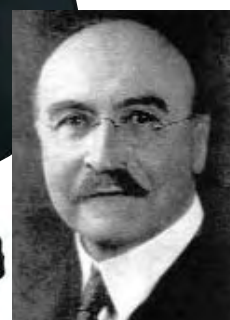
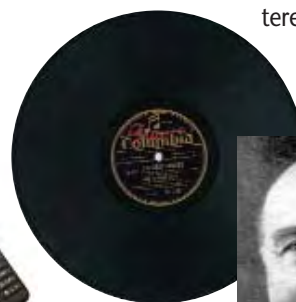
Marcellin Berthelot (1827-1907)



Adolph Kolbe (1818-1884)

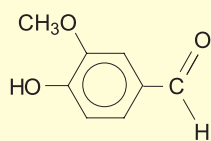


azijnzuur



Leo Baekeland (1883-1944)





vanilline



## Box 1. Chemische en fysische gevaren in de voedingsindustrie

De voedingsindustrie wordt niet bij de chemische industrie ondergebracht, maar vertoont er wel veel aspecten van. Bij de oogst, de verwerking, de conditionering en de verpakking van eetwaren komen chemische bewerkingen te pas. Vermits deze sector per definitie een grote impact kan hebben op de volksgezondheid, wordt er bijzonder veel aandacht besteed aan de veiligheid.

Er zijn in de eerste plaats de microbiologische gevaren. Die kunnen meestal door steriliseren of pasteuriseren worden uitgeschakeld.

Chemische en fysische verontreinigingen kunnen in levensmiddelen alleen worden beperkt door een strikte bewaking van de productieketen: van grondstof tot consumptie.

Bij de **aanschaf** van ruwe grondstoffen en hulpstoffen wordt vooral gewaakt over de zuiverheid met betrekking tot natuurlijke toxines, overblijfselen van bestrijdingsmiddelen en zware metalen.

Bij de **verwerking** kunnen chemische veranderingen optreden die aanleiding geven tot de aanwezigheid van procescontaminanten, d.w.z. schadelijke stoffen die tijdens de verwerking ingeschakeld worden, maar niet bij het eindproduct mogen terechtkomen. Het kan gaan om een vermenging met de koelvloeistof, met smeermiddelen of additieven, maar ook met glasscherven of steentjes.

Een beschadigde **verpakking** kan gevaarlijk zijn, maar de verpakking zelf is eventueel onderhevig aan chemisch bederf, zoals oxidatie of migratie van stoffen. Zelfs als alles schijnbaar in orde is, kan nog altijd migratie van schadelijke stoffen uit de verpakking naar de eetwaren hebben plaatsgevonden. (Zie Mens 56)

Een onjuiste of onvolledige **etikettering** kan onveilig zijn voor de gebruiker, bv. als die allergisch is voor een of ander bestanddeel. Zo zijn er mensen die al ziek worden van kleine hoeveelheden glutamaat (in het Engels: monosodiumglutamate = MSG) of sulfiet.

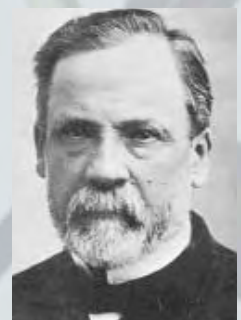
Tijdens het **opslaan** en het **transport** kunnen de goederen aan specifieke contaminanten worden blootgesteld. Als plastic flessen met water gedurende lange tijd opgeslagen liggen in de buurt van een petroleumreservoir kan de geur ervan doordringen tot bij het water.

De **consumenten** zelf kunnen door onoordeelkundig gebruik gevaarlijke situaties creëren.

Zo kunnen bijvoorbeeld door langdurig gebruik van frituurvet of door het bereiden van producten bij een te hoge temperatuur, schadelijke stoffen ontstaan. Als bonen niet lang genoeg gekookt worden, geraken de van nature aanwezige toxines niet uitgeschakeld.

De hoeveelheid van een levensmiddel dat wordt geconsumeerd bepaalt uiteindelijk het risico, samen met de aard en de hoeveelheid van de verontreiniging in het product.

[www.bardahl.nl/De-chemische-gevaren.932.0.html](http://www.bardahl.nl/De-chemische-gevaren.932.0.html)



Louis Pasteur (1822-1895)



De massaproductiemethoden hebben veel stoffen binnen het bereik gebracht van brede bevolkingslagen die zich geen dure exclusiviteitsproducten kunnen veroorloven. De voortdurende 'economische groei' werd een onafwendbaar streven in de wereld van handel en nijverheid. Globaal meer consumeren werd mogelijk maar ook een economische noodzaak. De levensstandaard bleef stijgen en inventieve reclamejongens wisten altijd maar nieuwe behoeften te creëren. Als tegenwind werden slogans als 'niet consumeren maar consuminderen' gelanceerd. Zie ook dossier MENS nummer 19: Milieubalansen



uitputting van ertsen en andere mineralen. Vooral het 'rapport van de Club van Rome', 'The limits to growth', uitgegeven in 1972, maakte heel wat ophef. Een internationaal team van deskundigen, onder de leiding van Dennis Meadows, had een erg somber beeld geschetst van de voorraden aan fossiele brandstoffen, metalen en andere grondstoffen.

De industrie vergt veel energie, vooral in de vorm van fossiele brandstoffen (steenkool, aardgas en aardolie), maar ook die voorraad is begrensd. Is het wel verantwoord om het mengsel van waardevolle organische (koolstof-) verbindingen dat we 'aardolie' noemen, zomaar te verbranden? De reden waarom dergelijke vragen steeds

meer gesteld werden, wordt samengevat met de term 'milieubewustzijn'. Economische objectieven werden meer en meer getoetst aan ecologische waarden.

## Recyclage, hergebruik, preventie

De pogingen om de afvalberg en de milieubezoeiding zoveel mogelijk te beperken lopen in de industrie parallel met de inspanningen die gevraagd werden van de burgers.

Met recyclage van goederen wordt bedoeld dat onbruikbaar geworden voorwerpen ontbonden worden in hun componenten en dat deze opnieuw



## Milieubewustwording

Zoals de industriële revolutie heeft geleid tot massaproductie, zo is deze laatste uitgemond in een afvalprobleem. We kunnen daarvoor verschillende oorzaken aanwijzen, o.a.:

- Als er veel geproduceerd wordt op één plaats, stapelt zich daar ook het afval op, in hinderlijke concentraties.
- Vermits afgewerkte producten vaak goedkoper geworden zijn, wordt er minder uitgekeken naar vervangstukken. Herstellen is soms duurder dan vervangen. Zo zijn we terechtgekomen in een wegwerpmaatschappij.
- De zorg voor hygiëne is sterk toegenomen. Maar er is een keerzijde aan het gebruik van pampers, de individuele verpakkingen van eetwaren, het overvloedig wassen en spoelen van textiel enz.

Het besef groeide dat de atmosfeer, de oceanen en de aardbodem niet oneindig groot zijn en dus slechts een beperkte hoeveelheid gif of andere afvalstoffen kunnen verwerken.

In de jaren 50 van de voorgaande eeuw begonnen sommige onderzoekers zich luidop af te vragen of de ongebreidelde ontginning van natuurlijke grondstoffen nog lang kon doorgaan. Er werden voorstellingen gedaan in verband met de

### Box 2 - Eerste zorg: het milieu

De Belgische producent van afwasmiddelen, wasmiddelen, reinigingsmiddelen en persoonlijke verzorgingsproducten, Ecover, heeft zich maximaal toegelegd op de ecologische waarde van zijn eindproducten.

Ecover handafwasmiddelen onderscheiden zich doordat ze niet meer schuimen dan nodig is. Schuim reinigt de vaat immers niet. Bij de vaatwastabletten worden er geen fosfaten toegevoegd omwille van de nadelige gevolgen voor het milieu.

Wasmiddelen geven ook bij lage temperaturen een uitstekend resultaat. Om dit op een ecologisch verantwoorde wijze te kunnen realiseren, bevatten ze zeep op plantaardige basis en een detergent op basis van raapzaadolie. Zo kunnen ze een lage giftigheid voor het leven in water en een volledige biologische afbreekbaarheid garanderen.

Ook de afwezigheid van schuim, zonder gebruik te maken van schuimremmers zoals siliconen, speelt een belangrijke rol.

Gangbare wasmiddelen bevatten optische witmakers die zich tijdens het wassen aan het wasgoed hechten. Ze laten de was witter lijken dan deze in feite is, maar dragen niet bij aan de reinigende werking van het wasmiddel.

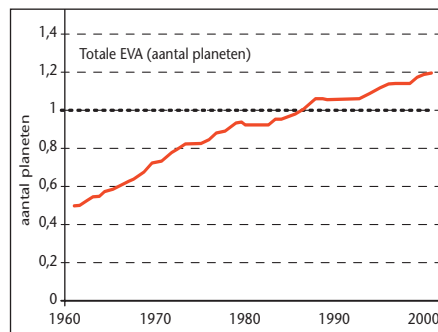
Bij de productie van reinigingsmiddelen streeft Ecover ernaar om het waterzuiveringssysteem zo weinig mogelijk te belasten.

De eindproducten zitten uiteraard in een ecologisch jasje. Voor de vloeibare producten wordt er gekozen voor polyetheen-flessen en -labels en polypropreen doppen. Deze materialen kunnen samen en volledig worden gerecycled. Wie nog een extra inspanning wil doen voor het milieu kan de verpakkingen zelfs laten hervullen. Zo wordt er geen onnodig afval gecreëerd! Poeders zitten verpakt in 95% gerecycled karton. Je kunt ze na gebruik platdrukken en bij het papierafval sorteren.

Voor meer informatie contacteer Ecover Belgium nv



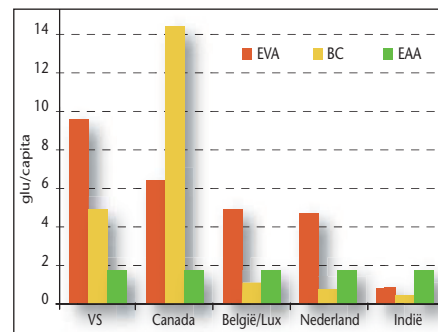
omge- vormd worden tot onderdelen van gelijke of andere voorwerpen. Zo worden gebruikte glazen flessen opnieuw gesmolten en omgevormd tot nieuwe flessen of wordt plastic gesorteerd, gemalen en verwerkt in nieuwe plasticen voorwerpen.



In de figuur zie je hoeveel aardes we in de loop van de afgelopen jaren nodig gehad hebben, om op een duurzame wijze te voorzien in al wat wij als mensheid nodig hebben. Ergens tijdens de jaren tachtig overstijgt die nood onze éne aarde. Dat betekent dat we op dit moment de aarde niet meer duurzaam verbruiken, maar roofofbouw plegen op wat onze planeet nog te bieden zal hebben aan de toekomstige generaties.

Alle pvc-afval van een bedrijf wordt bij recyclage weer in productie genomen.

Soms gaat men nog een stapje verder: verpakkingsmateriaal zoals flessen, kratten, pallets en containers worden hergebruikt (na grondige reiniging). Herbruikbare



Vergelijken we de zogenaamde 'ecologische voetafdruk' (EVA, oranje balken) voor een inwoner van de VS, Canada, België, Nederland en India. Het is duidelijk dat de levenswijze in bepaalde landen veel meer grondstoffen vereist dan die in andere landen. De gele balken geven aan wat je zou krijgen als elk land strikt zou beschikken over zijn eigen oppervlakte. De groene balken geven het 'eerlijke deel van de aarde' aan - waarover beschikt iedere mens op aarde als we alle beschikbare oppervlakte evenredig verdelen onder alle mensen?

verpakkingen zijn ook niet altijd voordelig voor het milieu : dit hangt af van de transportafstand, het gewicht en de recyclagegraad van het eenmalig alternatief.

Een nog drastischer maatregel is de preventie van afval. Met een grote dosis



inventiviteit kan de hoeveelheid reststoffen vaak sterk worden beperkt. Zie ook Dossier MENS nummers 6, 14, 19, 25, 40, 56 en website [www.biomens.eu](http://www.biomens.eu)

## Ecologische voetafdruk en duurzaamheid

Ieder levend wezen heeft een impact op zijn omgeving. Leven is per definitie 'zich in stand houden'. Dat gaat altijd ten koste van elementen buiten dat levend wezen. Door zijn maatschappelijk georganiseerde levenswijze heeft de mens heel veel invloed op de natuur rondom hem. Als hij zich roekeloos blijft gedragen zou het wel eens fataal kunnen aflopen met diverse levensvormen, de mens zelf inbegrepen. Op het einde van vorige eeuw hebben de Canadezen William Rees en Mathis Wackernagel een methode voorgesteld om de invloed van een mens op het milieu te 'meten'. Voor alles wat hij consumeert en aan afval achterlaat wordt berekend hoeveel land er nodig is om de milieuschade te herstellen. Ze noemen dat de ecologische voetafdruk. Voor de gemiddelde Belg zou die 5 ha bedragen, terwijl de beschikbare aardoppervlakte hier maar een voetafdruk van 1,7 ha per persoon toelaat. We leven in dit land, en ook in de rest van het zgn. Westen, dus ruim boven onze stand en dat kan niet blijven duren. We moeten ervoor zorgen dat ook ons nageslacht kan genieten van de natuurlijke rijkdommen. Vandaar het begrip 'duurzame ontwikkeling'.

In het rapport 'Our common future' dat in 1987 door de World Commission on Environment and Development van de Verenigde Naties werd uitgegeven, staat volgende definitie:

'Duurzame ontwikkeling is een ontwikkeling waarbij de huidige wereldbevolking in haar behoeften voorziet zonder de komende generaties te beletten om in hun behoeften

### Box 3 - Zilverminnende planten

Bij digitale fotografie komt geen zilver meer te pas, maar er bestaat nog altijd professionele fotografie waarbij de oude procedés met zilverzouten toegepast worden. Het spoelwater van de films of het fotopapier bevat grote hoeveelheden zilver die grotendeels gerecupereerd kunnen worden door elektrolyseprocessen. Daarin zijn enkele bedrijven gespecialiseerd.

Afvalwater dat slechts een lage concentratie aan zilver- en andere zouten bevat, maar toch niet zomaar geloosd mag worden, kan door biologische zuivering ontdaan worden van de ionenballast. Het Antwerpse fotolab ASAP Photographic Services (Boonsesteenweg 255 -259 Wilrijk) ontving o.a. daarvoor in oktober 2007 de Award Duurzaam Ondernemen.

Het onzuivere water wordt er geleid langs rietsoorten, grassen, moerasvergeet-mijnietjes en watermunt die in symbiose leven met bacteriën die metaalionen opnemen. De biologische zuivering is zo efficiënt dat het gezuiverde afvalwater uiteindelijk een vijvertje met broktaatkarpers (Japanse koi) voorziet van vers water.

Deze installatie is niet de enige reden waarom het bedrijf gelauwerd werd. Er wordt ook maximaal gewerkt met regenwater, zonnepanelen zorgen voor opwarming van spoelwater, goede isolaties verlagen het elektriciteitsverbruik en de arbeidstijden zijn samengeballd om zo weinig mogelijk werktijd te laten verloren gaan en het woonwerkverkeer te minimaliseren. Zie ook <http://www.asap-fotolab.be>





te voorzien.' Dit wordt de **Brundtland**-definitie genoemd omdat mevrouw Brundtland, toen Noorwegen's eerste minister, voorzitter was van die commissie. Aan de basis van duurzame ontwikkeling ligt de zorg voor drie P's: people, planet en profit (of prosperity). Het gaat dus om een compromis tussen economisch succes, milieubescherming en sociale noden. Tal van regeringen hebben zich ertoe verbonden om maatregelen te nemen die deze doelstelling realiseerbaar zouden maken. België kreeg zelfs een Staatssecretaris voor Energie en Duurzame Ontwikkeling. Per sector moeten in alle landen van de V.N. concrete beslissingen genomen worden. De chemische industrie in België levert aanzienlijke inspanningen om met haar productieprocessen te passen in een duurzame ontwikkeling. Ze boekte spec-



#### **Box 4** **Het Responsible Care-programma**

In 1985 heeft de chemische industrie op wereldschaal vrijwillig het initiatief genomen om gezamenlijke inspanningen te doen m.b.t. de mens- en milieuvriendelijkheid van hun activiteiten. De bedrijven hebben er zich toe verbonden constant te ijveren voor betere prestaties op het gebied van gezondheid, veiligheid en bescherming van het leefmilieu. Ze zullen geregeld de toestand evalueren en de resultaten bekendmaken bij het publiek.

Hun eerste zorg had betrekking op de toestand van de bedrijfsterreinen en de bescherming van de werknemers. Daarna ging meer aandacht naar de veiligheid van hun producten en de gezondheid van de consumenten.

Over alle aspecten van veiligheid, gezondheid en milieu wordt uitgebreid gecommuniceerd met alle betrokkenen: vakbonden, overheden, plaatselijke bevolking, NGO's (niet gouvernementele organisaties) enz.

Omdat de omstandigheden voortdurend veranderen, moet het Responsible Care-programma constant worden aangepast. Om de evolutie van de wetgeving te volgen worden nieuwe strategieën uitgewerkt. Er worden ook voorstellen gedaan om verbeteringen aan te brengen aan bestaande wetten en reglementen.

Tussen 10 en 15% van het geheel van de investeringen van de sector worden besteed aan de bescherming van de gezondheid van mens en natuur.

#### **Box 5** **De Europese verordening REACH**

Enkele jaren geleden zijn de leden van de Europese Unie tot de vaststelling gekomen dat het beleid inzake schadelijke stoffen sterk verschilt van land tot land. De overheden waren niet op de hoogte van alle gevaarlijke toestanden in bedrijven. Ook de gebruikers werden niet altijd voldoende ingelicht over de risico's verbonden aan een bepaald product. Van de vele tienduizenden stoffen die in omloop zijn, was veel te weinig bekend i.v.m. eventueel negatieve effecten voor mens en milieu. Daarom werd gewerkt aan een Europees reglement terzake.

Op 1 juni 2007 is de Europese verordening REACH in werking getreden. De afkorting staat voor Registratie, Evaluatie en Autorisatie van Chemische stoffen.

De kern van Reach is dat elk bedrijf in principe van alle stoffen die het produceert, verwerkt of doorgeeft aan klanten, de risico's moet kennen en maatregelen moet aanwijzen (en voor het eigen bedrijf ook moet nemen) om die risico's te beheersen. De verordening is gericht op drie groepen die specifieke verplichtingen krijgen: fabrikanten (of invoerders), distributeurs en gebruikers.

Fabrikanten en importeurs hebben de verplichting om stoffen te registreren met een set van gegevens over de (on)veiligheid voor mens en milieu. Er gelden verschillende termijnen en verschillende eisen voor de diepgang van de gegevens. Die is o.a. afhankelijk van het volume en van de schadelijkheid van de stof. Informatie over risico's en over maatregelen om deze te beheersen, moet door de bedrijven in de handelingsketen worden doorgegeven. Gebruikers van stoffen moeten bij hun leveranciers aangeven waarvoor en hoe ze de producten zullen gebruiken.

Voor de meest zorgwekkende stoffen wordt een verbod ingevoerd, tenzij de EU (onder strenge voorwaarden) toelating voor productie en gebruik verleent. Als zeer zorgwekkend gelden o.m. stoffen die kankerverwekkend, mutageen, hormoonontregelend, bioaccumulerend en toxisch zijn. In specifieke gevallen is het gebruik van dergelijke producten noodzakelijk en dus onder voorwaarden toegelaten.

Onder Reach vallen nagenoeg alle stoffen, ook deze die als dusdanig niet verhandeld worden maar verwerkt zijn in preparaten zoals verven en inkt, of in voorwerpen, zoals weekmakers in plastics. Alleen speciale categorieën, zoals radioactieve stoffen, vormen een uitzondering.

Dat de invoering van deze regels op veel weerstand is gestuit van de bedrijven, hoeft niemand te verwonderen. Er zijn immers enkele nadelen verbonden aan het systeem.

- De registratie vergt heel wat administratief werk: opzoeken van de eigenschappen van alle gebruikte stoffen, optekenen en doorgeven van de gegevens...Dit kost alleszins geld aan de bedrijven. Er kan wel verwacht worden dat de uitwisseling van gegevens op lange termijn tot besparingen leidt.
- Er wordt geraakt aan de geheimhouding van sommige chemische processen. Als alle stoffen die erbij te pas komen (en hun hoeveelheden) bekend gemaakt worden, is het niet moeilijk om de productiemethode te achterhalen.
- Europa krijgt daarmee een strengere wetgeving dan de andere continenten, wat de concurrentiepositie van Europese bedrijven bedreigt.

Al deze bezwaren heeft de EU van tafel geveegd, maar aan eventueel getroffen ondernemingen werd de nodige steun van Europese en nationale instellingen beloofd.



taculaire vooruitgang in het vlak van milieubehoud, efficiënt energieverbruik, veiligheid en gezondheid. De sector heeft zich met het 'Responsible Care-programma' geëngageerd om zijn prestaties op die gebieden voortdurend te verbeteren

## Groene chemie is nodig en mogelijk

De noodzaak om richtlijnen te vinden voor een chemische industrie die tegelijk mens- en milieuvriendelijk is en toch economisch verantwoord, heeft geleid tot een omschrijving van wat 'groene chemie' genoemd wordt. De Amerikanen **Paul T. Anastas** en **John C. Warner** kunnen beschouwd worden als de pioniers van dit verhaal. In 1998 publiceerden ze een baanbrekend boekje: *Green Chemistry, Theory and Practice* (Oxford University Press). Daarin beschrijven ze systematisch op welke wijze de chemische praktijk kan omgebogen worden tot een 'duurzame' activiteit. Daarbij moeten een aantal oude opvattingen sneuvelen. Zo kan de stelling niet meer aanvaard worden dat vervuiling of vergif verdwijnen door verdunning (dilution is the solution to pollution). Hoge schoorstenen dienden vooral om de uitstoot van gasen en stofdeeltjes over een zo groot mogelijk gebied te verspreiden. Sinds Paracelsus (Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim – 1493-1541) weten we immers dat giftigheid een kwestie is van concentratie.

Maar nu wordt gesteld: gif is gif en moet zoveel mogelijk vermeden worden. Er bestaat immers zoiets als bioaccumulatie (opstapeling van giftige stoffen in bepaalde dier- en plantensoorten) en chronische toxiciteit (giftigheid bij langdurige blootstelling). In de industrie moet er ook niet alleen rekening gehouden worden met giftige bijproducten. In de loop van een chemisch proces worden vaak tussenproducten gevormd die gevaarlijk kunnen zijn, zelfs al verdwijnen ze nadien weer door omzetting in andere stoffen. Ook de eventuele giftigheid van oplosmiddelen en katalysatoren moet in aanmerking genomen worden. Daarenboven is de onschadelijkheid van een reagens nog geen garantie voor een milieuvriendelijk proces: het reagens zelf zou bereid kunnen zijn volgens een zeer belastend procedé.

De waarde van een chemische techniek wordt niet langer uitsluitend gemeten aan zijn efficiëntie. Duurzaamheidsaspecten spelen een cruciale rol in de beoordeling van een techniek. Een energiebesparend procedé is al lang niet alleen economisch interessant, de beperking van de CO<sub>2</sub> uitstoot, dus de milieubelasting, wordt nu ook in rekening gebracht.



Paul T. Anastas



John C. Warner

Groene chemie betekent:

**DUURZAME, MENS- EN MILIEUVRIENDELIJKE CHEMISCHE PROCESSEN**

## De twaalf principes van groene chemie

Anastas en Warner hebben de principes van groene chemie samengevat in een soort '12 geboden van de chemische industrie'. We kunnen ze als volgt omschrijven:

- Afval vermijden is beter dan nadien afval behandelen.
- Bij syntheseprocessen moet de massa van de reagentia zoveel mogelijk terug te vinden zijn in de eindproducten. Er wordt dus gestreefd naar zo weinig mogelijk nutteloze massa.
- Synthesen moeten zoveel mogelijk stoffen gebruiken en genereren die niet schadelijk zijn voor mens en natuur.
- Kies zo efficiënt mogelijke reagentia.
- Gebruik zo weinig mogelijk hulpstoffen (bv. oplosmiddelen) en liefst geen giftige.
- Vermijd verkwisting van energie, o.a. door bij voorkeur te werken bij kamertemperatuur.



Paracelsus von Hohenheim (1493-1541)



- Geef de voorkeur aan hernieuwbare grondstoffen.
- Volg geen onnodige omwegen van begin- naar eindproduct.
- Zoek altijd een gepaste katalysator.
- Maak vooral afbreekbare eindproducten en zorg ervoor dat de afbraakproducten zelf onschadelijk zijn voor het milieu.
- Organiseer controlepunten in het proces, zodat gevaarlijke stoffen van bij hun ontstaan kunnen opgespoord worden.
- Kies de stoffen en de aggregatietoestand van de stoffen zo dat de kans op ongelukken (ontploffingen, brand) minimaal is.

Deze 12 regels zijn een goede leidraad, maar zij mogen geen starre 'geloofsregels' worden. Het zou weinig zinvol zijn om een chemisch proces op basis van een toxisch tussenproduct te vervangen door een 'groener' proces dat meer energie verbruikt of fossiele grondstoffen te vervangen door hernieuwbare wanneer dit ten koste van voedselvoorziening en biodiversiteit zou gaan.



## Box 6 Voorbeeld van innovatieve groene chemische technologie

De maatschappij Solvay zal tegen het einde van 2009 in Thailand een groot-schalige fabriek bouwen voor de productie van epichloorhydrine op basis van het milieuvriendelijke Epicerol®-proces.

De vraag naar epichloorhydrine is de laatste jaren veel sterker toegenomen dan de groei van de wereldeconomie en kent momenteel in China een stijging van meer dan 20% per jaar. Epichloorhydrine is een essentieel bestanddeel voor de productie van epoxyharsen die steeds meer worden gebruikt in elektronica, automobielenonderdelen, vliegtuigen en windmolens.

Het nieuwe productieproces is gebaseerd op de omzetting van glycerine, een hernieuwbaar bijproduct uit koolzaadolie voor de biodieselindustrie.

Het Epicerol®-proces kreeg in 2007 op de jaarlijkse bijeenkomst van de "American Oil Chemists Society" (AOCS) in Quebec City een "Innovation Award" toegekend en werd in 2006 in Frankrijk door het Franse Ministerie van Industrie als "Chemische Milieuvriendelijke Innovatie" bekroond met de Pierre Potier trofee.

Meer informatie vindt u op [www.solvay.com](http://www.solvay.com)



## Groene grondstoffen

In hun boek 'Green Chemistry' wijzen Anastas en Warner op het belang van 'hernieuwbare' grondstoffen ter vervanging van aardolieproducten. Ze geven ook enkele voorbeelden.

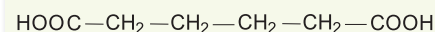
Er is bv. een grote vraag naar polymeren voor de bereiding van een breed gamma van kunststoffen. Het gebruik van traditionele monomeren houdt soms risico's in voor het milieu en voor de volksgezondheid. Die kunnen vermeden worden door te vertrekken van meer milieuvriendelijke biologische grondstoffen zoals polysacchariden. Zetmeelsoorten van granen en knolgewassen (bv. aardappelen), evenals cellulose van diverse plantaardige vezels zijn daar voorbeelden van. De synthetische polymeren die van polysacchariden gemaakt worden, berokkenen ook na hun nuttige periode geen milieuschade want ze zijn biologisch afbreekbaar. Nu wordt ook intens gewerkt aan methoden om zeewieren als basisproduct voor polymeren aan te wenden.

Industrieel belangrijke tussenproducten kunnen bereid worden uit **glucose**, een monosaccharide dat o.a. voorkomt in fruit, zoals druiven, maar ook gemakkelijk gevormd wordt uit disacchariden zoals onze gewone suiker (**sacharose**). De industrie heeft bv. nood aan grote hoeveelheden **hydrochinon**, **catechol** en **adipinezuur**. Traditioneel worden deze tussenproducten gemaakt uit **benzeen**, dat bekend staat als zijnde carcinogeen (kankerverwekkend). De biosynthese van de genoemde basisproducten uit glucose, vermindert in aanzienlijke mate de aanwezigheid van gifstoffen. Het procedé

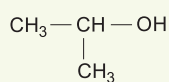
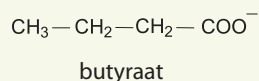
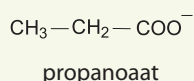
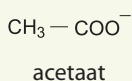
verloopt dan ook in water, wat minder risico's inhoudt dan werken in organische oplosmiddelen.

Om afvalstoffen van dierlijke of plantaardige oorsprong nuttig te gebruiken werden verschillende technologieën ontworpen. Dergelijke biomassa's omvatten huishoudelijk afval, rioolslib, mest en landbouwresten. Na behandeling met kalk kan die materie in anaërobe fermentatiekuipen door micro-organismen omgezet worden in zouten van vluchtige vetzuren zoals **calciumacetaat**, **-propaanaat** en **-butyraat**. Op hun beurt kunnen deze zouten op drie manieren in bruikbare chemicaliën worden omgezet. Met sterke zuren kunnen de organische zuren (azijnzuur, propaanzuur en boterzuur) uit de zouten worden vrijgemaakt. Door verhitting kunnen er ketonen uit worden gewonnen en door hydrogenatie de overeenkomstige alcoholen: **isopropanol**, **isobutanol** en **isopentanol**.

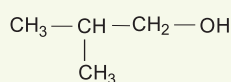
De invoering van deze afvaltechnologie kan ervoor zorgen dat veel minder maïs nodig is. Daarbij is vooral het milieu gebaat, want de maïscultuur vergt veel kunstmest, herbiciden en pesticiden (gevaar voor het grondwater) en een intensieve bewerking van de grond (structuurbeschadiging).



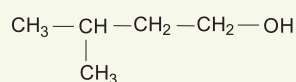
adipinezuur



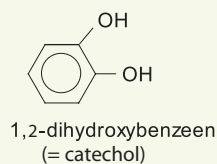
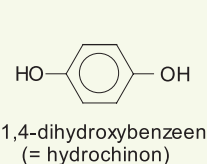
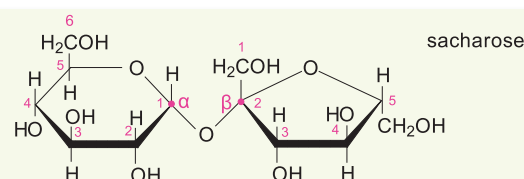
isopropanol



isobutanol



isopentanol





## Box 7 Bioplastics: meer dan afbreekbare kunststoffen

Langs onze wegen en in waterlopen zien we vaak plastic liggen in de vorm van boodschappentasjes, flessen en bekertjes. Dat is een van de nadelen van de massaproductie van het goedkope materiaal: na gebruik wordt er vaak zorgeloos mee omgesprongen. Als reactie daartegen is de bioplasticindustrie gegroeid.

De kwalificatie '**bioplastic**' m.b.t. een kunstpolymeer heeft duidelijk de bedoeling om 'biologisch' te zijn, d.w.z. milieuvriendelijk. Maar in de Europese context bestaat er geen officiële omschrijving van wat een bioplastic mag genoemd worden. Er is evenmin een wettelijke definitie van 'afbreekbaar' of van 'bioafbreekbaar'. Industriële verpakkingen moeten van Europa wel voldoen aan strikte voorwaarden om het label 'composteerbaar' te mogen dragen. Uit een onderzoek van FostPlus is gebleken dat de Belgische consument meer belang hecht aan het gebruik van hernieuwbare grondstoffen dan aan de composteerbaarheid van een eindproduct.

Bij dit kluwen van termen past enige verduidelijking.

Een polymeer is eigenlijk altijd **afbreekbaar**: in gepaste omstandigheden van temperatuur, druk, aanwezigheid van een goede katalysator of hulpstoffen kunnen de betrokken moleculen omgezet worden in kleinere moleculen: monomeren of nog kleinere deeltjes. Verbranden is ook een vorm van afbreken.

Als de versnippering tot kleinere moleculen door levende (micro)organismen kan worden uitgevoerd, zegt men dat die materie **bioafbreekbaar** is. Ze kan in de natuur achtergelaten worden en langzaam vanzelf 'verdwijnen'. Hiervoor komen nagenoeg alleen organische stoffen in aanmerking, inbegrepen sommige synthetische polymeren. Anorganische of minerale verbindingen zoals marmer en metalen worden maar zelden 'verteerd' door bacteriën, mossen of hogere planten.

Bij de biodegradeerbaarheid van tal van stoffen kan een groot vraagteken geplaatst worden. Meestal gaat het om polymelkzuur (PLA – polylactic acid). Deze polymeren zijn wel afbreekbaar, maar slechts bij 60°C en 70% vochtigheid. Zomaar achterlaten in de natuur is dus geen optie: alleen industriële composteerinstallaties halen die omstandigheden.

We kunnen de afbreekbaarheid van organisch materiaal op twee manieren benutten. Bij de aërobe behandeling zorgt men ervoor dat zuurstofminnende organismen het afval omzetten in koolstofdioxide, water en **compost** (een grondverbeteraar). In afwezigheid van lucht kan men anderzijds met behulp van anaërobe bacteriën **methaan** bereiden, een gas dat dan verbrand kan worden om energie te winnen.

Er worden wereldwijd verschillende bioplastics gemaakt die composteerbaar zijn, bv. bekertjes, flessen, tassen en andere verpakkingen. De hedendaagse bioplastics zijn hoofdzakelijk gefocust op hun composteerbaarheid. Een groot succes kan dit voorlopig niet genoemd worden, want de composteerinstallaties weigeren verpakkingsmateriaal dat niet met absolute zekerheid biologisch kan verteerd worden. Compost mag geen resten van gewone plastics of ander onvergankelijk materiaal bevatten. Het heeft ook geen zin om composteerbare laboratoriuminstrumenten te maken als daaraan na gebruik nog gevaarlijke chemicaliën blijven kleven. Grote hoeveelheden water gebruiken om dit materiaal weer schoon te krijgen, is om evidente redenen ook niet milieuvriendelijk.

De volgende generatie bioplastics zal daarom vooral gericht zijn op het gebruik van **hernieuwbare grondstoffen**. Vanaf het ontwerp wordt dan uitgekeken naar het meest milieuvriendelijke basismateriaal. Daarbij ligt het accent meer op **duurzaamheid** dan op afbreekbaarheid. Met landbouwgewassen zoals maïs, die voor de menselijke voeding kunnen dienen, zal men in de toekomst minder kunststoffen maken. De aandacht wordt meer gericht naar organisch afval en naar planten die geen normale landbouwgrond bezetten, zoals zeewieren.



## Evaluatieparameters van groene chemie volgens EcoScale

De beoordeling van chemische, vooral nieuwe, bereidingswijzen is een essentieel onderdeel van groene chemie. Het Oostendse bedrijf EcoSynth heeft een werkwijze voorgesteld om systematisch verschillende synthesesmethoden met elkaar te vergelijken nl. de EcoScale (verschenen in *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 2006. 2 No.3)

De reeds gekende methodes die factoren zoals duurzaamheid, de milieuvriendelijkheid en de economische waarde van een productieproces evalueren worden hieronder verder toegelicht.

### Atoom-economie

Hieronder wordt verstaan: de verhouding tussen de molmassa van het syntheseproduct en de som van de molmassa's van alle eindproducten in de stoichiometrische reactievergelijking.

Het is een maat voor de hoeveelheid reagens dat in het eindproduct terecht kan komen.

Bij additiereacties kunnen de adderende moleculen theoretisch volledig worden opgenomen door het substraat: de atoom-economie is dan gelijk aan één of 100%. Substitutiereacties hebben noodzakelijkerwijze een lagere atoom-economie. Het is de bedoeling dat reactiepaden worden gekozen met een zo groot mogelijke atoom-economie.

### Miliefactor

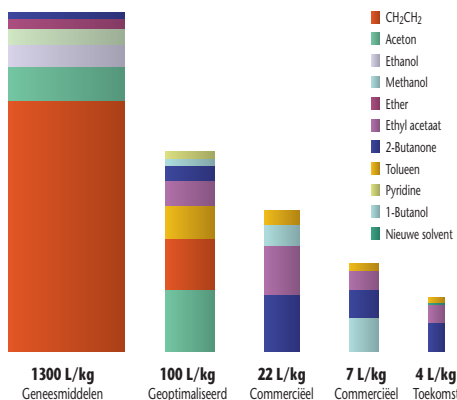
Dit is de verhouding tussen de massa afvalproducten en de totale massa van de eindproducten. Zo werd bv. vastgesteld dat de miliefactor voor de alkylering van benzeen met een heterogene katalysator dertig maal kleiner is dan met een homogene katalysator. Een nieuwe synthesesmethode voor sildenafilcitraat (viagra®) produceert 6 kg afval per kg nuttig product, terwijl dat voor andere industriële processen gemiddeld 20 tot 100 kg bedraagt.

### Milieuquotiënt

Om rekening te houden met de schadelijkheid van afvalproducten, wordt de miliefactor vermenigvuldigd met een milieuquotiënt Q. Voor keukenzout (NaCl) kan gesteld worden dat Q = 1, terwijl zware metalen een Q krijgen tussen 100 en 1000. Er bestaat een computerprogramma waarop men de milieuquotiënt van alle stoffen kan vinden.



zoutwinning



Op de figuur zie je hoeveel afval de opeenvolgende productieprocessen voor Viagra produceren (en wat voor afval er geproduceerd werd en wordt).

## Effectieve massaopbrengst

Deze factor geeft de verhouding weer van de massa gewenst product tot de massa schadelijke bijproducten. Hij dient dus om rekening te houden met de toxiciteit voor het milieu.

## Massa-intensiteit

Deze factor houdt rekening met de totale massa van alle stoffen die bij het proces gebruikt werden. Het is de verhouding van die massa tot de massa van het eindproduct. Hierbij worden dus ook de oplosmiddelen, de extractie- en kristallisatiehulpstoffen enz. in aanmerking genomen.

## Profiel van het proces

Ook meer economisch gerichte elementen worden in aanmerking genomen, zoals de kostprijs van de grondstoffen, patenten, vereiste veiligheidsmaatregelen, speciale uitrustingen enz.

## Berekening van de 'groenwaarde' volgens EcoScale

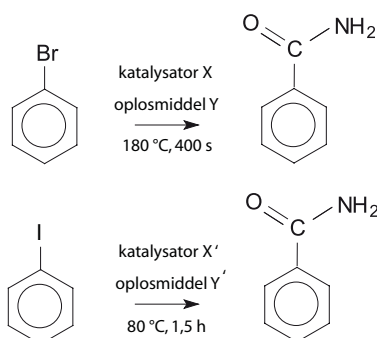
Het is de bedoeling om elk nieuw chemisch procedé te onderwerpen aan een evaluatietest en pas daarna een keuze te maken. De evaluatie wordt uitgedrukt met punten. Een ideaal procedé krijgt honderd punten. Als stof A (een substraat) reageert met (of in aanwezigheid van) goedkope stof B om het gewenste eindproduct C te geven met 100% opbrengst bij kamertemperatuur met een minimaal risico voor de operator en een minimaal effect op het milieu, krijgt dit procedé 100 punten. Voor de beoordeling van de 'groenwaarde' van bv. een synthese, worden punten afgetrokken (van 100) voor elke afwijking van de ideale situatie. Die negatieve punten kunnen behoren tot zes verschillende aspecten van het procedé:

1. het rendement
2. de prijs van de reagentia
3. de veiligheid
4. het nodig zijn van speciale technieken en instrumenten
5. de werkingstemperatuur en de duur van het proces
6. de voorbereiding, de zuivering, de scheidingsmethode.

Aan de hand van een gedetailleerde schaal van 'strafpunten' voor onderdelen van deze zes aspecten, wordt voor een bestudeerd procedé een EcoScale uitgerekend door de som van de strafpunten af te trekken van 100. Om een idee te geven:

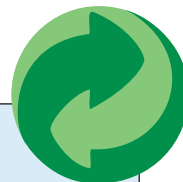
- Zeer dure grondstoffen kosten 5 punten
- Toxische stoffen kosten 5 punten, ontplofbare 10
- Werken onder hoge druk kan 3 punten kosten
- Sterke afkoeling of verhitting kosten 2 tot 5 punten
- Destillatie of sublimatie kosten 3 punten
- De klassieke chromatografische scheiding kost 10 punten.

Op die manier werden bijvoorbeeld twee methoden om een arylhalide (bv. broombenzeen of joodbenzeen) om te zetten in een primair amide (bv. benzamide) onderling vergeleken. Nogal wat geneesmiddelen zijn derivaten van benzamide.



De ene kreeg 47 strafpunten (dus een score  $100 - 47 = 53$ ) en de andere kreeg 68 strafpunten (score 32). In het kader van de groene chemie moet het eerste procedé dus de voorkeur krijgen.

Om twee of meer bereidingswijzen onderling te vergelijken kan dit dus een interessant instrument zijn. Maar de score geeft op zich ook al een aanduiding over de 'groenwaarde' van een systeem. Zo kan men een synthesesmethode uitstekend noemen als ze een score haalt van meer dan 75, aanvaardbaar boven 50 en inadequaat als de score 50 niet gehaald wordt.



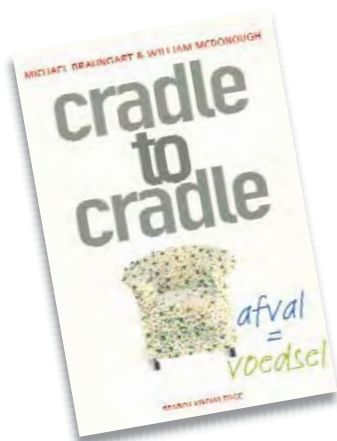
## Box 8 De groene punt

De wetgeving van de Europese Unie bepaalt dat elke lidstaat een instantie moet in het leven roepen die instaat voor de recyclage van verpakkingsmateriaal. Duitsland was het eerst om dit te realiseren. Bedrijven die een bijdrage betalen voor het wegwerken van gebruikte verpakkingen mogen dit op hun producten aanduiden door middel van een 'grüne Punkt'. Dat is een groen logo met de afbeelding van twee rond elkaar draaiende pijltjes. In België betekent die 'groene punt' dat het bedrijf dat het product op de markt brengt, een bijdrage betaalt aan FostPlus voor de selectieve ophaling, de sortering en de recyclage van het huishoudelijke verpakkingsafval. De groene punt, die overigens vaak zwart-wit gedrukt wordt, geeft dus geen enkele aanwijzing over de herbruikbaarheid, de recycleerbaarheid of de composteerbaarheid van de verpakking, laat staan van de inhoud.

De drie Belgische regio's Vlaanderen, Wallonië en Brussel hebben voor de planning en de reglementering van de behandeling van verpakkingsafval samen een organisatie in het leven geroepen: de Interregionale Verpakkingscommissie. Deze heeft Fost Plus erkend als enige organisme voor de terugname van verpakkingsafval van huishoudelijke oorsprong. Voor verpakkingsafval van bedrijven is dat Val-I-pac.







## Nooit meer afval: cradle to cradle

De meest drastische methode om het milieu niet te belasten met allerlei soorten afval is ervoor te zorgen dat alle producten ontworpen worden met het oog op een of andere vorm van recuperatie. Als alle materie die we gebruiken eindelijk hergebruikt kan worden of uiteindelijk een nuttige functie in de natuur kan krijgen, bv. als voedsel voor levende wezens, is de toekomst van de aarde verzekerd. Dat is het basisidee waarvan chemicus Michael Braungart en architect William McDonough vertrokken in het boek dat ze in 2002 schreven en dat nog steeds de industriële wereld beroert: 'Cradle to cradle: Remaking the Way We Make Things' (In het Nederlands uitgegeven als 'cradle to cradle: afval = voedsel' door Search Knowledge/Scriptum)

I.p.v. een materiaal te benutten van de wieg tot het graf (from the cradle to the grave), willen ze geen einde zien aan de bruikbaarheid ervan: er komt geen 'graf', maar een nieuwe wieg. Vandaar 'cradle to cradle', van wieg tot wieg, vaak bondig geschreven als 'C2C'. Elk product moet zo worden ontworpen dat het leven van de materialen die erin verwerkt zijn, gewoon doorgaat - ad infinitum - in een eeuwigdurende cirkel van de wieg naar de wieg. Overschotten, van welke aard dan ook, moeten óf biologisch afbreekbaar zijn (afval is voedsel voor de natuur), óf de basis zijn voor nieuwe producten van dezelfde kwaliteit of liever nóg betere kwaliteit. Re-cyclen wordt zo up-cyclen. Daarbij zijn dus twee cycli mogelijk: de biologische en de technische. In het eerste geval gaat afval over in voedsel, in het tweede geval worden nieuwe grondstoffen gecreëerd.

Braungart en McDonough dagen de wereld uit om producten intelligenter te ontwerpen en om productieprocessen schoon en volledig eco-effectief te maken. Zo kunnen de materialen terecht komen in biologische of in technische kringlopen en blijven ze eendeloos herbruikbaar.

De drie basisvragen die gesteld moeten worden m.b.t. het 'afval', om erachter te



komen of een product volgens het C2C-ontwerpconcept is ontwikkeld, zijn

1. is het op te eten?
2. is het bio-afbreekbaar of te recyclen zonder kwaliteitsverlies?
3. is het te verbranden om energie op te wekken?

In de C2C 'filosofie' gaat het niet alleen over de stoffen. Er wordt meteen gemikt op totaal afgewerkte producten, van potloden tot bedrijfsgebouwen. Alles moet van bij het begin ontworpen zijn met het oog op het vermijden van afval. Dat hoeft ons niet te verwonderen: één van beide initiatiefnemers is immers een architect (McDonough).

De nieuwe ontwerpopdracht die Braungart en McDonough in hun boek voorstellen, zou o.a. moeten leiden tot het realiseren van wat volgt:

- gebouwen die, net als bomen, meer energie produceren dan ze verbruiken en hun eigen afvalwater zuiveren
- fabrieken die afvalwater lozen van drinkwaterkwaliteit

- producten die geen nutteloos afval worden als hun bruikbaarheidsduur voorbij is, maar die je zo maar weg kunt gooien om als voedsel te dienen voor planten en dieren, of die kunnen terugkeren naar industriële cycli om kwalitatief hoogwaardige grondstoffen te leveren voor nieuwe producten
- transport dat de kwaliteit van het leven verbetert en goederen en diensten levert
- een wereld van overvloed in plaats van een wereld van grenzen, vervuiling en afval.

## Realisaties met de C2C-filosofie

(Zie ook [www.c2c.duurzaamheid.nl](http://www.c2c.duurzaamheid.nl))

De promotoren van cradle to cradle hebben in de industrie al enig succes geboekt. Zo ontwierp autofabrikant Ford een prototype van een C2C- terreinwagen.

Unilever heeft als experiment een zakje ontworpen dat niet alleen afbreekbaar is, maar ook meststoffen en zaden van bedreigde plantensoorten bevat. Zomaar wegwerpen is dan niet schadelijk voor het milieu, maar levert zelfs een positieve bijdrage aan het behoud van een gevarieerde flora.

Herman Miller heeft een bureaustoel gemaakt die 96% recyclebaar is en waarvan de materialen tot op moleculair niveau gescheiden kunnen worden.

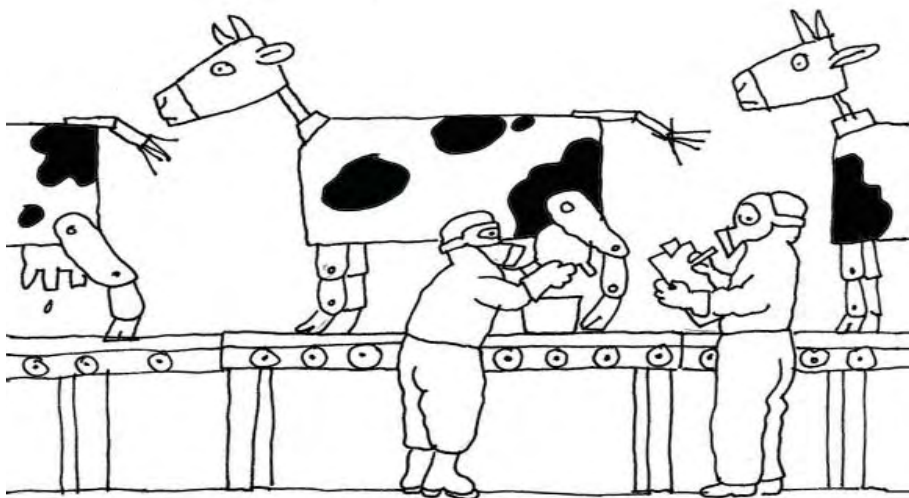
Zie ook [www.hermanmiller.be/policy53/](http://www.hermanmiller.be/policy53/)

Trigema, de grootste producent van T-shirts in Duitsland, ontwikkelde samen met Michael Braungart een volledig composteerbaar T-shirt.

Nike Considered-sportschoenen zijn ontworpen volgens C2C.

Zie ook [www.nikeresponsibility.com/#environment-design](http://www.nikeresponsibility.com/#environment-design)





De tapijtenfabrikant Desso heeft beleidsmaatregelen geïntroduceerd in ieder stadium van het productieproces die zullen resulteren in producten die ofwel volledig biologisch afbreekbaar zijn, ofwel gerecycleerd kunnen worden als grondstof voor nieuwe producten. Daarnaast heeft het bedrijf een proefproject gelanceerd waarbij gebruikte tapijten van klanten worden teruggehaald om opnieuw verwerkt te worden. Zie ook [http://www.desso.com/CO\\_DESSO\\_als\\_licht\\_end\\_voorbeeld\\_van\\_het\\_Cradle\\_to\\_Cradle\\_concept\\_NL.html](http://www.desso.com/CO_DESSO_als_licht_end_voorbeeld_van_het_Cradle_to_Cradle_concept_NL.html)

De Zwitserse textielfabriek Rohner maakt stoffen van synthetische garens in alle kleuren van de regenboog. Het afsnijdsel werd door de overheid als gevaarlijk chemisch afval beschouwd. Het synthetische basismateriaal werd dan vervangen door een biologisch afbreekbaar - zelfs voedsaam - natuurlijk materiaal op basis van katoen. De giftige kleurstoffen werden na langdurig overleg met Braungart en na grondig testen door Ciba Geigy (een chemiebedrijf dat nu onderdeel is van het farmaceutische concern Novartis) vervangen door zestien kleurstoffen. Hiermee kunnen ze de hele regenboog weer namaken, en deze stoffen zijn volstrekt



ongevaarlijk voor plant en dier - inclusief de mens. Het volledig composteerbare afval wordt nu tot vilt verwerkt en aan lokale boeren verkocht, die er 's winters de plantjes mee afdekken. Het afvalwater gaat schoner de fabriek uit dan het erin komt. Het textiel kan, eenmaal versleten, als kunstmest dienen.

## Hype, utopie, ultieme oplossing of pure commercie?

'Cradle to cradle' vindt weerklank in de hele wereld. De reacties gaan van uitbundig enthousiast tot vernietigend negatief.

Onder de titel *De ideale chemische fabriek: utopie of realiteit van morgen?*, sprak Jaap Schouten van TU Eindhoven in april 2008 zeer kritisch over Cradle to Cradle. Zie: [www.chem.tue.nl/skr](http://www.chem.tue.nl/skr)

Onder de titel *'Cradle to Cradle is een dwaalspoor'* schreef Karel Bijsterveld in *'Building Business'* (9 juli 2008) o.a.:

*'De claim van ongebreidelde groei lijkt mij gevaarlijke onzin. Ik kan er niks mee. C2C beperkt zich namelijk tot de materiële kant, de productinnovatie. Met productinnovatie is niets mis, maar C2C biedt nauwelijks aanknopingspunten voor de ruimtelijke inrichting van ons land. Het is het oude repertoire met wat groene daken, meervoudig ruimtegebruik, dat werk. In dat licht is C2C niet een hoofdspoor, hooguit een zijspoor.'* En wat verder: "Peter van Vliet, voorzitter van iNSnet, een stichting die duurzame ontwikkeling promoot, vond het kwalijk dat niet wordt doorberekend hoeveel extra energie- en transportkosten het gevolg zullen zijn van C2C."

Zie ook: [www.cradletocradle.nl/home/898\\_cradle-to-cradle-is-een-dwaalspoor.htm](http://www.cradletocradle.nl/home/898_cradle-to-cradle-is-een-dwaalspoor.htm)

In het tijdschrift *'Trouw'* werd volgende opinie aan het commentaar van de lezers voorgelegd:

*'Cradle to Cradle is ondoordachte hype'.*

*'We moeten ons niet al te gemakkelijk in slaap laten wiegen.... Het is bijna onvermijdelijk dat de technosfeer groeit ten opzichte van de biosfeer... Het gebruik van louter afbreekbare stoffen is geen garantie voor succes. Als je de concentratie maar hoog genoeg maakt, wordt alles giftig. ... De mest van een paar koeien in de wei houdt het land vruchtbaar, maar een teveel aan mest vergiftigt de bodem en het drinkwater.'*

*De gevolgen van C2C-systemen voor transport (demonstratie en hergebruik van producten leiden tot meer vervoer) en energiegebruik (recycling kost veel energie) blijven daarbij doorgaans onderbelicht.*

*Dat C2C leidt tot duurzame uitkomsten staat dus allerminst vast.'*

Op alle meningsuitingen wordt heftig gereageerd, zowel positief als negatief. Het eeuwige recyclen lijkt immers een perpetuum mobile. Maar bij C2C wordt wel, zij het zeer terloops, rekening gehouden met de noodzakelijke energievoorziening om de kringloop draaiend te houden. Aan de wetten van de thermodynamica valt immers niet te ontsnappen: voor upgradering is energie vereist.



perpetuum mobile





## De Vlaamse versie: Grenzeloos Gebruik

'Grenzeloos Gebruik' is een campagne van de Vlaamse overheid om het Cradle to Cradle-principe bekend te maken bij Vlaamse organisaties.

Het departement Werk en Sociale Economie van de Vlaamse overheid zegt het zo:

*'Met de slogan Grenzeloos Gebruik willen we organisaties en studenten aansporen om actief met de Cradle to Cradle-filosofie aan de slag te gaan, door nieuwe ideeën te ontwikkelen of bestaande goede praktijken nog te verbeteren.'*

*Het doel is organisaties aan te sporen om actief met de Cradle to Cradle-filosofie aan de slag te gaan bij het ontwerpen van voorwerpen en materialen'.*

De ontwerpregels kunnen als volgt worden samengevat:

- Alle gebruikte materialen en stoffen kunnen na hun leven in het ene product nuttig worden ingezet in een ander product.
- Alle ingrediënten moeten na gebruik van het product volledig gescheiden kunnen worden.
- De natuurlijke materialen moeten volledig afbreekbaar zijn en kunnen dienen als voedsel voor natuurlijke organismen (de biologische kringloop).
- De niet-afbreekbare stoffen moeten volledig bruikbaar zijn als hoogwaardige grondstoffen voor nieuwe producten (technologische kringloop).
- Tijdens de fabricage van een product mogen geen schadelijke afvalstoffen ontstaan.
- Diversiteit moet gerespecteerd worden: niet alleen biodiversiteit maar ook diversiteit van plaats en cultuur, van behoeften en wensen.

- Het erkennen van onderlinge afhankelijkheden is belangrijk. De vitaliteit van ecosystemen hangt af van relaties.
- Er moet gewerkt worden met lokale materialen.
- Er moet gekozen worden voor natuurlijke hernieuwbare energiestromen zoals zon en wind.
- Water moet bewust beheerd worden met aandacht voor gebruik, kwaliteit en een gezonde omgeving.

Sommige van deze regels of onderdelen ervan, kunnen aangevochten worden, even goed als de hele C2C 'filosofie'. Zo zou de Antwerpse petroleumindustrie teloor gaan als er geen aardolie meer zou gebruikt mogen worden, want aardolie is geen lokaal materiaal.

Zie [www.grenzeloosgebruik.be](http://www.grenzeloosgebruik.be)

## Toekomstmuziek

In wat vooraf gaat hebben we kunnen vaststellen dat de vragen waarop chemici een antwoord zoeken, in de loop van de jaren sterk geëvolueerd zijn. Eerst zochten zij naar middelen om interessante stoffen uit de natuur na te maken. Dan vonden ze stoffen uit die in de natuur niet voorkomen. Vervolgens werd geëxperimenteerd om de meest economisch verantwoorde productieprocessen te realiseren. Met de factoren menselijke veiligheid en milieubehoud wordt pas sinds kort terdege rekening gehouden bij het fundamenteel chemisch onderzoek en de chemische industrie. Deze trend zal ongetwijfeld nog lang worden doorgezet, maar het is niet te voorspellen in welke richting de wetenschap onze samenleving uiteindelijk zal leiden.

Misschien komen we wel terecht bij genetisch gewijzigde organismen. Een Britse maatschappij gaat alleszins al die weg op.

Bacteriën die normaal in composthoven leven en er uit allerlei koolhydraten melkzuur produceren, goed voor de eventuele productie van bioplastics (PLA), werden door inplanting van de gepaste genen, omgevormd tot ethanolproducerende bacteriën. Deze zgn. TM 242 voedt zich met industriële en landbouwfal, voedselresten, papier, bepaalde plastics enz., terwijl ethanol wordt afgescheiden. Dit opent weer nieuwe perspectieven voor goedkope en milieuvriendelijke energieproductie. Maar wellicht is het zinvoller om ethanol eerst om te zetten in bruikbare kunststoffen en de afval daarvan later te verbranden om elektriciteit op te wekken

Er is voor de chemici nog veel werk aan de winkel!

*The purpose of life is life itself. Well, I would happily say the same thing about sustainable development. I would happily say the same about civilization. I would say that civilization is a collection of knowledge, expertise, rules and values that protect us against a barbaric existence.*

*From that perspective, sustainable development is part of civilization. This means that non-sustainable development - development that cannot last - i.e. the development we are experiencing today, is playing into the hands of a barbaric existence.*

André Comte-Sponville, filosoof

*Tijdens het seminarie 'Sustainable Development' van 'Solvay's European Works Council' in La Roche-en-Ardenne, 2005.*

### Dossiers van MENS die in verband staan met dit onderwerp

3. Zware problemen met zware metalen
4. De aardbol op hol
6. Verpakking en ballast
- 14; Plastiek: pro en contra
18. Bronnen van energie
19. Milieubalansen
21. Afval inzamelen: een kunst
24. Duurzaam bouwen met kunststoffen
25. Recycleren moet je leren
27. Chemie: basis van het leven
36. Duurzame ontwikkeling: zo gezegd, zo gedaan
40. Een tweede leven voor kunststoffen
56. Schoon verpakt, lekker gegeten
60. Beter geen vuiltje aan de hand dan tien in de lucht
63. Boordevol energie
65. Energie in het zonnetje
67. Duurzaam...met kunststoffen



# The Essence of Life

**Open voor het groot publiek vanaf 22 april !**

Op dinsdag 21 april 2009 lanceert

**essencia, de federatie van de chemische industrie en van life sciences, haar partnership met Living Tomorrow met een groot evenement.**

Die dag wordt ook de thematische rondleiding 'The Essence of Life' geopend. De nieuwe rondleiding is speciaal ontwikkeld voor jongeren en is gewijd aan de bijdragen van de chemische industrie, kunststoffen en life sciences aan duurzame ontwikkeling.



PROGRAMMA EN INSCHRIJVINGEN VOOR 21 APRIL:

**www.essencia.be**

MEER INFO OVER THE ESSENCE OF LIFE:

**www.the-essence-of-life.be**



**essencia**

where chemistry meets life sciences

PARTNERS :



## **Van raapzaad naar windkracht** Een natuurlijk nevenproduct van biodiesel voor de productie van epoxyharsen die de vleugels van windmolens beschermen



**Natuurlijke glycerine wordt nu als grondstof gebruikt voor de productie van epichloorhydrine, een component van epoxyharsen voor de oppervlaktelaag die wordt aangebracht om de vleugels van windmolens te beschermen.**

Het innovatieve productieproces, **Epicerol®** genaamd, en recent ontwikkeld door Solvay (39 octrooi-aanvragen), biedt het voordeel dat het natuurlijke glycerine als grondstof gebruikt wordt in de plaats van propyleen, een derivaat van olie.

Dit nieuwe proces vermindert de impact op het milieu aanzienlijk, in het bijzonder door een grote verlaging van de emissie van gechloreerde nevenproducten evenals door de sterke daling in het waterverbruik. Deze innovatie werd bekroond met de Franse Pierre Potier-trofee "Innovation in chemistry benefiting the environment".

Momenteel draait de eerste **Epicerol®**-fabriek reeds in Frankrijk, een tweede zal in 2010 in Thailand worden opgericht.

Natuurlijke glycerine is een nevenproduct van de productie van biodiesel op basis van raapzaad. Wereldwijd wordt verwacht dat in de nabije toekomst een groot volume van dit nevenproduct zal worden gegenereerd door de ontwikkeling van deze biobrandstof.



www.solvayhse.com

a Passion for Progress®

## **De Jonge Baekeland**

Jongerendebat en prijsuitreiking op vrijdag 24 april 2009 om 13u in het Vlaams Parlement.

Minister Crevits, Vlaams minister van Openbare Werken, Energie, Leefmilieu en Natuur overhandigt persoonlijk de prijzen aan de laureaten.

**Kom met je klas je ideeën vertellen en supporteren voor je klasgenoten!**

Meer info: **www.jongebaekeland.eu**

### **Dossier 71 op komt: Exoten**



**Dossiers nog verkrijgbaar zolang de voorraad strekt, zie [www.biomens.eu](http://www.biomens.eu)**

- 1: Wie is bang voor dioxinen?
- 2: Leven en sterven met chloorfenolen
- 3: Zware problemen met zware metalen?
- 4: De aardbol op hol
- 5: Over kruid en onkruid
- 7: Snijden in eigen vlees
- 8: In de schaduw van AIDS
- 9: Kat en hond in het leefmilieu
- 10: Water, bron van leven... en dood
- 11: Chloor: pro en contra
- 12: Verpakking: zegen voor het leefmilieu?
- 13: Kanker & Milieu
- 15: Wees goed jegens dieren
- 16: Hoe ontstaat een geneesmiddel?
- 17: Moet er nog mest zijn?
- 19: Milieubalansen
- 21: Afval inzamelen: een kunst
- 22: Wees goed jegens proefdieren
- 23: Risico's van kankerverwekkende stoffen
- 24: Duurzaam bouwen met kunststoffen
- 25: Recycleren moet je leren
- 27: Chemie: basis van leven
- 28: Vlees, een probleem?
- 29: Beter voorkomen dan genezen
- 31: Het transgene tijdperk

- 32: Jacht op ziektegenen
- 33: Eet en beweeg je fit
- 34: Genetisch volmaakt?
- 35: Pseudo-hormonen: vruchtbaarheid
- 36: Duurzame Ontwikkeling
- 37: Allergie in opmars!
- 38: Vrouwen in de wetenschap
- 39: Gelabeld vlees, veilig vlees!?
- 40: Een tweede leven voor kunststoffen
- 41: Stresssss
- 42: Voedselveiligheid, een complex verhaal
- 43: Het klimaat in de knoei
- 44: Voorbij de grenzen van het ZIEN
- 45: Biodiversiteit, de mens als onruststoker
- 46: Biomassa, de groene energie
- 47: Het voedsel van de goden: chocolade
- 48: Nanotechnologie
- 49: Zuiver water, een mensenrecht?
- 50: Dierenwelzijn als werkwoord
- 51: De waarheid over varkensvlees
- 52: Het ontstaan van de mens - deel 1
- 53: Het ontstaan van de mens - deel 2
- 54: Biologische oorlogsvoering in en om ons lichaam
- 55: Muizenissen en knaagzangen
- 56: Schoon verpakt, lekker gegeten
- 57: Brein
- 58: Illusies te koop
- 59: Je sigaret of je leven
- 60: Luchtvervuiling
- 61: Griep, een doder op de loer?
- 62: Vaccinatie, reddingslijn of dwaallicht?
- 63: Boordevol energie
- 64: Een graadje warmer. Quo vadis, Aarde?
- 65: Energie in het zonnetje
- 66: ADHD, als chaos overheerst
- 67: Duurzaam... met kunststoffen
- 68: Aspecten van evolutie
- 69: Seksueel overdraagbare aandoeningen

### **Nieuw coachingcentrum voor ICT - hulpmiddelen voor personen met een handicap**

**CAT-CH** (Center for Assistive Technology - Coaching in Hulpmiddelen) is een nieuw centrum dat personen met een handicap en hun begeleiders coacht in het gebruik van ICT - hulpmiddelen. Ouders, leerkrachten, zorgcoördinatoren, studenten uit het hoger onderwijs,... krijgen info omtrent ICT - hulpmiddelen voor personen met een handicap. Specialisten leren personen met een handicap individueel de nodige vaardigheden aan om hun hulpmiddel optimaal te gebruiken. Er zijn ook allerlei hulpmiddelen aanwezig in de lokalen die mensen kunnen bekijken en uitproberen.

**CAT-CH** vergroot hierdoor de kansen van personen met een handicap zowel in het onderwijs als op de arbeidsmarkt en vergroot de kennis van ICT hulpmiddelen bij het bredere publiek

**CAT-CH**, Center for Assistive Technology - Coaching in Hulpmiddelen

Adres: Herrystraat 8b, B-2140 Antwerpen

Tel.: 03/609.52.30

Fax: 03/609.52.37

Web: [www.cat-ch.eu](http://www.cat-ch.eu)

E-mail: [contact@ictwijs.eu](mailto:contact@ictwijs.eu)

