

Uitgave van de Vlaamse Raad voor Wetenschapsbeleid (VRWB)

*K. Vinck*, voorzitter  
*E. Monard*, secretaris

VRWB-secretariaat  
North Plaza B - Koning Albert II-laan 7 (4e verd.)  
1210 Brussel  
Tel. +32(0)2 553 45 20  
Fax +32(0)2 553 45 23  
e-mail: [vrwb@vlaanderen.be](mailto:vrwb@vlaanderen.be)  
website: [www.vrwb.vlaanderen.be](http://www.vrwb.vlaanderen.be)



De chemische industrie  
in Vlaanderen

11



De chemische industrie  
in Vlaanderen

*Arnold Verbeek, Koenraad Debackere, Raf Wouters*

VLAAMSE RAAD VOOR  
WETENSCHAPSBELEID

STUDIREEKS

STUDIREEKS

STUDIREEKS

STUDIREEKS

DE CHEMISCHE INDUSTRIE  
IN VLAANDEREN

“OP WEG NAAR 2010”



# DE CHEMISCHE INDUSTRIE IN VLAANDEREN “OP WEG NAAR 2010”

## Wetenschaps- en technologisch innovatiebeleid - Behoeften en knelpunten

Technologieverkenningstudie uitgevoerd door de onderzoeksdienst INCENTIM,  
onder leiding van Prof. dr. ir. K. Debackere, K.U.Leuven



**i N C E N T I M**

In opdracht van – en samenwerking met –  
Vlaamse Raad voor Wetenschapsbeleid (VRWB)



In coördinatie en samenwerking met de Vlaamse afdeling  
van de Federatie voor de Chemische Industrie (FEDICHEM)

**Fedichem**

### **Auteurs**

Arnold Verbeek  
Koenraad Debackere  
Raf Wouters

### **Projectleiding VRWB**

Elisabeth Monard (VRWB)  
Eric Vermeylen (VEV)

### **Coördinatie FEDICHEM**

Dirk Carrez

# TEN GELEIDE

*Als Vlaanderen koploper wil zijn in de Europese Onderzoeksruimte, moet het strategische keuzes maken. De keuze van de strategische domeinen moet worden aangestuurd vanuit concrete maatschappelijke en socio-economische behoeften enerzijds en vanuit excellente onderzoeksgroepen die zijn doorgegroeid tot internationaal topniveau anderzijds. Het is in dit spanningsveld tussen sturen en stuwen dat verkenningstudies zich situeren. Wetenschaps- en technologieverkenningen kunnen opties aanreiken voor de oriëntatie van het wetenschappelijk onderzoek en scheppen tegelijk een draagvlak voor technologische ontwikkelingen.*

*De verkenningen beschouw ik als een uitstekend instrument om de link te leggen tussen wetenschap en technologie enerzijds en innovatie in industrie en maatschappij anderzijds. Het proces creëert consensus, maar het vormt bovenal een methode om betrokkenheid te verkrijgen van alle sleutelactoren bij het uittekenen van scenario's voor de toekomst van landen, regio's, sectoren en kennisdomeinen. Verkenningen zijn dan ook een communicatiemiddel om zoveel mogelijk actoren te betrekken bij het innovatiegebeuren.*

*In 2000 werd op aansturen van de Vlaamse Raad voor Wetenschapsbeleid een theoretisch en methodisch kader ontwikkeld voor de uitvoering van verkenningstudies in Vlaanderen. De VRWB heeft dit aan de praktijk getoetst voor twee voor Vlaanderen belangrijke sectoren: chemie en voeding. In de gevalstudie chemie (voorliggende studiereeks 11), worden niet enkel de sterktes van de sector opgespoord, maar ook de knelpunten worden blootgelegd. Verder worden ook wegen voor de toekomst aangereikt.*

*Ik wil de onderzoekers feliciteren met dit prachtig project en de vlotte realisatie van het proces. Het verheugt mij dat de federatie Fedichem - Vlaanderen er zo positief op inspeelt en haar leden tracht te sensibiliseren. Mijn oprechte dank gaat verder uit naar het Begeleidingscomité Technologische Verkenningen (zie appendix 6) en de experts, op wiens expertise wij mochten rekenen om het project te realiseren.*



Karel Vinck  
Voorzitter

# WOORD VOORAF

*Toekomstgericht denken en permanent vernieuwen, zowel in grote ondernemingen als in KMO's betekent innoveren – innoveren van producten, processen en managementaanpak. Heel wat studies geven aan dat er een duidelijk verband bestaat tussen de capaciteit tot innoveren binnen een onderneming – regio – land en de mate waarin economische groei wordt gerealiseerd. Innovatie is dus een van de meest kritische succesfactoren om in de toekomst competitief te blijven. Innovatie vormt daarom – in al haar facetten – sinds vele jaren een rode draad doorheen onze activiteiten. We ontwikkelen heel wat initiatieven in dit domein, zowel gericht naar de overheid als naar onze ondernemingen.*

*Met voorliggend project willen we een beeld geven van de technologisch evoluties waarmee de ondernemingen uit de chemische industrie binnen een termijn van 5-10 jaar zullen geconfronteerd worden. Voor bedrijven die aan de spits staan in hun domein zal de studie normaal gezien een bevestiging brengen van hun eigen inschatting. Daarnaast zullen de conclusies voor aanverwante domeinen en de mogelijke kruisbestuivingen voor hen interessante nieuwe informatie opleveren. Voor de bedrijven die niet onmiddellijk zelf met dergelijke toekomstverkenningen bezig zijn, zal de studie ongetwijfeld heel wat nieuwe inzichten brengen.*

*Dit onderzoekswerk ligt in het verlengde van studies die reeds in het recente verleden uitgevoerd zijn. Zo is er de ontwikkeling van een methodologisch kader voor Technologieverkenning in Vlaanderen (zie [www.vrwb.vlaanderen.be](http://www.vrwb.vlaanderen.be)) geweest en, vorig jaar nog, de studie naar toekomststrends voor de Agoria sectoren. Met deze studie wil de VRWB haar betrokkenheid bij en het belang van verkenningstudies verder invullen. Toekomstverkenning vraagt immers regelmatige herhaling en is van groot belang voor gans Vlaanderen. Het lijkt ons dan ook aangewezen dat dergelijke studies op een recurrente en opvolgbare manier worden uitgevoerd. Wij moeten ons daarbij aansluiten bij, de inmiddels vele, internationale initiatieven ter zake. Op deze manier zal ook de informatie uit bijvoorbeeld Europese onderzoeken beter doorstromen naar onze regio. Enkel zo zullen Vlaanderen en de Vlaamse ondernemingen zich optimaal kunnen inschakelen in de toekomstige evoluties die zich steeds meer in een internationale context afspelen.*

*Toekomstverkenning kan nooit en te nimmer in isolement worden uitgevoerd. Toekomstverkenning kan niet zonder de inbreng van heel wat mensen. Naast de onderzoekers van Incentim, hebben ook heel wat experts uit de bedrijven, de federatie-organisatie Fedichem zelf en verschillende Vlaamse en buitenlandse universiteiten, instituten en organisaties hun steentje bijgedragen, naast uiteraard de steeds inspirerende sturing en opvolging vanuit de VRWB zelf. We wensen dan ook de gelegenheid aan te grijpen om iedereen die heeft bijgedragen aan de realisatie van deze studie van harte te bedanken.*

*De onderzoekers*

# INHOUDSTAFEL

■	TEN GELEIDE	4
■	VOORWOORD	5
■	HOOFDSTUK 1: INLEIDING TOT DEZE STUDIE	9
1.1	De chemische industrie: een dynamische industrie	9
1.2	Technologieverkenning: een stap richting collectieve toekomstcreatie?	10
1.3	Situering van de studie en doelstellingen	12
1.4	Methodologisch kader	13
1.5	Opbouw van het rapport	14
■	DEEL 1: “DE CHEMISCHE INDUSTRIE IN VLAANDEREN EN HET OMRINGENDE SOCIO-ECONOMISCHE KRACHTENVELD”	17
■	HOOFDSTUK 2: CHEMIE EN DE CHEMISCHE INDUSTRIE	19
2.1	Chemie? Een overzicht van de belangrijkste processen	19
2.1.1	Chemie en industriële chemie	19
2.1.2	Chemische processen	19
2.2	Producten, industriële structuur en markt(ontwikkelingen)	21
2.2.1	Chemische producten	21
2.2.2	De industriële structuur van de chemische nijverheid	23
2.2.3	De markten voor chemische producten en de ontwikkelingen daarin	25
■	HOOFDSTUK 3: DE CHEMISCHE INDUSTRIE IN BELGIË EN VLAANDEREN	31
3.1	De chemische industrie: ontwikkeling en belang	31
3.2	Hoe een klein land groot is geworden in chemie...	33
3.2.1	Geschiedenis van de chemie in België en Vlaanderen	33
3.2.2	De chemische industrie in België en Vlaanderen vandaag	36
3.2.3	Weergave van enkele knelpunten in en rond de chemische industrie in Vlaanderen	41
■	HOOFDSTUK 4: HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE UITDAGINGEN VOOR DE CHEMISCHE INDUSTRIE	47
4.1	Achtergrond bij het in kaart brengen van de socio-economische ontwikkelingen	47
4.2	Globaal overzicht van socio-economische ontwikkelingen van invloed op basis-, gespecialiseerde-, en landbouwchemicaliën in relatie tot voorlopige reacties van de industrie	48
4.2.1	De (markt)context rond het segment ‘basischemicaliën’	48
4.2.2	De (markt)context rond het segment ‘gespecialiseerde chemicaliën’	49
4.2.3	De (markt)context rond het segment ‘landbouwchemicaliën’	51
4.3	Het ‘krachtenveld’ rond de chemische industrie in Vlaanderen en de uitdagingen die het teweegbrengt	53
4.4	De rol van ‘technologie’	56
4.5	Het krachtenveld nader bekeken: het wettelijke kader en de impact op innovatie	57
4.5.1	De wetgeving in de EU	58
4.5.2	Vergelijking tussen de wetgeving in de EU, Japan en de VS	58
4.5.3	Wetgeving en innovativiteit: een spanningsveld?	60
■	DEEL 2: “TECHNOLOGIEËN VAN DE TOEKOMST”	65
■	HOOFDSTUK 5: TECHNOLOGIEËN VAN DE TOEKOMST: SELECTIE VAN VEELBELOVENDE DOMEINEN	67
5.1	Een integrale aanpak	67
■	HOOFDSTUK 6: (TECHNOLOGISCHE) ONTWIKKELINGEN IN DE TOEKOMST: EEN OVERZICHT	73
6.1	Globale verschuivingen binnen de onderscheiden (technologie)domeinen	73
6.2	Algemene karakteristieken van de expertraadpleging	83

6.3	Verwachtingen van de experts op het niveau van de technologiedomeinen	85
6.4	De algemene trends en evoluties: timing en belang	89
6.5	De meest beantwoorde (technologische) ontwikkelingen	93
6.6	Technologische ontwikkelingen met de hoogste impact op uw bedrijf	97
6.7	Technologische ontwikkelingen met de hoogste impact op de maatschappij	101
6.8	Technologische ontwikkelingen met het laagste vertrouwen om bij te dragen...	103
■	<b>DEEL 3: "DE LOKALE KENNISBASIS"</b>	<b>107</b>
■	<b>HOOFDSTUK 7: TECHNOLOGISCH EN WETENSCHAPPELIJK POTENTIEEL IN VLAANDEREN</b>	<b>109</b>
7.1	Introductie	109
7.2	Technologierelevante kennisbasis van de chemische industrie	110
7.3	Technologierelevante activiteit in de chemie in Vlaanderen	113
7.4	Vlaamse onderzoeksactiviteit in de chemie: publicaties	119
■	<b>HOOFDSTUK 8: MENSELIJK POTENTIEEL IN VLAANDEREN</b>	<b>123</b>
8.1	De instroom aan hogescholen en universiteiten	123
8.2	Verdere stimulering van het chemische basisonderzoek	125
■	<b>HOOFDSTUK 9: CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>127</b>
■	<b>BRONMATERIAAL</b>	<b>133</b>
	Appendix 1: Het geïntegreerd methodologisch kader voor technologieverkenning	137
	Appendix 2: Technologische 'afbakening' van de chemische industrie	138
	Appendix 3: Overzicht van de detailontwikkelingen per (technologie)domein	141
	Appendix 4: Gedetailleerde weergave van de resultaten van de expertraadpleging per technologiedomein	152
	Appendix 5: Overzicht van enkele relevante websites rond technologieverkenning en beleid	173
	Appendix 6: Begeleidingscomité technologische verkenningen	175





# HOOFDSTUK 1

## INLEIDING TOT DEZE STUDIE

### 1.1 DE CHEMISCHE INDUSTRIE: EEN DYNAMISCHE INDUSTRIE...

Genetische manipulatie van gewassen, klonen, kankertherapie: de wetenschap vindt steeds vaker en directer zijn ingang in het dagelijkse leven. Wetenschappers zijn er geleidelijk in geslaagd om de levenskwaliteit en de levensstandaard te verbeteren. Zo is tussen 1900 en 2000 de gemiddelde levensverwachting van de mens door betere voeding en hygiëne en betere gezondheidszorg met 30 jaar gestegen. Mede aan de basis van deze evolutie ligt de chemie, het proces van het omzetten van natuurlijke grondstoffen zoals water, zout, petroleum, kolen, metalen, oliën, plantextracten, en natuurlijke gassen in dagdagelijkse producten. Dit transformatieproces is de hoofdtaak van de chemische industrie.

Veel chemische producten zijn gemakkelijk herkenbaar: medicijnen, plastics, wasmiddelen, verf etc. Andere producten, de intermediaire producten, zijn dan weer bestemd voor verdere bewerking of verwerking, zoals bijvoorbeeld stof voor kleding en meubilering, bestrijdingsmiddelen voor de landbouw. Er zijn nauwelijks producten aan te wijzen die geen verband houden met de chemische industrie. De chemische nijverheid is dan ook één van de centrale pijlers geworden van de nationale en internationale economie, en speelt bijgevolg in onze samenleving een centrale rol.

Tevens is het een industrie die de afgelopen jaren sterk is geëvolueerd zowel wat betreft intrinsieke productkarakteristieken als wat betreft industriële eigenheden. Daar waar we in 1970 de introductie meemaakten van de silicium chip staan we momenteel midden in het tijdperk van de 'in silico biology' (bijvoorbeeld molecular computing). Echter de industriestructuur is ook aanzienlijk veranderd ten gevolge van talloze fusies en overnames. Investeringsbeslissingen worden op mondiaal niveau genomen met veelal nationale implicaties. Er doen zich daarbij vele opportuniteiten maar tevens bedreigingen voor. Voorspeld wordt dat de mondiale vraag naar chemische producten en diensten sterk zal toenemen. Nieuwe technologieën en producten met hogere toegevoegde waarde bieden aantrekkelijke kansen. Gezondheid en veiligheid zullen daarbij als thema's een alsmaar belangrijkere rol spelen. De markten in het Westen raken verzadigd terwijl een sterke groei waargenomen wordt in het Verre Oosten. Op het terrein van onderzoek heerst een ware 'renaissance' (zie ook DTI, 2000). Nieuwe combinaties van onderzoeksdisciplines (zoals chemie, biologie en engineering) bieden ongekennde mogelijkheden tot de creatie van nieuwe wetenschappelijke inzichten en daaruit resulterende technologieën.

Het is duidelijk dat de Belgische chemische nijverheid, die met 7% van de totale EU-productie de 5e positie inneemt in Europa (CEFIC, 2002), een belangrijke actor is in dit krachtenveld. Ook voor Vlaanderen, met Antwerpen op de 2de plaats op de wereldranglijst der chemische centra, zijn de gevolgen van deze technisch-wetenschappelijke ontwikkelingen niet te onderschatten. De toekomst van de industrie hangt in belangrijke mate af van het tijdig en adequaat inspelen op deze ontwikkelingen. Dit geschiedt echter niet van de ene dag op de andere. Allereerst dient er een toekomstvisie, een strategie, ontwikkeld te worden. Welke (technologische) opportuniteiten dienen zich aan en wat is hun toegevoegde waarde? Kan ingesprongen worden op deze opportuniteiten en zo ja, hoe? Welke keuzes worden er daartoe best gemaakt? Kortom, het is noodzakelijk om op een gestructureerde wijze opportuniteiten, behoeften en knelpunten aan elkaar te relateren en te verkennen. Dat is precies wat we in de voorliggende studie beogen te doen: een verkenning van potentiële toekomstige (technologische) kansen en GEEN toekomstvoorspelling.

## 1.2 TECHNOLOGIEVERKENNING: EEN STAP RICHTING COLLECTIEVE TOEKOMSTCREATIE?

*"It is always difficult to predict - especially the future" (N. Bohr)*

Wat is precies technologieverkenning? En waarom is het belangrijk om aan technologieverkenning te doen? Vooraleer ingegaan kan worden op relevante technologische ontwikkelingen dienen deze ontwikkelingen eerst geïdentificeerd en naar waarde te worden geschat. Inzicht in hoe technologieën zich ontwikkelen en welke factoren daaraan bijdragen zijn daarbij essentieel. Technologieverkenning ('foresight') poogt tot het identificeren van deze technologische ontwikkelingen. Bij technologieverkenning wordt de aandacht toegespitst op het tijdig onderkennen van nieuwe ontwikkelingen waarvoor vaak nog geen kwantitatieve data voorhanden zijn. In dit geval wordt vooral beroep gedaan op de expertise en de toekomstvisies van domeinexperts.

Het antwoord op de tweede vraag ligt in de rol die technologische ontwikkeling speelt in economische groei en welvaartscreatie. In de periode 1950-60 is door economen als Solow (1957) en Mansfield (1969) gesteld dat technologische ontwikkeling een belangrijke, zometer de belangrijkste factor is, voor economische groei. Het ligt voor de hand dat indien een sector of een onderneming tijdig weet in te springen op een belangrijke technologische ontwikkeling, de sector of de onderneming in kwestie hiermee een competitief voordeel kan behalen, wat op zijn beurt kan leiden tot groei.

Technologieverkenning en haar populariteit in de jaren 80 kan voornamelijk toegeschreven worden aan het werk van Ben Martin en John Irvine. In hun werk “Foresight in Science: Picking the Winners” uit 1984 en “Research Foresight” uit 1989 wordt uitgelegd hoe landen (of regio's) kunnen komen tot de formulering van hun onderzoeksprioriteiten. De belangrijkste boodschap die hierbij gecommuniceerd wordt is dat een overheid haar onderzoeksprioriteiten dient te stellen op basis van een zogenaamde ‘anticiperende rationale’. Verkenning studies zouden moeten resulteren in een visie op de toekomst waarbij een overzicht wordt gegeven van de verschillende mogelijke markt- en technologische ontwikkelingen, gekoppeld aan een inschatting van hun respectievelijke socio-economische impact.

Technologieverkenning dient uitdrukkelijk onderscheiden te worden van technologievoorspelling. Het uitvoeren van een technologieverkenning zal ons, nogmaals, NIET in de mogelijkheid stellen om ‘accurate’ voorspellingen te doen omtrent toekomstige ontwikkelingen voor bijvoorbeeld de komende vijf tot tien jaar. Uw IT-verantwoordelijke zal bijvoorbeeld geen antwoord vinden op de vraag welke IT-oplossing hij/zij moet kiezen over 3 jaar om aan een bepaald probleem tegemoet te komen.

Het gaat hier immers om toekomstige ontwikkelingen die gepaard gaan met een hoge mate van onzekerheid, risico en ambiguïteit. De toekomst, in het algemeen, of wetenschappelijke en technologische vooruitgang, in het bijzonder, dringen zich niet aan ons op volgens een vooraf bepaald patroon. Technologieën volgen geen op voorhand bepaald ‘endogeen’ ontwikkelingstraject. Integendeel, ze worden mede door onszelf en door een veelheid van andere actoren gecreëerd en geconstrueerd: ze zijn sociaal/maatschappelijk verankerd. Dit noodzaakt dan ook tot iteratieve analyse en opvolging zodat continue bijsturing op basis van nieuwe gebeurtenissen en inzichten mogelijk is.

Het is van groot belang om in te zien dat de toegevoegde waarde van een technologieverkenning niet alleen ligt in de uitkomst van een dergelijke studie, maar vooral ook in het proces van de verkenning zelf. Het proces creëert bewustwording over waar we nu staan in termen van technologische en wetenschappelijke ontwikkeling en waar we naartoe kunnen; het werkt aldus richtinggevend voor bijvoorbeeld beleidsmakers, het geeft inzicht in verwachte (doch niet gedetermineerde) toekomstige ontwikkelingen, het creëert consensus maar vormt bovenal een methode om betrokkenheid te verkrijgen van alle sleutelactoren bij het maken van de nodige keuzes.

### 1.3 SITUERING VAN DE STUDIE EN DOELSTELLINGEN

De huidige studie kadert in het initiatief van de Vlaamse Raad voor Wetenschapsbeleid (VRWB) om een lange termijn referentiekader te ontwikkelen voor technologische innovatie in Vlaanderen, rekening houdend met de mega-wereldtrends enerzijds, de eigen Vlaamse sociaal-economische context anderzijds, en de mogelijke en gewenste kruisbestuiving tussen beide. Dit referentiekader wordt geschapen aan de hand van een technologische verkenningsstudie, zoals hierboven beschreven. Twee van de belangrijkste sectoren in Vlaanderen, de chemische sector en de voedingssector, zijn het onderwerp van analyse.

De basis voor deze reeks studies werd gelegd in 2000 met het PBO-project “Ontwikkeling van een Methodologisch Kader voor Wetenschaps- en Technologieverkenning in Vlaanderen” waarin een methodologie is ontwikkeld voor het uitvoeren van technologische verkenningsstudies in Vlaanderen (zie Van Looy et al., 2000). In het kielzog van de toegenomen aandacht voor technologieverkenning en strategische planning is vervolgens in 2001/2002 deze methodologie toegepast in een technologische verkenningsstudie in opdracht van de multisector federatie AGORIA Vlaanderen (zie Van Looy et al., 2002).

De doelstelling van voorliggende studie is het in kaart brengen van mogelijke toekomstige technologische ontwikkelingen in de chemische sector vanuit een socio-economische perspectief, enerzijds, en het signaleren van mogelijke behoeften, bijvoorbeeld op het vlak van O&O, teneinde op deze ontwikkelingen te kunnen inspringen, anderzijds. Daardoor wordt aldus een referentiekader gecreëerd van socio-economische (maatschappij - markt - economie), en vooral ook technologische ontwikkelingen in de chemische nijverheid, waaraan innovatiegerichte maatregelen getoetst kunnen worden. Tot zover de doelstellingen op het macroniveau, het niveau van de sector in zijn geheel. Op het microniveau, het niveau van de individuele chemische bedrijven in Vlaanderen, is het doel het creëren van inzicht in de mogelijke socio-economische en technologische ontwikkelingen waar hun ondernemingen de komende jaren mee te maken zullen hebben. Ondernemingen zullen daardoor in staat worden gesteld om hun langetermijnvisie ten aanzien van O&O te toetsen en mogelijks bij te sturen in functie van de te verwachten ontwikkelingen.

## 1.4 METHODOLOGISCH KADER

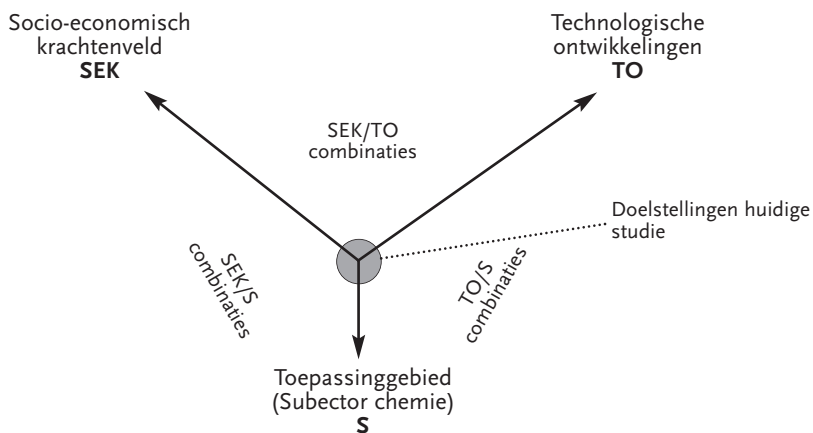
Het lijkt ons zinvol en wenselijk vooraleer de inhoudelijke uiteenzetting aan te vangen eerst een methodologische zijstap te maken. Het huidige project is ingedeeld in twee fasen. De eerste fase kan getypeerd worden als een in hoofdzaak 'interne onderzoeksfase' gericht op het identificeren van domeinen en ontwikkelingen binnen de chemie die potentieel van groot belang kunnen zijn voor de toekomst. Daarbij is gestreefd naar het 'los komen' van de 'geschreven' informatie, rapporten en dergelijke meer, en het vinden van nieuwe, 'spontane' opinies over de toekomstige ontwikkelingen binnen de sector. Hiertoe is een reeks persoonlijke gesprekken (interviews) gevoerd met sleutelexperts uit de chemische industrie, de universiteiten en de overheid (n=18). Elk gesprek heeft 2 tot 3 uren in beslag genomen. De gesprekken handelden niet alleen over technologische ontwikkelingen en de relevante technologiedomeinen, maar ook over markttrends, onderzoeksbehoeften, knelpunten etc. De experts zijn unaniem voorgedragen in het begeleidingscomité van de VRWB op basis van hun kennis van de sector, hun expertise, hun rol en hun positie in de sector. In parallel is een uitgebreide analyse uitgevoerd van bestaande nationale en internationale onderzoeksrapporten. Het resultaat van deze fase, een blauwdruk van toekomstige technologische en socio-economische ontwikkelingen in de chemische sector, vormt de directe input voor fase 2 van de studie.

Het is reeds vermeld dat toekomstcreatie een collectieve aangelegenheid is waar natuurlijk meerdere personen bij betrokken moeten zijn. Dat is vooral de opzet van de tweede fase: het verder valideren en verfijnen van de bevindingen uit fase 1, waarbij consensusvorming, communicatie en bewustwording belangrijke doelstellingen zijn. In deze tweede fase, de 'externe onderzoeksfase', hebben we dan ook een verkenningsenquête uitgevoerd (n=33 experts). Dat is een instrument waarmee bij een groep experts gepeild wordt naar de realisatie en de impact van (technologische) ontwikkelingen wanneer de beslissingscriteria uitdrukkelijk subjectief van aard zijn, zoals hier het geval is. De lijst met experts uit de industrie is samengesteld door FEDICHEM Vlaanderen (De Federatie voor de Chemische Industrie in Vlaanderen) op basis van specificaties van INCENTIM (gebalanceerde en representatieve steekproef). Een schematisch overzicht van de gevolgde methodologie vindt u in Appendix 1 (zie ook Van Looy et al., 2001 voor een uitgebreide uiteenzetting).

Zoals reeds vermeld, wordt bij het in kaart brengen van nieuwe technologische ontwikkelingen (afgekort als TO) uitgegaan van het socio-economisch krachtenveld (ontwikkelingen, trends), (afgekort als SEK),

dat als drijfveer fungeert voor doelgerichte situationeel bepaalde technologische ontwikkeling. Immers, innovaties dienen te kaderen en in te springen op maatschappelijke ontwikkelingen en trends om echt succesvol te zijn, denk aan de toenemende aandacht voor het milieu. Binnen de hierboven besproken gefaseerde aanpak is er een integrale aanpak ontwikkeld om deze interrelatie te kunnen bewerkstelligen en inzichtelijk te maken. Een derde nog niet besproken element in deze interrelatie heeft betrekking op het toepassingsgebied, ofwel de subsectoren (S) binnen de chemie, die beïnvloed worden door de geïdentificeerde socio-economische ontwikkelingen enerzijds en door de toekomstige technologische ontwikkelingen anderzijds. In figuur 1.1 wordt deze integrale aanpak weergegeven. De uitwerking van deze dimensies wordt gegeven in de volgende hoofdstukken.

Figuur 1.1: Ontwikkelde integrale benadering ter beschouwing van trends - technologieën - toepassingsgebied



## 1.5 OPBOUW VAN HET RAPPORT

Het voorliggende onderzoeksrapport is ingedeeld in drie delen. Deel I, beginnend na de algemene introductie, bestaat uit 3 hoofdstukken en gaat in op de context waarbinnen de technologische ontwikkelingen in de chemische sector bekeken moeten worden. Meer specifiek, hoofdstuk 2 geeft een nadere introductie tot de chemische industrie en haar belangrijkste producten, processen en markten – interne sectorcarakteristieken. Hoofdstuk 3 beschrijft de ontwikkeling van de chemische industrie in

België en Vlaanderen tot op vandaag. Hierbij wordt tevens aandacht besteed aan een 'diagnose' van de sector door de geïnterviewde experts middels de signalering van aandachtspunten die van belang zijn voor de ontwikkeling van de chemie in Vlaanderen. In hoofdstuk 4, het overgangshoofdstuk naar de technologieverkenning, wordt het geïdentificeerde krachtenveld, met name de sociaal-economische vraagstukken, van invloed op de industrie besproken (de SEK-dimensie); zij zijn de uitdagingen die als drijfveer kunnen dienen voor de toekomstige (technologische) ontwikkeling van de sector.

Deel II van dit rapport handelt over de verwachte technologische ontwikkelingen binnen de onderscheiden technologiedomeinen. Hoofdstuk 5, als inleidend hoofdstuk, geeft een verdere detaillering van de ontwikkelde integrale aanpak die is gehanteerd bij het in kaart brengen van de relevante toekomstige technologieën voor de chemische sector. Hoofdstuk 6 omvat de eigenlijke resultaten van de technologieverkenning in relatie tot de resultaten van de expertraadpleging. Hoofdstuk 7 treedt buiten de resultaten van de expertraadpleging door het nader beschouwen van een selectie van sleuteltechnologieën voor de toekomst.

Het laatste deel van dit rapport, Deel III, reflecteert verder op de (kennis)behoeften die gegenereerd worden door de toekomstige ontwikkelingen. Ten behoeve hiervan zullen we de lokale 'kennisbasis' rond chemie in Vlaanderen in kaart brengen en analyseren.





DEEL I  
“DE CHEMISCHE INDUSTRIE  
IN VLAANDEREN EN  
HET OMRINGENDE  
SOCIO-ECONOMISCHE  
KRACHTENVELD”



# HOOFDSTUK 2

## CHEMIE EN DE CHEMISCHE INDUSTRIE

### 2.1 CHEMIE? EEN OVERZICHT VAN DE BELANGRIJKSTE PROCESSEN

#### 2.1.1 Chemie en industriële chemie

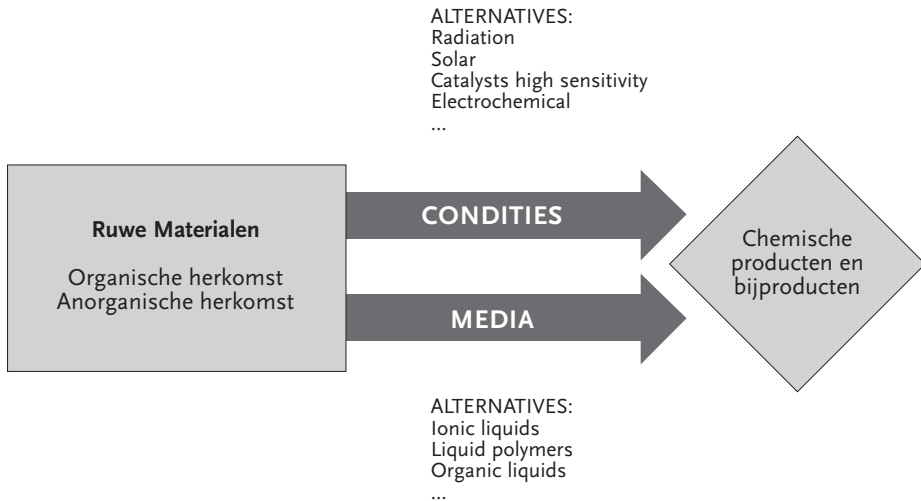
Chemie is een wetenschap die 200 jaren geleden in Europa is ontstaan, met pioniers als Avogadro, Lavoisier en Liebig. Sindsdien heeft deze wetenschap zich gemanifesteerd en ontwikkeld in de richting van de microscopische (en vandaag nanoscopische) wereld van atomen (en hun elementaire bestanddelen) en moleculen en de macroscopische wereld van bruikbare materialen. Chemie en chemische ingenieurs-technieken staan echter niet op zichzelf; zij zijn een belangrijk onderdeel van een wetenschapslandschap waarin ook biologie, fysica, informatietechnologie, landbouw, geneesmiddelen en engineering te vinden zijn. Een eenduidige definitie van chemie is niet eenvoudig te geven. Echter, bij benadering kan gesteld worden dat deze wetenschap zich vooral bezighoudt met de samenstelling, de structuur en de (veranderende)eigenschappen van materialen, en de transformaties die deze ondergaan (ACS, 2001; EC, 1996). Chemische ingenieurstechnieken, een discipline op zich, staan in voor de verwerkingsprocessen en infrastructuur (bvb. scheidingsprocessen, proces miniaturisatie, enz.)

Industriële chemie betreft de praktische toepassing en integratie van chemie in engineering en marketing, wat uiteindelijk moeten leiden tot chemische producten die op de markt kunnen worden gebracht. Zoals Heaton (1996) uiteenzet, is het een van de doelstellingen van de industriële chemie (geworden) om de welvaart te verhogen. Dit gebeurt hoofdzakelijk door waardetoevoeging aan ruwe grondstoffen en door transformatie in een heel scala aan chemicaliën die vervolgens in consumentenproducten verwerkt kunnen worden. Inmiddels is de industriële chemie, met een veelheid aan sectoren, producten en processen, uitgegroeid tot een van de belangrijkste pijlers van de wereldeconomie. In de volgende twee paragrafen zullen we dieper ingaan op de belangrijkste processen, producten en markten van de chemische industrie.

#### 2.1.2 Chemische processen

Ten aanzien van de processen onderliggend aan chemische productie kan er een onderscheid worden gemaakt tussen scheidingsprocessen en reactieprocessen, waarbij katalysatoren/katalyse van groot belang zijn; figuur 1.2 geeft een gesimplificeerde weergave van het omzettingsproces van ruwe materialen naar producten en bijproducten. Katalysatoren zijn 'media' die de chemische reactie versnellen en efficiënter maken. Het doel van katalyse is het verhogen van de controle over de reactie, het maximaliseren van de conversie tot het gewenste product, het minimaliseren (zelfs vermijden) van restproducten, en het verlagen van de temperatuur/druk van het proces zodat er minder energieverbruik optreedt – kortom het verhogen van de algemene reactie-efficiëntie (meer over katalyse volgt in deel II).

Figuur 1.2: Omzettingsproces: van ruwe materialen tot (bij-)producten



Bron: ACS, 2001

Veel van de processen in de chemische industrie zijn vergelijkbaar maar worden ingezet onder bijvoorbeeld verschillende condities. Een voorbeeld hiervan is oxidatie; oxidatie kan met lucht plaatsvinden maar ook aan een metalen oppervlak met lucht. Tabel 1 laat enkele reacties/scheidingen zien die in vele chemische processen voorkomen.

Tabel 1: Overzicht van veelvoorkomende typen reacties/scheidingen in diverse processen

Reacties voor organische chemicaliën	Reacties voor anorganische chemicaliën	Scheidingsprocessen
Oxidatie	Elektrolyse (hoog voltage)	Distillatie
Hydrolyse	Polymerisatie (condensatie)	Kristallisatie
Reductie/Hydratatie	Elektrolyse	Kraken (Steam Cracking)
Polymerisatie		
Elektrolyse		
....		

Het zou te ver voeren om van elk van deze processen een uitgebreide toelichting te geven (enkele processen zullen besproken worden in de technologiesectie, deel II). Voor additionele informatie over

deze processen, alsmede achtergronden over de chemische industrie, verwijzen wij naar een overzichtelijke website opgesteld door de federatie van de chemische industrie in het Verenigd Koninkrijk: [www.chemical-industry.org.uk](http://www.chemical-industry.org.uk).

## 2.2 PRODUCTEN, INDUSTRIËLE STRUCTUUR EN MARKT(ONTWIKKELINGEN)

### 2.2.1 Chemische producten

Een van de grote verschillen tussen de chemische industrie en andere industrieën is de heterogeniteit van de producten die voortgebracht worden. Er zijn diverse subsectoren binnen de chemie die op verschillende wetenschappelijke en technologische principes en inzichten stoelen, en dus ook verschillende O&O-strategieën noodzaken. Als gevolg van de verregaande verticale integratie binnen de industrie stamt 36% van de vraag naar chemische producten uit de sector zelf (EC, 1996).

De industrie brengt om en bij de 60.000 verschillende producten voort, gebaseerd op een enorme variëteit aan grondstoffen zoals kool, aardolie, natuurlijk gas, metalen, mineralen, plantaardige oliën en dierlijke vetten. Een allesomvattende lijst van chemische producten opstellen is aldus zeer complex. Middels het onderscheiden van een aantal dimensies is het echter wel mogelijk om groepen producten af te leiden. Een aanzet daartoe is weergegeven in tabel 2.

Tabel 2: Classificatiedimensies en corresponderende productsegmenten

Dimensies	Segmenten	
Chemische oorsprong	Organisch (petrochemie)	Anorganisch
Productieproces	Continu	Series (batch of ladingsgewijs)
Markt	Handelsgoederen (basischemicaliën)	Fijnchemicaliën
Waardeketen	Opwaarts	Neerwaarts

De productsegmentatie kan gebaseerd worden op de volgende dimensies: a) chemische oorsprong, b) productieproces, c) de markt waarop deze producten afgezet worden, en d) de positie in de waardeketen. Kijkend naar de chemische oorsprong kan er een onderscheid worden gemaakt tussen chemicaliën met en zonder koolstofatomen. De koolstofhoudende chemicaliën worden aangeduid met de generieke term *organische chemicaliën* en zijn hoofdzakelijk afgeleid van olie, kool, natuurlijk gas.

De grootste groep organische chemicaliën zijn de petroleumchemicaliën (deze vertegenwoordigen

ongeveer 2/3 van de wereldmarkt). *Anorganische chemicaliën*, die geen koolstof bevatten, zijn afkomstig van mineralen en metalen. Daaronder vallen onder andere zwavelzuur, alkali zoals natriumhydroxide en zouten.

De zogenaamde '*commodities*', ofwel basischemicaliën (organische en anorganische producten, meststoffen en stikstofverbindingen, plastic en rubber), zijn in hoge mate gestandaardiseerd en worden geleverd door vele bedrijven in een hoogcompetitieve marktomgeving waarin concurrentie zich met name op het vlak van de prijs situeert. Onder dit type vallen de producten die in hoge volumes, via continue processen geproduceerd worden. De '*specialties*' (farmaceutische grondstoffen, pesticiden, zeep en detergents, smaakstoffen enzovoort) daarentegen worden gemaakt in kleinere volumes in een markt gekenmerkt door een meer oligopolistische structuur (minder aanbieders en competitie op basis van productdifferentiatie).

Wanneer we de bedrijfskolom als onderscheidend criterium hanteren, dan kunnen we een onderverdeling maken in producten die opwaarts of neerwaarts in de bedrijfskolom geproduceerd worden. Opwaarts vinden we de basischemicaliën (organische/petrochemische en anorganische producten) terwijl we neerwaarts de farmaceutische producten, de landbouwchemicaliën, de detergents enzovoort vinden. De subsectoren die zich meer neerwaarts in de bedrijfskolom bevinden bevoorraden ofwel andere industrieën, zoals de landbouw, ofwel de eindgebruikers (bijvoorbeeld zeep en detergents).

Vertrekkend vanuit innovatiestandpunt, ofwel technologische vernieuwing, kan er een onderscheid worden gemaakt in de verschillende producten op basis van twee dimensies: a) gemaakte hoeveelheden, en b) mate van differentiatie ofwel vernieuwing. In figuur 1.3 wordt op basis van deze twee dimensies een onderscheid gemaakt tussen vier productgroepen. De indeling spreekt voor zich. De productgroepen matrix laat toe om conclusies naar markt en bedrijfsconcentratie af te leiden. Wegens de hoge kapitaalintensiteit zullen de basischemicaliën vooral gemaakt worden door grote kapitaalkrachtige ondernemingen. Fijnchemicaliën daarentegen, worden vooral gemaakt door minder grote ondernemingen (al kunnen deze laatste nog steeds vrij groot van omvang zijn). Aansluitend hierop wordt in de volgende paragraaf ingegaan op de clustering en afbakening van de subsectoren binnen de chemische industrie.

Figuur 1.3: Productgroepen matrix

Hoeveelheden	<b>Hoog</b>	Basischemicaliën Procesverbetering en -ontwikkelingen en sporadisch productverbetering	Industriële chemicaliën Procesverbetering en -ontwikkelingen en sporadisch productverbetering
	<b>Laag</b>	Fijnchemicaliën Product en procesverbetering en -ontwikkeling	Gespecialiseerde chemicaliën Productverbetering en -ontwikkeling en in beperkte mate procesontwikkeling
		Laag	Hoog
<b>Mate van differentiatie</b>			

Bron: EC, 1996

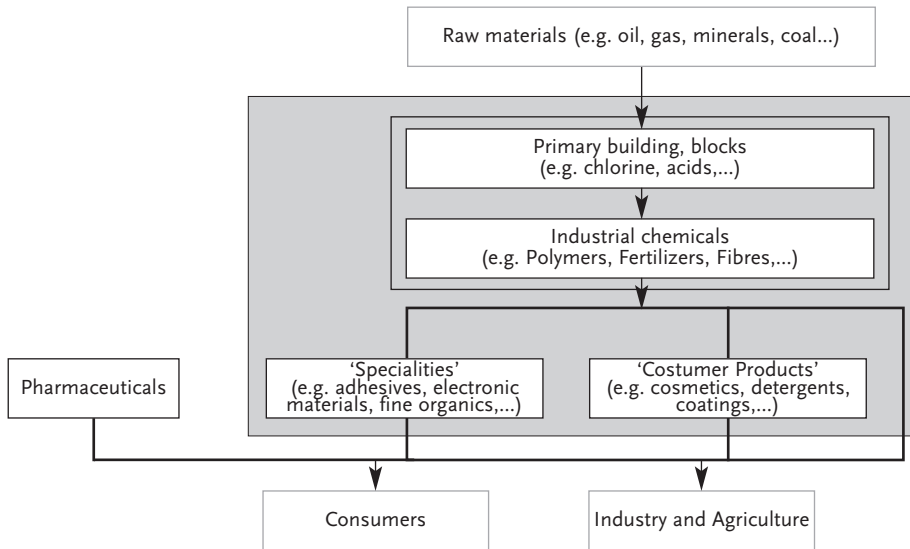
## 2.2.2 De industriële structuur van de chemische nijverheid

De industriële chemie transformeert of verwerkt aldus een scala aan grondstoffen – vooral olie, aardgas, mineralen, water, lucht, kolen, en in steeds toenemende mate biologische grondstoffen. Deze grondstoffen worden getransformeerd in een aantal primaire bouwblokken, zoals chloor, zuren, ammoniak en aromaten. Die grondstoffen worden dan vervolgens omgezet in een scala aan industriële chemicaliën die op hun beurt weer belangrijke bouwblokken zijn voor industriële producten, denk aan plastic, meststoffen, vezels enzovoort. Dat zijn de ‘commodity chemicals’. De ‘specialty chemicals’ zijn producten met een hogere toegevoegde waarde die verkocht worden op basis van de functie die deze producten kunnen vervullen (bvb. specifieke kleefeigenschappen, elektrische eigenschappen...).

*Fijnchemicaliën* worden gekenmerkt door een hoge eenheidswaarde en zijn vaak het resultaat van hechte samenwerking met de individuele klant (‘consumer products’) – ze zijn dus als het ware ‘customized’. In figuur 1.4 geven we de structuur weer van de chemische industrie.



Figuur 1.4: Structuur chemische industrie



Bron: DTI, 2002

Consumentenproducten zijn chemische producten met een hoge toegevoegde waarde die aan consumenten verkocht worden op basis van hun merknaam. Voorbeeld zijn producten voor de persoonlijke verzorging, decoratieve verf en fotografische producten. Verkoop en marketing vaardigheden zijn in dit segment even belangrijk als productie. Vanuit een economische optiek – de NACEBEL classificatie – zijn het vooral de klassen 23 - Aardolie en steenkoolverwerkende industrie, 24 - Vervaardiging van chemische producten, en 25 - Vervaardiging van producten van rubber en kunststof, die de chemische nijverheid vormen. Voor een verdere uitdieping van deze klassen verwijzen wij naar Appendix 2 – tevens bevindt zich aldaar een nadere toelichting over de afbakening van de chemische nijverheid zoals deze gehanteerd wordt in deze studie.

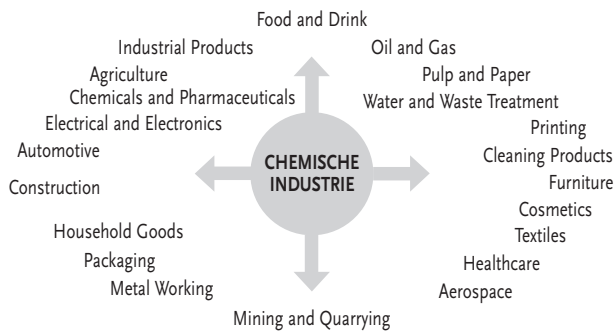
### 2.2.3 De markten voor chemische producten en de ontwikkelingen in deze markten

#### Enkele sleutelbevindingen

- De chemische industrie staat voor 1/3 van de totale vraag naar chemische producten
- Belangrijkste afnemers chemische industrie: rubber en plasticverwerkende industrieën, landbouw, metalen, mechanische en elektrische toepassingen, textiel
- Conjunctuurgevoelige sector (Irak crisis, economische conjunctuur VS, enzovoort)
- Veel markten voor chemische producten raken of zijn al 'verzadigd'
- Nieuwe markten worden aangeboord in Azië
- Toekomstige verschuiving van 'make for industry' naar 'make for consumer'
- Innovatie is de sleutel tot overleving...

De grote vraag naar chemische producten vanuit de chemische industrie zelf, wordt verklaard door de hoge mate van industriële verticale integratie, waarbij bedrijven die hoger liggen in de bedrijfskolom vooral leveren aan de bedrijven in de lagere schakels (zoals de fijnchemicaliën, de 'specialties', enzovoort). De diversiteit en de heterogeniteit van de sector uit zich niet alleen in het aantal voortgebrachte producten (om en bij de 60.000) maar ook in de uiteenlopende markten die bediend worden (zie figuur 1.5).

Figuur 1.5: Belangrijkste afzetmarkten voor chemische producten



Het is duidelijk dat de afzetmarkten van de chemische industrie tot bijna elke economische sector doordringen, van de voedingssector tot de ruimtevaartsector. Daarmee wordt tevens de centrale rol van de chemie in het industriële gebeuren bevestigd. Het zou te ver voeren om voor elk van deze markten producten of halfproducten aan te halen die vanuit de chemische industrie geleverd worden. Wel zullen

we in het vervolg van deze sectie een overzicht geven van de belangrijkste ontwikkelingen in en rond deze markten. Het spreekt voor zich dat elke onzekere economische situatie een negatieve invloed heeft op de (markt)ontwikkelingen in de chemische nijverheid.

Laten we de belangrijkste marktontwikkelingen en feiten eens op een rij zetten, beginnend met de ontwikkelingen in de Verenigde Staten.

### **Verenigde Staten**

- In 2002 is er een algemene productiestijging van 2.0% gerealiseerd.
- Gemiddelde prijzen zijn gedaald in 2002 met slechts 0.3% (0.5% daling in de prijs van basischemicaliën).
- Afbouw werkgelegenheid ten behoeve van kostenreductie.
- Voor het eerst sinds WO1 is er in 2002 een handelstekort ontstaan van ongeveer \$4,2 mlrd (het gaat hier om specifiek 3 sectoren die een handelstekort veroorzaakten: organische chemie, anorganische chemie, en farmacie waarin het tekort is opgeklommen van \$3,69 mlrd. naar \$8,43 mlrd.); verwacht wordt dat het handelstekort verder zal klimmen naar \$6,0 mlrd. in 2003.
- Dow Chemical kondigt voor 2003 een reductie in de kapitaalsuitgaven aan van 20%.
- In de Life Sciences wordt in 2003 een economische groei verwacht van 5.5% (farmaceutische sector 5.8% en gewassenbescherming 3%).
- In gespecialiseerde chemicaliën wordt in 2003 een economische groei verwacht van 4.3%.
- In basischemicaliën wordt in 2003 een economische groei verwacht van 3.8%.
- Kosten van grondstoffen en energie worden verwacht te stijgen met respectievelijk 4.0% en 5.0% in 2003.
- O&O uitgaven worden verwacht te stijgen met 2.9% in 2003.

*Bron: C&EN, 2003*

### **Azië**

- Chemische bedrijven in Japan boeken grote voortgang in de realisatie van hun herstructureringsplannen.
- De sterke groei van China lijkt ook in 2003 aan te houden, een groei die ook positief werkt op het herstel van de Japanse chemische industrie.

- ‘Reliance Industries’, de grootste petrochemische producent van India, heeft 25% stijging van de netto winst gerealiseerd; de raffinaderij ‘Jamnagar oil refinery’, een van de grootste raffinaderijen in de wereld, heeft op 110% van de geschatte productiecapaciteit gedraaid.

*“Rapid growth in Chinese demand (80t in 1991 → 1335t in 2001) for niobium, as China is the largest steel producer in the world”. (Chemical Business, 2002)*

- De chemische industrie in Zuid-Korea heeft in 2002 een sterke groei doorgemaakt.
- De productie in Taiwan is gestegen met 10%; Formosa Plastics Corp., de grootste producent van polyvinylchloride, heeft zijn winst voor belasting zien verbeteren met 43%.
- De chemische industrie van Singapore heeft een goed jaar achter de rug. De petrochemische output is gegroeid met 22%; de groei in industriële en gespecialiseerde chemicaliën bedroeg 9%.
- Het tempo van capaciteitsuitbreiding in Azië zal in 2003 lager liggen dan de jaren daarvoor.

Bron: C&EN, 2003

## Europa

- In 2003 wordt verwacht dat de chemische productie, farmaceutische industrie niet meegeteld, gemiddeld zal stijgen met 2.4% (inclusief de farmaceutische industrie + 3.0%); vooruitzichten voor België liggen boven dit EU-gemiddelde.

*“Ludwigshafen based BASF AG plans to expand its capacity in the planned petrochemical project in Nanjing, China, by 2010. The plant will serve the production of petrochemical products, ethylene-glycol and chemical products which are used in drugs and dyes”.*

- Landen met een hoog aandeel in de basischemie, zoals België, zullen een lagere groei kennen dan in 2002 (in 2001 lag de groei op 0.2%).
- Petrochemische productie zal in 2003 terugvallen tot onder het bovengenoemde gemiddelde van 2.4%.
- Plastiek en synthetisch rubber zullen meegroeien met de toegenomen algemene industriële activiteit.
- Gespecialiseerde producten en consumentenproducten zullen in lijn met het gemiddelde van 2.4% presteren.
- In farmaceutische producten zijn de vooruitzichten goed wegens productinnovaties en dus competitieve voordelen.
- Volgens CEFIC zal de oorlog met Irak tot gevolg hebben dat ten opzicht van 2002 de Europese chemische industrie in 2003 een groei van 1% zal realiseren; in de VS voorziet men een groei van 1.3%.

- Farmaceutische productie zal groeien (2002 + 8%) in 2003 met 6% – een vertraging (belangrijke rol voor Ierland).
- Exportgroei wordt verwacht te vertragen tot 4.2% in 2003 (10% in 2001).

Bron: *C&EN*, 2003

- De chemische industrie is een van de meest competitieve en succesvolle industrieën in Europa.
- De 7 grootste chemieproducerende landen (waaronder België) staan in voor meer dan 86% van de omzet in de chemie op EU-15 niveau.
- Handel binnen EU-15 is 40% groter dan de handel met landen buiten de EU-15 (belang 'lokale' markt).
- 41.5% van de chemische producten gaat naar productiebedrijven, terwijl 30.3% van de producten direct voor de consument bedoeld zijn.
- 26% van de chemische producten betreft farmaceutische producten, veruit het grootste segment, gevolgd door overige gespecialiseerde en consumentgeoriënteerde producten (19.2%).
- EU chemische industrie is minder kapitaalintensief dan in de VS/JJP.
- O&O uitgaven in EU chemische sector zijn lager dan in de VS/JJP (variërend van 1-2% v/d omzet).

Bron: *CEFIC, The European Chemical Industry in a Worldwide perspective, 2002*

Uit deze ontwikkelingen blijkt dat de groeimarkten op dit moment de markten voor farmaceutische producten, gespecialiseerde chemicaliën en consumentenproducten zijn. Het gaat aldus om producten die een hoog niveau van O&O investeringen vergen (in de VS vindt dit navolging door een stijging van de uitgaven voor O&O van 2.9%). Onderzoek en ontwikkeling spelen aldus duidelijk een zeer belangrijke rol in het verwerven en behouden van competitieve voordelen, zeker in de chemische industrie. Het mag duidelijk zijn dat, volgens de experts, de oorlog in Irak een zeer negatief effect zal hebben op de groei van de sector. Laten we vervolgens kijken naar de positie van de Belgische en specifiek de Vlaamse chemische industrie.

### **België/Vlaamse Gewest**

- De verwachte groei van de Belgische chemische industrie wordt verwacht boven het EU-gemiddelde te liggen; toch zal deze groei lager dan 2.4% komen te liggen door het grote aandeel van België in de sterk conjunctuurgevoelige basischemie.
- De totale productie in de chemische sector in België daalde in 2001 met 2.9% (tegen 11% groei in 2000) – grootste daler is rubberverwerking 22.6%.

- De werkgelegenheid bij de Federatie aangesloten ondernemingen bedroeg in 2001 100.738 werknemers (ruim 66% in Vlaanderen).
- De omzet in de sector is in 2002 gestegen met 5.9% ten opzichte van 2001 en bedroeg aldus € 41,88 mld voor België. De omzet voor Vlaanderen bedraagt afgerond € 30 mld.
- Farmaceutische industrie heeft een productiegroei geboekt van 20.1%; de groei in omzet bedroeg 31%.
- O&O uitgaven in 2001 zijn gestegen met 10% ten opzichte van 2000 – aandeel 'Life Sciences' maakt 60% uit van de totale O&O uitgaven; hiermee is de chemische industrie goed voor de helft van de totale O&O uitgaven van de privé-sector in België.
- Desondanks: het aantal studenten chemie daalt sinds de jaren '90, een tendens die is verscherpt sinds '95<sup>1</sup>.

Bron: (1) Fedichem, Persbericht, 2002a

(2) De chemische industrie in België, 2002b

In het volgende hoofdstuk concentreren we verder op de chemische industrie in België en specifiek in Vlaanderen.

---

<sup>1</sup> Hoewel de Europese chemische industrie na jaren van dalende studentenaantallen en een gebrek aan gekwalificeerd productiepersoneel op dit moment meer optimistisch is, is men er zeker ook van bewust dat meer inspanningen ter zake nodig zijn. De Duitse Federatie van de chemische industrie (VCI) heeft middels via haar 'Chemical Industry Fund' de donaties aan scholen, bedoeld om de lessen chemie meer aantrekkelijk te maken, verhoogd met 20% tot € 2.8 miljoen. Ook is meer geld uitgetrokken voor de universiteiten via de financiering van 'fellowships'. Deze financiële inspanningen samen met de educatieve activiteiten van andere chemieorganisaties hebben geleid tot een betere instroom van studenten en het ombuigen van de negatieve tendens.



# HOOFDSTUK 3

## DE CHEMISCHE INDUSTRIE IN BELGIË EN VLAANDEREN

### 3.1 DE CHEMISCHE INDUSTRIE: ONTWIKKELING EN BELANG

Zoals reeds in de inleiding is vermeld, is een groot deel van de huidige welvaart mogelijk gemaakt door de chemische industrie. Dit gebeurt met name door waardetoevoeging aan ruwe grondstoffen en door deze te transformeren in een heel scala aan chemicaliën, die vervolgens direct of indirect om te zetten zijn in een breed scala aan consumentenproducten (Heaton, 1996).

Het leven van vandaag de dag zou er heel anders uitzien zonder de bijdrage van de chemische industrie. De toepassing van chemicaliën in verschillende sectoren en producten is echter niet zonder controverse. Het lijkt algemeen aanvaard dat zonder de chemische industrie, er op veel terreinen minder voortgang zou zijn geboekt; denk maar aan de beschikbaarheid en de houdbaarheid van voeding. Ook dient de aandacht gevestigd te worden op de enorme bijdrage van de farmaceutische industrie, een andere tak van de chemie, tot het verlengen van de gemiddelde levensverwachting van de mens.

In de meer 'ontwikkelde' delen van de wereld, Europa, de Verenigde Staten (VS) en Japan, is de industrie na een turbulente evolutie en explosieve groei met name in de jaren '60 en '70, veranderd in een relatief volwassen industrie (zie figuur 2). Volgens Heaton (1996) is een van de belangrijkste oorzaken hiervan de nadruk van de industrie op

Figuur 2: Evolutie chemische industrie

1906	Alkali and Works etc Regulation Act
1910	Bakelite invented
1911	Haber develops process for making ammonia
1913	Niels Bohr proposes model of the atom
1915	Chemicals used as war gases
1920	Organic chemical reactions model developed
1920	Systematisation of chemical engineering developed
1922	Chemical Works Regulations
1926	ICI formed
1928	Penicillin discovered
1930	Polystyrene developed
1930	Polymides discovered
1931	Acrylic polymers discovered
1931	Chemical bonding explained
1932	Polyethylene discovered
1935	Carcinogenic Substances Regulations
1938	Teepol produced
1939	Synthetic insecticide developed
1939	DDT developed
1950	Organic chemical reactivity interpreted
1951	Carl Djerassi synthesises norethindrone
1953	Double-helix structure of DNA is established
1953	Dorothy Hodgkin establishes structure of Vitamin B
1953	Sanger determines amino acid sequence of protein
1954	Giulio Natta in Milan synthesises polypropylene
1956	Clean Air Act
1960	Steroid molecules used as oral contraceptives
1962	Agricultural chemicals' concern
1963	James Black discovers beta-blocker heart drugs
1970	Silicon chips for microelectronics introduced
1972	Genetic engineering starting point
1974	Cyclohexane explosion kills 28 people
1974	Health and Safety at Work etc Act
1974	Control of Pollution Act
1976	Contamination in Seveso, Italy
1980	Liquid crystals introduced
1984	Responsible Care programme initiated in Canada
1984	Methyl isocyanate leak in India kills 2000
1984	Control of Industrial Major Accident Hazards Act
1985	Buckminsterfullerene discovered
1986	Superconductivity in copper oxides discovered
1988	Control of Substances Hazardous to Health (COSHH)
1989	Environmental Protection Act
1990	New decade, new emphasis
1995	Environment Act

▼ Bron: *INCENTIM obv data*  
[www.chemical-industry.org.uk/](http://www.chemical-industry.org.uk/)



Onderzoek en Ontwikkeling (O&O). Dit heeft vooral in de jaren '50 en '60 geleid tot de brede marktintroductie van nieuwe producten die nog steeds de wereldmarkten domineren. Voorbeelden hiervan zijn synthetische polymeren zoals PVC (dat reeds voor W.O.II bestond) en nylon, die nog steeds in meer dan 1 miljoen ton per jaar worden geproduceerd.

Hoewel het aantal nieuwe productlanceringen is afgenomen, blijft O&O van groot belang voor de verdere groei van de industrie. De chemische industrie is dan ook een 'high-tech' industrie die sterk profiteert van de ontwikkelingen in sectoren zoals elektronica en engineering. Hoewel de discussie in de chemische industrie zich concentreert rond een aantal multinationale giganten – o.a. Dow, BASF, Bayer, Du Pont, Shell – is de industrie zeer divers qua structuur en samenstelling, met ook veel kleine en middelgrote ondernemingen (KMO's).

Niet minder dan 98% van de ondernemingen actief in de chemische industrie in Europa zijn KMO's (AllChemE). De resterende 2% van de ondernemingen zijn grote tot zeer grote ondernemingen van wereldformaat: 6 van de top-10 chemische bedrijven in de wereld zijn gevestigd in Europa. Het beeld in België, en specifiek in Vlaanderen, is niet anders. De overgrote meerderheid van de bedrijven actief in de chemische sector valt onder de groep KMO's (zie verderop in deze sectie).

Daarnaast is er een betrekkelijk kleine groep van grote nationale en internationale ondernemingen zoals UCB, Solvay, Tessenderlo Chemie, BASF, BP Chemicals, TotalFina, Borealis, Bayer, Degussa, om enkele voorbeelden te noemen. De 'openheid' van de Belgische, en dus ook van de Vlaamse economie, stimuleert de vestiging van ondernemingen van buitenlandse oorsprong. Vlaanderen heeft door de jaren heen een van de belangrijkste centra van chemische activiteit in de wereld opgebouwd.

De schaduwzijde van het succes van de chemische industrie lijkt echter dat ondanks de grote successen van het verleden, de publieke opinie toch weinig erkenning en waardering lijkt te hebben voor deze prestaties. De reputatie van de industrie is matig tot slecht; in het Verenigd Koninkrijk is in 2002 een

gunstigheidsindex<sup>2</sup> van rond de 20% vastgesteld, het gevolg van een langdurig dalende tendens in de jaren daarvoor (DTI, 2002) – hoewel voor Vlaanderen dergelijke gegevens ontbreken is het aannemelijk dat de sector in Vlaanderen ook met een negatief imago te kampen heeft. De publieke opinie is sterk onder de indruk van de vermeende milieu- en gezondheidseffecten van de producten en processen van de industrie. Daarbij komt dat de steeds strenger wordende regelgevende context, die overigens sterk stoelt op deze publieke opinie, het brede publiek niet lijkt gerust te stellen, integendeel zelfs. Het wantrouwen jegens de industrie lijkt alleen maar te zijn gegroeid de afgelopen jaren. Het lijkt duidelijk dat de toekomstige dynamiek en groei van de industrie voor een groot deel zullen afhangen van de publieke perceptie van de industrie en de door haar geleverde inspanningen omtrent deze perceptie.

## 3.2 HOE EEN KLEIN LAND GROOT IS GEWORDEN IN CHEMIE...

### 3.2.1 Geschiedenis van de chemie in België en Vlaanderen

*“Know the past to know the future...”*

#### De chemische industrie tot 1914

De eerste technologische golf in de chemische industrie situeerde zich voornamelijk in de anorganische scheikunde. België is ten volle in deze ontwikkeling gestapt. Daarbij ging het voornamelijk om de zwavelzuurindustrie (later verbonden met kunstmeststoffen) en de soda-industrie.

- De zwavelzuurproductie (samen met salpeterzuur) is zowat de eerste chemische syntheseproductie in België (in 1759). Aanvankelijk was deze productie gebaseerd op zwavel en het roosten van pyriet. Later zal zwavelzuur voornamelijk een nevenproduct worden van het roosten van zinkblende. De chemische industrie ontwikkelt zich zo als nevenactiviteit van de non-ferro industrie.
- De productie van kunstmeststoffen ligt in het verlengde van deze zwavelzuurproductie en zal zich dan ook zeer sterk ontwikkelen.
- Het Solvay-proces voor de productie van soda (natriumcarbonaat) zal eveneens vanaf 1861 een belangrijke uitbreiding kennen. Solvay slaagt er bovendien in om te internationaliseren.

---

<sup>2</sup> De gunstigheidsindex is een index die de houding van het publiek, dat de industrie gunstig gezind is, meet. Zo is er ook een ongunstigheidsindex. In de studie uitgevoerd door DTI (2002), geeft men aan dat de gunstigheidsindex voor de sector in de UK, die nog 45% bedroeg in de jaren 80', gradueel is gedaald tot 23% in 2002. De belangrijkste redenen die de ondervraagde populatie hiertoe aanhalen zijn: vervuiling/milieu, afval, teveel gericht op winst, gevaren/ongelukken, geheimzinnigheid/gebrek aan openheid van de sector. Bovendien geeft 21% van de ondervraagden aan dat zij bereid zijn, indien zij de keuze hadden, te werken voor de chemische sector.

- De springstoffennijverheid kent eveneens een sterke bloei en rond 1900 wordt 3/4 van de Belgische productie uitgevoerd.

Buiten de anorganische scheikunde ontwikkelen zich voornamelijk de kunstvezels (Chardonnet-vezel en viscose-vezel). Ook de fotografie kent onder Lieven Gevaert een belangrijke start (1894). Opvallend is dat de eigenlijke organische scheikunde, de koolstofchemie, niet echt van de grond komt en dit ondanks het aanzienlijke aantal cokesfabrieken in België. Deze fabrieken beperken zich tot benzol- en teerdistillatie ten behoeve van de export. In Duitsland en Zwitserland daarentegen wordt de valorisatie van deze producten sterk uitgebouwd (kleurstoffen, farmaceutische producten,...). Ook de petroleumindustrie komt niet echt van de grond. De belangrijkste kenmerken van de ontwikkeling van deze periode zijn dan ook:

- De sterke ontwikkeling van ruwe en halfafgewerkte chemische producten (voornamelijk anorganische chemie) in tegenstelling tot de zwakke ontwikkeling van hoogtechnologische chemische producten.
- Het afgeleide karakter van de chemische industrie (nevenactiviteiten van de non-ferro en cokesector).
- De reeds belangrijke rol van buitenlandse vestigingen reeds vanaf 1890 (Balen-dynamiet, Tessenderlo-chemie, Kuhlman-Gent,...)
- De invloed van de overheid op deze ontwikkelingen ligt voornamelijk in een onrechtstreekse stimulering via een aantal gunstige economische contextfactoren: wet op de SO<sub>2</sub> (die de zwavelzuurproductie stimuleerde), uitbouw van het landbouwonderwijs (wat de introductie van kunstmeststoffen stimuleerde), politiek van lage lonen, de vrijhandelspolitiek die de export stimuleerde,... De Duitse overheid daarentegen oefent een meer directe invloed uit op haar chemische sector, wellicht ook de redenen voor de snelle ontwikkeling van de chemie in Duitsland: steun aan de ontwikkelingen (research) van kleurstoffen en farmaceutische producten, protectionistische maatregelen voor de chemische industrie en grote aandacht voor de uitbouw van het technisch onderwijs op alle niveaus.

#### • De periode 1914 - 1939

De gunstige factoren die de Belgische specialisatie in ruwe en halfafgewerkte producten hadden bevorderd, zullen in belangrijke mate verzwakken (de lonen beginnen na W.O.I sterk te stijgen, de nieuwe industrielanden in de wereld beginnen zich eveneens op de fabrikaten toe te leggen, o.a. kunstvezels, de zinkertsbevoorrading wordt ongunstiger,...)

De tendens tot uitbreiding van de traditionele halfafgewerkte producten kan echter doorgevoerd worden dankzij een reeks gunstige externe factoren:

- De lonen blijven ondanks alles toch relatief lager dan in vele andere Europese landen.
- De staalproductie wordt sterk uitgebreid waardoor de chemie als nevenactiviteit mee uitgebreid kan worden.
- De Belgische economie en infrastructuur kwamen relatief weinig gehavend uit de oorlog.
- De devaluaties van 1926 en 1935 bevorderden heel sterk de export.

Tenslotte werd eveneens het accent gelegd op concentratie en schaalvergroting, hetgeen de kostprijzen in belangrijke mate drukte, iets wat zich uitte in de samensmelting van chemische bedrijven in grotere groepen. Meer dan 60 jaar later zien we dezelfde tendensen geïnspireerd op dezelfde doelstellingen.

De tweede grote technologische golf in de wereldchemie werd gekenmerkt door de versnelde ontwikkeling van de organische chemie. Alhoewel de Belgische chemie grotendeels haar traditionele sectoren verder uitbouwde, was er een belangrijke nieuwe technologische ontwikkeling die goed paste in deze traditie, namelijk de productie van ammoniak (op basis van stikstof uit lucht en cokesgas van de cokesfabrieken). Hierdoor werd de meststoffensector nog verder versterkt. Ook de springstoffenindustrie werd hierdoor beïnvloed. De belangrijkste uitzonderingen op deze traditionele wegen van de Belgische chemie betreffen de innovaties gerealiseerd door Lieven Gevaert in de fotografische sector en deze in de farmaceutische sector door Meurice, Coutelier en vanaf de jaren '50 de Laboratoria Janssen. Deze sectoren zullen dan ook van groot belang worden.

#### • De periode na 1945

Na W.O.II kan men spreken van een derde technologische golf in de wereldchemie gebaseerd op de petrochemie (plastics, thermoharders als polyurethaan, nieuwe generaties kunstvezels, detergents,...). Tot aan het begin van de jaren '50 kon de Belgische chemie zich verder ontwikkelen op haar traditionele producten en was de innovatienood nog onvoldoende dringend. De beperkte schade die de Antwerpse haven had geleden, de snelle bevrijding en de stuwkracht van de wederopbouw na de oorlog begunstigden immers de export van halffabrikaten. Eens deze opflakking uitgeput, werd het probleem van de modernisering en de innovatie in het productengamma meer acuut. Ook de Belgische overheid werd zich hiervan bewust. In een eerste fase werd gepoogd om de belangrijkste Belgische producenten bijeen te brengen in een studiegroep "Petrochim" (1947 - Solvay, Carbochimique, UCB, SBA) teneinde de petroleumraffinage en de daaropvolgende petrochemie op 'Belgische' leest uit te bouwen.

Vooral het gebrek aan technologische knowhow in België zou deze poging doen mislukken. Daarom werd er ook uitgekeken naar buitenlandse inbreng al dan niet in joint venture verband. De overheid zou deze ontwikkeling trachten te bevorderen via een doorgedreven 'onthaalpolitiek' ten gunste van de buitenlandse multinationals: haven- en transportinfrastructuren, industrieterreinen, wetten op de economische expansie, enzovoort. Vooral vanaf de jaren '60 zou deze politiek gekoppeld aan de economische wereldexpansie leiden tot de intrede van eerst Amerikaanse en later Duitse chemiebedrijven (voornamelijk in de petrochemie). Daarnaast kenden zowel de fotografische en de farmaceutische industrie een sterke dynamiek. De versterking van de lokale O&O inspanningen ten opzichte van de vorige periode was hiervan een duidelijk teken.

O&O inspanningen zullen ook in de 21e eeuw een steeds belangrijker rol spelen bij de ontwikkeling van de sector en de opbouw van competitieve voordelen. De nood aan verbeterde productontwerpen, hogere efficiëntie (op vlak van verbruik van water, energie, grondstoffen, enzovoort), minder uitval en afval, milieuvriendelijke productiesystemen, en het benaderen van het brede publiek om risico's en opbrengsten van de chemische industrie beter in kaart te brengen, zullen in hoge mate druk uitoefenen op de innovativiteit in de sector. Ondanks de verzadigde markten in het westen, de intense prijscompetitie in bulk en basisproducten (mede door de opkomst van het Verre Oosten), de toegenomen transportkosten, en de toenemende regelgeving, staat de industrie aan de vooravond van een renaissance; een renaissance die sterk gedreven wordt door toegenomen inzichten op het niveau van moleculaire chemie, en de ongelimiteerd lijkende mogelijkheden die de combinatie tussen chemie, biologie en engineering met zich mee brengt. Gentechnologie en biotechnologie spelen daarin een zeer belangrijke rol.

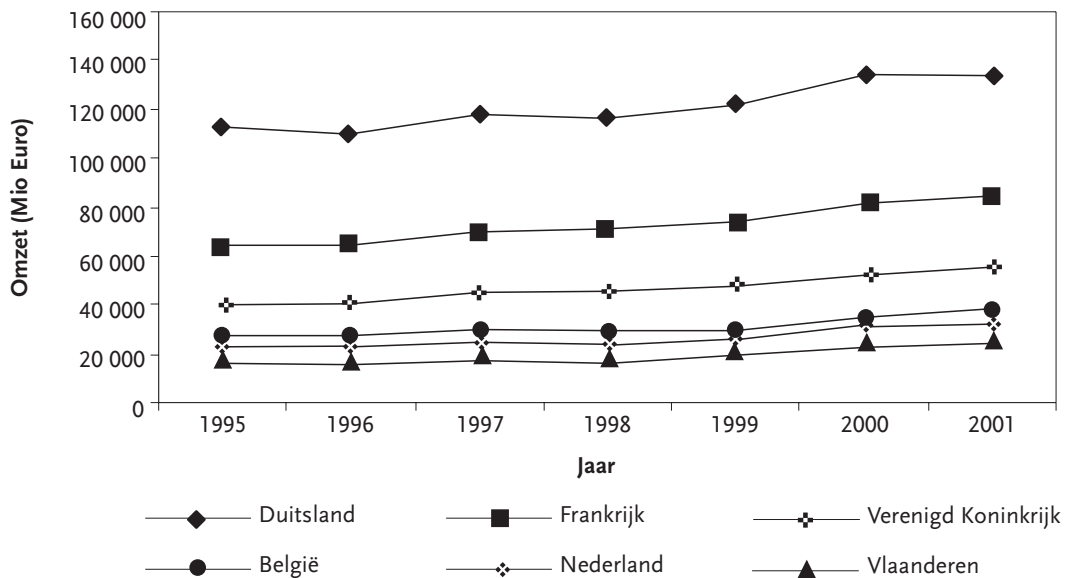
### **3.2.2 De chemische industrie in België en Vlaanderen vandaag**

België is een van de grootste spelers in de chemische industrie in Europa. Op basis van het omzetcijfer per inwoner is België binnen Europa veruit het sterkste land op dit gebied. Tal van chemische multinationale ondernemingen, als resultaat van het hierboven beschreven beleid, zijn gevestigd in België. De basischemie bevindt zich vooral in de industriezones van Antwerpen en van Feluy. De opmerkelijk groeiende farmaceutische industrie, alsook een groot aantal KMO's die vooral actief zijn in de verwerkende industrie, zijn zowel in het Vlaamse als in het Waalse Gewest goed vertegenwoordigd (Fedichem, 1999a).

Hoewel België maar 2.7% van de bevolking van de Europese Unie vertegenwoordigt, realiseert het 8.5% van de omzet van de Europese chemie, 5.6% van de tewerkstelling, 13.8% van de uitvoer en 7.3% van de investeringen (Fedichem, 1999a) – zie figuur 3. Vlaanderen als regio speelt veruit de belangrijkste rol in de Belgische chemische industrie. Het belangrijkste chemiecentrum van het Vlaamse Gewest ligt in Antwerpen. Sinds de jaren '50 hebben de petrochemische basisindustrieën zich in het Antwerpse havengebied gevestigd, vlakbij de raffinaderijen en de haveninstallaties. De haven van Antwerpen staat, na Houston (Texas) in de VS, op de 2e plaats van de wereldranglijst der chemische centra. Deze zone is uitgebreid naar de Kempen en Limburg, waar ze aansluit bij de chemiepool Tessenderlo. Op die as bevinden zich vooral producenten van kunststoffen, anorganische producten, farmaceutische producten en kunststofartikelen. Het tweede belangrijkste chemiecentrum is de haven van Gent en de oevers van het kanaal Gent-Terneuzen: de fabricage van minerale, anorganische en organische chemische producten en grote eenheden voor kunststof- en rubberverwerking (Fedichem, 1999b). Vlaams-Brabant is ook belangrijk voor de fijnchemie en de parachemie (geneesmiddelen, verven, vernissen, stopverven, inkt en huishoudelijke producten).

In figuren 3a tot en met 4b worden enkele feiten weergegeven met betrekking tot het belang van de Belgische chemische industrie in Europa. Figuur 3a laat de evolutie in de omzet zien vanaf 1995. We zien dat de Belgische chemische industrie in absolute cijfers een hogere omzet genereert dan de chemische industrie in Nederland. Tegelijkertijd zien we dat ten opzichte van Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk, landen die als chemiereuzen beschouwd kunnen worden, de omzet beduidend lager ligt. Echter, indien we de verschillen in grootte tussen de verschillende landen in ogenschouw nemen (aantal bedrijven, aantal inwoners, lokale afzetmarkt), dan blijkt dat de Belgische chemische industrie zeer goed presteert in vergelijking tot de omliggende landen (zie figuur 3b). Na 1999 is deze voorsprong nog verder uitgebouwd en is de omzet in de industrie gegroeid tot 3500€ per inwoner (vergelijk 1600€ per inwoner voor Duitsland). In 1998 bedroeg het aandeel van het Vlaams Gewest in de totale omzet van de chemische sector 66% (Fedichem, 1999c). In 1999 is het aandeel van de Vlaamse chemie toegenomen met 3.5% tot 69.5% (Min. Van de Vlaamse Gemeenschap, 2001).

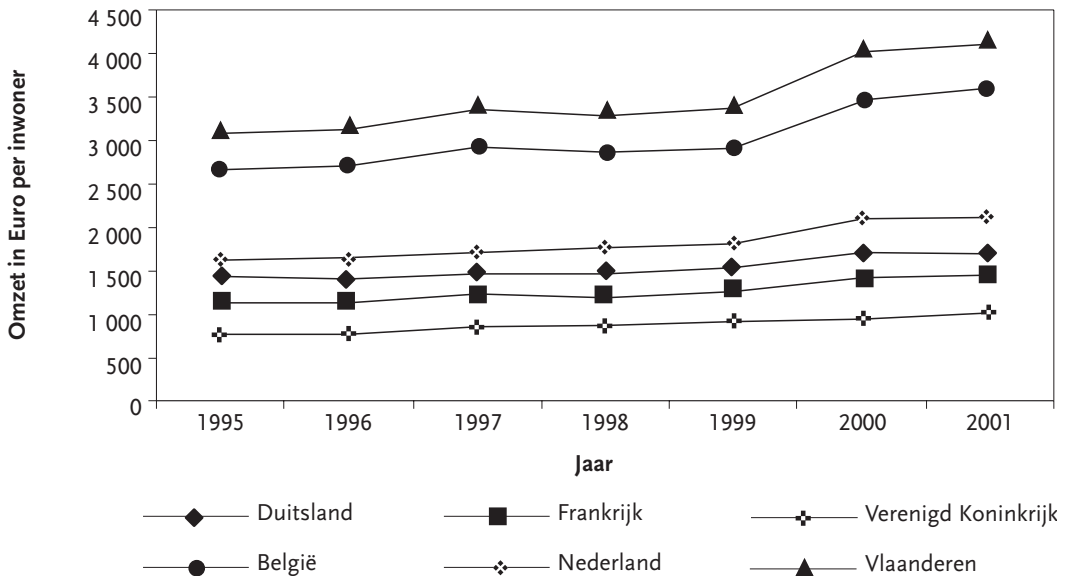
Figuur 3a: Overzicht van de evolutie van de omzet in de chemische industrie<sup>3</sup>



Bron: data CEFIC, 2002 (berekeningen INCENTIM)

<sup>3</sup> De omzet voor Vlaanderen is berekend op basis van een gemiddeld omzetaandeel van 67% in het Belgisch totaal in de chemie

Figuur 3b: Overzicht van de evolutie van de omzet in de chemische industrie per inwoner<sup>4</sup>



Bron: data CEFIC, 2002; Eurostat (berekeningen INCENTIM)

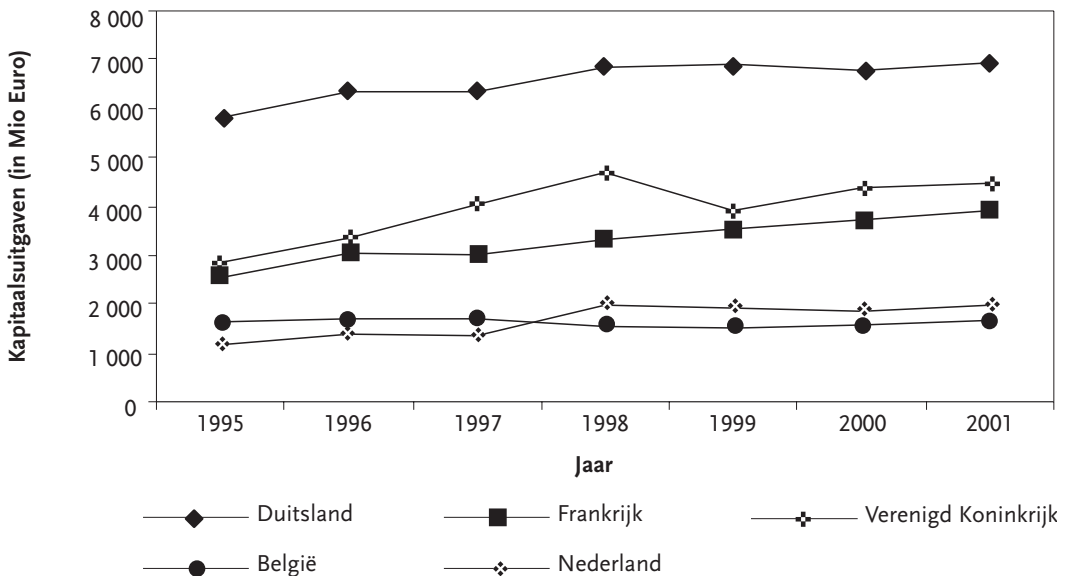
We bekijken verder de kapitaalsuitgaven in de sector (figuur 4a). Duitsland, in de vergelijkingsgroep van landen, is de absolute koploper gevolgd door het Verenigd Koninkrijk en Frankrijk. De Nederlandse en Belgische chemische industrie vertonen nagenoeg hetzelfde niveau van kapitaalsuitgaven, waarbij het opvalt dat Nederland, vanaf medio 1998, een hogere investeringsgraad vertoont dan België. Wanneer we deze data deels corrigeren voor grootte, met behulp van populatiegegevens, dan zien we opnieuw dat de Belgische chemische industrie de hoogste kapitaalsinvestering per inwoner noteert voor de vergeleken landen (zie figuur 4b). Van de totale kapitaalsinvesteringen in de Belgische chemische industrie nemen de bedrijven uit het Vlaamse Gewest jaarlijks gemiddeld 77.3% voor hun rekening (Fedichem, 1999b). Wanneer we verder inzoomen op de bestemming van de investeringen in het Vlaamse Gewest, dan zien we dat jaarlijks gemiddeld 57.2% van de investeringen bestemd is voor expansie en nieuwe producties, 39.1% voor vervanging, modernisering en milieubescherming.

<sup>4</sup> De omzet voor Vlaanderen is berekend op basis van een gemiddeld omzetaandeel van 67% in het Belgisch totaal in de chemie en een populatieaandeel van 58%.



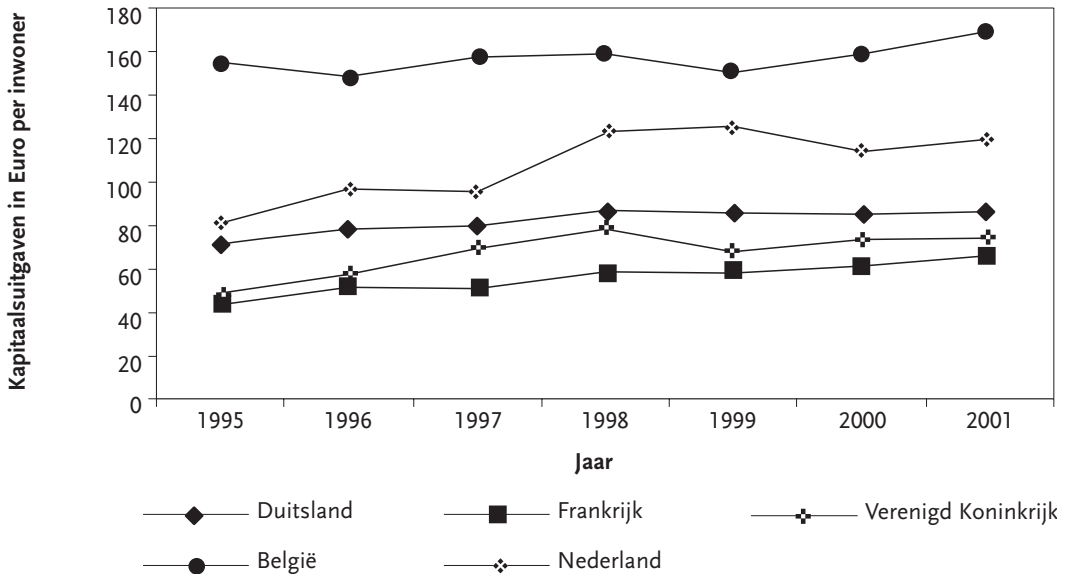
Uit de opsplitsing van de werkgelegenheid in de sector naar Gewest, blijkt dat Vlaanderen veruit de belangrijkste rol speelt: gemiddeld zien we dat Vlaanderen ongeveer 65-66% van de werkgelegenheid (in 1999 bedroeg dit aandeel zelfs 68.8% – Min. Van de Vlaamse Gemeenschap, 2001) in de sector voor zijn rekening neemt, terwijl voor Wallonië en Brussel de percentages op respectievelijk 21-22% en 12-14% liggen. Het aandeel van de chemische industrie in het Vlaamse Gewest in de totale werkgelegenheid over de jaren heen is gestegen van 63.7% naar 66.1% in 1998 (Fedichem, 1999b). In 2001 bedroeg de totale werkgelegenheid in de chemie 100.700 banen (CEFIC, 2002), een groei ten opzichte van 1998 van 6.03%. Het is duidelijk dat een klein land als België, en daarbinnen het Vlaams Gewest, een grote rol kan spelen in de internationale chemische industrie.

Figuur 4a: Overzicht van de evolutie van de kapitaalsuitgaven in de chemische industrie



Bron: data CEFIC, 2002 (berekeningen INCENTIM)

Figuur 4b: Overzicht van de evolutie van de kapitaalsuitgaven in de chemische industrie per inwoner



Bron: data CEFIC, 2002; Eurostat (berekeningen INCENTIM)

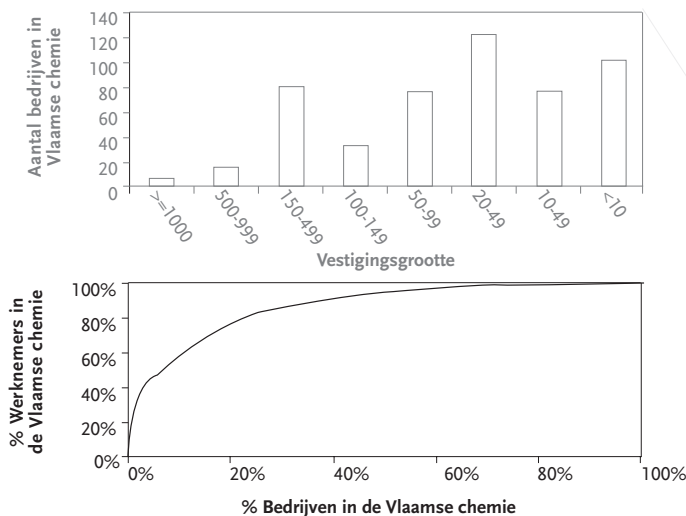
### 3.2.3 Weergave van enkele knelpunten in en rond de chemische industrie in Vlaanderen

Het mag inmiddels duidelijk zijn dat de Vlaamse chemische industrie een belangrijke rol vervult als een van de belangrijke economische sectoren in België maar ook in Europa. Tegelijkertijd echter zien we dat de chemische industrie, ook in de ons omringende landen zoals het Verenigd Koninkrijk en Duitsland, sterk onder druk staat van zowel endogene als exogene factoren (o.a. het algemene sociaal-economisch klimaat). Het volgende hoofdstuk zal uitgebreid ingaan op de omgevingsontwikkelingen, ofwel trends, van invloed op de chemische industrie. In het vervolg van deze sectie zullen we enkele belangrijke onderwerpen, evenals gepercipieerde knelpunten, aanhalen die in de gesprekken met de diverse experts (n=18) uit de chemische industrie aan bod zijn gekomen<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Ook al is het geen expliciet doel van deze studie om een 'doorlichting' te doen van de chemische industrie in Vlaanderen, is het toch van groot belang om stil te staan bij enkele knelpunten, zoals weergegeven door de experts, in het licht van de toekomstige ontwikkeling van de sector. Gewezen dient te worden op het feit dat de expertuitspraken niet afzonderlijk 'geobjectiveerd' zijn via aanvullend onderzoek.

In figuur 5, wordt de spreiding weergegeven van het aantal werknemers in de Vlaamse chemie over het aantal actieve chemievestigingen/bedrijven in Vlaanderen. Het blijkt overduidelijk, conform de structuur van het gehele Belgische industrieel landschap (gekenmerkt door zijn 'open' karakter), dat ook in de chemie in het Vlaamse Gewest er een scheve distributie bestaat van de werknemerspopulatie over het aantal bedrijven actief in de sector. Zo zien we dat ongeveer 1% van de vestigingen voor 27% van de werkgelegenheid instaat. Bij 20% van de bedrijven is dat al bijna 80% van de totale werkgelegenheid in de sector in het Vlaamse Gewest. Er zijn dus slechts enkele grote (multinationale) bedrijven die voor het grootste deel van de werkgelegenheid in de chemie zorgen, gevolgd door een hele groep KMO's (op basis van data uit 1998 hebben 381 van de 516 bedrijven minder dan 100 werknemers, waarvan er 281 bedrijven zelfs minder dan 20 werknemers hebben). Het uitvergroete deel van figuur 5 geeft een overzicht van het aantal bedrijven per vestigingsgrootte. De rol van de grote buitenlandse vestigingen (veelal in de petrochemie) in de lokale werkgelegenheid betekent voorts een verhoogde kwetsbaarheid ten aanzien van werkgelegenheid in de sector, en daarmee ook een toenemende druk naar de lokale overheid toe om een zo gunstig mogelijk ondernemingsklimaat te blijven creëren. Overigens dient vermeld te worden dat ook op Europees niveau een dergelijke sectoriële concentratie voorkomt.

Figuur 5: Spreiding van het aantal werknemers over het aantal chemische bedrijven in het Vlaamse Gewest



Bron: data Fedichem, 1999b (berekeningen INCENTIM)

In tabel 3 wordt een integraal overzicht gegeven van de gesignaleerde aandachtspunten (knelpunten) in de gesprekken met de experts uit de chemische sector (n=18). De aandachtspunten zijn geclusterd rond de volgende categorieën:

- Wetgeving en regionale implementatie
- Beschikbaarheid arbeidskrachten / opleiding
- Kennisbasis en -infrastructuur
- Rol van de overheid / perceptie sector
- Personeel
- Logistieke infrastructuur

Alvorens te beginnen met de bespreking van de bevindingen anno 2003, willen wij wijzen op de grote overeenkomsten hiervan met de bevindingen van een sterkte/zwakte analyse van de sector, uitgevoerd door de Dienst voor de Nijverheidsbevordering in 1981 op aanvraag van de toenmalige Minister voor Economische Zaken, de heer W. Claes. Hoewel sindsdien veel is bereikt op verschillende niveaus, blijkt toch dat vele structurele bevindingen aangaande de chemische sector vandaag de dag nog actueel en onveranderd zijn; een voorbeeld hiervan is de 'hoge loonkosten', toen een prominente rol als zwakte voor de industrie, nu nog steeds een actueel onderwerp. Hetzelfde geldt voor de 'mogelijke zwakte van de KMO-dimensie', of voor de 'dreiging van nieuw opkomende, industrialiserende landen'. We zullen in het vervolg van deze uiteenzetting nog dikwijls hiernaar verwijzen.

Op het vlak van wetgeving en de implementatie op het regionale niveau, wordt dikwijls gesproken over 'politisering' in de betekenis van politieke belangen die een rol spelen bij bijvoorbeeld de implementatie van EU-milieurichtlijnen. De regionale en bestuurlijke opdeling van België, maar ook de niet-optimale regionale afstemming, dragen hiertoe bij. Het laatste brengt uiteraard serieuze problemen met zich mee voor bedrijven met vestigingen in de verschillende regio's. Het ontbreken van een ondersteunings-systeem voor de implementatie van richtlijnen en regels door de verschillende bedrijven (vooral KMO's) en de expertiseopbouw hieromtrent wordt als een risico gezien voor de gehele sector; het betreft hier eveneens onderwerpen rond de 'handhaving' van de verschillende richtlijnen en regels.

Rond de beschikbaarheid van arbeidskrachten baart vooral de dalende trend van de instroom in de natuurwetenschappen zorgen. Het negatieve imago van de sector speelt hierbij vermoedelijk een belangrijke rol. De toekomst van de industrie in Vlaanderen hangt immers sterk af van de beschikbaarheid van hoogopgeleid personeel, zeker nu er een verschuiving merkbaar is naar 'kennis' als een cruciale factor voor competitiviteit. Vooral in het licht van de opkomende concurrentie uit Aziatische landen, die zich sterk profileren in de arbeidsintensieve chemie, zal deze verschuiving alleen maar sterker merkbaar zijn. Samen met deze verschuiving zien we een evolutie naar multidisciplinariteit, naar het combineren van technische disciplines, om in staat te zijn nieuwe productcombinaties vorm te geven. De experts uiten hun zorg over de mate waarin deze 'nieuwe' zienswijze is doorgedrongen in de aangeboden curricula van onze hogescholen en universiteiten.

Rond de aanwezige kennisbasis en kennisinfrastructuur in Vlaanderen wordt vooral gewezen op de versnippering van de onderzoeksactiviteiten en het gebrek aan afstemmingsmechanismen. Veelvuldig wordt verwezen naar de noodzaak tot identificeerbare kennisplatformen, die ervoor zorgen dat deze afstemming beter kan plaatsvinden. Daarbij komt dat toonaangevend onderzoek binnen de chemische sector alsmaar meer kost, kosten die nauwelijks door de vele KMO's die Vlaanderen rijk is gedragen kunnen worden (uiteraard geldt dit niet voor multinationale ondernemingen). Specifieke taakgroepen, overlegplatformen, zouden een goede uitkomst bieden voor grootschalig, multidisciplinair, niet-competitief onderzoek waarvan aldus meerdere ondernemingen kunnen profiteren. De initiatieven die genomen worden, bijvoorbeeld door gebruik te maken van de kanalen van het IWT of de Europese Commissie, ter bevordering van wetenschappelijk onderzoek stuiten tegen gevreesde hoge administratieve lasten en ongewenste en/of onbedoelde diffusie van intellectuele eigendommen naar concurrenten. In het kielzog van de toenemende internationale overnames van bedrijven, ook bedrijven gevestigd in Vlaanderen, is men beducht voor het fenomeen van 'brain-drain' door het wegtrekken van O&O inspanningen naar de thuislanden. 'Moeder-dochter' relaties, waarbij de dochters nationale bedrijven zijn, worden tevens gekenmerkt door 'knowledge-drain'; lokale kennis, lokale voorsprong, wordt door het buitenlands moederbedrijf geëxploiteerd.

De inbreng van de overheid rond de chemie in Vlaanderen wordt als onvoldoende geacht. Ondanks het feit dat de chemie de belangrijkste sector is in termen van contributie aan het Bruto Binnenlands Product (BBP) en de werkgelegenheid, vinden de experts dat er onvoldoende, vooral immateriële, 'steun' gegeven

wordt aan de sector. Hierbij wordt dikwijls verwezen naar het 'slechte' imago van de sector onder de bevolking en de mogelijk rol die de overheid als neutrale partij kan spelen bij het verbeteren daarvan.

Hoge loonkosten (verplichte indexering, plafonnering RSZ,...) wordt veelal genoemd als een factor die, in vergelijking tot andere landen, de competitiviteit negatief beïnvloed. Enkele multinationale ondernemingen stellen tevens dat deze kostenpost een grote rol zal spelen bij het nemen van herallocatie en/of uitbreidingsbeslissingen. De macht van de vakbonden, vooral in relatie tot benodigde personeelsflexibiliteit, wordt tevens als bijkomende factor aangehaald. Echter ook de hoogte van energie- en milieukosten wordt als negatief ervaren, en wel in toenemende mate.

Op logistiek vlak maken de experts zich zorgen over de 'bereikbaarheid' en de transportsnelheid van producten. Aanleiding daartoe zijn de dichtslibbende verkeersaders in Vlaanderen en België. De stimulering van alternatieve transportmodi zoals vervoer over binnenwateren en spoor laat nog te wensen over, vooral wat betreft de infrastructurele realisaties die daarvoor nodig zijn. Ook op Europees niveau kunnen tal van verbeteringen doorgevoerd worden, vooral wat betreft standaardisatie van mobiele infrastructuur.

Tabel 3: Integraal overzicht van aandachtspunten (knelpunten) van belang voor de toekomstige evolutie van de chemische sector in Vlaanderen (aangedragen door de geïnterviewde experts in en rond de chemische sector)

Wetgeving en regionale implementatie	Beschikbaarheid arbeidskrachten/ opleiding	Kennisbasis en -infrastructuur	Rol van de overheid/ perceptie sector	Personeel	Logistieke infrastructuur
<p>Politisering en implementatie van EU-regelgeving.</p> <p>Gebrek aan samenwerking tussen de regio's (bijv. inzake protocol van Kyoto).</p> <p>Moeizaam traject van verkrijgen van vergunningen.</p> <p>Wetgeving op lokaal niveau niet altijd duidelijk; niet altijd samenhangende beleidsstandpunten.</p> <p>Gebrek aan ondersteuning bij implementatie regels (KMO's).</p> <p>Soms overambitieuus wat betreft regels en implementatievoorkeuren.</p>	<p>Zorgelijke dalende trend in instroom natuurwetenschappen.</p> <p>Te monodisciplinaire visie in opleidingstrajecten (nieuwe eisen vragen juist om multidisciplinariteit).</p> <p>Toenemende eisen gesteld aan werknemers.</p> <p>Vrees voor afnemende beschikbare hoogwaardige kennis bij werknemers.</p>	<p>Gebrek aan overkoepelend kenniscentrum (virtueel en non-competitief) rond chemie.</p> <p>Versnippering van het onderzoekslandschap.</p> <p>Gebrek aan actieve inmenging en aansluiting bij internationale kennisnetwerken.</p> <p>Aanvraagprocedures tot onderzoeksfincancier als complex en bureaucratisch ervaren.</p> <p>'Knowledge-drain' naar buitenlandse bedrijven (moederbedrijven).</p> <p>Ontbreken van platformen (taalgroepen) voor grootschalig 'state-of-the-art' onderzoek.</p> <p>Onvoldoende financieel draagvlak bij vele KMO's.</p>	<p>Gevoel van 'afwezigheid' van actieve (immateriële) overnameisdeun van de belangrijkste sector in Vlaanderen.</p> <p>Negatief imago, weinig draagvlak bij de gemeenschap (bijv. 'onveilige industrie').</p> <p>Ongenuanceerde uitspraken rond de werking van de chemische sector (bijv. in de media).</p> <p>Onvoldoende inspanningen ter vergroting populariteit chemie.</p>	<p>Relatief hoge loonkosten die zwaar wegen in herallocatie en uitbreidingsbeslissingen (indexering, plafonnering RSZ,...).</p> <p>Toenemende macht vakbonden in relatie tot bijv. inzake benodigde flexibiliteit arbeidskrachten.</p>	<p>Problemen in de belangrijkste verkeersaders in Vlaanderen; capaciteit reeds overschreden.</p> <p>Competitiviteit: transport via (binnen)water en/of trein is nog onvoldoende; overheid stimuleert onvoldoende.</p>

# HOOFDSTUK 4

## HUIDIGE EN TOEKOMSTIGE UITDAGINGEN VOOR DE CHEMISCHE INDUSTRIE

### 4.1 ACHTERGROND BIJ HET IN KAART BRENGEN VAN DE SOCIO-ECONOMISCHE ONTWIKKELINGEN

Het uitgangspunt van deze studie is dat technologieverkenning niet geassocieerd mag worden met toekomstvoorspelling. Het pad verkennen betekent dan ook een stapsgewijze en voorzichtige aanpak. Succesvolle technologische ontwikkelingen, innovaties, worden gekenmerkt door het inspringen op specifieke maatschappelijke of economische ontwikkelingen (behoeften). Dat is uiteraard niet anders voor de chemische industrie. Innoveren om te innoveren kan en mag geen doelstelling, ofwel strategisch uitgangspunt, zijn. Het spreekt dan ook voor zich dat het belangrijk is om een goed inzicht te hebben in de ontwikkelingen, trends, sociaal-economische vraagstukken die in de maatschappij, en dus ook in en rond de chemische sector, een rol spelen.

Zoals reeds in het methodologisch kader is uiteengezet (sectie 1.4) is de doelstelling van deze studie om technologische ontwikkelingen expliciet te 'kaderen' binnen de verschuivingen in het sociaal-maatschappelijk krachtenveld, uiteraard vanuit de optiek van maximalisatie van het sociaal maar ook economische rendement van technologische innovaties. In figuur 1.1 (in sectie 1.4) is deze integrale aanpak gevisualiseerd. Ter herinnering, er zijn drie dimensies onderscheiden: 1) de socio-economische ontwikkelingen (trends), 2) de technologische ontwikkelingen, en 3) het toepassingsgebied (subsector binnen chemie). Er wordt zoveel mogelijk getracht deze drie dimensies te combineren.

Op basis van de analyse van de structuur van de chemische industrie en op basis van de focus van deze studie, is de derde dimensie, het toepassingsgebied, geoperationaliseerd naar drie subsectoren toe: 1) de groep basischemicaliën, 2) de groep gespecialiseerde of hoogwaardige chemicaliën, en 3) de groep fijnchemicaliën. Hoewel de twee laatstgenoemde groepen dicht bij elkaar liggen, lijkt het toch zinvol om het onderscheid te maken. Hierbij heeft de product/procesgebaseerde invalshoek voorrang gekregen op de (economische) sectorspecifieke invalshoek van bijvoorbeeld de welbekende NACEBEL classificatie. Met andere woorden, gesignaleerde technologische evoluties zullen bekeken worden in relatie tot hun toepassing bij het voortbrengen van een van deze groepen producten (subsectoren) – daar waar mogelijk uiteraard. Voor een toelichting over de betekenis van deze productgroepen en de segmentatie van de chemische industrie wordt verwezen naar paragraaf 3.2.2 en figuur 4. De geïdentificeerde socio-economische trends zijn gebaseerd op de diverse gesprekken met de experts enerzijds, en op de gedetailleerde analyse van verschillende nationale en internationale geschreven bronnen anderzijds.



In de volgende paragraaf, paragraaf 4.2, zal een overkoepelend overzicht worden gegeven, een inventarisatie, van de belangrijkste socio-economische ontwikkelingen rond de productgroepen (subsectoren) 'basischemicaliën' en 'gespecialiseerde chemicaliën'. Als derde productgroep wordt de groep landbouwchemicaliën bekeken, een subsector die recentelijk behoorlijk in de belangstelling staat. Tegelijkertijd wordt daarbij een overzicht gegeven van de reacties van de industrie op deze ontwikkelingen. In paragraaf 4.3 zullen deze socio-economische ontwikkelingen verder gestructureerd en aangevuld worden. Paragraaf 4.4 zal u vervolgens door een gedetailleerde uiteenzetting leiden van een selectie van socio-economische ontwikkelingen met de hoogste impact op de chemische industrie.

## **4.2 GLOBAAL OVERZICHT VAN SOCIO-ECONOMISCHE ONTWIKKELINGEN VAN INVLOED OP BASIS-, GESPECIALISEERDE-, EN LANDBOUWCHEMICALIËN IN RELATIE TOT VOORLOPIGE REACTIES VAN DE INDUSTRIE**

### **4.2.1 De (markt) context rond het segment 'basischemicaliën'**

Het segment basischemicaliën omvat:

- a) Organische basischemicaliën (petrochemie)
- b) Plastiek en polymeren (kunststoffen)
- c) Anorganische basischemicaliën (exclusief meststoffen)
- d) Industriële gassen

Concurrentie binnen dit segment is vooral gebaseerd op prijs. Prijzen en winstmarges zijn volledig afhankelijk van de relatie tussen vraag en aanbod, de kosten van basisgrondstoffen en de kosten van andere hulpmiddelen die een rol spelen bij de voortbrenging. Elke vertraging in de economische groei heeft een negatieve impact op de vraagontwikkeling. In dat geval ontstaat er veelal overcapaciteit die vervolgens leidt tot prijsdruk.

Het zo efficiënt mogelijk produceren (lage kosten) is een belangrijke voorwaarde om marktaandeel te behouden en eventueel uit te breiden (terugdringen van grondstoffen, energieverbruik en loonkosten). Het is dan ook vooral in dit segment waar de opkomende concurrentie uit bijvoorbeeld Aziatische landen, met hun lagere kosten structuur, zorgen baart – het is immers zo dat de productie van basischemicaliën zeer kapitaalintensief is. Capaciteitsuitbreiding gaat meestal gepaard met hoge investeringen ('upgrading' ofwel installatie van een nieuwe productiesite). Het is ook in dit segment, gekenmerkt door grootschalige zichtbare productiestigingen, waar de roep om meer maatregelen,

overigens niet altijd gebaseerd op objectieve gronden, ter bevordering van de veiligheid en de gezondheid een grote impact heeft. In tabel 4 wordt een overzicht gegeven van de (markt) ontwikkelingen en de daarmee gepaard gaande reacties van de industrie. Opgemerkt dient te worden dat er geen 1 op 1 verband bestaat tussen de ontwikkeling en de reactie die op dezelfde hoogte staan. Meerdere reacties kunnen waargenomen worden als antwoord op meerdere socio-economische ontwikkelingen.

Tabel 4: Overzicht van enkele socio-economische ontwikkelingen rond de **basischemie** en de reacties daarop vanuit de industrie

Socio-economische ontwikkelingen	Reacties industrie
Marktverzadiging in de VS, West-Europa en Japan (daarentegen snelle groei in Azië, Latijns Amerika)	Ontwikkeling en integratie van een 'global supply chain' (Integratie in de bedrijfskolom)
Globalisatie van vraag, aanbod en concurrentie ('wereldwijde' industrie)	Strategie tot productdifferentiatie (Terugdringing van de afhankelijkheid van basischemicaliën door investeringen in gespecialiseerde chemicaliën)
Economische cycli (Overcapaciteit ten tijde van economische teruggang)	Portfoliiconcentratie (Uitbreiding bestaande markten, focus op beperkt productgamma's, lange termijn relaties met multinationals,...)
Overcapaciteit	Allianties (Verschuivingen/concentraties binnen de sector)
Toegenomen gezondheids-, veiligheids- en milieudruk (Hoge prioriteit, publieke opinie, regelgeving - concurrentie verschuift naar deze issues...)	Kostenreductie (Reorganisatie bedrijfsprocessen, introductie kostenefficiënte technologieën, reductie arbeidskosten)
Fragmentatie (Veel producenten van dezelfde basisstoffen)	Strategische inkadering milieumanagement ('Responsible care' programma's met het oog op imagoverbetering, strategisch nadenken over milieueffecten...)

#### 4.2.2 De (markt) context rond het segment 'gespecialiseerde chemicaliën'

Gespecialiseerde hoogwaardige chemische producten zijn veelal gebaseerd op basisstoffen die met behulp van de noodzakelijke technologieën getransformeerd worden tot gespecialiseerde, en soms

gepersonaliseerde, producten. Het segment van gespecialiseerde chemicaliën omvat duizenden verschillende producten in een zeer gefragmenteerde markt. Afhankelijk van de beschikbaarheid van substituten, de betreffende technologie en de mate van klantenservice, kunnen producenten een zekere macht uitoefenen ten aanzien van de prijszetting.

Productdifferentiatie via de intrinsieke eigenschappen van het product speelt een doorslaggevende rol. In tegenstelling tot de basischemicaliën, speelt hier de merkbekendheid een belangrijke rol. Met het oog op deze kenmerken slagen producenten erin om, afhankelijk van de economische conjunctuur, behoorlijke marges op hun producten te realiseren (uitgezonderd verven en vernissen). Innovatie speelt in dit segment een prominente rol. Barrières tot markttoetreding, zoals octrooiering van sleuteltechnologieën, leiden tot een relatief stabiele marktsituatie met vaak beperkte concurrentie.

Wel dient hieraan toegevoegd te worden dat het de verwachting is dat Aziatische landen binnen een afzienbare periode tevens een belangrijke rol zullen spelen in dit segment. Innovatievermogen en kennisbasis zullen aldus factoren zijn die de prestaties in de sector sterk zullen beïnvloeden. Tabel 5 geeft een integraal overzicht van de belangrijkste verschuivingen in dit segment (noot: er is geen 1 op 1 verband tussen beide kolommen uit de tabel, het betreft een overzicht van trends en reacties).

Tabel 5: Overzicht van enkele socio-economische ontwikkelingen rond de gespecialiseerde chemie en de reacties daarop vanuit de industrie

Socio-economische ontwikkelingen	Reacties industrie
Marktverzadiging in de VS, West-Europa en Japan (daarentegen snelle groei in Azië, Latijns Amerika)	Ontwikkeling en integratie van een 'global supply chain' (Integratie in de bedrijfskolom)
Globalisatie van vraag, aanbod en concurrentie (Het winstpotentieel in dit segment komt onder druk te staan doordat landen zoals China, India en Mexico zich toeleggen op ontwikkeling hierin)	Portfolio concentratie (Uitbreiding bestaande markten, focus op beperkt gamma producten, lange termijn relaties met multinationals,...)
Toegenomen gezondheids-, veiligheids- en milieudruk (Hoge prioriteit, publieke opinie, regelgeving – concurrentie verschuift naar deze issues...)	Allianties (bijvoorbeeld Akzo - Nobel alliantie)
	Kostenreductie (Reorganisatie bedrijfsprocessen, introductie kostenefficiënte technologieën, reductie arbeidskosten)

Socio-economische ontwikkelingen	Reacties industrie
<p><i>Specifiek voor dit segment:</i></p> <p>'Specialties' worden langzaam aan 'commodities' (Toegenomen volumes en een groter aantal producenten op de markt, leiden ertoe dat gespecialiseerde producten het karakter van commodities krijgen)</p> <p>Kortere productlevenscycli (De economische levenscyclus van een product daalt. Beschikbaarheid van geavanceerde technologieën, intense concurrentie hebben geleid tot kortere 'time-to-market'.)</p>	<p>Differentiatie</p> <p>Integratie</p> <p>Strategisch inkaderen van milieumanagement ('Responsible care' programma's met het oog op imagoverbetering, strategisch nadenken over milieueffecten...)</p>

#### 4.2.3 De (markt) context rond het segment 'landbouwchemicaliën'

Het segment landbouwchemicaliën kan in twee grote 'families' worden onderverdeeld:

1. Meststoffen
2. Gewasbeschermers

Meststoffen zijn feitelijk anorganische basischemicaliën die een of meer van de primaire en/of secundaire voedingsstoffen voor gewassen bevatten (stikstof, fosfor, kalium). De meststoffenindustrie is sterk geglobaliseerd.

Gewasbeschermers omvatten pesticiden, onkruidverdelgers, schimmibestrijders, en groeiregulators. Elk van deze kan als dusdanig beschouwd worden als een gespecialiseerd chemisch product. We zien dus feitelijk een vermenging, een raakvlak, tussen basischemie en gespecialiseerde chemie. Tabel 6 geeft een integraal overzicht weer.

Tabel 6: Overzicht van enkele socio-economische ontwikkelingen rond landbouwchemicaliën en de reacties daarop vanuit de industrie

Socio-economische ontwikkelingen	Reacties industrie
<p>Sterke marktschommelingen (Afname is afhankelijk van wisselende en deels onvoorspelbare factoren zoals landbouwomzet en weersveranderingen; impact op afname en gebruik)</p>	<p>Toegenomen innovatie (De laatste jaren hebben producenten van landbouwchemicaliën hun O&amp;O uitgaven verhoogd om tegemoet te komen aan de strenger wordende regelgeving en om deel te kunnen nemen aan de laatste ontwikkelingen op biotechnologisch vlak)</p>
<p>Verzadigde markten in US, Europa en Japan. (Ontwikkelingslanden bieden potentieel. Toename van de bevolking, hogere inkomens, en bewuste voedingspatronen bieden potentieel voor hogere afnames)</p>	<p>Allianties (Bijvoorbeeld joint venture tussen Hoechst en Schering in landbouwchemicaliën)</p>
<p>Beleid in kwestie (Europese regelgeving heeft o.a. invloed op productie van gewassen en dus ook op de afname van meststoffen en gewasbeschermers)</p>	<p>Kostenreductie (Reorganisatie bedrijfsprocessen, introductie kostenefficiënte technologieën, reductie arbeidskosten)</p>
<p>Toegenomen gezondheids-, veiligheids- en milieudruk (Landbouwchemicaliën worden met argwaan bekeken. Vooral onderwerpen zoals milieupact, productveiligheid, vergiftiging, grondwaterverontreiniging, residuen in voedsel, hebben tot strengere regelgeving geleid terzake)</p>	<p>Strategisch inkaderen van milieumanagement (‘<i>Responsible care</i>’ programma’s met het oog op imagoverbetering, strategisch nadenken over milieueffecten...)</p>
<p>Consolidatie (Geconcentreerde sector, druk om verdere te consolideren neemt toe; hoge investeringen in nieuwe producten)</p>	
<p>Overcapaciteit (Toegenomen export van Oost-Europa en van landen uit de vroegere Sovjetunie leiden tot daling in de ‘thuismarkten’)</p>	
<p>‘Liberalisatie markt’ ➡ prijszetting gas (Toegenomen marktwerking in de landen die aardgas leveren hebben geleid tot marktconforme prijszetting voor deze grondstof: ↓prijs)(dalende prijs)</p>	
<p>Kortere productlevenscycli (gewasbeschermers) Gespecialiseerde producten worden langzaam aan basisproducten (gewasbeschermers)</p>	

### 4.3 HET “KRACHTENVELD” ROND DE CHEMISCHE INDUSTRIE IN VLAANDEREN EN DE UITDAGINGEN DIE HET TEWEEGBRENGT

*“Groeï wereldbevolking tegen 2050 tot 9 000 000 000”; impact op landbouw, voeding, water...*

*“Tegen 2050 zal de jaarlijkse uitstoot van koolstofdioxide 3x zo hoog zijn... daarnaast zullen 3 miljard mensen meer gebruik maken van de toch al onder druk staande watervoorraad...”*

*(World Development Report 2003, Wereldbank)*

In tegenstelling tot de vorige paragraaf, waarin we gekeken hebben naar de ontwikkelingen rond enkele productsegmenten, zullen we in deze paragraaf deze, maar ook andere ontwikkelingen herleiden tot een aantal ‘drivers’, externe factoren, die van invloed zijn op de ontwikkeling van de chemische industrie. Als afgeleide daarvan, zal een aantal uitdagingen geformuleerd worden die het succes van de industrie in Vlaanderen de komende jaren sterk zullen beïnvloeden.

In tabel 7 worden de belangrijkste factoren van invloed op de ontwikkeling van de chemische industrie gepresenteerd. Het belang dat toegekend kan worden aan iedere factor is verschillend en wordt in de tabel weergegeven aan de hand van de kwalificaties laag, middelmatig, hoog<sup>6</sup>. De omgevingsveranderingen (ofwel trends), waarvan enkele reeds in meer detail besproken zijn hierboven, zijn gecategoriseerd in 9 factoren. Hoewel ‘onderzoek en ontwikkeling’ (O&O), ofwel innovatie, een van deze omgevingsfactoren is, kunnen ontwikkelingen daarop inspringen en aansluiten op evoluties in de andere factoren. Denken we maar bijvoorbeeld aan de maatschappelijke wens om meer milieuvriendelijk te produceren, een wens die vanuit een technologisch oogpunt beantwoord kan worden door het ontwikkelen van ‘schone’, ofwel ‘groene’, technologieën.

Er kan dus gesteld worden dat O&O een sleutelrol zal spelen bij het verbeteren van de integratie en de acceptatie van de chemische industrie in de maatschappij (via bijvoorbeeld imagoverbetering), maar ook in het bereiken van competitieve voordelen, en dus groei, van deze industrie in Vlaanderen. Vanzelfsprekend zijn er omgevingsfactoren waarbij ‘technologie’ als zodanig geen rol speelt, maar waarop bijvoorbeeld ook de overheid als regelgever, de rol van ‘champion’ van de industrie kan spelen.

---

<sup>6</sup> De impactinschatting is het resultaat van de interviews met de experts en kan dus als zodanig niet kwantitatief onderbouwd worden.

De 9 onderscheiden impactfactoren zijn:

- Toelevering
- Economische ontwikkelingen
- Globalisatie
- Kapitaalmarkten/Financiële resultaten
- Milieu/Gezondheid/Veiligheid (Regel- en wetgeving)
- Substituten
- Onderzoek en ontwikkeling (O&O)
- Afnemers/klanten
- Informatietechnologie

Tabel 7: Impactfactoren op de chemische industrie in Vlaanderen

Impactfactoren (1)	Beschrijving	Impact
<i>Toelevering</i>	De chemische sector is sterk geïntegreerd; 1/3 van de afzet van chemische producten vindt zijn weg opnieuw naar de chemische industrie in de vorm van toeleveranties. Daarmee ontstaat er een grote afhankelijkheid van mogelijke fluctuaties in de toeleverende sectoren (denk aan de beschikbaarheid van ruwe olie bijvoorbeeld). Samenwerking en zelfs partnerships lijken daarmee noodzaak.	Middelmatig
<i>Economische ontwikkelingen</i>	Bepalende factor in de vraag naar chemische producten. De vraag naar chemische (basis)producten is deels afhankelijk van de industriële productie (constructiesector, automobielenindustrie, elektronica enzovoort). De vraag naar landbouwchemicaliën hangt af van de landbouwproductie zelf, daar waar de vraag naar gespecialiseerde chemicaliën, ofwel consumentenproducten, afhangt van het consumentengedrag. De verzadiging van vele markten speelt een rol. Consolidatie en specialisatie zetten zich door. De sterke expansie en groei in West Europa, de VS, en Japan in de laatste 3 decennia, kan verklaard worden door factoren als innovatie waarmee ook de vervanging van traditionele materialen (staal, hout, papier) door nieuwe materialen afkomstig van de chemische industrie (substitutiefactor) mogelijk werd (zie de marktschommelingen beschreven in paragraaf 3.2.3). Verder lijkt het erop dat de hype van de 'nieuwe economie' langzaam aan het omslaan is, wat weer kapitaalruimte schept voor de meer 'oude' economie.	Hoog
<i>Globalisatie</i>	Toenemende interdependentie tussen landen en bedrijven. Wereldwijde economische groei biedt vele opportuniteiten voor het verkopen van producten en diensten in landen die vroeger 'geografisch' ontoegankelijk waren. Het belang van 'buitenlandse' vestigingen is groot. Liberalisering van de wereldhandel en reductie van de handelstarieven (EU, NAFTA, GATT, etc.) hebben snelle economische groei en industriële ontwikkeling vergezeld. Multinationals hebben daarin een belangrijke rol gespeeld. Toegenomen globalisatie heeft geleid tot een geïntensifieerde concurrentie, ook in de gespecialiseerde chemicaliën waarin verwacht wordt dat de concurrentie sterk zal toenemen doordat landen zoals China, Mexico en India, ook in dit segment, in hoog tempo kennis aan het opbouwen zijn (plus kostenvoordelen). Veelal heeft dit al geleid tot herallocatie van productieveestigingen. Technologische innovatie zal een belangrijke rol spelen bij het aanboren van nieuwe markten. De problematiek van de ruimtelijke ordening in Vlaanderen speelt hierbij een belangrijke rol. Overnames, fusies zullen ook in de toekomst een grote rol spelen in de strijd om mondiale aanwezigheid.	Hoog
<i>Kapitaalmarkten/Financiële resultaten</i>	Bedrijven worden vaker beoordeeld (door aandeelhouders) op hun vermogen om nieuwe producten te ontwikkelen, die grote geldstromen kunnen genereren. Het op korte termijn nastreven van winstgevendheid, vormt een barrière voor het investeren in O&O op lange termijn. Technologische veranderingen komen in het gedrang.	Middelmatig
<i>Milieu/Gezondheid/Veiligheid (Regel- en wetgeving)</i>	Milieueisen hebben een zeer hoge impact op de chemische sector. Het publiek is sterk gefocust op de milieu- en gezondheidsrisico's die de chemische producten en processen kunnen veroorzaken (gebruik van pesticiden in de landbouw, kwaliteit van water, recyclage,...). De relatie tussen milieueisen, de publieke opinie, en de processen die de sector reguleren, is zeer complex. De druk van regelgeving zal de chemische industrie dwingen om op zoek te gaan naar alternatieven voor schadelijke componenten zoals oplosmiddelen. Regels rond milieu, veiligheid en gezondheid zullen een verdere invloed hebben (bijvoorbeeld: Kyoto-protocol, EU 'white' en 'green' papers). 'Responsible Care' initiatieven leiden nog niet tot de gewenste omslag in het imago van de industrie. Overregulering, met gevolgen voor de competitiviteit, dreigt. Technologie kan hierin een prominente rol spelen. Effecten van de ecotaks op de chemie, als een 'high energy sector', zullen niet gering zijn. Er ontstaan kansen voor het ontwikkelen en verfijnen van duurzame technologie.	Hoog

Impactfactoren (2)	Belangrijkste facetten	Impact
<i>Substitutiefactor</i>	(Traditionele) materialen worden steeds vaker vervangen door producten uit de chemie. De belangrijkste substitutie vindt plaats door een product te vervangen door een ander meer geavanceerd chemisch product. Bijvoorbeeld, polypropyleen heeft het meer kostende ABS plastic verdrven. De intrede van biotechnologie, maar ook de ontwikkelingen rond nieuwe materialen, zal een grote impact hebben op de processen in de productie van fijne chemicaliën.	Middelmatig
<i>Onderzoek en ontwikkeling (O&amp;O)</i>	Competitieve voordelen worden nagestreefd middels productinnovatie. Gemiddeld genomen besteden US en Europese chemische bedrijven tussen de 3-5% van hun omzet aan R&D. Met een jaarlijks gemiddelde van rond de 3.7% scoort Vlaanderen relatief goed. De meest innovatieve gebieden zijn biotechnologie (in 2010 wordt verwacht dat 60% van de fijnchemicaliën geproduceerd wordt door biotechnologie), geavanceerde materialen, polymeren, plastic en keramiek. Gezien de maturiteit van de industrie, richt het innovatiebeleid zich hoofdzakelijk op incrementele verbetering van bestaande producten. Dit geldt ook voor de productietechnologie. De hoge onderzoekskosten nopen tot intensievere samenwerking met afnemers, in de vorm van partnerships, maar ook tot de creatie van gemeenschappelijke onderzoeksplatforms. Tegelijkertijd zien we dat innovatie in procestechnologie steeds vaker overgelaten wordt aan gespecialiseerde derden (engineering bedrijven). Afvalhergebruik (biomassarecuperatie), recycling, nanotechnologie, nieuwe katalysatoren, 'reverse' engineering, zijn allemaal bijzondere aandachtspunten voor onderzoek en ontwikkeling.	Hoog
<i>Afnemers/klanten</i>	Klanten eisen niet alleen stabiele en scherpe prijzen maar steeds vaker ook ondersteuning door de producent bij de verdere ontwikkeling van processen en applicaties (het gebruik van het product). Snel en adequaat reageren op de behoeften van de klanten is financieel winstgevend zowel voor de klant als voor de producent. De bedrijven die marktaandeel behouden en uitbouwen zullen de bedrijven zijn die tegemoet treden aan de verwachtingen van afnemers (manage 'customer relationships': waarde toevoegen aan de eindproducten van de afnemer, continu de kwaliteit verbeteren, en continu de dienstverlening verbeteren). Oplossingsgerichtheid zal zowel bij leverancier als afnemer centraal staan. Bovendien is er een trend waarneembaar binnen de OESO landen die laat zien dat de focus en aandacht verschuiven van 'productie' naar 'consument' met alle implicaties van dien voor de communicatiestrategie naar consumenten toe.	Hoog
<i>Informatietechnologie</i>	Belangrijke ontwikkelingen in de informatietechnologie die leiden tot: toename in de beschikbaarheid van informatie, en een toename in de interconnectie (data en kennisuitwisseling). ERP programma's zoals SAP zullen bepalend zijn voor de inrichting van alle processen in de waardeketen. Competitieve voordelen liggen binnen het bereik van ondernemingen die structurele benaderingen ontwikkelen om alle beschikbare informatie optimaal te benutten. De impact op de organisatie van het werk binnen een onderneming is navenant. Het is nog niet helemaal duidelijk wat de impact van 'e-commerce' ('e-procurement', 'e-supply chain', 'e-marketing' en 'e-distribution') zal zijn, maar het mag duidelijk zijn dat een hogere transparantie nog meer druk op de marges zal leggen. In relatie tot de veranderende eisen van de afnemer doet zich het fenomeen voor van customer relations management (CRM). Het actief managen van de relatie met de klant wordt mogelijk gemaakt door actieve IT-ondersteuning.	Hoog

American Chemical Society, 1996  
 EC, 1996  
 PriceWaterhouseCoopers, 1999  
 AllChemE, jaar onbekend  
 Roland Berger, Strategy Consultants, 2001

Hoewel de eerder besproken knelpunten veel 'dichter' bij de chemische industrie in Vlaanderen staan, is het toch belangrijk bewust te zijn van deze algemene ontwikkelingen, de omgevingsfactoren, die zich eerder op een hoger niveau afspelen maar waarvan de implicaties veelal direct op ondernemingsniveau merkbaar kunnen zijn. Zoals reeds opgemerkt dienen deze omgevingsfactoren vooral gezien te worden in het licht van 'stimuli' van O&O en technologische verandering. In de volgende paragraaf zal dit verder aan de orde komen.



#### 4.4 DE ROL VAN ‘TECHNOLOGIE’

De technologiebasis kan een belangrijke bijdrage leveren in het realiseren van een positieve toekomst voor de chemische industrie in Vlaanderen, een industrie die steeds meer te maken zal krijgen met grote veranderingen die zowel endogeen als van exogeen geïnitieerd worden – zie de bovenbesproken impactfactoren.

Op welke wijze kan technologie een rol spelen in het omgaan met bijvoorbeeld de toenemende globalisatie? In tabel 8 wordt een overzicht gegeven van de rol en impact van technologie bij 4 van de belangrijke impactfactoren: globalisatie, duurzaamheid, financiële eisen/resultaten en veranderende klanteneisen. Een deel van de bespreking is gebaseerd op de “Technology Vision, 2020” (ACS, 1996) – een reeks van studies gericht op de toekomst van de chemische industrie in de VS.

Tabel 8: Rol en impact van technologie in 4 belangrijke factoren

Impactfactor	Rol van technologie	Impact van technologie
Globalisatie	Middels technologische innovatie zullen vele nieuwe markten gecreëerd kunnen worden. Mensen, technologie, kapitaal, en producten kunnen zich vrij over internationale grenzen bewegen. Wereldwijde economische groei biedt nieuwe mogelijkheden aan voor het aanbieden van producten in markten die vroeger onbereikbaar waren.	Het succesvol inspringen in nieuwe opkomende markten zal afhangen van de sterkte van de industrie om in verschillende omgevingen te kunnen concurreren. De industrie in Vlaanderen kan geavanceerde technologieën ontwikkelen (misschien niches), logistiek verder verbeteren zodat nieuwe producten gecreëerd en afgeleverd kunnen worden.
Duurzame ontwikkeling (milieu, gezondheid, veiligheid)	De enorme eisen die in dit kader gesteld worden, kunnen tegelijk een enorm potentieel vormen aan nieuwe kansen. Een technologische visie kan ontwikkeld worden die de industrie het imago geeft van beschermer van het milieu, het verbeteren van de economische positie, en het bijdragen aan een hogere levenskwaliteit.	Nu ontstaan er mogelijkheden om de ontwikkeling van geavanceerde productiemethoden, nieuwe chemische en aanverwante technologieën te versnellen, zodat materiaal en energie efficiënter ingezet kunnen worden. Het enorme potentieel van biotechnologie (groene technologieën) kan hier benut worden. Overheid en industrie dienen de stuwende kracht hierachter te zijn.
Financiële eisen/resultaten	Technologie laat toe om hoge niveaus van efficiëntie te behalen en dus ook hoge rendementen op geïnvesteerd kapitaal.	De chemische industrie heeft nu de mogelijkheid om strategieën te ontwikkelen die in staat stellen om op korte termijn resultaten te behalen (door o.a. productiviteitsverbetering) en tegelijkertijd lange termijn kapitaal aan te trekken voor technologieontwikkeling.
Veranderde klanteneisen	Technologie kan op meerdere manieren een rol spelen bij het inspringen op de veranderende eisen van de afnemers. Ten eerst bij het tijdig signaleren van de verandering via bijvoorbeeld informatiesystemen, of via het ontwikkelen van partnerships en/of vergaande samenwerking. Daar waar vroeger tijdige levering centraal stond (just-in-time), gaat het nu om hoge toegevoegde waarde en kwaliteit, en vooral om technische ondersteuning.	Om te kunnen voldoen aan de veranderende klantverwachtingen, moet de industrie nieuwe technologieën aanwenden door alle O&O fasen heen, maar ook door de verschillende productie en distributiefasen heen. Technologische ontwikkelingen zullen de doorlooptijden verkorten zodat adequater en sneller op klanteneisen ingesprongen kan worden.

Bij de overige impactfactoren speelt technologie ook een belangrijke rol, zij het meer indirect. Bijvoorbeeld, bij fluctuaties in economische ontwikkelingen stelt spitstechnologie in staat, in het licht van competitieve voorsprong en efficiëntiewinsten, om op korte termijn minder gevoelig te zijn voor marktschommelingen (bvb. door meer flexibiliteit in de productieplanning en productie scheduling te introduceren).

Het mag dus duidelijk zijn dat, in een sterk kennisintensieve en technologie-intensieve sector als de chemie, een uitgebalanceerde en sterke technologiebasis een deel van de sleutel uitmaakt die leidt tot een duurzame en stabiele economische ontwikkeling.

Technologie en technologische voorsprong vormen aldus een kritische succesfactor voor het adequaat inspringen op omgevingsveranderingen met als doel het opbouwen en behouden van competitieve voorsprong. Ondersteunende kaders, zeker voor het lokale KMO-weefsel<sup>7</sup> maar ook voor de multinationale ondernemingen in Vlaanderen, zijn dan ook van groot belang.

#### **4.5 HET KRACHTENVELD NADER BEKEKEN: HET WETTELIJKE KADER EN DE IMPACT OP INNOVATIE**

De snelle ontwikkelingen op regelgevend en wettelijk niveau hebben onherroepelijk een grote impact op het functioneren van de chemische industrie in Vlaanderen, nu reeds maar nog meer in de toekomst. Technologische ontwikkeling kan een hulpmiddel zijn bij het inspelen op, en het voldoen aan, de verschillende bepalingen waarbij tegelijkertijd competitiviteitsverlies tot een minimum beperkt kan worden, zoniet vermeden kan worden. Denken we hierbij bijvoorbeeld aan emissiereducties (Protocol van Kyoto). Het lijkt dat het concurrentievermogen en de concurrentiepositie van de sector in de toekomst nog sterker bepaald zullen worden door de mate waarin de sector samen met haar partners, de overheid en de academische wereld, in staat zullen zijn alternatieve oplossingen, alternatieve technologieën, te ontwikkelen en te implementeren (denk maar aan alternatieve energiebronnen zoals biomassaverwerking, of groenere technologieën die minder afval en uitval genereren).

---

<sup>7</sup> In de studie naar de chemische industrie in België uitgevoerd door de Dienst voor Nijverheidsbevordering (1981) zijn er twee belangrijke punten in relatie tot de grote groep KMO's naar voren geschoven. Ten eerste, "KMO's hebben het *dikwijls moeilijk* wanneer de technologische evolutie en de concurrentiepositie hogere financiële middelen vereisen en wanneer de eenheden steeds groter worden om te kunnen genieten van schaalvoordelen". Ten tweede, "dit type ondernemingen is moeilijk te steunen gezien hun *individualisme*; ze weigeren elke poging tot collectiviteit in domeinen die veel tijd en kapitaal vergen (R&D, marketing, ...)". Anderzijds vormen de flexibiliteit van deze groep en hun grote aanpassingsvermogen grote troeven voor de sector in Vlaanderen. Het mag echter duidelijk zijn dat de grote groep KMO's niet gemakkelijk betrokken kan worden bij de wedstrijd van technologische ontwikkeling en vernieuwing.

De doelstelling van deze paragraaf is om meer inzicht te geven in de ontwikkelingen in het wettelijke kader in het licht van de competitiviteitsdiscussie die momenteel gaande is in Europa. Het is niet de doelstelling om hierbij exhaustief te zijn.

#### 4.5.1 De wetgeving in de EU

De wetgeving in de EU is gericht op de observatie en regulering van mogelijke toxicologische en ecotoxicologische effecten van het gebruik van chemicaliën. Er kunnen vier specifieke perioden van beleid ten aanzien van wetgeving rond chemische stoffen worden onderscheiden (Van der Kolk, 2000):

- I. De introductie van het 'Yellow book' rond 1960, waarin gezondheid en veiligheidsdata van honderden chemische stoffen is opgenomen.
- II. Continuering van periode I (vanaf 1970) waarin tevens de eerste beperkingen van het gebruik zijn uitgevaardigd gebaseerd op milieu en gezondheidsafwegingen.
- III. De derde periode wordt gekenmerkt door een verhoogd bewustzijn van mogelijke schadelijke effecten wat geleid heeft tot een meer preventieve aanpak jegens chemische stoffen en hun toepassing (6e amendement van het directief 67/548/EEC van 1979). In deze periode heeft de industrie haar attitude ten opzichte van gezondheid en milieu sterk gewijzigd waarbij tevens concrete doelstellingen daaromtrent zijn gesteld ("*Responsible Care Initiative*").
- IV. In de vierde periode zien we dat de focus ligt op het verbeteren van het beheersingssysteem rond chemische stoffen. De principes rond risico-evaluatie van nieuwe stoffen zijn gedefinieerd. Enorme data over schadelijke effecten zijn verzameld en beschikbaar gesteld.

#### 4.5.2 Vergelijking tussen de wetgeving in EU, Japan en de VS

In tabel 9 wordt een vergelijking gemaakt tussen het gevoerde regelgevend beleid rond de introductie van nieuwe of bestaande stoffen in de EU, Japan en de VS. De meningen zijn verdeeld of de EU-wetgeving voor chemische stoffen juist innovatiebelemmerend of innovatiebevorderend is (IPTS, 2000a). Wanneer we kijken naar de wetgeving in de drie continenten dan zien we significante verschillen tussen de EU en de VS, maar ook tussen de EU en Japan.

Tabel 9: Vergelijking wetgeving in het kader van het gevoerde beleid in EU, Japan en de VS  
(brontekst in het Engels)

Criterion	EU	Japan	VS
<b>Nieuwe substanties</b>			
<i>Approach and obligation to notify</i>	Premarket; based on volume trigger	Premanufacturing; beginning with 1 tonnes/year	Premanufacturing (first time)
<i>Information requirements</i>	Identity (physical-chemical properties) Data on use and production volume  No obligation to declare new use of the chemical Automatic requirement for ecotoxicological data	Identity (physical-chemical properties) Data on use and production volume  - -  Simple ecological data; more detailed ecological data is required in case chemicals are non-biodegradable and/or bioaccumulative	Identity (physical-chemical properties) Data on use and production volume  Expected exposure for humans and the environment Obligation to declare new use of the chemical  Obligation to submit only available data on toxicology
<i>Structure of testing requirements</i>	Fixed testing requirements one system	Risk contingent testing: two-tier system (depending on biodegradation and/or bioaccumulation)	Risk contingent testing: two-tier system (at an early stage about 86% of notification are dropped from further review)
<i>Legislation</i>	Directive 67/548 EEC, 1967; 7th Amendment 92/32/EEC, 1992	Chemical substances control law No. 117 of 1973, amended 1986	Toxic Substances Control Act, 1976
<i>Testing costs</i>	Base set up to 1 tonnes/year up to \$30 000; Additional tests depending on the volume up to \$325 000	Advanced report (up to \$12 500), Additional tests (up to \$60 000)	No general testing requirements (on average \$15 000)
<i>Estimated costs for notification</i>	\$117 000	\$80 000	\$40 000
<i>Average number of notified new chemicals per year</i>	143 (average of 15 years) 274 (average for 1987 - 1996)	154 (average of 25 years) 265 (average for 1987 - 1996)	425 (adjusted average of 21 years), 482 (adjusted average for 1987 - 1996), 1720 (gross average for 1987 - 1996)
<b>Bestaande substanties</b>			
<i>Scope</i>	Extensive notification requirements for the importer/manufacturer of all existing substances > 10 tonnes/year	-	Testing of priority substances, i.e. those where a higher risk is suspected
<i>High volume chemicals</i>	For high volume chemicals all additional existing data is to be submitted	-	US programme on high volume chemicals: testing data on every one of the 2 700 high volume chemicals is to be created
<i>State-aided (co-)financing</i>	In Europe, contrary to the US and Japan, there is no state funded programme	Existing substances are tested by the state. There are no additional costs for the industry	US National Toxicology Programme: State is financing with around \$100 Mio USD the long time testing of substances

Bron: IPTS (2002)

Noot: bij deze evolutie dienen we tevens te wijzen op de bezorgdheid die vandaag bestaat over het REACH-programma.

Het eerste grote verschil bestaat in de voorwaarden voor verplichte notificatie. Daar waar notificatie in de EU pas verplicht wordt na ontwikkeling van het product, maar nog vóór de marktintroductie, kan dat in de VS en Japan al vóór de eigenlijke ontwikkeling. De mogelijkheden tot risicobeheersing voor bedrijven zijn in de VS en Japan groter dan in de EU, waar pas na aanzienlijke investeringen de testprocedure gevolgd kan worden. Een tweede verschil betreft de procedurekosten. In de EU bedragen de notificatiekosten \$117.000, daar waar dat in Japan en de VS respectievelijk \$80.000 en \$40.000 bedraagt (IPTS, 2002). Wanneer we naar het aantal gemelde nieuwe substanties bekijken, dan zien we dat het aantal in de EU iets lager ligt dan het aantal in Japan, en zelfs aanzienlijk lager dan het aantal in de VS. Het lijkt dat vooral voor de KMO's in Europa deze kosten nogal zwaar doorwegen in de beslissing al dan niet over te gaan tot nieuwe productontwikkeling – innovatie. Een derde verschil betreft de overheidsfinanciering. In de VS en Japan bestaat er een aanzienlijke overheidssteun voor het testen van chemische stoffen middels de initiatie en uitvoering van specifieke testprogramma's. In de EU bestaat een dergelijk kader niet en zijn de kosten volledig voor rekening van de industrie.

De aanbevelingen die vervolgens gemaakt kunnen worden op basis van de gesignaleerde verschillen zijn (IPTS, 2002):

- Het ontwikkelen van een wettelijk kader dat geënt is op risicobeheersing (in het EU Witboek<sup>8</sup> – EC, 2001 – is er reeds sprake van een dergelijke benadering hoewel veel van de details nog ter discussie staan).
- Wetgeving, betreffende stoffen die bestemd zijn voor O&O doelstellingen, zou in harmonie met Japan en de VS gebracht moeten worden.
- Er dient een kennisbasis ontwikkeld te worden op het niveau van de nationale overheden maar ook op het niveau van de Europese Commissie om op een professionele wijze de evaluatie van chemische stoffen, inclusief de nodige zoekstrategieën, mogelijk te maken.
- De taken van de chemiecomités van de EU moeten geïntegreerd worden in één agentschap.

#### 4.5.3 Wetgeving en innovativiteit: een spanningsveld?

In deze laatste paragraaf rond de omgevingsfactor 'wetgeving' zullen enkele standpunten over de relatie tussen wetgeving en innovatievermogen worden weergegeven, standpunten die vooral vertegenwoordigd

---

<sup>8</sup> Zie: <http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/whitepaper.htm>

worden door de Europese federatie voor de chemische bedrijven (CEFIC – [www.cefic.be](http://www.cefic.be)) en de Belgische Federatie voor de Chemische Nijverheid (Fedichem – [www.fedichem.be](http://www.fedichem.be)), waaronder ook de belangen van de chemische industrie in Vlaanderen vallen.

In tekstkader 1 vindt u een overzicht van de hoogtepunten van de onlangs gehouden conferentie georganiseerd door het Europees Parlement in Brussel omtrent de verenigbaarheid tussen de toekomstige EU-wetgeving op het terrein van chemische producten enerzijds en de competitiviteit van de industrie anderzijds<sup>9</sup>. Grote bezorgdheid bestaat over het vermogen van KMO's om adequaat met deze nieuwe wettelijke eisen om te kunnen gaan. Het gaat dan vooral om vragen zoals: hoe kunnen KMO's beschermd worden tegen mogelijke competitieve nadelen die het gevolg zijn van de wettelijke bepalingen? Wie verzorgt de handhaving? Wie ondersteunt bij de expertiseopbouw? Het zal noodzakelijk zijn, zoals benadrukt is tijdens de bovengenoemde conferentie, om vooral op het niveau van de lidstaten zelf juiste randvoorwaarden te scheppen ter ondersteuning van deze kwetsbare groep bedrijven, net zoals de handhaving van deze wetgeving ook op het niveau van de lidstaten zal plaatsvinden.

In het kader van een studie uitgevoerd door Risk & Policy Analysts Limited (2002), in opdracht van de Europese Commissie, is gebleken dat er vooral grote bezorgdheid bestaat bij de overgrote groep van respondenten omtrent de impact van het Witboek op innovatie. 60% van de bedrijven en federaties beschouwen het ontwikkelen van nieuwe chemicaliën als zeer belangrijk voor de industrie. De impact van het Witboek, dat zich toch vooral daarop richt, is dan ook groot. Veel van de KMO's hebben aangegeven dat zij zich zullen terugtrekken uit de markt wegens de te hoge kostenlast; op termijn zullen zij niet langer kunnen meedoen aan de innovatiewedstrijd waardoor ook het concurrentievermogen sterk in gedrang zal komen.

Voorlopige schattingen geven aan dat ongeveer 20% van de bedrijven in de industrie, vooral KMO's, ongeveer 80% van de kosten van de implementatie zullen dragen. Er zijn nog studies lopende rond het in kaart brengen van de consequenties van de 'ongenuanceerde' toepassing van de in het Witboek vermelde regels. Uit onze eigen gesprekken met enkele experts uit KMO's in de sector, is het gebleken dat nu reeds

---

<sup>9</sup> Andere interessante bronnen die informatie bevatten rond de introductie van het Witboek zijn: a) "Opinion on the White Paper – Strategy for a Future Chemicals Policy", uitgegeven door het European Economic and Social Committee in 2001, en b) "Report of ECETOC Annual Meeting 2002" – "Sound Science for Chemicals Regulation in Europe", Brussels.

veel scepticisme, en zelfs aversie bestaat, tegen het introduceren van nieuwe innovatieve chemische producten op de markt.

**CONFERENCE:  
“HOW TO RECONCILE THE FUTURE EU CHEMICAL LEGISLATION  
AND INDUSTRY COMPETITIVENESS”**

**Organized by the European Parliament**

Brussels, November 12, 2002.

- European chemical industry must continue to be competitive on a global scale.
- White paper should be driven by innovation and substitution pressure, but a) keep it workable and b) maintain competitiveness.
- According to the White Paper, over 30 000 substances will be subject to registration.
- The chemical industry welcomes efforts by the EC regarding business impacts of regulation.
- Europe can become the chemical industry's center of excellence.
- Enforcement will be a key element, which will largely remain with the competent authorities of the Member States.
- Need for a clear definition of environmental liability and the precautionary principle.
- Does a ban on feed additives also mean ban on the products?
- 'Acceptable risk' = a political decision.
- Aiming for increased interaction between science and politicians – not separation.
- Legislation must be practical and proportional.
- There is weakness in innovation among European firms compared to USA.
- The cost of implementing the REACH system could 'reach' 7 billion Euros per year.
- Cost of the new regime estimated at 3-30 b. Euros per year.
- 20% of the industry in the EU (the SMEs) will carry over 80% of the cost of regulations.
- 94% of the industry in the EU is SMEs, i.e. firms and companies with less than 250 employees.
- To bring a new chemical on the European market takes three times longer and costs ten times more than in the USA.
- The chemicals regime will be implemented by 25 member states (compared to today's 15).
- The principle of the new regime should be: "No data – no marketing", i.e. mandatory data- and risk analysis.

De reden hiervoor is het ontbreken van de benodigde 'lange financiële adem'. Als alternatief richt men zich op bestaande stoffen, waarvoor wellicht nieuwe toepassingen gevonden kunnen worden (de vereisten zijn hiervoor minder streng). Naast directe effecten, worden er ook tal van indirecte effecten verwacht, zoals de stijging in de kosten van grondstoffen, het verdwijnen van 'low-volume/low-value'

producten, de mogelijke gevolgen van de publieke toegang tot informatie, de bescherming van intellectuele eigendom, enzovoort.

Tenslotte zullen we ingaan op enkele aspecten van de uitwerking van het protocol van Kyoto<sup>10</sup>, en de bezorgdheid daaromtrent bij de Vlaamse chemische industrie. De Europese Raad heeft de globale inspanningen van de EU verdeeld over de Lidstaten. Voor België betekent dit dat de uitstoot van de Kyoto-broeikasgassen tegen 2010 teruggedrongen dienen te worden met 7.5% ten opzichte van het niveau van 1990<sup>11</sup>. Een belangrijk aspect hieromtrent betreft de verdeling van de inspanningen over de betrokken actoren, vooral in het licht van de kwetsbaarheid van de sector voor de uitvloeijsels van Kyoto.

Het is wellicht ook in dit verband belangrijk dat er voor België zo snel mogelijk een Nationaal Klimaatplan (Hoe gaat de norm gehaald worden? Op welk niveau zal optimalisatie plaatsvinden: landelijk of regionaal?) ontwikkeld wordt waarin de route naar 2010 (feitelijk 2008-2012) wordt uitgestippeld. Volgens Fedichem, de federatie voor de chemie, zou een lineaire toepassing van de verbintenissen die België in het protocol aanging, vooral wegens de grote concentratie van de chemie in ons land, ertoe leiden dat meerdere productie-eenheden gesloten moeten worden en dat elke expansie van alle overblijvende chemische installaties bevroren moet worden (afbouw van de productie met bijna 20%). Energie-efficiëntie staat reeds centraal binnen de chemie via het concept van "Responsible Care" in het algemeen, en specifiek via het VEEP-programma (Voluntary Energy Efficiency Improvement Program)<sup>12</sup>. In de toekomst zal een nog grotere rol zijn weggelegd voor technologie, via de studie en de invoering van best beschikbare technieken maar ook via de verdere ontwikkelingen van nieuwe, zogenaamde 'groene' technologieën (hierbij denkt men vooral aan biobrandstoffen, brandstofcellen, fotovoltaïsche en organische zonnecellen, gebruik van waterstof als energiedrager, recyclage van koolwaterstofhoudende

<sup>10</sup> Het protocol van Kyoto legt aan de OESO-landen gedifferentieerde doelstellingen op inzake de terugdringing van de uitstoot van een aantal broeikasgassen (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CFK's, CH<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub> en PFK's). Alleen de eerste drie zijn relevant voor de chemische industrie, hoewel de afgelopen jaren grote substitutie-inspanningen zijn gepleegd rond CFK's en HCFK's door de chemische sector.

<sup>11</sup> Het CO<sub>2</sub> gas is in België het belangrijkste, met een aandeel van meer dan 80% in het totaal "Global Warming Potential" (GWP). De inventaris van dit gas in België leert dat dit in 1996 reeds met 11% gestegen was ten opzichte van 1990. Het gaat hier dus om een trendbreuk die gerealiseerd moet worden, een aanzienlijke uitdaging aldus voor de sector.

<sup>12</sup> Andere initiatieven, momenteel onderwerp van verdere analyse, om de nieuwe normen te behalen zijn: "Emission Tradings", waar nog onduidelijkheid bestaat over de 'eigendomsvraagstukken'; "Joint Development", gezamenlijke initiatieven tussen 3e wereldlanden en EU landen ter optimalisatie reductiemogelijkheden op mondiaal niveau; "National Emission Sealings", afspraken op nationaal niveau om reducties te behalen die ook kunnen leiden tot bilaterale afspraken tussen overheid en specifieke bedrijven.



afvalstoffen, enzovoort). Zoals we in deel II van dit rapport zullen zien, zullen concepten zoals “Life Cycle Assessment” een steeds belangrijker rol spelen.

Initiatieven op regionaal Vlaams niveau ter bevordering van de implementatie van ‘groene’ technologieën, in lijn met lopende initiatieven in omliggende landen, is in het hele vraagstuk rond energie-efficiëntie onontbeerlijk; dit geldt ook voor de overheid als promotor van het gebruik van ‘groene’ technologieën (zie ook tabel 3). Na deze uiteenzetting zal het duidelijk zijn dat ‘wetgeving’ een zeer belangrijke drijfveer is voor ontwikkeling en implementatie van technologie in de chemische sector. In deel II van dit rapport wordt, in het kader van de geschetste impactfactoren, een overzicht gegeven van de specifieke technologische ontwikkelingen die nu reeds maar nog meer in de toekomst een belangrijke rol zullen spelen in de chemische sector in Vlaanderen.

DEEL II  
“TECHNOLOGIEËN  
VAN DE TOEKOMST”



# HOOFDSTUK 5

## TECHNOLOGIEËN VAN DE TOEKOMST: SELECTIE VAN VEELBELOVENDE DOMEINEN

### 5.1 EEN INTEGRALE AANPAK

Technologische ontwikkelingen en doorbraken worden niet alleen gedreven door de stand van de wetenschappelijke kennis, maar ook door sociaal-maatschappelijke trends. Het hierboven gepresenteerde krachtenveld is in zijn totaliteit genomen niet specifiek ‘Vlaams’ te noemen; de prioriteitenstelling in bijvoorbeeld Frankrijk, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk is ook gebaseerd op dit krachtenveld. Een geglobaliseerde industrie zoals de chemie wordt beïnvloed door mondiale tendensen, maar wel met lokale eigenheden en vooral ook een lokale uitwerking van deze tendensen. Het is immers het niveau van de ‘regio’ waarop belangrijke maatregelen genomen kunnen worden. In Nederland wordt ‘katalyse’ naar voren geschoven als een van de sleuteltechnologieën van de toekomst, een technologie die invloed zal hebben op het geheel van de chemische sector, van basischemie tot aan de gespecialiseerde chemie, en die daarnaast een belangrijke bijdrage zal leveren aan het oplossen van de milieuproblematiek. Katalyse is dus in deze betekenis een ‘veelbelovend’ technologisch domein, waarin verdere ontwikkeling aangewezen lijkt.

Wanneer we kijken naar de ontwikkelde methodologie voor het uitvoeren van technologieverkenningstudies in Vlaanderen (Van Looy et al., 2000), dan bestaat fase 1 van het geïntegreerd raamwerk, “*Identifying promising domains*”, uit de volgende drie onderdelen:

- Een (eerste) articulatie van socio-economische ontwikkelingen en behoeften
- Identificeren van technologische opportuniteiten (relevante domeinen)
- Identificeren van veelbelovende bevindingen in wetenschappelijk en technologisch onderzoek

Daar waar het eerste onderdeel uitgebreid aan bod is gekomen in deel I, zullen de overige twee onderdelen centraal staan in dit deel. Op welke wijze kan men technologische opportuniteiten opsporen? In deze studie is een ‘verscheidenheid’ aan paden ontwikkeld. Allereerst is er een uitgebreide analyse uitgevoerd naar de reeds bestaande ‘Delphi’ studies. Denk hierbij aan de studie uitgevoerd in Duitsland “*Delphi '98 Studie zur Globalen Entwicklung von Wissenschaft und Technik*” in opdracht van het Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF), maar ook de “*7th Technology Foresight Japan*” van 2001 (zie [www.futur.de](http://www.futur.de) voor een overzicht van internationale technologieverkenningstudies). Verder is er een grondige analyse uitgevoerd naar technologieverkenningstudies die reeds zijn uitgevoerd. Hieronder ziet u een selectie (totaaloverzicht is te vinden in de lijst met geraadpleegde bronnen):

- “Vision 2020: The US Chemical Industry” (American Chemical Society, 1996).
- “Chemistry – Europe & The Future” (AllChemE Report/CEFIC).
- “The Technology Map” (IPTS Futures Project, 2000b).
- “A Chemicals Renaissance” (Chemicals Panel, The Foresight Programme, UK, DTI).
- “Innovation in the European Chemical Industry” (EC, 1996).
- “Integrated Manufacturing Technology Roadmapping project” (2000).

In parallel hieraan zijn verschillende gesprekken gevoerd met experts uit de industrie en uit de academische wereld (n=18) met als doel validatie van bevindingen enerzijds, maar ook om inzicht verwerven in de technologische evoluties in de sector, anderzijds. De uitgevoerde activiteiten in fase 1 hebben tevens fase 2, “*Exploration of the domain*”, van de verkenning ‘gevoed’. Het gaat daarbij om de literatuuranalyse, de expertopinions, en de analyse van de lokale competenties (kennisbasis) die in het volgende deel uitgebreid aan bod zullen komen. De keuzen ten aanzien van relevante domeinen zijn voorgelegd aan het begeleidingscomité waarin naast de VRWB, ook leden van de industrie en de betrokken federaties vertegenwoordigd zijn.

Op basis van deze integrale aanpak zijn de volgende technologiedomeinen, en de specifieke ontwikkelingen daarin, voor de chemische industrie in Vlaanderen als veelbelovend beschouwd (zie tabel 10).

Tabel 10: Veelbelovende technologiedomeinen voor de chemische industrie in Vlaanderen

Relevante technologiedomeinen

Chemical Synthesis (Catalysis) Bioprocesses & Biotechnology Materials technology	<i>Chemical Science &amp; Engineering Technology</i>
Process science & Engineering technology Chemical Measurement & Analysis Computational technologies Energy & feedstock	<i>Enabling Technologies</i>
Supply Chain management Information Systems	

De drie eerste domeinen kunnen als de kerntechnologieën van de chemische industrie worden beschouwd (de ‘Chemical Science & Engineering Technology’). Vier technologiedomeinen vallen onder de zogenaamde ‘Enabling Technologies’, technologieën waarbinnen ontwikkelingen voorwaardenscheppend

zijn voor de evolutie van de bovenvermelde kerntechnologieën. De twee laatste technologiedomeinen ('Supply Chain' en IT), op zich zeer brede en gediversifieerde technologieën, kunnen tevens een belangrijke bijdrage leveren tot de verdere ontwikkeling van de chemische industrie in Vlaanderen. Ontwikkelingen hierin zullen dan ook alleen worden bekeken in relatie tot de chemische industrie. In de verkennende gesprekken is door de meerderheid van de geraadpleegde experts bovenstaande selectie bevestigd.

Binnen elk van deze domeinen zijn de belangrijkste technologische evoluties geselecteerd en voorgelegd aan een brede groep experts (n=38), in de vorm van een enquête, ter verdere validatie en verfijning (de resultaten worden hieronder besproken). Zoals reeds eerder aan de orde werd gesteld (zie figuur 1), worden de ontwikkelingen in deze domeinen gedreven door het onderkende sociaal-economische krachtenveld.

Vooraleer we dieper ingaan op de resultaten van de expertraadpleging, leggen we allereerst in tabel 11 de relatie tussen de onderscheiden relevante technologiegroepen en de impactfactoren zoals ze uit de expert bevraging naar voor kwam. Op basis hiervan wordt de sterkte van de interrelatie tussen technologie en impactfactoren in kaart gebracht; dit laat de chemische bedrijven tevens toe om bewuste selecties te maken in de domeinen waar men maximaal rendement meent te kunnen behalen (zowel materieel als immaterieel). Prioriteiten kunnen aldus op ondernemingsniveau alsook op overheidsniveau, worden afgeleid.

Tabel 11: Inschatting van de sterkte van de interrelatie tussen socio-economische impactfactoren en relevante technologiedomeinen<sup>13</sup>

Socio-economische impactfactoren	Technologie-domeinen									
	Chemical Synthesis	Bioprocesses & Biotechnology	Materials Technology	Process Science & Engineering Technology	Chemical Measurement Analysis	Computational Technologies	Energy Feedstock	Supply Chain Management	Information Systems	Manufacturing Operations
Toeleverantie	Laag/ Middelmatig	Middelmatig/ Hoog	Laag	Laag	Middelmatig/ Laag	Laag	Hoog	Hoog	Laag	Laag
Economische ontwikkelingen	Laag	Laag	Middelmatig	Laag	Laag	Laag	Hoog	Middelmatig	Laag	Laag
Globalisatie	Laag	Laag	Laag	Middelmatig	Laag	Laag	Hoog	Hoog	Hoog	Hoog
Kapitaalmarkten/Financiële resultaten	Hoog	Hoog	Middelmatig/ Hoog	Middelmatig/ Hoog	Middelmatig/ Laag	Hoog	Hoog	Middelmatig/ Hoog	Hoog	Middelmatig
Milieu/Gezondheid/ Veiligheid (Regel- en wetgeving)	Hoog	Hoog	Middelmatig/ Hoog	Hoog/ Middelmatig	Hoog	Hoog	Hoog	Middelmatig	Laag	Hoog/ Middelmatig
Substitutiefactor	Hoog	Hoog	Hoog	Hoog/ Middelmatig	Laag	Middelmatig	Hoog	Laag	Laag	Laag
Afnemers/klanten	Laag	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Laag/ Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Hoog	Hoog	Middelmatig
Informatietechnologie	Middelmatig	Hoog	Middelmatig/ Laag	Hoog	Hoog	Hoog	Laag	Hoog	Hoog	Hoog

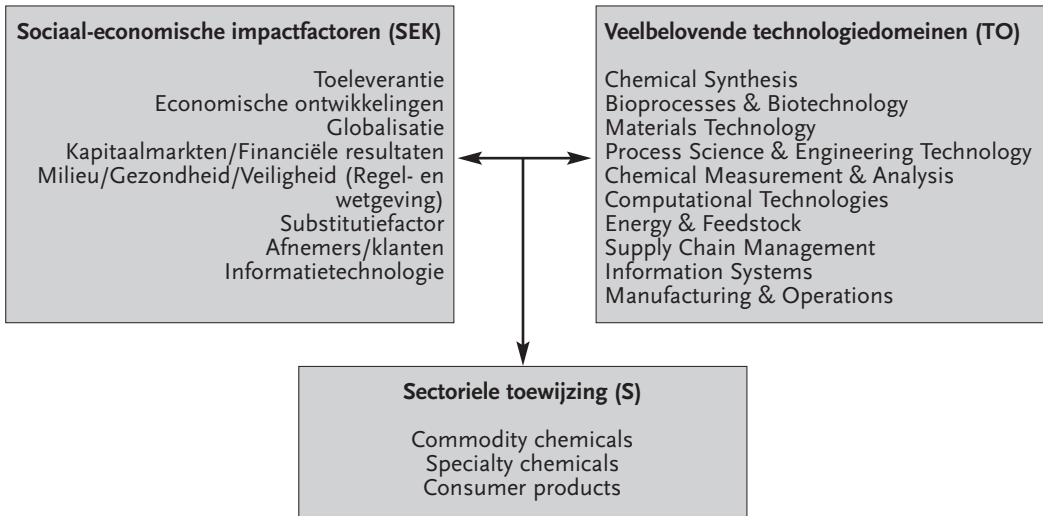
<sup>13</sup> De interrelatie tussen socio-economische impactfactoren en de technologiedomeinen is gebaseerd op de gesprekken met de diverse experts binnen en buiten de chemische sector; als zodanig is er geen cijfermatige onderbouwing mogelijk maar gaat het om een kwalitatieve correlatie.

Het potentieel van de ontwikkelingen rond energie en (nieuwe) grondstoffen in termen van anticipatie en reactie op de meeste van de impactfactoren is opvallend. In het licht van ontwikkelingen rond het wettelijk kader, lijkt dit logisch. De chemische industrie is sterk vatbaar voor energie en grondstofgerelateerde aangelegenheden. Groene energie, energie-efficiëntie, en alternatieve grondstoffen, zullen de komende jaren nog sterker in de belangstelling staan. Deels in aansluiting hierop, is er het veelbelovende domein van de biotechnologie. Inzichten uit de biotechnologie zullen een belangrijke bijdrage leveren tot het realiseren van de ambities op het terrein van energie en grondstoffen, maar zullen ook bijdragen tot het efficiënter en effectiever maken van vele 'traditionele' processen. Bovenstaande tabel laat toe, zij het niet zonder bijkomende analyses, om een zekere prioriteitsstelling te realiseren.

Nu alle dimensies van het integrale model (zie figuur 1) zijn uitgewerkt (de socio-economische impactfactoren, de technologiedomeinen waarbinnen veelbelovende ontwikkelingen kunnen plaatsvinden, en de structuur van de chemische sector), wordt in de onderstaande figuur een volledig overzicht gegeven van de interrelatie tussen de technologische opportuniteiten, de sociaal-economische impactfactoren, en de sectoren van de chemische industrie waarop deze beide hun uitwerking kunnen hebben. Wat dat laatste betreft, is (zoals eerder gesteld) gekozen voor de driedeling: basischemicaliën, gespecialiseerde chemicaliën, en consumentenproducten (fijnchemie). Het hoge abstractieniveau laat ruimte om op creatieve wijze op zoek te gaan naar applicaties binnen nieuwe terreinen door een verdere verfijning binnen een specifieke subsector.



Figuur 6: Conceptuele interrelatie tussen sociaal-economische impactfactoren en technologische ontwikkelingen enerzijds, en subsector anderzijds



# HOOFDSTUK 6

## (TECHNOLOGISCHE) ONTWIKKELINGEN IN DE TOEKOMST: EEN OVERZICHT

### 6.1 GLOBALE VERSCHUIVINGEN BINNEN DE ONDERSCHIEDEN (TECHNOLOGIE)DOMEINEN

#### Chemical Synthesis

Katalyse is ongetwijfeld een van de belangrijkste technologieën voor de chemische industrie. Ongeveer 80% van de chemische processen die bij de productie van een breed scala aan chemische producten worden gebruikt, zijn gebaseerd op katalyse. Verder onderzoek en ontwikkeling rond deze technologie is enerzijds van belang voor de efficiëntie en de effectiviteit van het verloop van deze processen, en anderzijds voor de verdere optimalisatie ervan met het oog op milieu- en energievriendelijkheid. Vanuit dit perspectief bekeken, is katalyse van strategisch belang voor de chemische industrie en voor de verdere verantwoorde economische ontwikkeling van de sector. In een recent uitgevoerde Nederlandse studie in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken zijn de toekomstige ontwikkeling, en de daarmee gepaard gaande strategische keuzes, rond katalyse in kaart gebracht (Dutch Ministry of Economic Affairs, 2000).

Centraal binnen de chemie staat synthese: het vinden van nieuwe meer efficiënte manieren om producten te maken in alle vormen en grootten en met elke denkbare functie is een van de grootste uitdagingen. Het belangrijkste instrument in de synthese is katalyse<sup>14</sup>. Katalysatoren zijn veelal complexen gemaakt uit metalen of keramische materialen. Ze zijn veelal poreus, wat de doorlating van gassen en vloeibare stoffen toelaat. Onderzoek binnen de petrochemie richt zich vooral op het vinden van efficiëntere heterogene katalysatoren voor het 'kraken' van primaire grondstoffen in lichtere fragmenten waarna recombinatie in bruikbare chemische producten zoals polymeren, smeermiddelen en vezels kan plaatsvinden. Nieuwe onderzoeksinitiatieven richten zich op het combineren van de hoge selectiviteit van homogene katalyse met de robuustheid van heterogene systemen (AllChemE, 2002). Een grotere beheersing van het katalytische proces op het moleculaire (supra-moleculaire) niveau behoort tot de mogelijkheden. In tabel 12 geven we een detaillering van de wijze waarop katalyse aan deze doelstellingen kan bijdragen (Dutch Ministry of Economic Affairs, 2000). Tevens zijn dit de verbeteringsdoelstellingen die bij O&O rond katalyse een centrale plaats (zullen) blijven innemen.

---

<sup>14</sup> Katalyse betreft een breed technologisch gebied bestaande uit een combinatie van diverse technologieën. Wanneer we spreken over katalyse dan beschouwen we hierbij zowel homogene als heterogene katalyse alsook de biokatalyse. Katalyse is tevens sterk gerelateerd aan diverse andere O&O gebieden zoals reactorontwerp, scheidingstechnologie, materialenontwikkeling, organische chemie, enz.

Tabel 12: Overzicht van de drijfveren en hun karakteristieken achter katalysegerichte O&O activiteiten

Sustainable development	Efficiency	Science & technology base
(Key technology in achieving the sustainability goals of the chemical sector)	(Benefit maximization versus cost minimization)	(The science and technology base within universities, knowledge centres and industry form the basis for the future of catalysis)
<p><b>Selectivity:</b> the ability to accelerate only specific, desired reactions. Is related to the development of new routes for new and existing products as well as the reduction of waste in a broad sense.</p> <p><b>Activity:</b> the impact on the reaction rate. Related to the use of energy and processing time.</p> <p><b>Stability:</b> ability to maintain selectivity during extended periods of processing (stability of the reaction). Improved stability will reduce new large waste streams.</p>	<p><b>Atom-efficiency:</b> improving efficiency in the use of scarce resources through reduction of waste and use of raw materials.</p> <p><b>Cost-efficiency:</b> impact through improved reaction effectiveness (separation and disposal costs), reduced capital investments (novel process and reactor concepts), improved plant and feedstock flexibility.</p> <p><b>Energy-efficiency:</b> ability to reduce energy needed to manufacture products and operate processes.</p>	<p>Shift towards short-term applied R&amp;D, reduced number of students in technical disciplines need to be addressed.</p> <p>All innovation actors need to be involved.</p>

Bron: Dutch Ministry of Economic Affairs, 2000

### Bioprocesses & Biotechnology

Biotechnologie wordt gezien als een van de domeinen waarin de toekomstige ontwikkelingen een cruciale rol zullen spelen voor het behouden en verbeteren van de competitiviteit van de chemie. Moderne biotechnologie wordt een grote toekomst voorspeld in het veranderen van gewassen tot 'fabrieken' die hoogwaardige moleculen produceren als secundaire metabolieten. De mogelijk productie in planten omvat proteïnen, chemische synthese van polymeren, medische biomaterialen en andere nieuwe materialen. Voorspeld wordt dat de productie van chemische stoffen in zulke plantfabrieken tot 20% van de totale bulkchemicaliën in 2010 voor zijn rekening zal nemen (IPTS, 2000b, McKinsey & Company, 2001). Hoewel deze ontwikkeling eventueel positief door het brede publiek ontvangen kan worden is acceptatie in het geheel niet zeker (denk aan de algehele GGO problematiek).

Computersimulatie en modellering zijn onmisbare instrumenten geworden in de studie van complexe biologische systemen. De modelleringprogramma's zijn gebaseerd op methoden afgeleid van theoretische chemie of van empirische modelscenario's afgeleid van de analyse van enkele moleculen. Biomimetische chemie is het veld van experimentele simulatie van biologische systemen waarbij chemici trachten de complexe systemen en processen uit de natuur versimpeld na te bootsten (mimiek). Deze

studies zullen het begrip van chemische en biologische reacties vergroten en zullen leiden tot de uitvinding van totaal nieuwe chemische processen en nieuwe materialen met een gunstige uitwerking op de industrie en de maatschappij (ACS, 1996).

Het DNA van alle voor de industrie belangrijke micro-organismen en planten zal verder in kaart worden gebracht. Optimale efficiëntie in metabolische veranderingstrajecten zal bereikt worden (ACS, 1996). Hoogwaardige moleculen en structuren zullen ontwikkeld worden, sommige van biologische aard, andere van biochemische oorsprong. Grondstoffen voor bioprocessen zullen afgeleid worden van landbouwfal en in zekere mate ook van speciaal gecultiveerde gewassen. Specifiek gaat het voor 2010 over de productie van biodegradabele polymeren en polymerische biomaterialen (ECMSA, 2001), waarbij veel aandacht zal gaan naar het verbeteren van de zogenaamde barrière-eigenschappen (barrier properties) van dergelijke 'biodegradabele' polymeren met het oog op het vervangen van bestaande toepassingen (bvb. in verpakking) – voor een gedetailleerd overzicht van de onderliggende detailontwikkelingen verwijzen we naar appendix 3.

### **Materials technology**

Op het vlak van materialenontwikkeling is er een gans scala aan nieuwe ontwikkelingen (AllCheme, 2002; Materials technology workshop report, 1999; Van Looy et al., 2002). Ten eerste zijn er evoluties op het vlak van de ontwikkeling van nieuwe materialen en hun functionele performantie (conductiviteit, sterkte,...), denk in dit kader aan de ontwikkeling van methoden om de levensduur en verouderingskarakteristieken van polymeren te voorspellen, of wederom aan verbeterde katalysatoren, de gecontroleerde vrije radicalen polymerisatie (de zogenaamde 'controlled (living) free radical polymerization'), organische-anorganische composieten, nieuwe monomeren enzovoort. Ten tweede gaat het om de typering van materialen. Het ontwikkelen van technieken om interfaces te analyseren, of de ontwikkeling van sensoren om eigenschappen te analyseren tot op het moleculaire niveau. Toenemende interactie tussen materiaalwetenschappen en de 'life sciences' in het verlengde van de toenemende activiteit van chemische bedrijven in biotechnologie, wordt vereist. Ten derde staan de desassemblage, de recuperatie, het hergebruik, de recyclage en de hernieuwing van materialen aan het begin van een verdere evolutie (voor een meer gedetailleerd overzicht van trends en ontwikkelingen verwijzen wij naar appendix 3). Tot slot zal tevens de ontwikkeling van combinatorische technieken voor methodes van hogedoorvoer screening in de materiaalsfeer een verdere, hoge vlucht nemen.

### **Process science & Engineering technology**

Procesontwerp zal in de toekomst integraal worden bekeken en zal focussen op het bereiken van een grotere productie-efficiëntie, energie-efficiëntie, een betere bescherming van de gezondheid, veiligheid, en het milieu. Processen zullen ontworpen worden volgens 'concurrent engineering' en 'design right from first' principes. Verdere interactie en integratie met de informatietechnologie, specifieke software ontwikkeling (bv. op vlak van productieplanning, property databases), is essentieel. Traditionele kwaliteitsbewakinglaboratoria zullen vervangen worden door 'real time', continue (zie ook IMTI, 1999), 'in-process' metingen van composities en eigenschappen. Vele nieuwe commerciële processen zullen gerecycleerde materialen gebruiken als grondstof (zie ook appendix 3).

### **Chemical Measurement & Analysis**

Meting en analyse is een kritische technologie voor elke fase in de chemische wetenschap, product en procesontwikkeling en productiebeheersing. Nieuwe kennis en inzichten over huidige en nieuwe processen, als gevolg van progressie in de chemische meettechnologie de afgelopen jaren, hebben een belangrijke rol gespeeld in de ontwikkeling van chemisch onderzoek, biotechnologie, materiaalonderzoek en procesengineering. De uitvoering van analytische chemie is totaal veranderd door ontwikkelingen zoals 'high-field superconducting magnets', 'multiple-wavelength lasers', 'multiplexed array detectors', 'atomic-force and scanning tunneling microscopes', 'non-scanning spectral analysis', maar ook door de integratie van computers en instrumentatie (NSF/NIST, 1998).

Terwijl reeds enorme sprongen zijn gemaakt in het verplaatsen van procesmetingen van het laboratorium naar de productielijn, worden vele metingen nog steeds 'off-line' uitgevoerd. Veel is bereikt door het gebruik van 'one-of-a-kind' instrumenten voor meerdere toepassingen. Effecten van 'Chemical Measurement & Analysis' zullen zich bevinden op het vlak van kostenreductie, efficiëntieverhoging (bijv. via Just-in-time productie), 'speed to market', verbetering van productkwaliteit, milieu en veiligheid, inzichten rond werkelijke procesuitvoer.

Op het vlak van meting en analyse zullen we vooral verbetering zien in de capaciteit, de precisie en de snelheid van analytische instrumenten. Alle kritische processen zullen in de toekomst 'on-line' gemeten worden, in de productieomgeving zelf. De meest gesofisticeerde meettechnieken van de jaren '90, veelal alleen gebruikt in laboratoria, zullen geautomatiseerde analytische routines worden die industriewijd

ingezet worden. Kristallografie zal veelvuldig gebruikt worden om macromoleculaire structuren in kaart te brengen en te bestuderen (zie ook appendix 3).

### **Computational technologies**

'Computational technologies' zijn ingebed in vrijwel elk aspect van chemisch onderzoek. Het is dan ook met recht een ondersteunende technologie te noemen. Deze technologieën kennen een breed scala aan applicaties, moleculaire modellering tot simulatie en controle van chemische processen. De aspecten van 'computational technologies' die het meest relevant zijn voor de chemische sector zijn: procesmodellering en simulatie, optimalisatie van processen, procescontrole, 'computational fluid dynamics' (Chemical Industry of the Future, 1999). Veel aandacht binnen dit gebied gaat naar moleculaire modellering: modellering van chemische systemen op het moleculaire en atomistische niveau en voorspelling van kwantum effecten. Praktische applicaties zijn onder andere het aanleveren van kwantitatieve schattingen van engineering parameters zoals hitte formatie, reactie, transporteigenschappen zoals viscositeit en warmtegeleiding die nodig zijn om modellen van complete chemische processen te creëren (voor meer details omtrent mogelijk ontwikkelingen verwijzen wij naar appendix 3).

#### APPLICATIONS FOR COMPUTATIONAL CHEMISTRY IN CHEMICAL PROCESSING

- New Bioprocesses
- Catalyst Design
- Improved Reaction Mechanisms
- Product Development
- Efficient Process Design
- Materials and Polymer Design
- Polymer Processing
- Environmental modelling and remediation

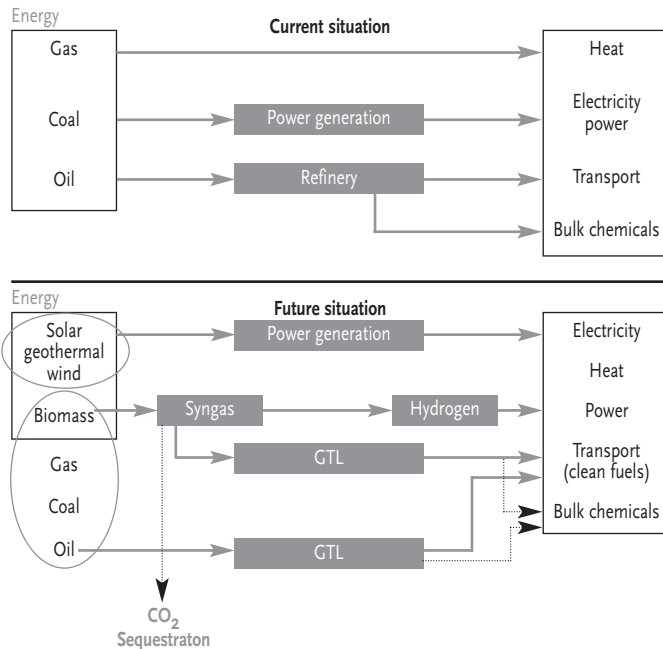
Op het vlak van 'computational technologies' (ACS, 1996; Chemical Industry of the Future, 1999) zullen ontwikkelingen leiden tot kortere product/proces ontwikkelingscycli, optimalisatie van huidige processen om de energie-efficiëntie te verbeteren en het effectieve ontwerp van nieuwe producten en processen. Modellering met grote precisie en betrouwbaarheid op het niveau van de atomen zal de bedrijven toelaten om snel nieuwe materialen te ontwikkelen die milieuvriendelijk en veilig zijn. Computatieve technieken zullen de experimentele optimalisatie en opschaling leiden. Procesmodellering en optimalisatie zal een integraal deel uitmaken van de ontwikkeling en implementatiecyclus.

## Energy & feedstock

Wellicht de meest relevante ontwikkelingen bepalend voor de toekomst van de chemische sector zullen zich afspelen op het domein van energie en grondstoffen. De groei in energieverbruik in Europa zal gevoed worden uit de combinatie van verschillende energiebronnen: olie, gas, kolen, nucleaire energie (controversieel en bijgevolg met een onzekere toekomst), natuurlijke hernieuwbare bronnen zoals wind, water, zonne-energie, energie uit landbouwtoepassingen (biomassa in het algemeen, atmosferische, oceanografische en aardkorst temperatuurverschillen) – (AllChemE, 2002). Het gebruik van zonne-energie vereist verdere ontwikkeling van de performantie van fotovoltaïsche cellen. Niet-fossiele brandstoffen zullen een schonere en onuitputtelijke energiebron vormen. Biomassa kan in de toekomst een additionele bron vormen van koolstof gebaseerde brandstof voor het komende decennium. Echter, optimalisatie en verbetering van de energieconversie uit biomassa is primordiaal. Volgens de 'Technology Map' van het IPTS (1999) zal rond 2006 nucleaire energie zijn credibiliteit terugvinden. Op het vlak van 'schone' fossiele brandstof technologieën is het de verwachting dat nog meer efficiënte gasturbines ontwikkeld zullen worden die vervolgens geïntegreerd worden in grootschalige energieopwekkingscentrales. Biomassa zal na 2005 een wijdverspreide technologie zijn, net als de inzet van fotovoltaïsche technologie en het gebruik van zonnecellen (IPTS, 1999). In figuur 7 bevindt zich een overzicht van de verwachte structurele wijzigingen in de energieproductie en distributie (zie ook appendix 3).

European clean fuels legislation (desulphurisation of diesel fuels; currently 350ppm in diesel; 2005 this will be lowered to 50ppm – for gasoline 150ppm; 50ppm 2005); anticipated legislative level in 2001 10ppm under the EU auto-oil program  
(*Hydrocarbon Processing, September 2000*)

Figuur 7: Verwachte structurele wijzigingen in de energieproductie en distributie



Bron: Dutch Ministry of Economic Affairs, 2000

### Supply Chain Management

De logistieke functies zullen in de toekomst opereren in een omgeving van perfecte coördinatie tussen orders, productie en distributie tussen landen en continenten. Innovaties in transport worden vooral gedreven door concurrentie, regelgeving, vraag naar toenemende efficiëntie en nieuwe opportuniteiten bijvoorbeeld in het kader van ICT. Indien we dieper ingaan op de feitelijke transportmodi, dan zien we de komende decennia vooral ontwikkelingen op het vlak van wegtransport ('dedicated' transport), geleid transport (high speed rail, magnetic suspension, light rail, underground guided transport etc.), luchtvervoer (sub- en supersonische vliegtuigen en helikopters), maritiem transport (fast water vessels, electric all ships, etc.). De zuiver technologische evoluties zullen zich vooral voordoen in propulsie, 'in-vehicle' telematica, geavanceerde materialen die verwerkt worden in voertuigen en voertuigproductie in zijn totaliteit. Het zal ons te ver voeren hier om in detail te treden over de mogelijk technologische ontwikkelingen rond vervoer en distributie; voor een meer gedetailleerde uiteenzetting verwijzen wij



bijvoorbeeld naar de verkenningstudie uitgevoerd in opdracht van AGORIA Vlaanderen (Van Looy et al., 2002) of naar het 'Futures Project' uitgevoerd door het IPTS (IPTS, 1999). Logistieke optimalisatie ('fulfillment excellence') zal in de toekomst gedreven worden door zes factoren (Cap Gemini, Ernst & Young, 2002): samenwerking ('real time data' delen met klanten, leveranciers en partners, standaardiseren van processen en methoden), optimalisatie (eliminieren van inefficiënties), connectiviteit (standaardiseren applicaties en platforms), uitvoering (verbeteren van transport, distributie, voorraadbeheer), snelheid (verhogen reactiesnelheid en aanpassingsvermogen), visibiliteit (voorraad kunnen traceren, update van orderstatus, managen van incidenten). In zijn geheel zullen ondernemingen moeten werken aan de totstandkoming van een 'adaptieve' distributieketen (zie ook appendix 3).

### **Information Systems**

Op het vlak van de informatietechnologie, die met recht een basistechnologie genoemd kan worden met implicaties voor elk van de overige onderscheiden domeinen, staan we aan de vooravond van een nieuwe cyclus revolutionaire ontwikkelingen (IPTS, 1999, 2000b; IMTI, 2000). Men ziet vooral een tijdperk opkomen van 'ubiquitous computing' waarin computergebaseerde applicaties zo goedkoop worden en zo gemakkelijk in het dagdagelijkse gebruik, dat ze een brede toepassing zullen vinden. Om deze visie echter te realiseren, is er nog een heel scala aan technologische uitdagingen. De exponentiële trend van miniaturisatie, waarin de complexiteit van circuits op siliciumchips verdubbelt elke 12-18 maanden voor dezelfde prijs, zal tenminste tot 2010 doorzetten. Ontwerp van circuits, interconnectie materialen, koeling van geïntegreerde circuits, en vooral de hoge kosten van chip fabricatie, vereisen, in het kader van 'ubiquitous computing', verder ontwikkeling. Een tweede belangrijke rode draad in de evolutie van ICT betreft de 'Knowledge Management Tools' waarbinnen de integratie van databanken ('data warehousing') en de exploitatie van data ('datamining') centraal zullen staan. Specifieke evoluties worden verwacht op het vlak van software design met het oog op informatietransfer, commerciële transacties, en zelfs communicatie tussen machines in bijvoorbeeld een sensorische omgeving (denkt u aan de ontwikkelingen op het vlak van meting en analyse). Meer kijkend naar de specifieke toepassing van de zuiver technologische ontwikkelingen (ACS, 1996) binnen de chemische industrie, dan verwachten we een evolutie waarin werknemers directe en onmiddellijke toegang hebben tot informatie- en beslissingsondersteunende systemen via intelligente en intuïtieve interfaces ('virtual offices without borders'). Belangrijke informatie zal gedigitaliseerd zijn. Externe afnemers zullen eveneens deel uitmaken van deze netwerken en zullen toegang hebben tot informatie over alle schakels van de keten. Maar ook

op het vlak van materialenontwikkeling zullen informatiesystemen een belangrijke rol spelen via bvb. de aanleg van databanken met karakteristieken van bestaande materialen die voorspelling van karakteristieken van nieuwe materialen mogelijk moeten maken<sup>15</sup> (zie appendix 3 voor een totaaloverzicht).

### **Manufacturing and Operations**

Kritische succesfactoren voor de duurzame ontwikkeling van de sector, die onder de paraplu van 'manufacturing & operations' geschaard kunnen worden, zijn: klantenfocus, productiecapaciteit, informatie en procescontrole, procesontwerp en constructie, integratie van toeleveranciers, en expansie. De productie omgeving in de toekomst zal betrouwbaar zijn, milieuvriendelijk en efficiënt. Klanten krijgen betrouwbare producten die aan alle vereisten voldoen. Nieuwe producten worden geïntroduceerd vanuit technologische platformen met een aanzienlijke reductie in 'time-to-market'. Innovatiepartnerships met afnemers van chemische producten zullen steeds vaker voorkomen; hierbij spelen toepassingsvereisten van de producten een centrale rol. Interactie met de overheid en de regelgevende instanties wordt gefaciliteerd door een gedeelde missie en partnership in het beschermen van de gezondheid, de veiligheid, en het milieu.

In tabel 13 wordt er een samenvattend overzicht gegeven van de globale ontwikkelingen per domein. In de volgende paragraaf zullen de gedetailleerde resultaten van de expertraadpleging besproken worden.

---

<sup>15</sup> Meer detail omtrent toekomstige ontwikkelingen binnen informatietechnologie en -systemen is te vinden in de volgende verkenningsstudies: 'Technology Roadmap for European Advancement', technology roadmap on software intensive systems (ITEA, 1998; <http://www.itea-office.org>), 'Embedded Systems Roadmap 2002' (Eggermont, 2002; <http://www.stw.nl/progress/Esroadmap/index.html>).

Table 13: Technologische ontwikkelingen: een eerste overzicht

Domein	Evolutes op korte en lange termijn
Chemical Synthesis	Catalysts can be 'customized' and put together from single components. Combination of the high selectivity of homogeneous catalysis with the robustness of heterogeneous systems by supporting molecular species on the surface of solids such as zeolites and silica. New robust solids with hollow channels – mesoporous solids – the dimensions of which can be controlled in the molecular assembly process will have many uses including vehicle exhausting cleaning. Chemists will apply natural processes to industrial chemicals and materials achieving higher efficiency and improved safety. Some specific evolutions: Practical use of catalytic oxidation and hydrogenation with less salt by-product. Practical use of technology for direct synthesis of phenol from benzene though air-oxidation. Development of selective catalytic cracking technology for naphtha.
Bioprocesses & Biotechnology	Metabolic pathways will be fully understood. Very low cost raw materials for bioprocesses will be derived from agricultural and forestry wastes and, to an increasing extent, cultivated feedstock. Biotech-based processes will enable the manufacture of chemicals with greater energy efficiency and environmental care.
Materials Technology	Scientists will be able to design materials, and predict their properties from the molecular level through the macroscopic level relying on easy-to-use computational tools. They will also be able to precisely manipulate materials from nano-scale to macro-scale. Increased acceptance of methods for disassembly and reuse. Some specific evolutions: Biodegradable plastics will account for 30% of all plastics (organic mat.); Widespread use of polymer synthesizing processes that use renewable resources instead of conventional petrochemical processes. Widespread use of power generator turbines made primarily from reliable, high-strength, heat-resistant ceramics, ceramics as strong as and more wear-resistant than metal alloys. Surface coatings which change colour with temperature as well as providing protection. Special polymers are now being tested for fire-proof cushions and panels in aircrafts and cars. The accent lies on improving human safety.
Process Science & Engineering	Process design will be viewed more comprehensively and will focus on the principles of concurrent engineering, designing from first principle, improved energy efficiency, protection of human health, safety, and the environment. Some precise evolutions: Zero Net Life-Cycle Waste, Intelligent Control Systems, Model-based failure and mitigation. Many new commercial processes will use recycled raw materials as feedstock.
Chemical measurement & analysis	Non-specialists in the scientific community will be able to use research-grade analytical measurement instruments. Some improvements: All critical-process chemistry will be measured accurately on-line in a manufacturing environment. Interfaces, particulates, and aerosols will be accurately and precisely characterised. Large combinatorial chemicals will be routinely measured and characterized. Analysis cycle time will be reduced by a factor 10 of what it was in 1990. Crystallography and resonance spectroscopies will be used routinely to determine macromolecular structures. Sample preparation will no longer be needed for routine analytical measurements.
Computational technologies	Shortened product-process development cycles, optimisation of existing processes to improve energy efficiency, and efficient design of new products and processes. Atomistic modelling with high reliability will allow companies to rapidly design new materials the protect E&HS issues. Process modelling and optimisation will be an integral part of the development and implementation cycle. Coupling process science and engineering with the basic sciences will ensure rapid development, design, and scale up. Method of sampling thousands of variations of chemistries from a library to find candidates for development.
Supply Chain management	Global partnerships with customers, carriers, feedstock suppliers, co-producers, and third party service providers. Structure marketing and distribution operations from a global perspective. The sale and efficient distribution of chemical products will continuously improve thereby generating major benefits to the chemical industry in terms of economic gains, but also environmental gains; chemical companies responsiveness to the changing requirements of their customers will increase. They will be able to support their customer's needs several times faster than in the 1990s. Inventories could be reduced by 50% and handling costs by 20% of what they were in the 1990s.
Information Systems	Individuals will have instant access to information and decision support tools via intelligent, intuitive interfaces regardless their location. Data will be managed as a corporate asset. New data centralization and replication techniques; ERP programs like SAP will determine all processes of the companies' value chain. Security techniques, data compression, transfer and storage will have no limitations. All literature, regulatory information and scientific data will be available on-line. Analysis will be crucial. Tools like neural networks and artificial intelligence can be used in all functions. New tracking systems, computational approaches to design and development.
Manufacturing & operations	Continuous improvement is a way of life. Customers receive a consistent supply of reliable products that satisfy requirements. Cycle time of new products is reduced. Data flow seamlessly along the supply-chain. The three layers of automation-process, plant floor, and supply chain are connected. Capabilities are supported by all parties; plug and play features. Process control is highly automated, as are plant start-up, operation and shutdown. Dynamic simulation based control based on models that can handle more than 100 000 equations. Process clean-outs are automated with monitoring as a routine and frequent part of the process.

## 6.2 ALGEMENE KARAKTERISTIEKEN VAN DE EXPERTRAADPLEGING

Zoals reeds vermeld, een technologieverkenningstudie kan nimmer in isolement plaatsvinden. De input van experts binnen en buiten de sector is een essentieel element in elke toekomstverkenning. In de huidige studie is voor de expertraadpleging een overzicht gemaakt van relevante (technologische) ontwikkelingen rond elk van de onderscheiden domeinen die vervolgens ter evaluatie is voorgelegd aan brede groep van 33 experts (n=33). De ontwikkelingen zijn opgenomen in een lijst met stellingen die de richting van de evolutie ter zake weergeeft. Vervolgens is aan de experts gevraagd om de stellingen te evalueren op zeven dimensies: de verwachte realisatie langsheen een tijdsas, de reden waarom men de genoemde ontwikkeling eventueel niet haalbaar acht, de impact op de maatschappij, de impact op de concurrentie, het vertrouwen dan men heeft om de genoemde evolutie in het eigen bedrijf in te voeren, het vertrouwen dan men heeft om bij te dragen tot de realisatie van voorgelegde ontwikkeling, en ten slotte, de mogelijke rol die men voor de overheid ziet weggelegd bij de realisatie van de genoemde ontwikkeling. Naast deze expertraadpleging is tevens een serie interviews uitgevoerd (n=18) met experts omtrent hun verwachtingen voor de toekomst.

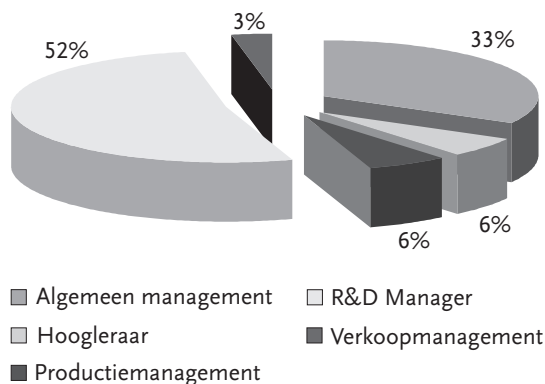
Alvorens in te gaan op de inhoudelijke resultaten (voor een gedetailleerd overzicht van de resultaten van de expertraadpleging verwijzen wij naar appendix 4), presenteren wij eerst enkele statistieken over de expertraadpleging zelf en de kwaliteit van de invulling van de vragenlijst. In tabel 14 vinden we een onderverdeling van de expertpopulatie naar sector. Ondanks het feit dat vele subsectoren vertegenwoordigd zijn, komt de meerderheid van de respondenten uit de petrochemie, de vervaardiging van anorganische basischemicaliën en de kunststofsector. Men dient er rekening mee te houden dat bedrijven in meer dan een subsector geplaatst kunnen worden terwijl hierna 'slechts' de primaire sector is opgenomen.

Tabel 14: Samenstelling steekproef (op basis van de primaire sector van activiteit (n=33))

Sector respondent	Aantal Respondenten
Afvalbeheer	1
Consulent Energie & Engineering	1
Recyclering van kunststofafval tot nieuwe producten	1
Universiteit	2
Verkoop van olieafgeleide producten	1
Vervaardiging van farmaceutische grondstoffen	1
Vervaardiging van fotochemische producten	1
Vervaardiging van kunststof in primaire vorm	4
Vervaardiging van overige anorganische basischemicaliën	5
Vervaardiging van overige chemische producten	2
Vervaardiging van overige plastic producten	1
Vervaardiging van petrochemische producten en overige organische basischemicaliën	8
Vervaardiging van platen, folie, buizen en profielen van kunststof	2
Vervaardiging van verf, lak, vernis, inkt en mastiek	1
Vervaardiging van verpakkingsmiddelen van kunststof	1
Vervaardiging van zeep, was-, reinigings- en onderhoudsmiddelen	1

Wanneer we vervolgens kijken naar de functie van de respondenten in hun organisatie, dan zien we dat de meerderheid van de ondervraagden O&O functies vervullen – in lijn met het technologisch karakter van deze studie. De tweede grote groep respondenten heeft een positie in het algemeen management (directeur, bestuurder). Andere functies zijn ook vertegenwoordigd om zo een gebalanceerde populatie te verkrijgen (zie figuur 8).

Figuur 8: Samenstelling steekproef naar functie respondent



Tenslotte kijken we per technologiedomein naar twee aspecten van de ondervraging (zie tabel 15). Allereerst beschouwen we het percentage ingevulde stellingen per technologiedomein, en vervolgens het aangegeven expertiseniveau van de experts in elk van de onderscheiden domeinen.

Tabel 15: Invullinggraad en expertiseniveau per technologiedomein (n=33 (6 kort en 27 lang<sup>16</sup>))

(Technologie)domein	% ingevulde stellingen	Expertiseniveau
General statements	95%	Niet relevant
Chemical Synthesis (Catalysis)	57%	Laag
Bioprocesses & Biotechnology	53%	Laag
Materials technology	64%	Hoog/Laag
Process science & Engineering technology	72%	Laag
Chemical Measurement & Analysis	60%	Middelmatig
Computational technologies	78%	Middelmatig
Energy & feedstock	65%	Middelmatig
Supply Chain management	53%	Laag/Middelmatig
Information Systems	91%	Middelmatig
Manufacturing & Operations	64%	Middelmatig

De meest ‘gescoorde’ evoluties zijn van algemene aard (95%), gevolgd door de ontwikkelingen op het vlak van ‘Management en operaties’ (91%). Relatief laag ‘gescoord’ zijn de evoluties relaterend aan ‘Supply Chain Management’ (53%) en ‘Bioprocesses & Biotechnology’ (53%). Wat betreft de expertise van de ondervraagden kunnen we stellen dat die over het algemeen genomen ‘middelmatig’ is. Echter in een drietal domeinen is deze ‘laag’: ‘Bioprocesses & biotechnology’, ‘Computational technology’ en ‘Supply Chain Management’.

### 6.3 VERWACHTINGEN VAN DE EXPERTS OP HET NIVEAU VAN DE TECHNOLOGIEDOMEINEN

In tabel 16 wordt en overzicht gegeven van het voorkomen en de timing van de ontwikkelingen binnen elk van de onderscheiden technologiedomeinen (analyse is op het niveau van het domein; voor een overzicht van de onderliggende details aan evoluties verwijzen wij naar Appendices 3 en 4). Wat betreft de

<sup>16</sup> De integrale versie van de vragenlijst bestaat uit 129 voorgelegde evoluties, waarvan 12 van meer algemene (socio-economische aard) zijn. Naast deze integrale lijst is er, om de respons te vergroten, tevens een verkorte lijst ontwikkeld bestaande uit de 12 algemene evoluties.

voorgelegde algemene trends en ontwikkelingen<sup>17</sup>, zijn de experts van mening dat deze zich de komende jaren zullen voordoen – en wellicht ook moeten voordoen. De ontwikkelingen op het vlak van biotechnologie schuift men eerder door naar het volgende decennium – de realisatie van de genoemde biotechnologie ontwikkelingen in de chemische sector ziet men dan pas. De meeste ontwikkelingen binnen computational technology ziet men nog dit decennium bewaarheid worden. Op het vlak van synthese ziet men de meeste ontwikkelingen gerealiseerd aan het eind van dit decennium/begin volgend decennium. Wat betreft de meeste ontwikkelingen in de overige domeinen, verwacht men dat deze realiteit zullen worden nog voor 2010. Opzienbarend is 25% van de meningen rond nieuwe energie en energiebronnen de ontwikkelingen terzake niet haalbaar acht (voor een volledig overzicht van de voorgelegde ontwikkelingen verwijzen wij naar appendix 3).

Tabel 16: Voorkomen en timing van de meeste ontwikkelingen binnen de onderscheiden technologiedomeinen  
Timing van de verwachte ontwikkelingen...

	Niet	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020
Algemene Stellingen	11%	29%	27%	17%	6%	9%
Bioprocessen & Biotechnologie	13%	4%	21%	27%	14%	20%
Computationele technologie	4%	17%	34%	17%	18%	10%
Chemische synthese	8%	18%	32%	25%	7%	10%
Distributieketen	21%	10%	26%	23%	12%	9%
Energie & energiebronnen	25%	5%	16%	23%	15%	17%
Informatiesystemen	12%	30%	31%	17%	7%	3%
Materiaaltechnologie	17%	13%	28%	21%	13%	8%
Meting, analyse en controle	14%	16%	33%	25%	6%	8%
Operaties	14%	31%	35%	11%	7%	2%
Proceswetenschap & engineering technologie	13%	13%	30%	28%	8%	8%

Vervolgens is er gekeken per domein naar de respectievelijke impact op de maatschappij en de concurrentie (industrie, bedrijf) voor elk van de onderliggende ontwikkelingen (zie tabel 17). Hoewel de resultaten niet altijd even eenduidig zijn, kunnen er toch enkele belangrijke analyses gemaakt worden. De voorgelegde ontwikkelingen (zie appendix 3) op het vlak van biotechnologie acht men van hoge impact op beide dimensies, dus zowel maatschappelijk als bedrijfseconomisch. Voor wat betreft

<sup>17</sup> De algemene trends en ontwikkelingen vormen deels een afspiegeling van de onderliggende detailevoluties weergegeven in Appendices 3 en 4. Voor het overige betreft het (gewenste/mogelijke) ontwikkelingen die naar voren zijn gekomen uit de individuele gesprekken met de experts binnen en buiten de chemie en die vervolgens ter validatie zijn voorgelegd.

synthese, en specifiek katalyse, schat men voor de evoluties een hoge impact in op de maatschappij, maar een lage impact op het concurrentievermogen. Met andere woorden, katalyse ontwikkeling moet inspelen op een aantal duidelijke maatschappelijke verwachtingen naar chemische productie toe, doch elke onderneming wordt er in dezelfde mate en op hetzelfde niveau mee geconfronteerd en kan er dan ook moeilijk een direct positief concurrentievoordeel uit halen; let wel, indien men deze trend niet volgt, kunnen er aanzienlijke negatieve gevolgen ontstaan voor de concurrentiepositie.

Technologische veranderingen op het vlak van energie en energiebronnen acht men van hoge impact zowel op de concurrentie als op de maatschappij. Dit hangt tevens samen met de toegenomen verwachtingen van het brede publiek inzake milieu, veiligheid en gezondheid, zaken waarop de wijze van energieproductie een belangrijk invloed kan hebben. Van lage waarde voor de concurrentie schat men de voorgelegde ontwikkelingen in op het vlak van operaties, dit terwijl de maatschappelijk waarde hoger geacht wordt. Ter herinnering, het gaat hier om gemiddelde over de verschillende domeinen heen (zie appendix 3 en 4 voor een overzicht van onderliggende evoluties en trends).

Tabel 17: Impact van geïdentificeerde ontwikkelingen per technologiedomein

	Impact op maatschappij			Impact op concurrentie		
	Laag	Middelmatig	Hoog	Laag	Middelmatig	Hoog
Algemene Stellingen	45%	19%	37%	44%	25%	31%
Bioprocessen & Biotechnologie	24%	35%	41%	27%	32%	41%
Computationele technologie	21%	54%	25%	33%	29%	38%
Chemische synthese	26%	34%	40%	45%	18%	38%
Distributieketen	42%	16%	42%	36%	18%	45%
Energie & energiebronnen	27%	26%	47%	25%	37%	38%
Informatiesystemen	19%	35%	46%	35%	13%	52%
Materiaaltechnologie	34%	37%	29%	31%	23%	46%
Meting, analyse en controle	30%	38%	32%	39%	18%	43%
Operaties	28%	18%	54%	56%	9%	35%
Proceswetenschap & engineering technologie	25%	43%	32%	38%	17%	45%

Tenslotte wordt in tabel 18 een overzicht gegeven van de mogelijke rol die men aan de overheid toebedeelt als het gaat om randvoorwaarden die de realisatie van de (technologische) ontwikkelingen mogelijk moeten maken. Per domein zijn uiteraard de inzichten verschillend. Bij de meer revolutionaire en nieuwe ontwikkelingen binnen biotechnologie, synthese, en computationele technologie geeft men aan



dat de overheid voor meer O&O infrastructuur zou moeten zorgen. Rond de evoluties op vlak van informatiesystemen, operaties, meting, analyse en controle, ziet men een mindere rol weggelegd voor de overheid daar waar het gaat om realisatie. Uiteraard worden deze uitkomsten verder genuanceerd indien we dezelfde analyse doen maar dan op het niveau van de onderliggende detailontwikkelingen (zie Appendix 4).

Tabel 18: Mogelijke rol van de overheid

	Rol van de overheid bij voorgedragen ontwikkelingen					
	Aanpassen regelgeving	Geen	Onderzoeksfinanciering	Ontwikkelen van O&O infrastructuur	Stimuleren HR	Versterken van overleg tussen sectoren en domeinen
Algemene ontwikkelingen	20%	10%	21%	17%	10%	22%
Bioprocessen & Biotechnologie	11%	11%	21%	38%	11%	9%
Computationele technologie	2%	22%	15%	33%	13%	15%
Chemische synthese	3%	19%	17%	36%	12%	11%
Distributieketen	29%	17%	22%	14%	7%	11%
Energie & energiebronnen	14%	17%	20%	27%	9%	13%
Informatiesystemen	11%	50%	9%	10%	11%	8%
Materiaaltechnologie	11%	28%	17%	24%	10%	9%
Meting, analyse en controle	4%	33%	19%	23%	14%	7%
Operaties	15%	44%	6%	12%	3%	19%
Proceswetenschap & engineering technologie	9%	39%	13%	21%	9%	9%

#### **6.4 DE ALGEMENE TRENDS EN EVOLUTIES: TIMING EN BELANG**

In deze paragraaf zullen we stilstaan bij de resultaten rond de algemene trends en ontwikkelingen. De algemene trends en ontwikkelingen weerspiegelen de meest belangrijke ontwikkelingen zoals besproken in de individuele gesprekken met de experts (n=18) en vatten als zodanig een aantal overkoepelende ontwikkelingen samen. Ze worden hierna weergegeven.

Een van de belangrijkste uitdagingen voor de continuïteit en toekomstig succes van de Vlaamse chemische sector betreft het verbeteren van het imago van de chemie (ook actueel in de ons omringende landen). Pas in de tweede helft van dit decennium (2006-2010) verwachten de geraadpleegde experts hierin verbetering, uiteraard indien de huidige inspanningen geïntensiveerd worden. Logistieke verbeteringen qua toegankelijkheid en gebruik van de (lokale) logistieke infrastructuur ziet men bewaarheid worden tussen 2006-2010 enerzijds, en na 2020 anderzijds. Het mag duidelijk zijn dat infrastructurele verbeteringen lange termijn aangelegenheden zijn. Een tendens waarin gespecialiseerde producten sneller vervallen tot 'commodities' is nu reeds aan de gang. De druk op de chemische industrie om haar innovatie-inspanningen te optimaliseren en zelfs te verhogen neemt hierdoor alleen maar toe. Deskundigheid wordt sneller geografisch verspreid (bijvoorbeeld Azië waar op een hoog tempo deskundigheid in gespecialiseerde chemie wordt opgebouwd).

Tabel 19 - Voorkomen en timing van de voorgelegde algemene ontwikkelingen

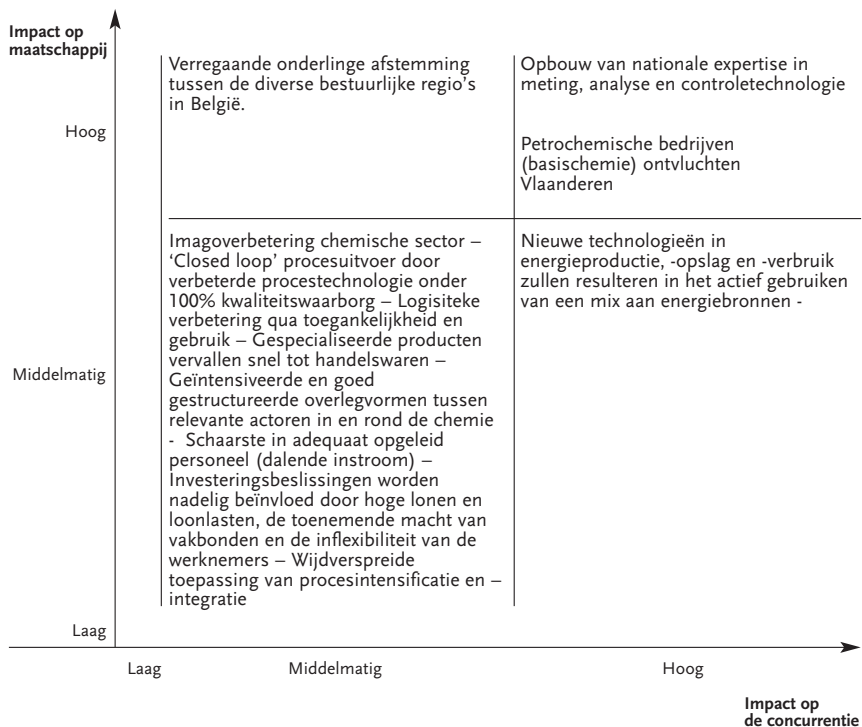
	Timing van de verwachte ontwikkelingen...					
	Niet	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020
Imagoverbetering chemische sector.	13%	19%	41%	16%	6%	6%
'Closed-loop' procesuitvoer door verbeterde procestechnologie onder 100% kwaliteitswaarborg.	9%	16%	25%	38%	0%	13%
Logistieke verbetering qua toegankelijkheid en gebruik.	13%	6%	23%	19%	13%	26%
Opbouw van expertise in meting, analyse en controletechnologie.	27%	23%	30%	10%	7%	3%
Gespecialiseerde producten vervallen snel tot handelswaren.	3%	70%	17%	10%	0%	0%
Geïntensiveerde en goed gestructureerde overlegvormen tussen relevante actoren in en rond de chemie.	10%	23%	39%	23%	6%	0%
Schaarste in adequaat opgeleid personeel (dalende instroom).	16%	50%	25%	6%	0%	3%
Investeringsbeslissingen worden nadelig beïnvloed door hoge lonen en loonlasten, de toenemende macht van vakbonden en de inflexibiliteit van de werknemers.	9%	70%	12%	9%	0%	0%
Nieuwe technologieën in energieproductie, -opslag en -verbruik zullen resulteren in het actief gebruiken van een mix aan energiebronnen.	12%	0%	9%	18%	21%	39%
Petrochemische bedrijven (basischemie) ontvluchten Vlaanderen.	3%	31%	44%	19%	3%	0%
Wijdverspreide toepassing van proces-intensificatie en -integratie (multifunctionele reactoren, kleinschaligheid).	17%	10%	27%	27%	10%	10%
Verregaande onderlinge afstemming tussen de diverse bestuurlijke regio's in België.	7%	27%	40%	13%	10%	3%

Tabel 20: Resultaten expert evaluatie algemene trends en evoluties

	Aantal respondent- ten dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal responden- ten dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vertrouwen in te voeren'	Gemiddeld vertrouwen 'bij te dragen'	Primaire rol overheid
Imagoverbetering chemische sector	2	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering/ Versterken van interactie tussen sectoren en domeinen
'Closed-loop' procesuitvoer door verbeterde proces technologie onder 100% kwaliteits- waarborg.	5	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Versterken van overleg tussen sectoren en domeinen / onderzoeks- financiering
Logistische verbetering qua toegankelijkheid en gebruik.	3	5	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Aanpassen regelgeving
Opbouw van nationale expertise in meting, analyse en controle technologie.	2	3	Hoog	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Aanpassen regelgeving
Gespecialiseerde producten vervallen snel tot handelswaren.	1	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Stimuleren menselijk potentieel
Geïntensiverde en goed gestructureerde overlegvormen tussen relevante actoren in en rond de chemie.	1	2	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Middelmatig	Versterken van overleg tussen sectoren en domeinen
Schaarste in adequaat opgeleid personeel (dalende instroom).	2	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering/ Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Investeringsbeslissingen worden nadelig beïnvloed door hoge lonen en loonlasten, de toenemende macht van vakbonden en de inflexibiliteit van de werknemers.	1	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Nieuwe technologieën in energieproductie, -opslag en -verbruik zullen resulteren in het actief gebruiken van een mix aan energie- bronnen.	5	5	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering
Petrochemische bedrijven (basischemie) ontvluchten Vlaanderen.	1	0	Hoog	Hoog	Hoog	Hoog	Versterken van interactie tussen sectoren en domeinen
Wijdverspreide toepassing van proces- intensificatie en -integratie (multifunctionele reactoren, kleinschaligheid).	1	6	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering
Verregeande onderlinge afstemming tussen de diverse bestuurlijke regio's in België.	3	1	Hoog	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Geen

De dalende beschikbaarheid van adequaat opgeleid personeel is een ontwikkeling die ook nu reeds merkbaar is; overigens ook andere Europese landen kampen met deze problematiek. De respondenten geven tevens aan dat op dit moment reeds investeringsbeslissingen nadelig worden beïnvloed door hoge lonen en loonlasten, de toenemende macht van de vakbonden, en de inflexibiliteit van de werknemers. Echter, deze ontwikkeling wordt van middelmatige impact beschouwd op het concurrentievermogen (zie tabel 20). Opzienbarend is dat de experts van mening zijn dat de petrochemische bedrijven, Vlaanderen tussen 2006-2010 zullen ontvluchten, uiteraard lijkt ons enige nuancering hier gepast. Op alle vier de dimensies wordt de impact van deze ontwikkeling als hoog beoordeeld (zie tabel 20). Verregaande bestuurlijke regionale afstemming ziet men haalbaar tussen 2006 en 2010 en beoordeelt men van hoge impact op de maatschappij en van middelmatige impact op de concurrentie.

Figuur 9: Algemene ontwikkelingen uitgezet naar gemiddelde 'impact op maatschappij' en gemiddelde 'impact op de concurrentie'



In figuur 9 vinden we de algemene ontwikkelingen gepositioneerd op de dimensies 'impact op de concurrentie' versus 'impact op de maatschappij'. Er blijken dus twee ontwikkelingen te zijn die zowel een hoge impact hebben op de maatschappij als ook op de concurrentie – d.i. het samenvallen van maatschappelijk en bedrijfseconomisch belang. Allereerst gaat het om de mogelijkheid tot de opbouw van expertise in meting, analyse, en controletechnologie aangezien deze aspecten de komende jaren een steeds prominentere rol zullen spelen in Europa en daarbuiten (denk aan de toenemende druk vanuit wetgevende hoek). Als tweede vinden we het wegtrekken van petrochemische bedrijven uit Vlaanderen, dat uiteraard maatschappelijk gezien (in termen van werkgelegenheid), maar ook economisch (in termen van aantrekkelijkheid van Vlaanderen als thuishaven voor de chemie) serieuze implicaties zal hebben.

## **6.5 DE MEEST BEANTWOORDE (TECHNOLOGISCHE) ONTWIKKELINGEN...**

In deze paragraaf zullen we een verdere analyse presenteren van de meest beantwoorde trends en evoluties onder de geraadpleegde experts. Onderstaande figuur geeft een overzicht van de meest gescoorde ontwikkelingen in relatie tot hun voorkomen en timing.

Figuur 10: Top-15 meest beantwoorde toekomstige (technologische) evoluties (zonder rekening te houden met de algemene tendensen) in tijdsperspectief

<p><i>Operaties:</i> Toegenomen afhankelijkheid van de toeleverende industrie wat betreft onderzoek en ontwikkeling</p> <p>Producten worden verkocht als onderdeel van een dienstverleningspakket waarin ook onderhouds- en financiële activiteiten zitten (servitisation).</p> <p><i>Informatiesystemen:</i> Machines en apparatuur zullen verbonden zijn met informatienetwerken zodat 'real time'-opvolging en beheersing mogelijk wordt.</p> <p>Verder integratie van informatie middels informatiesystemen zoals ERP-pakketten</p> <p><i>Operaties:</i> Het ontwerp van processen zal meer geïntegreerd worden beschouwd en zal gebaseerd zijn op 'concurrent engineering' en 'design right from the first time principle'.</p>	<p><i>Operaties:</i> Contractuele relaties focussen op toegevoegde waarde in plaats van tijd en materialen.</p> <p>Door het gebruik van bedrijfsmodellen waarin uitbesteding en samenwerkingverbanden centraal staan, zullen meer virtuele bedrijven ontstaan.</p> <p><i>Informatiesystemen:</i> E-commerce als een van de belangrijkste aan- en verkoopkanalen.</p> <p>Productieprocessen zullen uitgevoerd worden onder volledig beheerste condities.</p> <p>Kritische informatie zal beschikbaar zijn in digitale vorm ipv papieren opslag</p> <p>De productie-eenheden zullen produceren op basis van het zogenaamde 'pull'-principe of het 'make-to-order'-principe.</p> <p><i>Chemische synthese:</i> Ontwikkeling van een ultrahoge productie-katalysator en reactieopvolging (fijnechemicaliën) voor specifieke types van snelconversie.</p>	<p><i>Informatiesystemen:</i> Informatie over voorraadhoogten en handelsbalansen tussen bedrijven zal direct beschikbaar zijn.</p>		<p><i>Proceswetenschap en engineering technologie:</i> Terugdringen van het begraven van industrieel afval als resultaat van het terugdringen van afval tot nul (0) door de reorganisatie en integratie van industriële technologie.</p>
2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	+2020

De top vijftien meest beantwoorde of meest gescoorde ontwikkelingen werden uitgezet naar hun verwachte realisatie in de tijd<sup>18</sup>. Een van de vijftien meest gescoorde ontwikkelingen werd niet realiseerbaar geacht door de respondenten, namelijk de evolutie dat 'Alle productiebedrijven een lokale (in situ) faciliteit zullen hebben voor de behandeling van afval'. De meeste respondenten zijn goed op de hoogte van de ontwikkelingen in de veel 'gescoorde' technologiedomeinen (een zekere 'bias' ten aanzien van beantwoording is hierdoor niet uit te sluiten). Over alle tijdsperiodes heen kunnen we opmerken dat de meest gescoorde technologiedomeinen de volgende zijn:

- Operaties
- Informatiesystemen

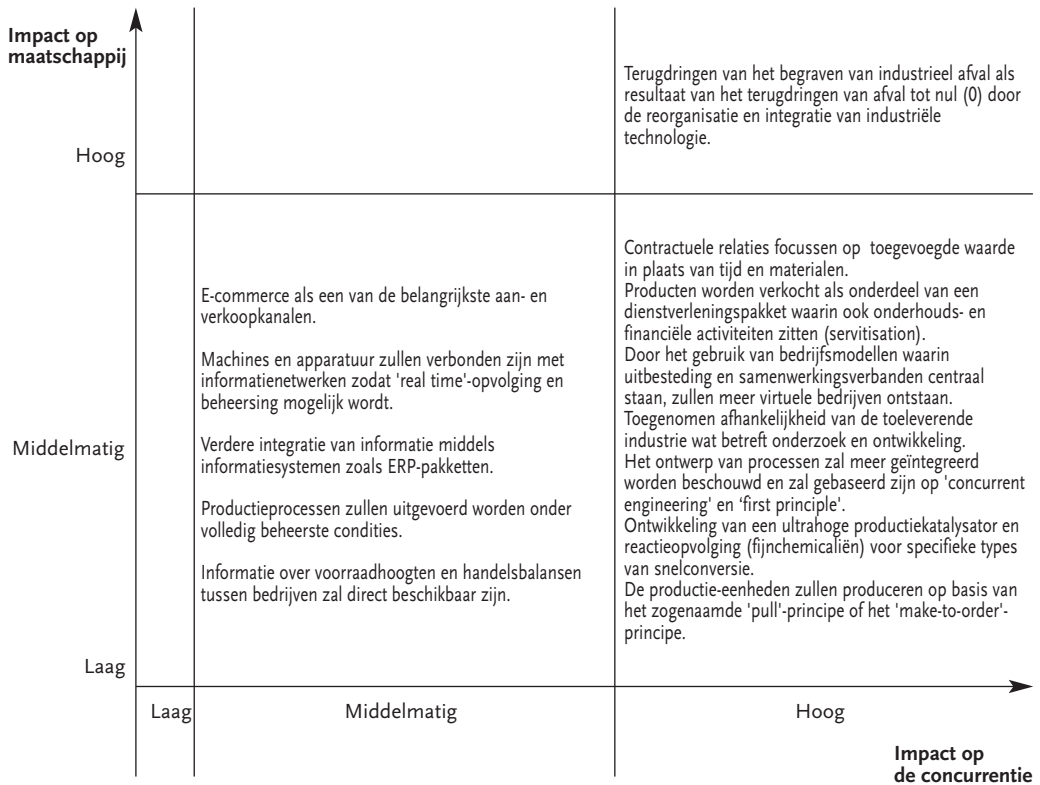
Uit tabel 15 blijkt eveneens dat de evoluties rond deze twee domeinen het meest zijn 'gescoord' (respectievelijk 91% en 78%).

---

<sup>18</sup> De verwachting: 'Alle productiebedrijven zullen een lokale faciliteit hebben voor de behandeling van afval' is de meest gescoorde ontwikkeling, echter de respondenten zijn van mening dat deze ontwikkeling niet haalbaar is wegens economische redenen. Deze stelling is dan ook niet opgenomen in bovenstaande figuur met als gevolg dat u 14 evoluties terugvindt.



Figuur 11: Top-15 meest beantwoorde evoluties in hun impact op de maatschappij en de concurrentie



In iets mindere mate volgen dan de technologiedomeinen 'Proceswetenschap en engineering technologie' en 'Chemische synthese' (voor een detailoverzicht van de onderliggende verschuivingen en hun evaluatie verwijzen wij naar appendix 4). We merken ook op dat de meeste gescoorde trends zich vooral zullen (verder) ontwikkelen binnen de volgende 10 jaren.

De ontwikkeling die het hoogst wordt geacht van invloed te zijn op de maatschappij en de concurrentie betreft het terugdringen van industrieel afval ten gevolge van de realisatie van 'zero waste' gedurende het productieproces, ofwel ten gevolge van het volledig hergebruik van geproduceerd afval. De voortgang in de industriële productietechnologie speelt hierin een belangrijk rol. Tegelijkertijd is dit een ontwikkeling

waarin de respondenten een hoog vertrouwen hebben om die in te voeren in hun bedrijf en tevens een hoog vertrouwen om actief bij te dragen aan de realisatie. Anderzijds, ziet men de realisatie niet op korte termijn plaatsvinden, maar pas na 2020.

De meerderheid van de overige meest beoordeelde trends en ontwikkelingen wordt geacht van middelmatig tot hoog belang te zijn voor de concurrentiepositie en van middelmatig maatschappelijk belang. Niettemin betekent dit dat er een veelheid aan actuele thema's bestaat, nu reeds maar ook naar de toekomst toe, waarbij het maatschappelijk belang in het kielzog van het concurrentieel belang volgt. Daar we hebben gezien dat de maatschappelijke acceptatie van de sector een cruciale factor voor de toekomst is, lijkt het aangewezen om die evoluties na te streven die ook maatschappelijk gezien hun effect hebben, naast uiteraard het verstevigen van de concurrentiepositie van de sector. Bovenstaande analyses bieden hiertoe de nodige aanknopingspunten.

Wat verwacht men van de overheid bij deze ontwikkelingen? Over het algemeen verwacht men niet al te veel van de overheid bij de realisatie van deze ontwikkelingen. Uitzondering is het terugdringen van het begraven van industrieel afval, waarbij men duidelijk van de overheid verwacht dat men participeert in de ontwikkeling van noodzakelijke O&O infrastructuur. Voor meer details omtrent de evaluatie van deze ontwikkelingen wordt wederom verwezen naar Appendix 4.

## **6.6 TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN MET DE HOOGSTE IMPACT OP UW BEDRIJF**

Daar waar we in de vorige paragraaf hebben gekeken naar de meest 'gescoorde' ontwikkelingen, zullen we in deze paragraaf ingaan op die ontwikkelingen die de hoogste impact op de concurrentie, en dus het bedrijf, zullen hebben. We beperken ons tot die ontwikkelingen met de hoogste impact (daar deze een grote voorsprong hebben ten opzichte van de rest) – zie figuur 12. Opmerkelijk is dat de meerderheid van deze ontwikkelingen voor 2010 gerealiseerd zullen worden, volgens de expert opinies.


Binnen de tijdsperiode 2001-2005 zullen de 'Toegenomen afhankelijkheid van de toeleverende industrie wat betreft onderzoek en ontwikkeling' en 'Servitisatie' de belangrijkste ontwikkelingen zijn die de concurrentiepositie zullen beïnvloeden. De vernieuwde opvatting over 'Het ontwerp van processen' zal de volgende 10 jaar tevens zijn invloed uitoefenen op de Vlaamse chemische industrie. De tijdsperiode

2006-2010 wordt gekenmerkt door een heel aantal ontwikkelingen in verschillende technologiedomeinen. Binnen het technologiedomein van de chemische synthese zal het beter afstemmen van katalysatoren en reactoren een sterke invloed uitoefenen op de concurrentieposities binnen de sector, aangezien dit een aanzienlijke kostenbesparing en efficiëntieverbetering met zich meebrengt.

Het 'Terugdringen van het begraven van industrieel afval' uit het technologiedomein 'Proceswetenschap en engineering technologie' zal pas in volle ontwikkeling zijn na 2020 maar zal dan wel een sterke impact hebben op de concurrentieposities.

Figuur 13 combineert figuur 12 met het vertrouwen dat men heeft om ontwikkelingen die een hoge impact zullen hebben op de concurrentie ook daadwerkelijk in het bedrijf in te voeren. Laag vertrouwen om in te voeren kan in deze duiden op mogelijke onbekendheid met de technologie in kwestie of met de mogelijkheden tot concrete toepassing. Het behoort dan ook tot de mogelijkheden dat aandachtspunten voor additioneel onderzoek dan wel stimulering naar deze 'low implementation trust' evoluties georiënteerd kunnen worden.

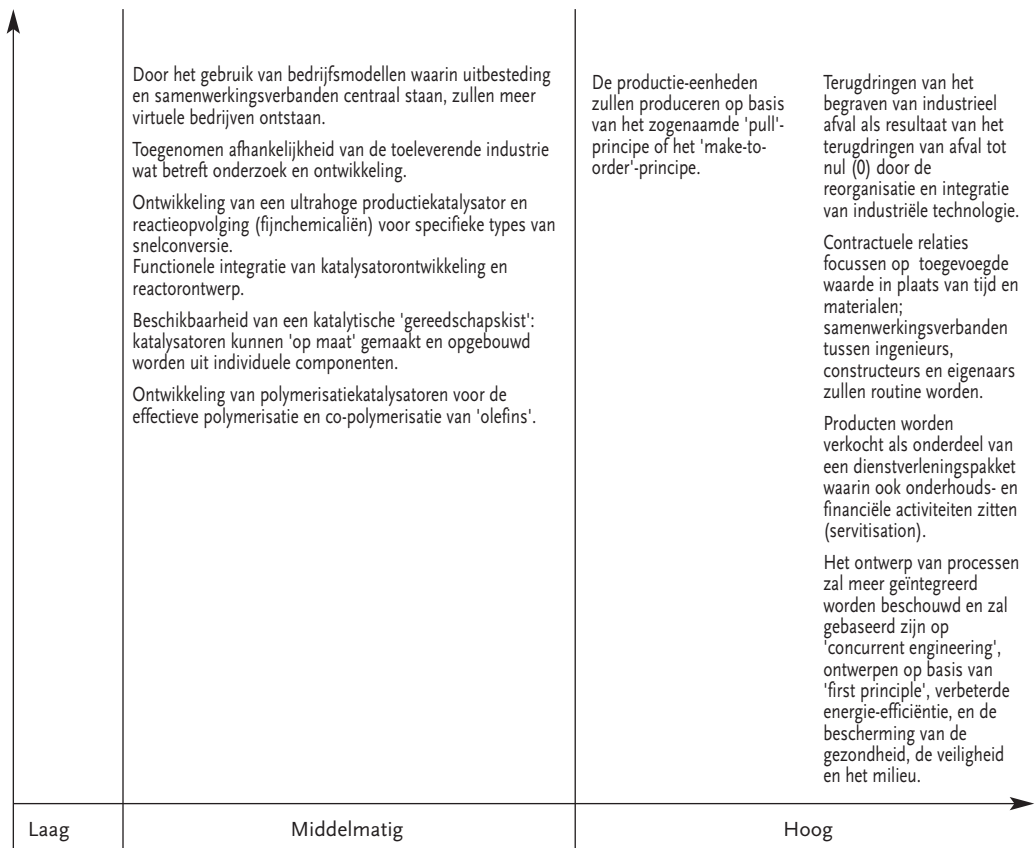
Figuur 12: Ontwikkelingen met de hoogste impact op uw bedrijf (concurrentie) in tijdsperspectief

<p><i>Operaties:</i> Toegenomen afhankelijkheid van de toeleverende industrie wat betreft onderzoek en ontwikkeling. Producten worden verkocht als onderdeel van een dienstverleningspakket waarin ook onderhouds- en financiële activiteiten zitten (servitatisatie).</p> <p><i>Operaties:</i> Het ontwerp van processen zal meer geïntegreerd worden beschouwd en zal gebaseerd zijn op 'concurrent engineering', ontwerpen op basis van 'first principle', verbeterde energie-efficiëntie, en de bescherming van de gezondheid, de veiligheid en het milieu.</p>	<p><i>Operaties:</i> Contractuele relaties focussen op toegevoegde waarde in plaats van tijd en materialen. Samenwerkingsverbanden tussen ingenieurs, constructeurs en eigenaars zullen routine worden. Door het gebruik van bedrijfsmodellen waarin uitbesteding en samenwerkingsverbanden centraal staan, zullen meer virtuele bedrijven ontstaan.</p> <p><i>Chemische synthese:</i> Ontwikkeling van een ultrahoge productie-katalysator en reactieopvolging (fijnchemicaliën) voor specifieke types van snelconversie. Functionele integratie van katalysator-ontwikkeling en reactorontwerp.</p> <p><i>Informatiesystemen:</i> De productie-eenheden zullen produceren op basis van het zogenaamde 'pull'-principe of het 'make-to-order'-principe.</p>	<p><i>Chemische synthese:</i> Beschikbaarheid van een katalytische 'gereedschapskist': katalysatoren kunnen 'op maat' gemaakt en opgebouwd worden uit individuele componenten.</p> <p>Ontwikkeling van polymerisatie-katalysatoren voor de effectieve polymerisatie en co-polymerisatie van 'olefins'.</p>		<p><i>Proceswetenschap en engineering technologie:</i> Terugdringen van het begraven van industrieel afval als resultaat van het terugdringen van afval tot nul (0) door de reorganisatie en integratie van industriële technologie.</p>
2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	+2020 

Het lijkt positief voor de toekomst van de industrie dat, zoals blijkt uit figuur 13, de ontwikkelingen met de hoogste impact op de concurrentie ook daadwerkelijk het vertrouwen krijgen ingevoerd te worden in de eigen onderneming – weliswaar niet de dag van morgen maar zeker op termijn. Sterker nog, de

experts vertrouwen er sterk op dat de meeste “hoge-impact” ontwikkelingen in de eigen ondernemingen ingevoerd kunnen worden. Voor meer details rond elk van deze ontwikkelingen verwijzen wij naar Appendix 4. Wat betreft de rol van de overheid bij deze “hoge-impact” ontwikkelingen geven de experts bij de meeste ontwikkelingen aan geen rol weggelegd te zien voor de overheid. Bij een tweetal ontwikkelingen, de verwerking van industrieel afval en de ontwikkeling van polymerisatiekatalysatoren, verwacht men van de overheid wel een actieve rol in het helpen totstandkomen van adequate O&O infrastructuur.

Figuur 13: Ontwikkelingen met de hoogste impact op de concurrentie in relatie tot het vertrouwen tot invoering



## 6.7 TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN MET DE HOOGSTE IMPACT OP DE MAATSCHAPPIJ

Wanneer we nu de 10 ontwikkelingen met de hoogste impact op de maatschappij uitzetten ten opzichte van de verschillende tijdsperiodes in figuur 14, constateren we dat er 8 nieuwe ontwikkelingen opduiken. Dat impliceert aldus dat de samenhang tussen de impact op de concurrentie en de impact op de maatschappij niet altijd even sterk is, en dat er dus met andere woorden belangrijke keuzes gemaakt moeten worden, nu maar ook in de toekomst (zie ook figuren 9 en 11).

In de tijdsperiode 2006-2010 zullen zich een aantal ontwikkelingen voordoen die een hoge impact zullen hebben op de maatschappij. Het 'Wijdverspreid gebruik van producten gebaseerd op het LCA principe' en het 'Wijdverspreid gebruik van alternatieve substanties en/of processen' zullen daarin een sterke rol spelen. Het 'Gebruik van recyclagesystemen voor plasticen van algemeen gebruik' en het 'Vervoer via binnenwateren of langs de kust' zullen in periode 2011 tot 2015 een belangrijke invloed hebben op de maatschappij, aldus de experts.

Op de lange termijn (na 2020) zullen de 'Realisatie van de noodzakelijke infrastructuur voor een gedecentraliseerd transport van waterstof als brandstof' en het 'Wijdverspreid gebruik van waterstof' een sterke maatschappelijke impact hebben. De 'Ontwikkeling van nieuwe katalysatoren en reactorsystemen' in de chemische synthese wordt verwacht in de periode 2001 tot 2015 en zal tevens een belangrijke impact hebben op de maatschappij, zij het dan gespreid over 15 jaar.

Figuur 14: Ontwikkelingen met de hoogste impact op de maatschappij in tijdsperspectief

<p><i>Operaties:</i> Toegenomen afhankelijkheid van de toeleverende industrie wat betreft onderzoek en ontwikkeling.</p> <p><i>Chemische synthese:</i> Ontwikkeling van nieuwe katalysatoren en reactorsystemen die het toelaten om economisch en milieuvriendelijk te produceren tegen zo laag mogelijk levensduurkosten.</p>	<p><i>Materiaaltechnologie:</i> Wijdverspreid gebruik van producten gebaseerd op het LCA principe ('life cycle assessment') dat recyclage en hergebruik vergemakkelijkt. De gebruiksduur wordt geïntensifieerd en verlengd.</p> <p>Wijdverspreid gebruik van alternatieve substanties en/of processen voor de volgende gassen: SF<sub>6</sub>, HFC and PFC. Deze vallen allen onder het Kyoto protocol.</p> <p><i>Informatiesystemen:</i> Kritische informatie zal beschikbaar zijn in digitale vorm ipv papieren opslag .</p>	<p><i>Materiaaltechnologie:</i> Gebruik van recyclagesystemen voor plasticen van algemeen gebruik. Daarmee zal 20% van de totale productie op wereldschaal vervangen worden door gerecycleerde producten.</p> <p><i>Distributieketen:</i> Vervoer via binnenwateren of langs de kust wordt, na de noodzakelijke investeringen in infrastructuur en de nodige administratieve vereenvoudiging, een economisch aantrekkelijk alternatief voor het transport over land.</p>		<p><i>Proceswetenschap en engineering technologie:</i> Terugdringen van het begraven van industrieel afval.</p> <p><i>Distributieketen:</i> Realisatie van de noodzakelijke infrastructuur voor een gedecentraliseerd transport van waterstof als brandstof.</p> <p><i>Energie &amp; energiebronnen:</i> Wijdverspreid gebruik van waterstof, ter vervanging van benzeen en alcohol, als brandstof voor transportmiddelen en machines.</p>
2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	+2020


Hoewel bij deze maatschappelijk georiënteerde ontwikkelingen er ook niet al te veel verwachtingen zijn ten aanzien van de overheid, zien we toch meer vraag naar overheidsinterventie dan bij de ontwikkelingen met een hoge impact op de concurrentie – die wellicht eerder bedrijfseconomisch afgewogen worden. Bij de ontwikkelingen met een hoge maatschappelijk impact verwacht men vooral investeringen in onderzoeksfinanciering, in O&O infrastructuur en aanpassing van de regelgeving daar waar nodig. Voor meer details rond elk van deze ontwikkelingen verwijzen wij wederom naar Appendix 4.

## 6.8 TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELINGEN MET HET LAAGSTE VERTROUWEN BIJ TE DRAGEN....

Ter afronding van deze resultaten van de expertraadpleging willen wij nog een belangrijk gegeven naar voren schuiven. Het vertrouwen dat de respondenten hebben om actief bij te dragen aan de realisatie van voorgelegde ontwikkelingen, kan geïnterpreteerd worden als een indicatie van de mate waarin men reeds met aspecten van genoemde ontwikkeling bezig is en/of de mate waarin men kennis bezit of denkt te bezitten rond genoemde evolutie. Om mogelijke stimuleringsacties op beleidsniveau rond specifieke technologische ontwikkelingen uit te voeren, dient men best met dit vertrouwen rekening te houden. Figuur 15 geeft een overzicht van die ontwikkelingen waarvoor de respondenten het minst vertrouwen hebben een actieve bijdrage te leveren tot realisatie.



Figuur 15: Ontwikkelingen met het laagste vertrouwen bij te dragen tot realisatie

	<p><i>Chemische synthese:</i> Praktisch gebruik van katalytische processen op lage temperatuur voor de directe productie van waterstof uit methaan.</p> <p>Integratie van reactie- en scheidingsprocessen in technische synthese, bijvoorbeeld membraanreactor.</p> <p><i>Energie &amp; energiebronnen:</i> Het gebruik van energie op basis van biomassa (landbouw (bij)producten) stijgt tot tenminste 3% van het totale primaire energieverbruik in Vlaanderen en tot 10% van het totale verbruik door de chemische industrie</p>	<p><i>Bioprocessen &amp; Biotechnologie:</i> Productie van brandstoffen op industriële schaal uit biomassa.</p> <p>Wijdverspreid gebruik van succesvolle biologische reactie- en extractieprocessen die een hogere productiviteit opleveren met lagere investeringen.</p> <p>Praktisch, in situ, gebruik van genetisch gemanipuleerde planten en micro-organismen die in staat zijn om milieuvriendelijke stoffen zoals stikstof oxiden (NOx) te absorberen.</p> <p><i>Chemische synthese:</i> Praktisch gebruik van hoogselectieve oxidatieprocessen op basis van enzymkatalysatoren in de productie van basischemicaliën.</p> <p><i>Energie &amp; energiebronnen</i> Ontwikkeling van een technologie voor de productie van brandstoffen uit zeewier, bijvoorbeeld alcohol, op industriële schaal.</p>		<p><i>Bioprocessen &amp; Biotechnologie:</i> Door het gebruik van biotechnologie zullen gewassen veranderd worden in 'fabrieken' die moleculen produceren van hoge toegevoegde waarde. Chemische stoffen uit dergelijke 'fabrieken' zullen ongeveer 10% van de basischemicaliën voor hun rekening nemen.</p>
2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	+2020 

Totaal niet realiseerbaar wordt het 'Praktisch gebruik van planten en bomen met een hoge concentratie aan koolwaterstof (hydrocarbon) als brandstofbron' geacht. Verder valt op dat ontwikkelingen binnen de biotechnologie, als het gaat om toepassingen in de chemie zoals procesvervangingen en grondstofvoorziening, de energie en energiebronnen (als het gaat om biomassa-recuperatie), en de chemische synthese (als het gaat om de integratie van reactie en scheidingsprocessen en het gebruik van

enzymenkatalysatoren in de basischemie), laag vertrouwen genieten van de experts in Vlaanderen tot actieve participatie. Het is tevens zo dat de meerderheid van deze ontwikkelingen verwacht wordt zich pas na 2006 op bedrijfseconomische schaal voor te doen. In de onderzoekswereld genieten ze echter nu reeds volop belangstelling.



DEEL III  
“DE LOKALE KENNISBASIS”



# HOOFDSTUK 7

## TECHNOLOGISCH EN WETENSCHAPPELIJK POTENTIEEL IN VLAANDEREN

### 7.1 INTRODUCTIE

Uit de bespreking van de technologische opportuniteiten in deel II blijkt overduidelijk dat de komende jaren in grote mate een beroep gedaan zal worden op de mogelijkheden om technologische en wetenschappelijke kennis te creëren in Vlaanderen, en in Europa, die aansluit op de behoeften van het industrieel landschap in de chemie. Spitsonderzoek in aansluiting op technologische opportuniteiten zoals hierboven besproken, vereist investeringen die niet langer te dragen zijn door individuele bedrijven of zelfs regio's zoals Vlaanderen. Netwerkvorming en aansluiting bij internationale initiatieven, zoals bijvoorbeeld vooropgesteld in het 6de EU Kaderprogramma, zijn noodzakelijk.

Het leidt geen twijfel dat wetenschappelijk onderzoek een belangrijk fundament vormt voor technologische ontwikkeling, en dat beiden op hun beurt economische groei stimuleren. Dit geldt uiteraard ook voor de chemische sector, een sector die sterk steunt op wetenschappelijke onderzoek en ontwikkeling (zie verderop). De onderkenning van de wisselwerking tussen wetenschap en technologie enerzijds, en technologie en economische ontwikkeling en groei anderzijds, is van belang voor een stimulerend beleid rond het realiseren van toekomstige technologische ontwikkelingen.

In recent uitgevoerde studies in opdracht van de Europese Commissie (Verbeek et al., 2002) en de Vlaamse Overheid (Zimmermann et al., 2002), is uitgebreid aandacht besteed aan de interrelatie tussen wetenschappelijke ontwikkeling en technologische vooruitgang. Een van de belangrijkste bevindingen is dat de intensiteit van de interactie tussen wetenschap en technologie vooral van belang is rond die technologiedomeinen waar een zekere 'kritische kennismassa' is opgebouwd; met andere woorden, in die domeinen die intrinsiek 'dicht' bij wetenschappelijk ontwikkeling staan, zoals bijvoorbeeld de biotechnologie en nanotechnologie. Verder is in die domeinen ook een positieve relatie gevonden tussen de sterkte van wetenschapsinteractie en de economische prestatie (Van Looy et al., 2003). Dit heeft uiteraard implicaties voor de wijze waarop het beleid rond deze domeinen gestalte dient te krijgen. Het is onjuist te veronderstellen dat de relatie tussen wetenschap en technologie in één richting verloopt, namelijk van wetenschap ➡ technologie. Een relatie in omgekeerde richting is uiteraard ook mogelijk: technologie vereist verdere wetenschappelijke onderbouwing. Even belangrijk is de vaststelling dat de grenzen tussen wetenschap en technologie sterk vervagen, wat resulteert in een toenemende vraag naar multidisciplinariteit en vooral ook interinstitutionele samenwerking.

In dit deel zullen we verder ingaan op deze onderwerpen. Het doel is om de wetenschappelijk en technologische positie van Vlaanderen in en rond de chemie in kaart te brengen. Los van het feit dat de 'beschikbare' kennisbasis niet geïsoleerd kan worden binnen nationale grenzen, lijkt het toch zinvol om de kennisbasis specifiek voor Vlaanderen te bestuderen. Vanzelfsprekend wordt daarbij zoveel mogelijk de relatie gelegd met de 'noden' die voortvloeien uit de toekomstige ontwikkelingen rond chemische technologie (zie deel II en appendix 4).

## 7.2 TECHNOLOGIERELEVANTE KENNISBASIS VAN DE CHEMISCHE INDUSTRIE

De chemische industrie wordt in het algemeen beschouwd als een kennisintensieve sector. Op basis van eerdergenoemde studies uitgevoerd in opdracht van de EC en de Vlaamse overheid<sup>19</sup>, wordt dit verder bevestigd, zeker voor de belangrijkste segmenten van de sector. Allereerst is gebleken dat, op basis van het aantal wetenschappelijke citaties in octrooien, de biotechnologie gevolgd door farmaceutische en de cosmetische sector de meest wetenschapsintensieve domeinen zijn (zie tabel 21).

Tabel 21: Gemiddelde wetenschapsintensiteit per technologie (Wetenschapsintensiteit is gemeten als het aantal citaties of referenties naar wetenschappelijke publicaties in octrooien)

Technologiedomein	Wetenschapsintensiteit per 100 patenten
<i>Biotechnology</i>	116.84
Pharmaceuticals, cosmetics	52.50
<b>Organic fine chemistry</b>	44.62
Agriculture, food chemistry	17.20
<b>Analysis, measurement, technology</b>	11.90
Semiconductors	8.77
<b>Chemical and petrol industry, basic materials chemistry</b>	8.72
Optics	4.06
Telecommunications	3.78
Information technology	3.59
Agricultural and food processing, machinery and apparatus	3.28
Nuclear engineering	3.15
Surface technology, coating	2.79
<b>Macromolecular chemistry, polymers</b>	2.58
Medical technology	2.17
Audio-visual technology	1.79

<sup>19</sup> Genoemde studies zijn gebaseerd op de grootschalige analyse van octrooicitaties naar wetenschappelijk publicaties, waardoor het mogelijk wordt om wetenschapsdomeinen te identificeren die nauw verwant zijn met technologische ontwikkelingen. Voor meer details omtrent de gevolgde methodologie verwijzen we naar de respectievelijke eindrapporten.

Technologiedomein	Wetenschapsintensiteit per 100 patenten
Materials, metallurgy	1.76
<b>Chemical engineering</b>	1.37
Electrical machinery and apparatus, electrical energy	1.34
<i>Environmental technology</i>	1.05
Space technology, weapons	0.99
Materials processing, textiles, paper	0.67
Thermal processes and apparatus	0.51
Engines, pumps, turbines	0.24
Machine tools	0.13
Mechanical elements	0.12
Consumer goods and equipment	0.12
Handling, printing	0.10
Civil engineering, building, mining	0.04
Transport	0.03

Bron: Verbeek, Debackere et al., 2002

Wat betreft de chemische technologieën<sup>20</sup> (zie ook tabel 9, deel I), vinden we het subdomein “organische fijne chemie” terug op de 3e plaats, “Petrochemie, en basischemie materialen” op de 7e plaats, “macromoleculaire chemie en polymeren” op de 14e plaats, “chemische engineering” op de 18e positie. Ruimer beschouwd, zien we het domein “Analyse, meting en beheersingstechnologie”, een faciliterende en ondersteunende technologie, terug op de 5e plaats terug wat betreft haar nabijheid tot wetenschappelijke ontwikkeling. Het meest wetenschapsintensieve domein is biotechnologie (zie ook Zimmermann et al., 2002). Let tevens op de positie van milieutechnologie, een technologie die in het licht van de socio-economische ontwikkelingen een belangrijke rol zal spelen in de toekomst.

Uit de tabel blijkt dat per 100 biotechnologiegerelateerde octrooien er 117 citaties naar wetenschappelijke publicaties voorkomen (wetenschapsцитaties). Met grote afstand volgen patenten in de farmacie en de cosmetica met 53 wetenschapsцитaties per 100 patenten, enzovoorts. Hieruit mag echter niet zomaar geconcludeerd worden dat biotechnologie algemeen genomen meer op wetenschappelijke ontwikkeling ‘steunt’ dan de farmacie. Wat wel geconcludeerd mag worden is dat op basis van deze indicator biotechnologieoctrooien een sterke interrelatie vertonen met wetenschappelijk ontwikkeling. In ieder geval

<sup>20</sup> De gehanteerde classificatie bestaat uit 30 technologiedomeinen en is ontworpen door het Fraunhofer instituut in samenwerking met het OST in Frankrijk en het INPI. De gehanteerde versie is uit 1997.



kan gesteld worden dat niet alle technologiedomeinen in dezelfde mate interageren met de stand der wetenschap. Belangrijk voor de chemische sector is, zoals uit bovenstaande figuur blijkt, de vaststelling dat in het hele scala aan onderzochte technologieën 'Organic Fine Chemistry' en in mindere mate 'Analysis and measurement technology', wetenschapsintensieve domeinen zijn. Dit leidt ertoe dat 'nabijheid' (fysieke maar ook virtuele) tot onderzoeksactiviteiten op vlak van chemie alleen maar een positief effect kan hebben (denk aan onderzoeksplatforms – zie ook expertdiagnose – universiteit-industrie samenwerking, enzovoort).

De technologieën waarin ontwikkelingen als veelbelovend zijn aangemerkt in het kader van deze studie (zie deel II) blijken dus in sterke mate verbonden te zijn met wetenschappelijke ontwikkelingen (vet gedrukt in de tabel). Anders gesteld, kennis en kennisontwikkeling zijn aldus centrale pijlers voor de toekomst van de chemische industrie. Stimulering van innovatie, technologische progressie, in de onderscheiden veelbelovende domeinen zal aldus sterk steunen op een goede afstemming en interactie tussen onderzoeksinstellingen (lokaal en internationaal) en de in Vlaanderen aanwezige chemische industrie.

De vraag die nu gesteld kan worden is: 'welke wetenschapsdomeinen schuilen achter de interactie met de chemische technologieën?' Voor het beantwoorden van deze vraag grijpen wij opnieuw naar de uitkomsten van bovenvermelde studies<sup>21</sup> (zie tabel 22).

---

<sup>21</sup> De relatie tussen technologie- en onderzoeksdomeinen is in genoemde studies het resultaat van een complex algoritme dat wetenschapscitaties in patenten opspoorde en koppelt aan de bronpublicaties geklasseerd in daartoe geëigende databanken – in dit geval de Science Citation Index van Institute for Scientific Information (ISI). Op deze wijze konden onderzoeksdomeinen geïdentificeerd worden die 'van belang' zijn voor de chemische technologieën.

Tabel 22 - Wetenschapsdomeinen van belang voor de chemische industrie

Technologiedomein	Onderzoeksdomein
Analysis, measurement technology	Biochemistry & Molecular Biology, Multidisciplinary, Immunology, Electrical & Electronic Engineering, Research & Experimental Medicine
Biotechnology	Biochemistry & Molecular Biology, Multidisciplinary, Immunology, Genetics & Heredity, Virology
Chemical and petrol industry, basic materials chemistry	Biochemistry & Molecular Biology, Multidisciplinary, Immunology, Cancer, Biophysics
Chemical engineering	Chemistry, Physical Chemistry, Multidisciplinary, Biochemistry & Molecular Biology, Electrical & Electronic Engineering
Environmental technology	Microbiology, Biochemistry & Molecular Biology, Environmental Sciences, Analytical Chemistry, Geosciences
Macromolecular chemistry, polymers	Polymer Science, Biochemistry & Molecular Biology, Multidisciplinary, Chemistry, Organic Chemistry
Organic fine chemistry	Biochemistry & Molecular Biology, Multidisciplinary, Immunology, Pharmacology & Pharmacy), Organic Chemistry

Bron: Verbeek, Debackere et al. (2002)

Gebaseerd op Europese patentdata over de periode 1992-1996

In tabel 22 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste onderzoeksdomeinen voor de chemische technologieën. Bijvoorbeeld, voor 'Chemical Engineering' zien we dat de onderzoeksgebieden 'Chemistry', 'Physical Chemistry', 'Biochemistry & Molecular Biology', 'Electrical & Electronic Engineering' van belang zijn. Het overzicht is beperkt tot de 5 belangrijkste onderzoeksdomeinen per technologie. Op basis van deze analyse is het mogelijk om van overheidswege, op gerichte wijze, de verdere ontwikkeling van de kennisbasis van specifieke technologieën te stimuleren met ondersteunende maatregelen. Het zoeken naar nieuwe combinaties die via kruisbestuiving tot nieuwe opportuniteiten kunnen leiden vormt hierbij een niet te onderschatten uitdaging.

### 7.3 TECHNOLOGISCHE ACTIVITEIT IN DE CHEMIE IN VLAANDEREN

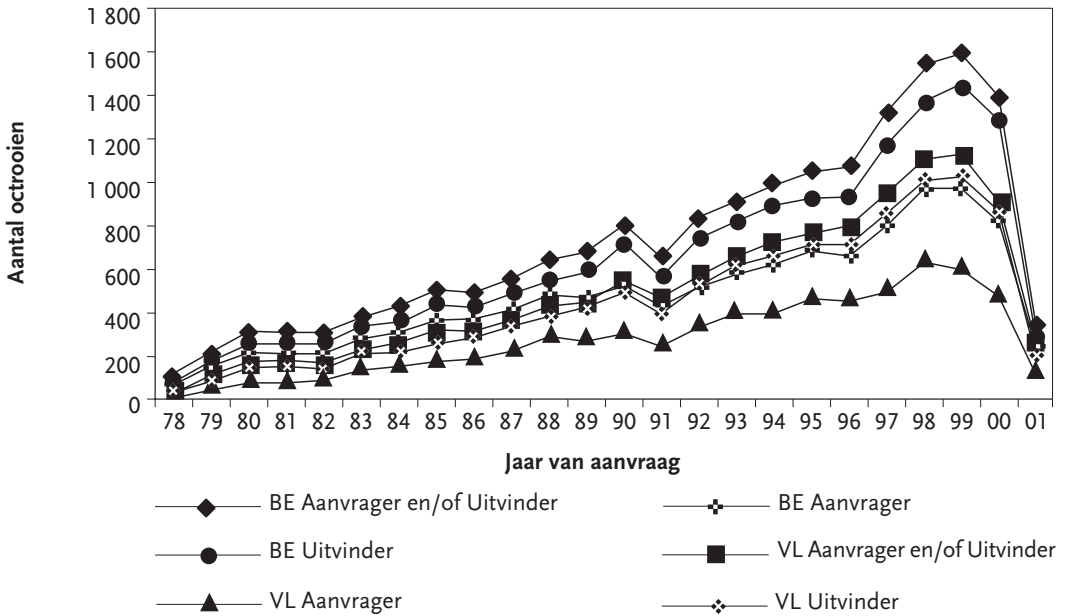
Octrooigegevens kunnen een inzicht geven in het proces van technologische vooruitgang. Het betreft weliswaar een benaderende indicator, immers niet alle uitvindingen worden geïpoteerd, niet alle octrooien leiden tot innovaties en niet alle innovaties berusten op geïpoteerde uitvindingen. Toch

worden octrooien in het algemeen als een betrouwbare, direct beschikbare, maar toch imperfecte indicatie van technologische activiteit aanvaard. Dankzij hun betrouwbaarheid en hun beschikbaarheid zijn octrooianalyses en octrooistatistieken uitgegroeid tot een internationaal onderdeel van wetenschaps- en technologie-indicatoren (Vlaams Indicatorenboek, 2003).

In de studie uitgevoerd voor de Vlaamse overheid (Vlaams Indicatorenboek, 2003) is de technologische activiteit van Vlaanderen in kaart gebracht met het oog op het identificeren van sterke en zwakke punten. Hiervoor zijn twee verschillende databanken gebruikt: de databank van het Europees octrooibureau (European Patent Office – EPO), en de databank van het Amerikaanse octrooibureau (United States Patent and Trademark Office – USPTO). Voor meer details over de gevolgde methodologie verwijzen wij naar bovengenoemd rapport.

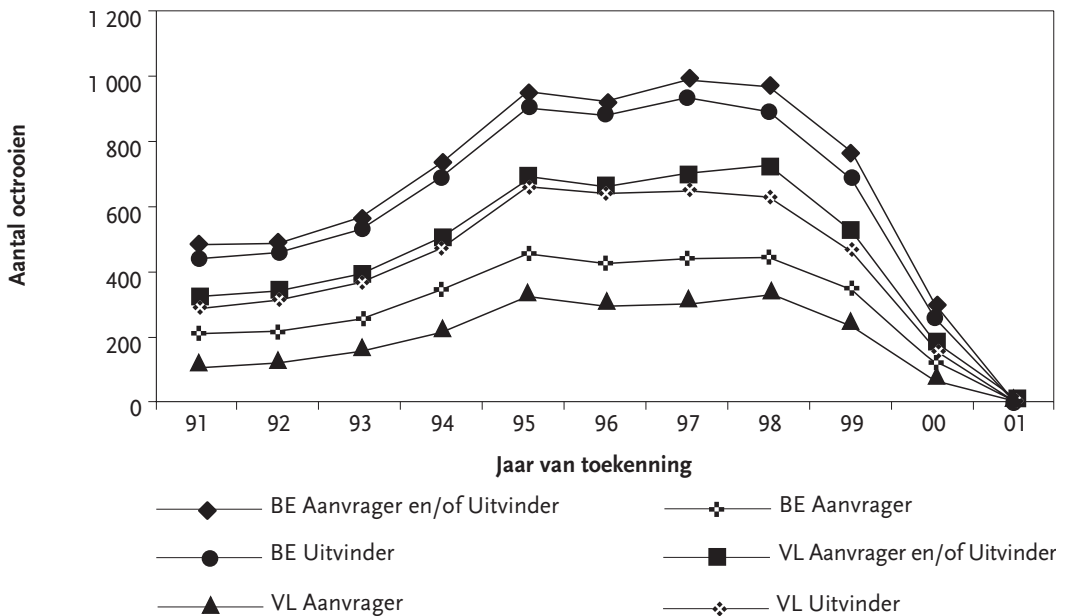
Zoals blijkt uit figuur 16, is de trend voor het aantal aangevraagde EPO-octrooien met Belgische zowel als Vlaamse aanvragen of uitvinder, duidelijk stijgend. Uiteraard moeten we hierbij rekening houden met de EPO-publicatiepraktijk (waarbij octrooiaanvragen pas bekendgemaakt worden 18 maanden na de aanvraag), wat de daling in aantallen verklaart die optreedt na 1999. De evolutie van de USPTO-octrooien laat eenzelfde beeld zien (zie figuur 17). Ook hier is de dalend trend te verklaren door de USPTO-publicatiepraktijk. Het toekenningsproces kan gemakkelijk langer dan 5 jaar duren.

Figuur 16: Distributie van EPO-octrooiaanvragen voor België en Vlaanderen voor de periode 1978-2001 met opsplitsing naar aanvrager en uitvinder



Bron: Vlaams Indicatorenboek 2003

Figuur 17: Distributie van toegekende USPTO-octrooien voor België en Vlaanderen voor de periode 1991-2001 met opsplitsing naar aanvrager en uitvinder.



Bron: Vlaams Indicatorenboek 2003

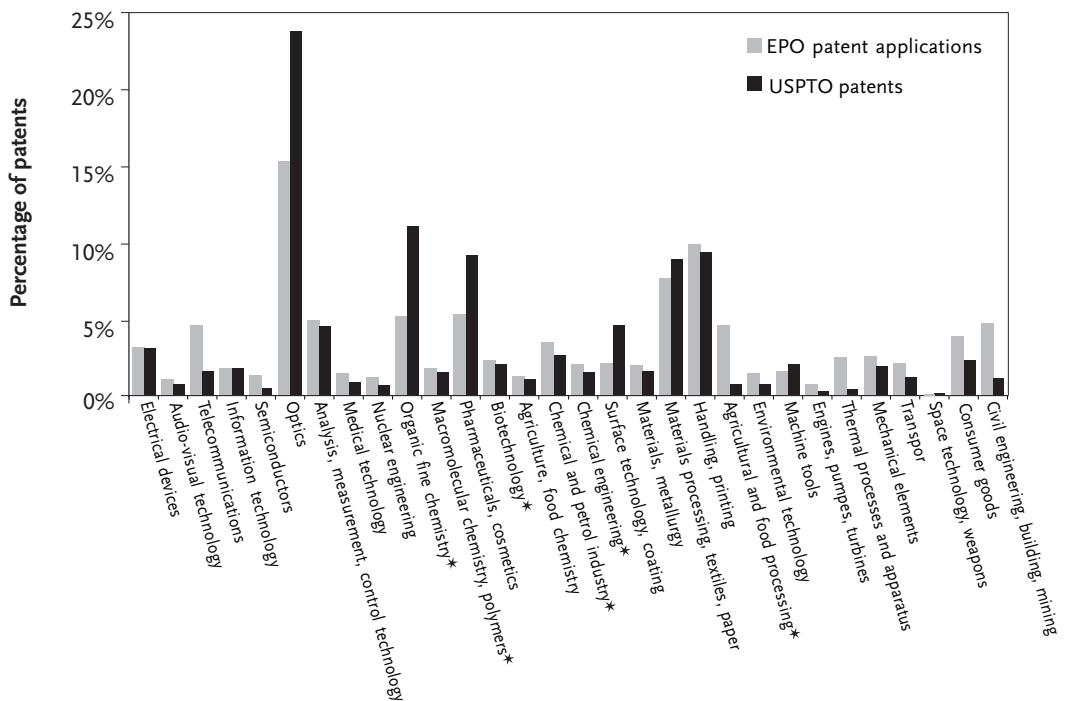
De overgrote meerderheid van de octrooien komt voor rekening van de industrie (80% van de aangevraagde en 90% van de toegekende octrooien). Universiteiten en publieke onderzoekscentra spelen daarentegen een bescheiden rol. Een analyse van deze toponderningen toont sterke buitenlandse afhankelijkheid. Echter, topaanvragers uit België en Vlaanderen, in hun respectievelijke specialisatiegebieden, behoren tot de Europese topspelers (Vlaams Indicatorenboek, 2003).

Wanneer we nu kijken naar de verdeling van de Vlaamse patenten over de verschillende technologie-domeinen heen<sup>22</sup> dan valt op dat de belangrijkste activiteit zich situeert rond optica, organische fijnchemie, verpakking en drukkerij, textiel en papier, farmacie en cosmetica. De chemiegerelateerde

<sup>22</sup> De verdeling van octrooien over de verschillende domeinen is gebaseerd op de nomenclatuur ontwikkeld door het Fraunhofer Gesellschaft – Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (FhG-ISI, Duitsland).

technologieën (zie \*) omvatten aldus een belangrijk deel van de Vlaamse technologische output. Specifiek, organische fijnchemie springt in het oog met een relatief hoog aandeel, net zoals de farmaceutische technologieën en de analyse, meet- en controletechnologieën.

Figuur 18: Verdeling van Vlaamse patentactiviteit over 30 Fraunhofer-technologie domeinen



Bron: Vlaams Indicatorenboek (2003)

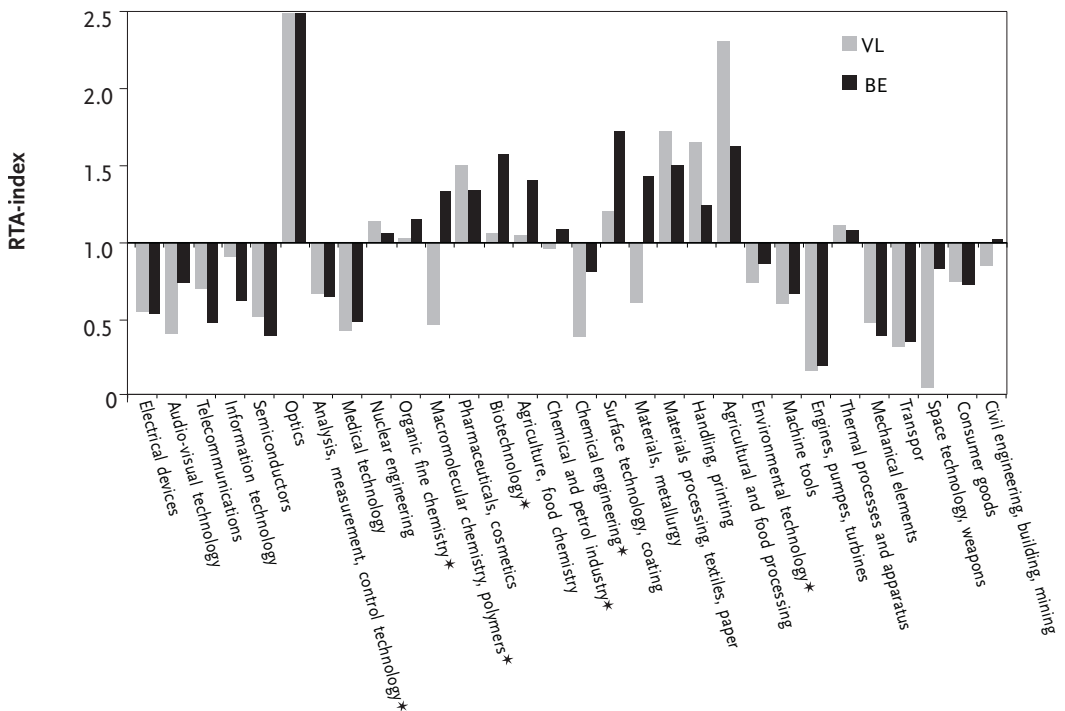
Een stap verder is te kijken naar het activiteitenprofiel, de domeinen waarin men een sterke of zwakke positie inneemt ten opzichte van belangrijke referentielanden. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van de zogenaamde RTA-index<sup>23</sup> (Revealed Technological Advantage). Een waarde kleiner dan 1 betekent dat het betreffende land een relatief nadeel heeft in de respectievelijke categorie. Waarden gelijk aan 1 stemmen

<sup>23</sup> Deze index geeft het aandeel van land a in technologie categorie b weer, ten opzichte van het aandeel van alle landen in technologie categorie b, rekening houdend met alle octrooien van land b en alle octrooien over alle landen en categorieën heen.

overeen met de neutrale positie van de index, terwijl waarden groter dan 1 duiden op een relatief voordeel (Vlaams Indicatorenboek, 2003).

In figuur 19, wordt een overzicht gegeven van de specialisatie-indices voor Vlaanderen en België. Het dient vermeld te worden dat de vergelijking gemaakt is met 7 Europese landen waaronder Nederland, Duitsland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk. De specialisatie-index van België/Vlaanderen is dus totstandgekomen door vergelijking met de technologische activiteit in andere landen.

Figuur 19: Specialisatie-indices voor Vlaanderen en België in 30 technologiedomeinen



Bron: Vlaams Indicatorenboek, 2003

Voor de meeste chemische technologieën zien we een neutrale positie ofwel een onderspecialisatie. Voor biotechnologie vinden we een relatieve specialisatie, ook op Belgisch niveau. Opgemerkt dient te worden de meeste octrooien in handen zijn van een kleine groep (grote) chemische bedrijven, een fenomeen dat zich ook in de omringende landen voordoet. Men dient zich bewust te zijn van het feit dat de hier gepresenteerde resultaten een weerspiegeling zijn van deze kleine groep (grote) bedrijven en dat van een breed verspreide technologische octrooiactiviteit evenwel geen sprake is. Dit wordt verder verscherpt en bevestigd door de barrières (geheimhouding, kosten,...) die vele KMO-bedrijven in Vlaanderen ervaren jegens octrooieren (zie deel I). Op dit punt lijkt er zeker nog ruimte voor verbetering. Wanneer we de technologische specialisatie combineren met het comparatieve voordeel (exportpositie) van een sector, dan zien we dat de chemische sector, ondanks een technologische nadeel (volgens de RTA-index) toch een comparatief voordeel in de export weet te behalen. De relatie tussen marktpositie en technologische positie lijkt voor de chemische sector aldus niet al te sterk.

#### **7.4 VLAAMSE ONDERZOEKSACTIVITEIT IN CHEMIE: PUBLICATIES**

Net zoals octrooien gezien kunnen worden als een partiële indicator van technologische activiteit, kunnen wetenschappelijk publicaties gezien worden als een partiële indicator van onderzoeksactiviteit. Nieuwe ideeën en nieuwe wetenschappers kunnen gezien worden als de meest belangrijke uitkomsten van de activiteiten binnen het academische milieu. Daarbij komt dat het medium voor het communiceren van nieuwe bevindingen en/of resultaten van onderzoek binnen de wetenschappelijke gemeenschap publicaties zijn. Citaties naar publicaties kunnen vervolgens gezien worden als een indicatie van impact van het oorspronkelijke, geciteerde werk.

Wij kijken naar de publicatieoutput van de Belgische en Vlaamse onderzoekers als een indicatie van kenniscreatie, kennis die vervolgens toegepast kan worden in het verder ontwikkelen van bijvoorbeeld chemische technologie. Daar waar we hierboven reeds hebben gesproken over een 'kritische kennismassa' in de context van het belang van wetenschap voor technologische ontwikkeling, kan nagenoeg hetzelfde concept toegepast worden op landen en/of regio's. Indien een land of een regio zoals Vlaanderen mee wil doen aan de ontwikkeling van spijttechnologie, dan dient er een zekere kritische kennismassa aanwezig te zijn; immers nieuwe kennis berust voor een groot deel op bestaande kennis die in staat stelt die nieuwe kennis te 'absorberen'. Aanwezige kennismassa is een kritische succesfactor voor bijvoorbeeld de bedrijven in Vlaanderen, al was het maar om mee te kunnen doen aan internationale



initiatieven. Een ander aspect echter heeft te maken met de aansluitingsgraad tussen het onderzoek dat uitgevoerd wordt en de noden van de industrie. Het gaat dus niet alleen om onderzoek uitvoeren maar vooral ook om, in ieder geval deels, onderzoek uit te voeren dat aansluit op de behoeften van het industriële landschap (goed gebalanceerde en uitgewerkte industrie – universiteit interrelaties zijn dan ook essentieel). Vooral in zogenaamde kennisintensieve technologieën, zoals de chemische technologieën, speelt de aanwezige kennisbasis een belangrijke rol.

Daar waar we in de vorige paragraaf hebben vastgesteld dat technologische activiteit (middels octrooieren) voorbehouden lijkt aan de industrie, lijkt het voeren van onderzoek voorbehouden aan de universiteiten (kijkend naar het werkadres van de auteurs van Vlaamse publicaties) – (zie figuur 20); 84% van de Vlaamse publicaties komt op rekening van de universiteiten, daar waar slechts 7% voor rekening van de industrie komt (Vlaams Indicatorenboek, 2003). Wanneer we kijken naar interinstitutionele samenwerking, dan zien we dat minder dan 10% van de publicaties van Belgische en Vlaamse universiteiten geschreven zijn met andere organisatietypen zoals bedrijven of openbare onderzoeksinstituten. Onderzoekssamenwerking van Belgische/Vlaamse universiteiten, gemeten aan de hand van coauteurschappen, met andere instellingen lijkt dus niet al te intensief behalve in het geval van samenwerking met andere universiteiten. Wanneer we de output per capita beschouwen kunnen we zelfs vaststellen dat België, maar ook Vlaanderen als regio, tot de top-10 landen behoort qua wetenschappelijke activiteit (EC, 2001).

Maar in welke domeinen is er juist sprake van sterke Belgische/Vlaamse onderzoeksactiviteit? Hierboven hebben we een reeks wetenschapsdomeinen geïdentificeerd die van belang waren voor de ontwikkeling van de diverse chemische technologieën (zie tabel 22). Wordt er voldoende onderzoek uitgevoerd in de chemie gerelateerde onderzoeksdomeinen? België doet het wat betreft aantal publicaties in chemie relatief goed<sup>24</sup> (zie tabel 23). Het aandeel van Vlaamse wetenschappelijke output in het SCI<sup>25</sup>-wereldtotaal bedroeg in 2001 0.76% – een absolute stijging van bijna 0.4% sinds 1992. Echter het zwaartepunt van de onderzoeksactiviteit in Vlaanderen ligt rond de klinische geneeskunde en biowetenschappen.

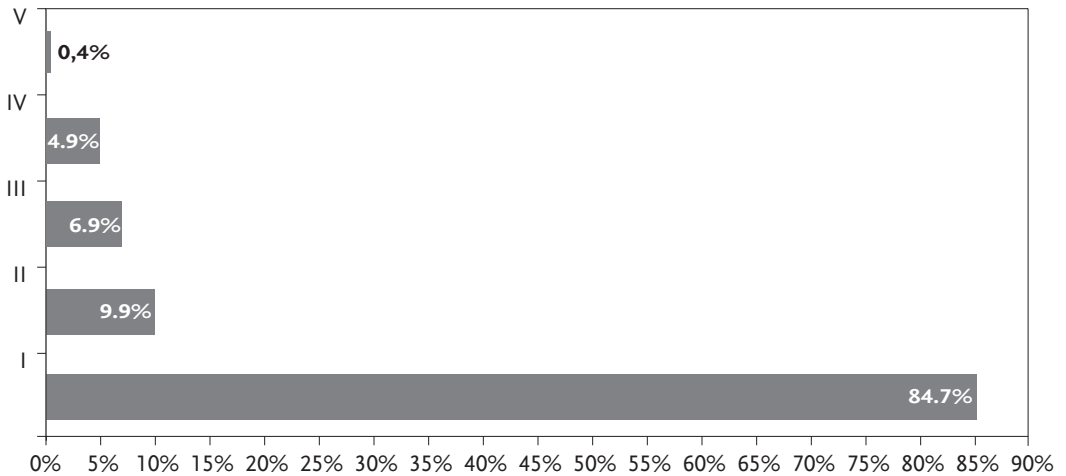
---

<sup>24</sup> AGRI (Agronomie en omgevingswetenschappen), BIOL (Biologie), BIOS (Biowetenschappen), BIOM (Biomedisch onderzoek), CLI1 (Klinische en experimentele geneeskunde I), CLI2 (Experimentele geneeskunde II), NEUR (Neuro- en gedragswetenschappen), CHEM (Chemie), PHYS (Fysica), GEOS (Aard- en ruimtetwetenschappen), ENGN (Technische wetenschappen), MATH (Wiskunde)

<sup>25</sup> De SCI (Science Citation Index – Institute for Scientific Information) is een van de meest geaccepteerde en onderzochte bronnen voor bibliometrische analyses.

Figuur 20: Verdeling per organisatietype van de Vlaamse publicaties

(I Instelling voor hoger onderwijs, II Publieke onderzoeksinstelling of administratie,  
III Private instelling, IV Ziekenhuis, V Andere)



Het onderzoek verricht in Vlaanderen tijdens de jaren 1990 wordt beduidend meer erkend en gewaardeerd (gemeten aan de hand van citaties naar Vlaamse publicaties) dan het wereldgemiddelde. Dit doet denken dat de kwaliteit van Vlaams onderzoek van hoog niveau is. Voor een meer gedetailleerde uiteenzetting omtrent de Vlaamse onderzoeksprestaties wordt verwezen naar het Vlaams Indicatorenboek (2003).

Tabel 23: Evolutie van het aandeel Vlaamse publicaties in de wereld in twaalf vakgebieden

Jaar	AGRI	BIOL	BIOS	BIOM	CL11	CL12	NEUR	CHEM	PHYS	GEOS	ENGN	MATH
1992	0.52%	0.77%	0.90%	0.75%	0.76%	0.66%	0.34%	0.49%	0.62%	0.30%	0.51%	0.49%
1993	0.51%	0.77%	0.87%	0.78%	0.76%	0.67%	0.37%	0.52%	0.60%	0.26%	0.51%	0.48%
1994	0.47%	0.84%	0.93%	0.82%	0.79%	0.71%	0.41%	0.56%	0.64%	0.29%	0.50%	0.61%
1995	0.57%	0.94%	0.99%	0.75%	0.88%	0.71%	0.46%	0.56%	0.65%	0.28%	0.53%	0.63%
1996	0.69%	0.97%	1.01%	0.82%	0.81%	0.76%	0.39%	0.61%	0.80%	0.40%	0.61%	0.75%
1997	0.71%	1.00%	1.01%	0.88%	0.88%	0.79%	0.55%	0.61%	0.69%	0.33%	0.61%	0.72%
1998	0.87%	1.03%	1.06%	0.97%	0.98%	0.81%	0.57%	0.68%	0.77%	0.44%	0.72%	0.84%
1999	0.90%	1.12%	1.08%	0.95%	0.98%	0.82%	0.60%	0.72%	0.85%	0.47%	0.75%	0.85%
2000	0.90%	1.16%	0.99%	0.95%	0.98%	0.88%	0.60%	0.70%	0.81%	0.44%	0.77%	0.76%
2001	0.96%	1.18%	1.05%	0.95%	0.95%	0.86%	0.72%	0.76%	0.88%	0.46%	0.78%	0.86%

Bron: Vlaams Indicatorenboek (2003)

Het mag duidelijk zijn dat één van de uitdagingen de komende jaren, zowel in Vlaanderen als in Europa, het optimaliseren is van de validatie van onderzoeksresultaten richting technologieontwikkeling en commercialisatie, ook in de chemie.

# HOOFDSTUK 8

## MENSELIJK POTENTIEEL IN VLAANDEREN

### 8.1 DE INSTROOM AAN HOGESCHOLEN EN UNIVERSITEITEN

In het kader van het Higher Education Monitor programma in Nederland (uitgevoerd door het onderzoeksinstituut CHEPS, Universiteit van Twente) worden periodiek de trends in het hoger onderwijs opgevolgd en in kaart gebracht. In het vervolg zullen we de belangrijkste ontwikkelingen op dit vlak bespreken. Daarbij wordt gestreefd naar een evaluatie van de mate waarin de ontwikkelingen in Vlaanderen afwijken ten opzichte van de omliggende landen.

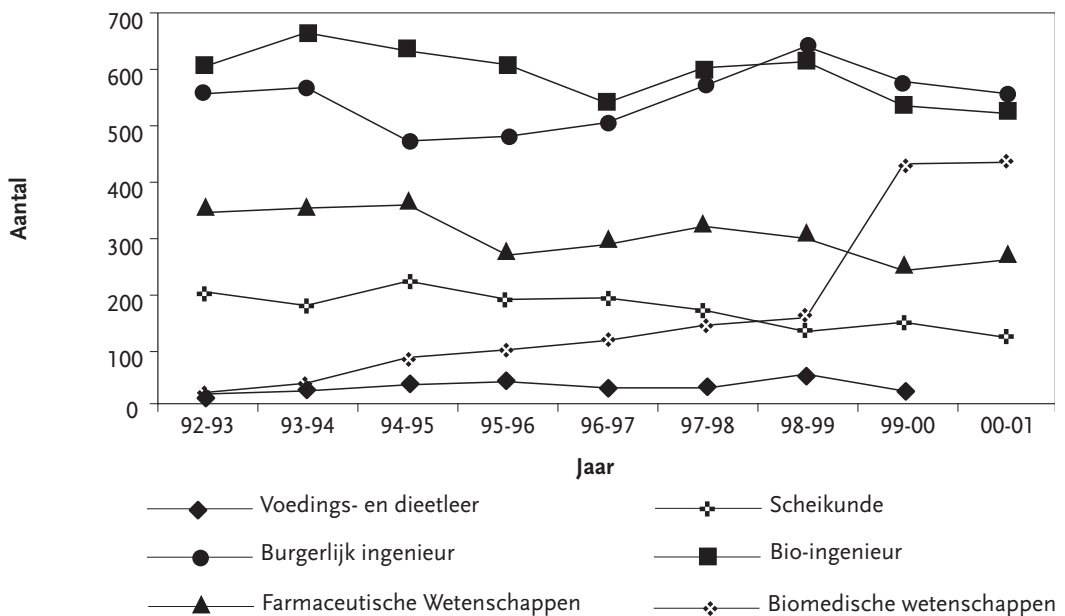
In de periode 1990-2000 (1990= index 100), de periode onder beschouwing, zien we dat terwijl in Nederland het aantal studenten, na een periode van stagnatie, weer lichtelijk stijgt, in Vlaanderen het aantal nieuwe studenten stabiel is gebleven sinds midden jaren '90. De scherpe daling in Duitsland, gevolgd door herstel, is vanaf 1998 omgeslagen in een lichte groei. In Frankrijk zien we een vergelijkbare evolutie (CHEPS).

Wanneer gekeken wordt naar het aantal studenten, dan kunnen we constateren dat de toename van het aantal generatiestudenten aan de Vlaamse universiteiten de afgelopen jaren marginaal is (zie ook Vlaams Indicatorenboek, 2003). In Duitsland en Frankrijk zien we een stabiele ontwikkeling, terwijl in Nederland een sterke groei waar te nemen valt. Het aantal afgestudeerden, onder andere een indicator van de mate waarin voorzien kan worden in de behoeften van de lokale arbeidsmarkt, onder andere de industrie, is in Vlaanderen sinds 1990 zeer matig gestegen. In Frankrijk daarentegen is er een relatief sterke stijging bewerkstelligd. In Duitsland is een daling waarneembaar, terwijl in Nederland een licht herstel te zien valt. Wat betreft het aantal voortgezette opleiding, bijvoorbeeld doctoraten, zien we in Vlaanderen een zeer turbulent verloop: daling en stijging volgen elkaar snel op. In Duitsland, net als in Frankrijk, zien we een stijging in het aantal postgegradueerden. Nederland lijkt in dat opzicht een stabiel niveau te hebben bereikt.

In vergelijking met 1990, is er in Vlaanderen in 1999 een stijging waarneembaar in het aantal nieuwe studenten in de natuurwetenschappen. Voor Nederland, Duitsland en Frankrijk is de situatie nauwelijks gewijzigd. Voor de instroom naar de technische wetenschappen geldt in Vlaanderen in 1999 een daling ten opzichte van 1990. Dit geldt ook voor Duitsland. In Frankrijk en Nederland is de instroom ten opzichte van 1990 ongewijzigd gebleven. Dit wat betreft de academische sector. In de hogeschoolsector zien we in Vlaanderen en Nederland een lichte daling in het aantal studenten.

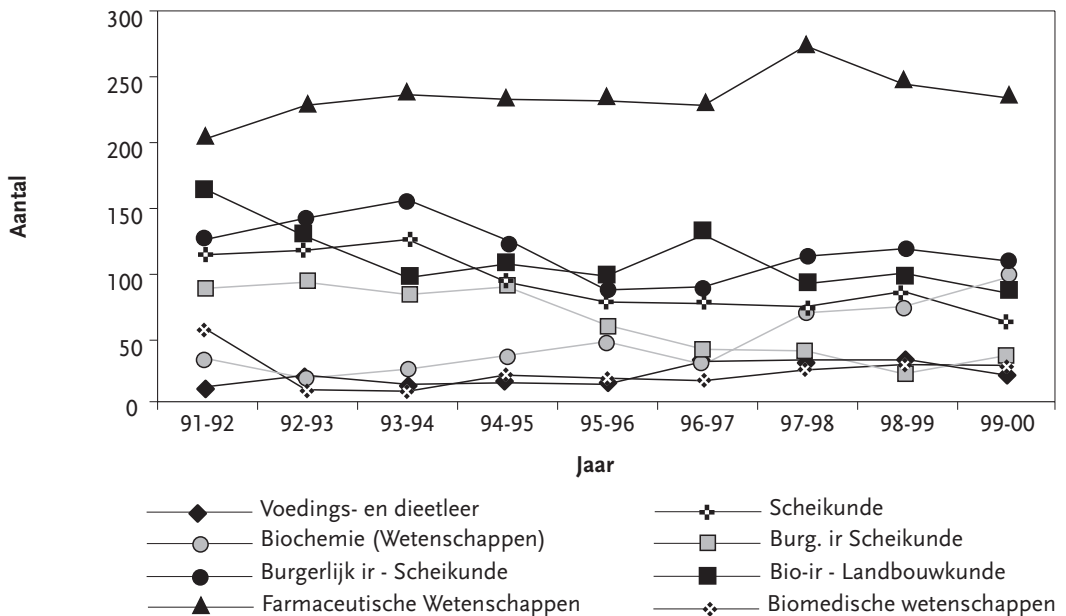
Wanneer we vervolgens het 'grove' beeld dat hierboven is geschetst verder trachten te verfijnen door te kijken naar de evolutie van studentenaantallen in voor de chemische industrie relevante studierichtingen (figuur 21), dan zien we in de richting scheikunde een gestage daling sinds begin jaren '90. In de richting burgerlijk ingenieur zien we een daling sinds 1998-1999. In figuur 22 wordt een overzicht gegeven van het aantal behaalde diploma's in chemiegerelateerde studierichtingen. Dankzij de inspanningen (ondersteuning industrie met beurzen, actieve participatie in het lesproces, etc.) die de afgelopen jaren uitgevoerd werden rond het aantrekken van nieuwe studenten in de chemiewetenschappen, worden in de omringende landen reeds de eerste effecten zichtbaar, zoals in Duitsland waar men voor het eerst weer een stijging ziet. Wellicht is het aangewezen dat de sector in Vlaanderen de inspanningen op dit vlak evalueert en indien nodig bijstuurt. Immers, vestigingsaantrekkelijkheid uit zich ook op dit vlak.

Figuur 21: Overzicht van de evolutie van de instroom aan Vlaamse universiteiten in chemiegerelateerde studierichtingen in het laatste decennium (per generatie)



Bron: Beleidsinformatiecel Onderwijs, KULeuven (berekeningen INCENTIM)

Figuur 22: Overzicht van de evolutie van behaalde diploma's aan Vlaamse universiteiten in chemiegerelateerde studierichtingen in het laatste decennium



Bron: Beleidsinformatiecel Onderwijs, KULeuven (berekeningen INCENTIM)

## 8.2 VERDERE STIMULERING VAN HET CHEMISCH BASISONDERZOEK

Het steunkanaal voor Strategisch Basisonderzoek in Vlaanderen komt duidelijk tegemoet aan de behoefte, ook binnen de chemische sector in Vlaanderen, aan een meer structurele financiering zowel voor strategisch basisonderzoek met economische finaliteit als ook voor het strategisch basisonderzoek met maatschappelijk finaliteit, zoals bijvoorbeeld onderzoek omtrent milieuvriendelijke technologie, waterproblematiek, klimaatverandering. Daarbij adviseert de VRWB (VRWB, Advies 81, 2002) om ook aansluiting te zoeken met internationale initiatieven op dit vlak. Daarbij wordt dan ook voorgesteld om, onder bepaalde voorwaarden, buitenlandse onderzoeksgroepen toe te laten tot dit financieringskanaal. In de plannen van de Vlaamse overheid wordt expliciet vermeld dat het de bedoeling is om ook het strategisch basisonderzoek in de landbouw- en voedingssector in het steunkanaal op te nemen. Hoe staat het echter met het strategisch basisonderzoek in de chemie?

In haar advies stelt de VRWB (Advies 81) dat het verder uitbouwen van specifieke structuren in functie van ieder van deze potentieel belangrijke domeinen (nanotechnologie, bio-informatica, taaltechnologie, etc.) zou leiden tot versnippering van middelen en kennis. In de meeste OESO landen bestaat dan ook de tendens om geen afzonderlijke onderzoeksinstituten meer op te richten. In hetzelfde advies wordt tevens gepleit om de taakstelling van de universiteiten uit te breiden met het vormen van een kennisreservoir rond strategisch belangrijke onderzoeksdomeinen. Het lijkt voor de hand liggend dat dit perfect zou passen in een verdere intensivering van de samenwerking met de chemische industrie rond strategisch belangrijke onderwerpen. Zeker voor de versterking van toegepast onderzoek aan de universiteiten dienen de huidige financieringsmechanismen te worden herzien, aldus het advies.

# HOOFDSTUK 9

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Onderliggende studie maakt een aantal evoluties en aandachtspunten duidelijk. Allereerst dat (technologie) verkenning studies complex en veelzijdig van aard zijn, en dat input van alle relevante actoren onmisbaar is, maar ook dat het ambitieniveau van een dergelijke studie nauwgezet afgestemd moet zijn op de eigenheid van de sector. Er werd voor een aanpak gekozen die vertrekt van de veranderingen in het socio-economisch krachtenveld (economie, milieu, gezondheid, etc.) rond de chemische industrie en die vervolgens op zoek gaat naar mogelijke ontwikkelingen die juist daarop kunnen inspelen. Vele mensen in en rond de sector zijn hierbij betrokken. Immers, technologie-verkenning is een multi-actoren aangelegenheid en vereist dus een duidelijke procesaanpak.

De veelheid aan onderkende technologische evoluties en hun analyse heeft duidelijk gemaakt dat kruisbestuiving en netwerkvorming van groot belang zijn. Opportuniteiten daartoe worden duidelijk naarmate de technologische ontwikkelingen in detail en in relatie tot elkaar worden bekeken (zie deel II en appendix 3 en 4). Netwerkvorming is dan ook meermaals naar voren gekomen gedurende onze gesprekken met de experts onder de noemer van 'platformen', 'coördinatiemechanismen', etc. De sector is er zich terdege van bewust. Ook is duidelijk gebleken dat de bewustwording die met dergelijke studies nagestreefd wordt verder moet worden gestimuleerd en gerealiseerd. Daar ligt dan ook de belangrijke toegevoegde waarde van (technologie)verkenning. Het lijkt dan ook zinvol om initiatieven te nemen – mogelijk in samenspraak met de Vlaamse overheid en FEDICHEM – die toelaten om meer systematisch aansluiting te vinden bij internationale netwerken en fora inzake technologieverkenning en technologieontwikkeling in en rond de chemie. Gaandeweg is tijdens deze studie gebleken dat de internationale initiatieven hiertoe talloos zijn. Gezien de nood aan actualisering van dergelijke verkenningsoefeningen betreft het een blijvend aandachtspunt.

De chemische industrie in Vlaanderen is de afgelopen decennia geëvolueerd tot een van de belangrijkste economische sectoren in Vlaanderen en België. De snelle groei die de sector heeft doorgemaakt zorgt er tegelijkertijd voor dat men te maken krijgt met een heel scala aan uitdagingen: uitdagingen op het vlak van de concurrentie uit nieuw industrialiserende landen, de vraag om bewuster om te gaan met het milieu en energie, de veiligheid op lange termijn, de kwaliteit, het menselijk potentieel in Vlaanderen, de beperkte beschikbare ruimte voor lokale uitbreiding, de wettelijk regelingen, enzovoort. Met recht kan dus gesteld worden dat de sector een ware 'renaissance' aan het doormaken is.



## SOCIAAL-MAATSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN

### REPUTATIE

Ondanks het succes van de sector is de reputatie en publieke acceptatie matig tot slecht. De publieke acceptatie is fundamenteel voor het toekomstig overleven van de sector. De publieke opinie is sterk onder de indruk van de mogelijke milieu- en gezondheidseffecten van chemische producten en processen. Een belangrijke factor hierin is zeker de onbekendheid van het grote publiek met de chemie in het algemeen. Het beeld van de sector wordt bepaald door enkele negatieve incidenten die met veel belangstelling worden gevolgd. Echter, reputatie moet verdiend worden, en perceptie van hoe de industrie zich gedraagt is hierin zeer belangrijk. Dit geldt zeker in relatie tot de publieke ongerustheid omtrent veiligheid, milieu en gezondheid en de daarop inspelende EU-wetgeving. Een defensieve houding in dergelijke thema's draagt bij tot negatieve beeldvorming.

*Reputatie, Actie, Communicatie, Overheid als 'champion'...*

Het lijkt aangewezen dat de sector zich sterker profileert en duidelijk maakt welke reputatie men wenst te hebben en vervolgens ter realisatie hiervan duidelijke acties en communicatie in het vooruitzicht stelt. De overheid kan hierin mogelijk een rol spelen door zich meer als 'champion' op te stellen van de belangrijkste sector in België/Vlaanderen. Partnership op dat vlak lijkt tot 'win-win' situaties te kunnen leiden. Resultaten op dit gebied worden niet eerder verwacht dan in de periode 2006-2010.

### DUURZAME ONTWIKKELING

Indien we kijken naar de socio-economische impactfactoren, dan zien we dat duurzame ontwikkeling een element vormt dat bijna bij alle factoren terug te vinden is. Naast de vele initiatieven die op dit vlak reeds genomen worden door de sector, blijft dit punt een belangrijke uitdaging op alle niveaus. Duurzame ontwikkeling dient geïncorporeerd te worden in innovatie maar ook in opleiding. De industrie moet aantonen dat ze in staat is om belangrijke bijdragen te leveren op dit vlak, bijdragen die tevens een positieve impact hebben op de bedrijven en hun winstgevendheid. Veel van de initiatieven op dit terrein komen nooit onder de publieke aandacht, iets wat de industrie wellicht op een meer gestructureerde wijze dient op te nemen. Anderzijds dient er vanuit de overheid ondersteuning geboden te worden wanneer het gaat om de implementatie van EU-regelgeving. Het afvlakken van de diversiteit in uitvoering tussen de verschillende bestuurlijk regio's vormt hierbij een eerst aandachtspunt. De implementatie van

het Kyoto-protocol, waarvan de experts overduidelijk aangeven dat zonder een bewuste en redelijke 'roadmap' de consequenties voor de sector, maatschappelijk en economisch groot zullen zijn, dient in overleg met de sector verder vorm te krijgen.

Het ontbreken van een ondersteuningssysteem voor de implementatie van richtlijnen en regels door de verschillende bedrijven (vooral KMO's) en de expertiseopbouw hieromtrent, wordt als een risico gezien voor de gehele sector; het betreft hier eveneens onderwerpen rond de 'handhaving' van de verschillende richtlijnen en regels met het oog op duurzame ontwikkeling.

## **ECONOMISCHE UITDAGINGEN**

### **BEDRIJFSECONOMISCH KLIMAAT**

De geraadpleegde experts hebben hun zorg geuit omtrent de aanhoudende hoge kosten (inclusief loonkosten), de toenemende macht van de vakbonden en de inflexibiliteit van de werknemers. 70% van de respondenten geeft aan dat nog voor 2005 de effecten hiervan op de investeringsbeslissingen zullen doorwegen. Of dit ook daadwerkelijk zal leiden tot desinvesteringen in Vlaanderen, als thuishaven van de chemie, en zo ja wanneer, is niet echt duidelijk. Mogelijks rond 2010 kunnen de effecten hiervan merkbaar worden. Het mag duidelijk zijn dat bedrijfseconomische aantrekkelijkheid zich niet alleen beperkt tot kostenbeheer. De logistieke infrastructuur is een ander belangrijke punt. De experts maken zich in toenemende mate zorgen over de verkeersknelpunten die het transport aanzienlijk bemoeilijken.

*Investeren in infrastructuur en stimuleren van alternatieve transportmodi...  
Arbeidskosten... Energiekosten... Milieukosten...*

De stimulering van alternatieve transportmodi zoals vervoer over binnenwateren laat nog te wensen over, vooral wat betreft de infrastructurele realisaties die daarvoor nodig zijn. Ook op Europees niveau kunnen tal van verbeteringen doorgevoerd worden, vooral wat betreft standaardisatie van mobiele infrastructuur. De overheid kan hierin zeker een rol vervullen.

### **MENSELIJK POTENTIEEL**

Rond de beschikbaarheid van arbeidskrachten baart vooral de dalende trend van de instroom in de natuurwetenschappen zorgen. Het negatieve imago van de sector speelt hierbij vermoedelijk een

belangrijke rol. 50% van de ondervraagden geeft aan nu reeds de effecten hiervan te merken.

De toekomst van de industrie in Vlaanderen hangt sterk af van de beschikbaarheid van hoogopgeleid personeel, zeker nu er een verschuiving is naar 'kennis' als een cruciale factor voor competitiviteit. Vooral in het licht van de opkomende concurrentie uit Aziatische landen zal deze verschuiving alleen maar sterker worden. Samen met deze verschuiving zien we een evolutie naar multidisciplinariteit, naar het combineren van technische disciplines, om in staat te zijn nieuwe productcombinaties vorm te geven. De experts uiten hun zorg over de mate waarin deze 'nieuwe' zienswijze is doorgedrongen in de aangeboden curricula van onze hogescholen en universiteiten.

De sector zelf heeft uiteraard een verantwoordelijkheid te nemen als het gaat om het aantrekkelijk maken en houden van de chemiegerelateerde studierichtingen. Te denken valt aan het toekennen van beurzen, het organiseren van studiereeksen, het actief deelnemen aan curricula op universiteiten en hogescholen, etc. In perspectief bekeken, dient hier aan toegevoegd te worden dat met de grotere openheid van de Europese arbeidsmarkt het mogelijk moet zijn om elders adequaat geschoolde werknemers te vinden.

*Actieve participatie in het 'werven' van menselijk potentieel...*

## **WETENSCHAPPELIJK / TECHNOLOGISCHE UITDAGINGEN**

### **LOKALE KENNIS**

Rond de aanwezige kennisbasis en kennisinfrastructuur in Vlaanderen wordt vooral gewezen op de versnippering van de onderzoeksactiviteiten en het gebrek aan afstemmingsmechanismen.

Identificeerbare kennisplatformen, die ervoor zorgen dat deze afstemming beter kan plaatsvinden, zijn onontbeerlijk. Toonaangevend onderzoek binnen de chemische sector kost alsmar meer, kosten die nauwelijks door de vele KMO's die Vlaanderen rijk is gedragen kunnen worden (uiteraard geldt dit in mindere mate voor multinationale ondernemingen). Specifieke overlegplatformen bieden een goed vertrekpunt voor grootschalig, multidisciplinair, niet-competitief onderzoek waarvan aldus meerdere ondernemingen kunnen profiteren. Belangrijke uitdagingen bestaan rond elk van de onderscheiden technologiedomeinen (voor details omtrent de ontwikkelingen verwijzen we naar deel II en naar Appendix 3 en 4) zoals afgeleid uit de technologieverkenning.

## CATALYSIS

1. *Ontwikkelen van nieuwe syntheses technieken gebaseerd op de inzichten uit de biologie, fysica, en computationele methodes*
2. *Stimuleren van O&O samenwerking op het vlak van oppervlakte en katalytisch onderzoek relevant voor commerciële producten en processen*
3. *Stimuleren van vergroten van kennis rond synthese, verwerking en productie van complexe moleculaire architecturen*
4. *Stimuleren van studies rond de ontwikkeling van alternatieve reactie- en scheidingsmedia*

## COMPUTATIONAL TECHNOLOGY

1. *Beoordelen en evalueren van simulatiebehoeften en het exploreren van mogelijke software terzake (aandachtspunten afleiden voor verder onderzoek)*
2. *Ondersteunen van de verdere ontwikkeling op het vlak van hoogperformante 'desktop workstations', 'fast vector machines' en 'highly parallel processors'*
3. *Stimuleren van experimentele validatie van resultaten van computationele analyses*
4. *Nastreven van publiek-private samenwerking op het vlak van ontwikkeling en implementatie van ondersteunde systemen*

## ENERGY AND FEEDSTOCK

1. *Stimuleren van de ontwikkeling en toepassing van alternatieve energiebronnen (bijv. waterstof, windenergie, etc.)*
2. *Stimuleren van onderzoek rond biomassaverwerking*

## INFORMATION SYSTEMS

1. *Stimuleren van het ontwikkelen van standaarden voor het gebruik van modellering en simulatietechnologieën*
2. *Ontwikkelen van expert systemen en intelligente beslissingsondersteunende systemen*
3. *Informatiebeveiliging optimaal bewaken*

## MATERIALS TECHNOLOGY

1. *Samenwerking tussen industrie-universiteit ter stimulering van interdisciplinaire aanpak rond onderzoek naar nieuwe functionele materialen*
2. *Onderzoeken en definiëren van aandachtspunten rond structuur – activiteit interactie*

- 3. Nadruk leggen op de ontwikkeling van de synthese van materialen met oog voor efficiënte productie van geavanceerde materialen*
- 4. Stimuleren van inspanningen rond het definiëren van 'best practices' voor disassemblage en hergebruik van materialen*

#### PROCESS SCIENCE AND ENGINEERING TECHNOLOGY

- 1. Ontwikkelen van processoftware en 'real-time', 'on-line' meetinstrumenten*
- 2. Onderzoek naar niet-traditionele reactie en scheidingsystemen*
- 3. Nastreven en onderzoeken van nieuwe concepten in flexibele productie, procestechnologie voor hoogperformante materialen, disassemblage en hergebruik en intelligente processen*

#### CHEMICAL MEASUREMENT

- 1. Stimuleren van onderzoek rond meting en procesanalyse toegepast op moleculaire processen*
- 2. In kaart brengen van de noden van de industrie aan meettechnologieën en deze relateren aan modellering en databankbehoeften*
- 3. Ontwikkeling van hoogperformante spectrometers en robuuste meettechnieken voor real-time analyses*

#### BIOPROCESSES EN BIOTECHNOLOGY

- 1. Onderzoek en ontwerp naar krachtige en efficiënte biokatalysatoren, efficiëntere procestechnologie, en low-cost materialen voor bioprocessen*
- 2. Stimuleren, ondersteunen en actief deelnemen aan pre-competitieve O&O naar biotechnologie met een duidelijke focus op chemie en chemische processen*
- 3. Verbreden van de lokale kennisbasis naar industriële bioprocessen*

Uit deze studie blijken aldus enkele belangrijke evoluties op maatschappelijk economisch en technologisch vlak waarmee de chemische industrie in Vlaanderen (en de wereld) wordt geconfronteerd. We hopen dan ook dat deze studie een eerste stap is naar een meer recurrente, permanente en systematische trendbewaking voor de chemische sector in Vlaanderen, vandaag een economisch zwaargewicht en hopelijk nog steeds zo in de toekomst.

- Alliance for Chemical Sciences and Technologies in Europe - AllChemE** (2002), Chemistry – Europe and the Future, Science and Technology to improve the quality of life in Europe, The Royal Society of Chemistry, UK
- American Chemical Society** (1996), “Technology Vision 2020 – The US Chemical Industry”, [www.acs.org](http://www.acs.org)
- American Chemical Society** (2001a), “New Process Chemistry”, Technology Roadmap, part of the Vision 2020 initiative, [www.chemicalvision2020.org](http://www.chemicalvision2020.org)
- Cap Gemini, Ernst & Young** (2002), “2002 Report on Trends and issues in Logistics and Transportation”, Visibility: tactical solutions, strategic implications, in collaboration with Georgia South University and The University of Tennessee
- CEFIC** (2002), Economic Time Series, <http://www.cefic.org/Ecostat/DATABASE/ETS>
- Chemical Industry of the Future** (1999), “Technology Roadmap for Computational Chemistry”, Council for Chemical research (CCR)
- Chemical & Engineering News - C&EN** (2003), “World Chemical Outlook”, Cover Story, [www.cen-online.org](http://www.cen-online.org)
- Chemical Business** (2002), “World Scene”, Vol. 16, Issue
- Chemical Industry of the Future** (1999), “Technology Roadmap for Computational Chemistry”, Workshop report Technology Vision 2020: The U.S. Chemical Industry
- CHEPS** (2002), “New lines in higher education”, University of Twente, The Netherlands ([www.universiteitwente.nl](http://www.universiteitwente.nl))
- Department of Trade and Industry - DTI** (2000), “A Chemicals Renaissance”, Foresight Programme, Chemicals Panel, UK ([www.foresight.gov.uk](http://www.foresight.gov.uk))
- Department of Trade and Industry - DTI** (2002), “Enhancing the competitiveness of the UK chemical industry”, Chemicals Innovation & Growth Team, UK)
- Dienst voor Nijverheidsbevordering** (1981), “De Chemische Sektor in België”, Sectoriële studie – synthese verslag, studie in opdracht van de Minister voor Economische Zaken.
- Dutch Ministry of Economic Affairs** (2000), “Technology Roadmap Catalysis – Catalysis, key to sustainability”
- ECETOC (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals)**, (2002), “Sound Science for Chemicals Regulation in Europe”, report of the ECETOC Annual Meeting, Brussels
- EESC (European Economic and Social Committee)**, (2001), “Opinion on the White Paper – Strategy for a future Chemicals Policy”, ISSN 1015-9487, Brussels
- Energetics**, “New Biocatalysts – Essential tools for a 21st century chemical industry”

**European Chemical Marketing and Strategy Association (ECMSA)** (2001), Scenarios 2010, "The Future of the Chemical industry", presented at the ECMSA conference in Berlin

**European Commission** (1996), "Innovation in the European Chemical Industry", European Innovation Monitoring System (EIMS), study carried out by WZB-Berlin, project number 94/110, Brussels

**European Commission** (2001), "Key figures 2001", Special Edition, Indicators for benchmarking of national research policies

**European Commission** (2001), "White Paper Strategy for a Future Chemicals Policy", COM(2001) 88 final, Brussels. Online at: <http://europa.eu.int/comm/environment/chemicals/whitepaper.htm>

**Fedichem** (1999a), "Jij en de chemie", publicatie van de federatie van de chemische industrie van België, Brussel, [www.fedichem.be](http://www.fedichem.be)

**Fedichem** (1999b), "De Belgische Chemische Industrie en het Protocol van Kyoto – Bedreigingen en Opportuniteiten", Brussel, [www.fedichem.be](http://www.fedichem.be)

**Fedichem** (1999c), "De Chemische Industrie in België – Deel II: De Chemische Industrie in het Vlaams Gewest", publicatie van de federatie van de chemische industrie van België, Brussel, [www.fedichem.be](http://www.fedichem.be)

**Fedichem** (2002b), "De Chemische Industrie in België", publicatie van de federatie van de chemische industrie van België, Brussel, [www.fedichem.be](http://www.fedichem.be)

**Heaton, A.**, (1996), "An Introduction to Industrial Chemistry", Blackie Academic & Professional, London, UK, 3rd edition

**Institute for Prospective Technological Studies – IPTS** (1999), "The Futures Project - technology map", Sevilla, Spain

**Institute for Prospective Technological Studies – IPTS** (2002), 'The IPTS Report', No. 64, pp. 4-17

**McKinsey & Company** (2001), "Biotech: Why now?", presentation European Chemicals Forum, Frankfurt

**Institute for Prospective Technological Studies – IPTS** (2000a), 'Regulation and innovation in the chemicals industry – The impact of EU regulation on innovation of European industry', Sevilla

**IPTS Futures Project** (2000b), "The Technology Map", Sevilla

**Integrated Manufacturing Technology Roadmapping Project** (2000), "Information Systems for the manufacturing company", IMTI inc.

**Integrated Manufacturing Technology Roadmapping Project** (1999), "Intelligent control for continuous processing", IMTI inc.

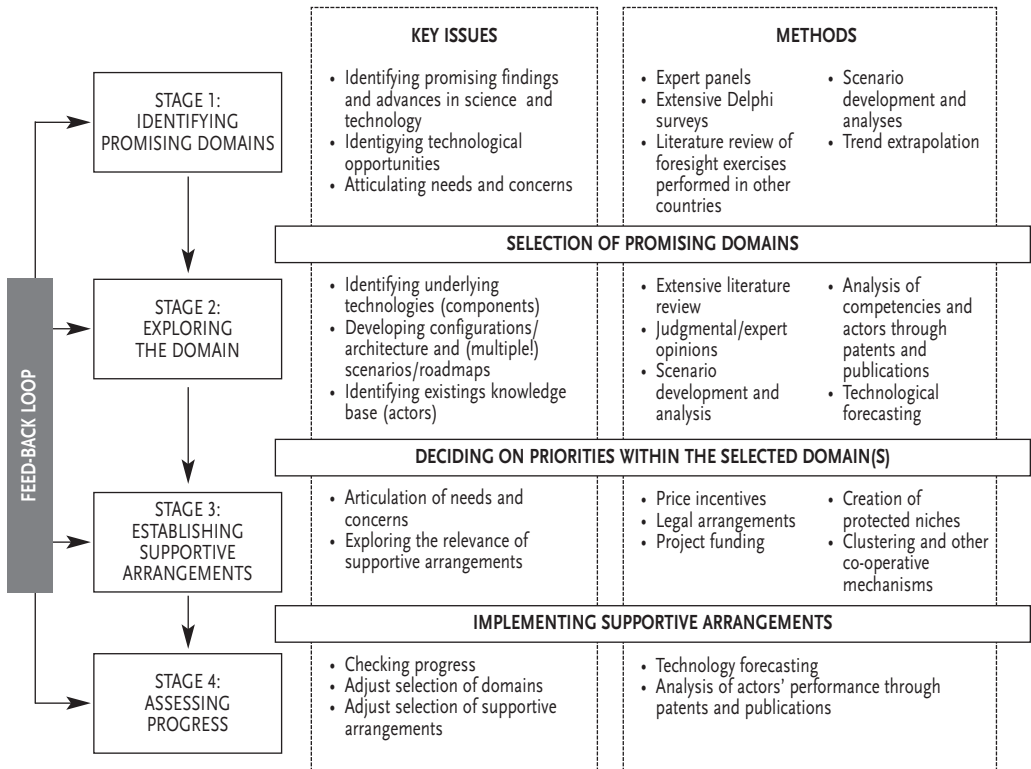
**Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap** (2001), "Vlaanderen 2001 in cijfers"

- NSF/NIST (National Institute of Standards and Technology)** (1998), “Process Measurement and Control: Industry Needs”, Workshop Report
- PriceWaterhouseCoopers** (1999), “Chemicals – Third Millennium; The New Business Model”, European Edition
- Risk & Policy Analysis Limited** (2002), “Assessment of the Impact of New Regulations in the Chemicals Sector”, final report prepared for the European Commission, J382/Chemicals, UK
- Roland Berger – Strategy Consultants** (2001), “The future of the Chemical Industry – European Chemical Marketing and Strategy Association (ECMSA) Scenarios 2010, Mastering The Challenges in Agrochemicals”, presented at the ECMSA conference in Berlin
- Solow, R.M.** (1957) “Learning from ‘Learning by Doing’ Lessons for Economic Growth,” Palo Alto: Stanford University Press.
- Van der Kolk, J.,** (2000), “The State of Knowledge about Chemicals after 4 Decades of European Chemicals Policy”, In: Winter, G. (ed.), “Risk Assessment and Risk Management of Toxic Chemicals in the European Community – Experiences and Reform”, Baden-Baden, Nomos, pp. 35-43
- Van Looy B., K. Debackere, P. Andries, E. Zimmermann, J. Callaert, A. Verbeek** (2002), “Technologies For The Future: Looking a Decade Ahead”, Eindrapport, INCENTIM KU Leuven ism AGORIA Vlaanderen
- Van Looy B., Zimmermann E., Debackere K., Veugelers R., Bouwen R.** (2000), “Development of a Methodological Framework for Examining Science and Technology in Flanders”, Report 2, Methodological Framework, INCENTIM, KULeuven
- Van Looy, B., E. Zimmermann, R. Veugelers, A. Verbeek, and K. Debackere** (2003), “Do science-technology interactions pay off when developing technology? An exploratory investigation of 10 science-intensive technology domains, forthcoming in Scientometrics.
- Verbeek, A., P. Andries, J. Callaert, K. Debackere, M. Luwel, R. Veughelers** (2002), “Linking Science to Technology, Bibliographic References in Patents – Science and Technology Interplay: Policy relevant findings and interpretations”, European Commission, Brussels, EUR 20492, Vol. 1
- Vlaams Indicatorenboek** (2003), Steunpunt Beleidsrelevant onderzoek – O&O Statistieken, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel
- Vlaamse Raad voor Wetenschapsbeleid - VRWB** (2002), ‘Strategisch Basisonderzoek In Vlaanderen’, Advies 81
- Zimmermann, E., B. Van Looy, P. Andries, J. Callaert, K. Debackere, R. Veugelers** (2002), “A longitudinal study into the Science-Technology-Market interactions, PBO-project 991/51/109





# APPENDIX 1



# APPENDIX 2

## TECHNOLOGISCHE 'AFBAKENING' VAN DE CHEMISCHE INDUSTRIE

De werkwijze die wij gevolgd hebben om te komen tot een sub-sectoriele onderverdeling is gebaseerd op een vergelijking tussen de volgende internationale economische classificaties: NACE rev. 1, ISIC, NACE-BEL. Tevens hebben we de sectoriële definitie geanalyseerd van de chemische sector in diverse studies (zie EC, 1996), de technologieclustering gegeven door het Fraunhofer-instituut (i.s.m. OST, INPI, 1997), en de concordantietabel tussen ISIC sectoren en IPC codes opgesteld door MERIT (Verspagen et al. 1994). Tenslotte is gekeken naar de ledensamenstelling van de federatie van de chemie in België en Vlaanderen, FEDICHEM ([www.fedichem.be](http://www.fedichem.be)). Het resultaat vindt u in onderstaande tabel. De afbakening is verder gevalideerd door de experts die zitting hebben in de geïnstalleerde stuurgroep rond dit project.

Tabel 1: Sectoriële onderverdeling van de chemische industrie

NACE categorie (4-digits)	Evaluatie
2310 - Vervaardiging van cokesovenproducten	++
2320 - Aardolieverwerking	++
2330 - Bewerking van splijt- en kweekstoffen	+
2411 - Vervaardiging van industriële gassen	+++
2412 - Vervaardiging van kleur- en verfstoffen	+++
2413 - Vervaardiging van overige anorganische basischemicaliën	+++
2414 - Vervaardiging van petrochemische producten en overige organische basischemicaliën	+++
2415 - Vervaardiging van meststoffen en daarmee samenhangende stikstofverbindingen	+++
2416 - Vervaardiging van kunststof in primaire vorm	+++
2417 - Vervaardiging van synthetische rubber in primaire vorm	+++
2420 - Vervaardiging van landbouwchemicaliën	+++
2430 - Vervaardiging van verf, lak, vernis, inkt en mastiek	+++
2441 - Vervaardiging van farmaceutische grondstoffen	+++
2442 - Vervaardiging van farmaceutische producten (excl. grondstoffen)	+
2451 - Vervaardiging van zeep-, was-, reinigings- en onderhoudsmiddelen	+++
2452 - Vervaardiging van parfums en cosmetica	+
2461 - Vervaardiging van kruiden en springstoffen	+++
2462 - Vervaardiging van lijm- en plakmiddelen	+++
2463 - Vervaardiging van etherische oliën	+++
2464 - Vervaardiging van fotochemische producten	++
2465 - Vervaardiging van informatiedragers	+
2466 - Vervaardiging van overige chemische producten n.e.g	+++
2470 - Vervaardiging van synthetische en kunstmatige vezels	+++
2511 - Vervaardiging van rubberbanden	+
2512 - Vernieuwen van loopvlakken	+
2513 - Vervaardiging van rubberproducten (excl. banden)	++
2521 - Vervaardiging van platen, folie, buizen en profielen van kunststof	++
2522 - Vervaardiging van verpakkingsmiddelen van kunststof	++
2523 - Vervaardiging van kunststofproducten voor de bouw	+
2524 - Vervaardiging van overige producten van kunststof	+

+++ : Behoort volledig tot het onderwerp van deze studie

++ : Wordt zijdelings aandacht aan besteed door participatie in interviews, de vragenronde, staat niet centraal

+ : Wordt slechts aandacht aan besteed in relatie tot het centrale onderwerp

**Afbakening:**

- De farmaceutische industrie, productie van farmaceutische producten, bevindt zich in een ander krachtenveld dan de pure chemische industrie (de producten zijn immers ook van een zeer hoge toegevoegde waarde). Verschillende actoren en trends spelen een rol hierin; denk aan ontwikkelingen in het sociale zekerheidssysteem en de zorgsector. Deze industrie wordt dan ook niet volledig betrokken bij deze studie; wel gedeeltelijk voor zover er expliciete relaties zijn met de ontwikkelingen in de chemische nijverheid. Dit geldt ook voor de cosmetica sector.

# APPENDIX 3

## OVERZICHT VAN DE DETAILONTWIKKELINGEN PER (TECHNOLOGIE)DOMEIN

### OVERZICHT VAN DE ALGEMENE TRENDS EN ONTWIKKELINGEN

De toegang tot, en het gebruik van de lokale infrastructuur zal dusdanig zijn verbeterd dat de fysieke toeleveringstromen geen hinder meer ondervinden. Tegelijkertijd, zullen de verschillende nationale systemen voor transport in Europa geharmoniseerd en op elkaar afgestemd zijn teneinde efficiënt en effectief transport binnen Europa te bewerkstelligen.

---

Geïntensiveerde en goed gestructureerde overlegvormen (discussieplatforms,...) tussen de chemische industrie in Vlaanderen, de universiteiten en de overheidsinstellingen, stimuleren de realisatie van gemeenschappelijke objectieven. Verregaande samenwerking tussen een bedrijf, of een consortium, met een specifiek laboratorium, of een groep van laboratoria, op het vlak van precompetitief en zelfs competitief onderzoek (implicaties voor confidentialiteit en bescherming van intellectuele eigendom).

---

Petrochemische productie-installaties (basischemie) verlaten Vlaanderen om redenen van bevoorrading, werkgeverslasten/loonkosten, verdere marktverschuivingen en technologische ontwikkelingen. Grote investeringen zullen plaatsvinden in Azië, met name China. In de fijnchemie zullen Aziatische bedrijven, door snelle hoog kwalitatieve ontwikkeling, serieuze concurrentie bieden.

---

Hoge lonen en loonlasten, de toenemende macht van vakbonden en de inflexibiliteit van de werknemers spelen een doorslaggevende rol in de (strategische) beslissingen rond al dan niet investeren in bestaande of nieuw te bouwen vestigingen (inclusief herallocatie).

---

Het dalend aantal studenten in de chemische wetenschappen beïnvloedt de attractiviteit en competitiviteit van Vlaanderen als een van de belangrijkste chemische vestigingsplaatsen in de wereld. Hooggeschoold, en vooral adequaat geschoold, personeel in product- en procestechnologie zal schaars zijn.

---

Verregaande onderlinge afstemming tussen de diverse bestuurlijke regio's in België ten aanzien van de implementatie van regels van invloed op de chemische industrie. Verhoogde transparantie in verantwoordelijkheden, taken en bevoegdheden van de verschillende ministeriële departementen.

---

De toenemende wetgevende druk en de nood aan hoogtechnologische en adequate meettechnieken en -instrumenten op Europees niveau laten toe dat Vlaanderen een zekere specialisatie ontwikkelt op dit vlak (bijv. nieuwe impuls voor opleidingen, ontstaan van nieuwe bedrijven etc.).

---

Wijdverspreide toepassing van procesintensificatie en -integratie. Het integreren van chemische reactie- en scheidingsprocessen leidt tot multifunctionele reactoren met een verhoogde opbrengst. Tegelijkertijd zullen verkleinde chemische productie-installaties decentraal opgesteld worden, dicht bij de klant.

---

De capaciteit om accuraat processen te meten, te analyseren en te beheersen onder onzekere condities zal dusdanig evolueren dat processen intelligent in 'closed loop' omgevingen zullen uitgevoerd worden onder 100% kwaliteitswaarborg. Verbeterde procestechnologie, geoptimaliseerd proces- en productontwerp, en zogenaamd 'life cycle responsibility' zal leiden tot het elimineren van afval in alle aspecten van het productieproces.

---

Als gevolg van open en intensieve communicatie met alle belanghebbenden, zal het brede publiek in Vlaanderen de inspanningen van de chemische industrie op het vlak van milieu, veiligheid, en gezondheid erkennen en waarderen. Het resultaat zal het imago van de industrie aanzienlijk verbeteren.

---

Nieuwe technologieën in energieproductie, -opslag en -verbruik zullen resulteren in het actief gebruiken van een mix aan energiebronnen. Energieconversie zal een aanzienlijk deel van de energiebevoorrading voor zijn rekening nemen. Zonenergie zal efficiënter worden benut als gevolg van de toegenomen efficiëntie van fotovoltaïsche cellen. Niet-fossiele brandstoffen vormen een milieuvriendelijke en praktisch onuitputtelijke energiebron. Efficiënte omzetting van wind, water, aardekristallen, oceanografische en atmosferische temperatuurverschillen naar energie zal realiteit worden.

---

Door de toenemende productievolumes en het groeiende aantal marktspelers vervallen gespecialiseerde producten sneller tot handelswaren. De nood aan continue innovatie wordt benadrukt.

---

## **OVERZICHT VAN DE DETAILONTWIKKELINGEN IN 'BIOPROCESSES AND BIOTECHNOLOGY'**

Ontwikkeling van een technologie voor de productie op industriële schaal van brandstoffen zoals alcohol door het gebruik van biomassa.

---

Wijdverspreid gebruik van succesvolle biologische reactie- en extractieprocessen die een hogere productiviteit opleveren met lagere investeringen. Grotere energie-efficiëntie en een groter milieubewustzijn zullen gerealiseerd worden.

---

Verbetering van de interface tussen biologische en chemische operaties in een bioproces.

---

Ontwikkelingen van sequentiële enzymatische omzettingsprocessen (pathways) combineren meervoudige synthetische stappen in industriële micro-organismen met als doel het maken van nieuwe producten tegen lagere kosten en hogere efficiëntie.

---

Ontwikkeling van artificiële membranen die gelijke functies vervullen als biologische membranen (actief transport, energieconversie, informatie transmissie).

---

Toepassing van processen uit de biotechnologie voor het efficiënt verwijderen van een groot scala aan vervuilende stoffen die onder andere het menselijk spijsverteringssysteem verstoren. Deze processen zullen ook toegepast worden om veelvoorkomende 'vervuilers', zoals fosfor en stikstof, te verwijderen uit afvalwater.

---

Ontwikkeling van lagedruk depolymerisatie processen met behulp van biotechnologie.

---

Praktisch gebruik van genetisch gemanipuleerde planten en micro-organismen die in staat zijn om milieuvervuilende stoffen zoals stikstof oxiden (NOx) te absorberen. Dergelijke methoden zullen in situ gebruikt worden voor bodemsanering (zware metalen, chemische stoffen, etc.)

---

De productie van bioafbreekbare plasticen, op basis van micro-organismen en planten, zal meer dan 20% bedragen van de wereldproductie.

---

Wijdverspreid gebruik van bioafbreekbare plasticen (micro-organismen), bijvoorbeeld materiaal voor containers en verpakkingen met korte gebruiksduur.

---

50% van de fijnchemicaliën worden geproduceerd met behulp van biotechnologie als gevolg van substitutie van bestaande processen maar ook door hogere groei.

---

Door het gebruik van biotechnologie zullen gewassen veranderd worden in 'fabrieken' die moleculen produceren van hoge toegevoegde waarde. Chemische stoffen uit dergelijke 'fabrieken' zullen ongeveer 10% van de basischemicaliën voor hun rekening nemen.

---

Wijdverspreid gebruik van biotechnologie in afvalbehandeling voor de productie methaan tegen lage kosten.

---

## **OVERZICHT VAN DE DETAILONTWIKKELINGEN IN 'CHEMICAL SYNTHESIS'**

Ontwikkeling van een ultrahoge productiekatalysator en reactieopvolging (fijnchemicaliën) voor specifieke types van snelconversie. Mogelijkheid tot het vinden van de juiste katalysator en het bijpassende reactor type.

---

Ontwikkeling van polymerisatiekatalysatoren voor de effectieve polymerisatie en co-polymerisatie van 'olefins' die tolerant zijn voor een wijd scala aan polaire functionaliteiten (esters, nitrieten, alcohol etc.)

---

Grondig begrip van de relaties tussen structurele eigenschappen van katalysatoren in katalytische polymersynthese.

---

Terugdringen van de 'downtime' met 50% door verhoogde levensduur van katalysatoren en/of de daling van bijproducten tegen het einde van een productiecycclus.

---

Ontwikkeling van nieuwe katalysatoren en reactorsystemen die het toelaten om economisch en milieuvriendelijk te produceren tegen zo laag mogelijk levensduurkosten.

---

Ontwikkeling van katalytische filters die gebruik kunnen worden als 'end of pipe'-oplossing voor het verwijderen van stoffen.

---

Beschikbaarheid van een katalytische 'gereedschapskist': katalysatoren kunnen 'op maat' gemaakt en opgebouwd worden uit individuele componenten. De 'gereedschapskist' is gebaseerd op continue verbetering waarin: a) groepering in reactietypen en 'bibliotheken' (databanken) van testmethoden, b) sneltesten en analyse van reactiecombinaties, en c) validatie van 'bibliotheken' en de mogelijkheid tot het opbouwen van expertsystemen-centrale uitgangspunten zijn.

---



Praktisch gebruik van hoogselectieve oxidatieprocessen op basis enzymkatalysatoren in de productie van basischemicaliën.

---

Praktisch gebruik van katalytische processen op lage temperatuur voor de directe productie van waterstof uit methaan.

---

Productie van waterstof op raffinageschaal zal toenemen met 100% (antwoord op regelgeving en voorzien in de vraag naar waterstof als brandstof).

---

Functionele integratie van katalysatorontwikkeling en reactorontwerp.

---

Integratie van reactie- en scheidingsprocessen in technische synthese, bijvoorbeeld membraanreactor.

---

Op industriële schaal zal er een verschuiving plaatsvinden van asymmetrische syntheseprocessen (homogene katalyse) naar methoden die vaste katalysatoren gebruiken (heterogene katalyse).

---

Thermische scheidingsprocessen (bijvoorbeeld distillatie) zullen voor 30% vervangen worden door niet-thermische processen zoals chromatografische en membraangebaseerde processen.

---

Ingebruikname van processen op basis van herbruikbare grondstoffen, in plaats van de conventionele petrochemische processen, in de synthese van polymeren.

---

Ingebruikname van meervoudige microreactorsynthese in de vervaardiging van gespecialiseerde chemicaliën. Hieraan gerelateerd zijn 'one-pot'-synthese voor producten die meerdere reacties behoeven (meerdere conversie- en scheidingsstappen worden gecombineerd en geïntegreerd in een enkele unit).

---

Ontwikkeling van nieuwe syntheses technieken op basis van de kruisbestuiving tussen de inzichten uit disciplines zoals biologie, fysica, en calculatietechnologie.

---

Door verbeterde katalysetechnieken zal een verdere reductie van uitstoot mogelijk worden; gestimuleerd door strengere eisen (wetgeving) rond de eigenschappen van brandstoffen.

---

Ontwikkeling van nieuwe moleculaire identificatietechnieken voor scheiding in verdunde stromen; hoge efficiëntie wordt bereikt.

---

Ontwikkeling van efficiënte scheidingsmethoden voor diverse plasticen en mengsels (PVC, PE, etc.) met het oog op recyclage.

---

Ontwikkeling van intelligente membranen en scheidingsystemen voor laagvolume/hoogwaardige producten.

---

Ontwikkeling van hybride scheidingstechnieken die een biologische stap combineren met een traditionele/conventionele stap.

---

## **OVERZICHT VAN DE DETAILONTWIKKELINGEN IN 'COMPUTATIONAL TECHNOLOGY'**

Volledige modellering en typering van dichte fasen (bijvoorbeeld laminair/turbulente stromen) en de interacties tussen de diverse reactiefasen.

---

Ontwikkeling van nieuwe diagnostische methoden en sensoren voor experimentele meting van multifasestromen.

---

Typering van grenscondities en -interacties (bijvoorbeeld inham-, wand-, en binnenoppervlakte interacties – instroom).

---

Ontwikkeling van computersimulatietechnologie die het mogelijk maakt om precieze voorspellingen te doen van structuren en fysieke eigenschappen.

---

Simulaties gebaseerd op 'first principle'-berekeningen zullen gebruikt worden voor het ontwerpen van materialen met voorgeschreven eigenschappen.

---

Gebruik van testmethoden die de toxiciteit van nieuwe chemische combinaties kunnen voorspellen.

---

De meerderheid van productiebedrijven zal gebruik maken van 'closed loop'-procescontrolesystemen, inclusief vooruitziende verwerking van materialen, geautomatiseerde niet-destructieve test- en inspectiemethoden, en intelligente verwerking van materialen gebaseerd op fysieke en mathematische procesmodellen. Deze modellen zullen dienen voor 'rapid (virtual) prototyping'-doeleinden, simulaties en online procescontrole.

---

Gebruik van computergebaseerde simulatietechnieken op basis van theoretische functionele modellen voor de ontwikkeling van membranen.

---

Wetenschappers zullen, met behulp van gebruiksvriendelijke berekeningstechnieken, in staat zijn om materialen te ontwerpen en hun eigenschappen te voorspellen vanaf het moleculaire niveau, tot aan het microscopische niveau.

---

De capaciteit om atomistische systemen te modelleren tegen hoge betrouwbaarheid, zal wetenschappers in staat stellen om snel nieuwe materialen en nieuwe processen te ontwikkelen die de gezondheid, veiligheid en het milieu volledig respecteren.

---

Ondersteunende systemen (financiële informatie, procesinformatie, productie-informatie, simulaties etc.) die gebruik maken van AI (Artificiële Intelligentie) zullen een belangrijke rol spelen in de integratie en de besturing van de gehele chemische onderneming.

---

## OVERZICHT VAN DE DETAILONTWIKKELINGEN IN 'ENERGY AND FEEDSTOCK'

Biomassaconversie en de omzetting van afval in energie op basis van moderne hoogperformance ovens, zijn moderne oplossingen geworden.

---

Het gebruik van energie op basis van biomassa (landbouw (bij)producten) stijgt tot tenminste 3% van het totale primaire energieverbruik in Vlaanderen en tot 10% van het totale verbruik door de chemische industrie.

---

Ontwikkeling van een technologie voor de productie van brandstoffen uit zeewier, bijvoorbeeld alcohol, op industriële schaal.

---

Verspreide kleinschalige stroomopwekkende generatoren, verstrekt door onafhankelijke producenten, staan in voor 20% van de totale stroomopwekking in Vlaanderen.

---

Praktisch gebruik van turbines voor de opwekking van stroom met als brandstof waterstof.

---

Praktisch gebruik van 'multi-layer'-zonnecellen die een conversie-efficiëntie hebben van meer dan 50%.

---

Praktisch gebruik van planten en bomen met een hoge concentratie aan koolwaterstof (hydrocarbon) als brandstofbron.

---

Praktisch gebruik van grootschalige ondergrondse sublimatie van kolen met energieopwekking als resultaat.

---

Praktisch gebruik van een technologie voor de productie van synthetische brandstoffen zoals methaan, methanol en dimethylether uit kolen of biomassa.

---

De productie en het gebruik van energie op basis van 'groene' bronnen zullen de huidige energiebronnen geleidelijk beginnen vervangen.

---

Wijdverspreid gebruik van turbineparken, deels voor de kust, met een opwekkingskracht van meer dan 100MW.

---

Wijdverspreid gebruik van ecologische energieopwekkingsystemen op basis van biogas afkomstig van vee-, voedings- en ander organisch afval.

---

Wijdverspreid gebruik van waterstof, ter vervanging van benzeen en alcohol, als brandstof voor transportmiddelen en machines.

## **OVERZICHT VAN DE DETAILONTWIKKELINGEN IN 'INFORMATION SYSTEMS'**

E-commerce (e-market places) zal gebruikt worden als een van de belangrijkste aan- en verkoopkanalen.

---

Machines en apparatuur zullen verbonden zijn met informatienetwerken zodat 'real time'-opvolging en beheersing mogelijk wordt. Hierdoor kan preventief onderhoud plaatsvinden.

---

Grote informatiesystemen, zoals de huidige ERP-pakketten (Enterprise Resource Planning), zullen de verdere integratie van informatie mogelijk maken. Dit zal tevens het sturen van de onderneming en het nemen van beslissingen ondersteunen. Klanten en leveranciers, interne en externe, zullen tijdig inzage hebben tot de informatie die zij nodig hebben.

---

De productie-eenheden zullen produceren op basis van het zogenaamde 'pull'-principe of het 'make-to-order'-principe. De vraag stuurt tevens de planning aan, de bevoorrading, de distributie, het gebruik van de beschikbare capaciteit en de feitelijke productie. Het systeem werkt automatisch zonder manuele interventie; logische en gespecialiseerde systemen nemen de routinebeslissingen.

---

Productieprocessen zullen uitgevoerd worden onder volledig beheerste condities vanaf de opstart tot het eindpunt.

---

Kritische informatie zal beheerd worden met behulp van 'document management plants' waarbij belangrijke informatie beschikbaar zal zijn in digitale vorm. Het beheren van informatie zal gebaseerd zijn op elektronische opslag in plaats van papieren opslag. Hiermee wordt de papierloze fabriek realiteit.

---

Het combineren van ondernemingswijde systeemtoepassingen, actuele operationele informatie, effectievere besluitvormingsprocessen en geïntegreerde meettechnieken door de oliemaatschappijen aan het begin van de waardeketen laat toe om efficiënt om te gaan met locale, regionale en globale veranderingen. Dit kan resulteren in een nettowinststijging tussen \$0,25-0,50 per vat olie.

---

Ontwikkeling en gebruik van open architectuursoftware die de snelle 'plug-in' van diverse hulpmiddelen en data afkomstig van diverse bronnen toelaat.

---

Informatie over voorraadhoogten en handelbalansen tussen bedrijven zal direct beschikbaar zijn voor het nemen van herbevoorradingsbeslissingen. Deze operationele basisdata zal niet langer worden gezien als 'gevoelig' en zal aldus gedeeld worden met klanten en leveranciers.

---

## **OVERZICHT VAN DE DETAILONTWIKKELINGEN IN 'MATERIALS TECHNOLOGY'**

De eigenschappen van nieuwe materialen kunnen voorspeld worden door het gebruik van databanken die de kenmerken van bestaande materialen bevatten.

---

Begrijpen van het verlies aan eigenschappen van gerecycleerd plastic (impact).

---

Ontwikkeling van nieuwe compatibele processen voor gemengde gerecycleerde plasticcomposities.

---

Gebruik van precisie manipulatietechnieken – van nanoschaal tot macroschaal – voor de economische synthese, bewerking, en productie van hoogperformance materialen. Minder materiaal zal gebruikt worden door een hogere prestatie (dematerialisatie).

---

Ontwikkeling van hitteresistente polymeren die gebruikt kunnen worden bij een temperatuur van 450°C.

---

Ontwikkeling van intelligente materialen met zelfdiagnose en herstelfuncties, die sensorische en programmerische functies bevatten.

---

Ontwikkeling van nieuwe materialen uit maritieme organismen voor toepassing in dagelijkse producten (zoals lijm, en vezels).

---

Ontwikkeling van zelfregenererende polymeren.

---

Gebruik van recyclagesystemen voor plasticen van algemeen gebruik. Daarmee zal 20% van de totale productie op wereldschaal vervangen worden door gerecycleerde producten.

---

Rechtstreekse synthetiseren van plastic uit CO<sub>2</sub> en water waarbij licht als energiebron wordt gebruikt.

---

Wijdverspreid gebruik van producten gebaseerd op het LCA principe (Life Cycle Assessment) dat recycling en hergebruik vergemakkelijkt. De gebruiksduur wordt geïntensifieerd en verlengd.

---

Wijdverspreid gebruik van alternatieve substanties en/of processen voor de volgende gassen: SF<sub>6</sub>, HFC and PFC. Deze vallen allen onder het Kyoto protocol. Daarnaast zal CO<sub>2</sub> uitstoot actief worden verzameld en benut bijvoorbeeld in de stimulering van plantengroei.

---

Beter begrip van de interactie tussen corrosie en slijtage en het effect op thermische beschermlagen (via spray aangebracht).

---

## **OVERZICHT VAN DE DETAILONTWIKKELINGEN IN 'CHEMICAL MEASUREMENT AND ANALYSIS'**

Ontwikkeling van complete sensorische-, beheer-, en bewegingssytemen op microschaal.

---

Introductie van intelligente sensoren in alle procesmetingen.

---

Ontwikkeling van zelfkalibrerende en zelfdiagnosticerende analytische en sensorische systemen met een lage onderhoudsbehoefte.

---

Ontwikkeling van technologie voor de online typering van nieuwe processen, zoals biotechnologiegebaseerde processen, voor de chemische industrie.

---

Ontwikkeling van een aanpak om de huidige proceskennis op het vlak van 'first principle'-ontwerp te gebruiken voor de integratie van identificatie met adaptieve controle, en het incorporeren van geavanceerde online procesmetingen in identificatie en adaptieve controle.

---

Gebruik van diagnosetechnieken gebaseerd op flow-analyse die toelaten om de oorzaak van een probleem te identificeren in de gehele procesketen.

---

Gebruik van technieken om de optimale locatie van een sensor te bepalen.

---

Ontwikkeling van een methode voor hybride modellering (combinatie van datagedreven en kennisgedreven). Met andere woorden nieuwe modelleringstechnieken combineren procesdata met diverse vormen van opgebouwde kennis en ervaring.

---

Ontwikkeling van een bewakingssysteem op basis van biotechnologie dat effectief is voor alle chemicaliën die beschouwd worden als verstorend voor het inwendige menselijk systeem.

---

Ontwikkeling van een milieupacttechnologie van hoge precisie die toelaat om watervervuilers, die onder andere kankerwekkend zijn, te traceren.

---

Praktisch gebruik van productie- en analysetechnologie op basis van biokatalysatoren.

---

Gebruik van apparatuur die in staat stelt tot ultra-microanalyses tot op het niveau van ppt (bijvoorbeeld zuurstof, koolstof, stikstof) zonder over te moeten gaan op een concentratie.

---

Traditionele kwaliteitsbewakinglaboratoria worden vervangen door 'real-time', continue, 'in-process'-metingen van composities en eigenschappen.

---

Wijdverspreid gebruik van online analytische methoden voor het analyseren en bewaken van chemische reacties, bijvoorbeeld op het moleculaire niveau.

---

## **OVERZICHT VAN DE DETAILONTWIKKELINGEN IN 'OPERATIONS'**

Contractuele relaties focussen op toegevoegde waarde in plaats van tijd en materialen. Samenwerkingsverbanden tussen ingenieurs, constructeurs en eigenaars zullen routine worden.

---

Producten worden verkocht als onderdeel van een dienstverleningspakket waarin ook onderhouds- en financiële activiteiten zitten (servitisation). Dienstverlening zal zich buiten de fysieke grenzen van de onderneming begeven.

---

Nieuwe bedrijfsmodellen zullen geïntroduceerd worden waarin de focus op de centrale activiteiten zal leiden tot een toegenomen afhankelijkheid van de toeleverende industrie wat betreft onderzoek en ontwikkeling.

---

Door het wijdverspreid gebruik van bedrijfsmodellen waarin uitbesteding en samenwerkingsverbanden centraal staan, zullen steeds meer virtuele bedrijven ontstaan.

---

Alle productiebedrijven zullen een lokale faciliteit hebben voor de behandeling van afval.

---

Het ontwerp van processen zal meer geïntegreerd worden beschouwd en zal gebaseerd zijn op 'concurrent engineering', ontwerpen op basis van 'first principle', verbeterde energie-efficiëntie, en de bescherming van de gezondheid, de veiligheid en het milieu.

---

## **OVERZICHT VAN DE DETAILONTWIKKELINGEN IN 'PROCESS SCIENCE AND ENGINEERING TECHNOLOGY'**

Reiniging zal volledig geautomatiseerd verlopen waarbij de nadruk wordt gelegd op het te reinigen materiaal. Gespecialiseerde en logische systemen initiëren dit proces op commando.

---

Realisatie van betere kwantitatieve connecties tussen de eigenschappen van het eindproduct en de processen.

---

Gebruik van nieuw 'scalable' reactorontwerp door het gebruik van alternatieve technieken zoals plasma, microwave, electrochemie en fotochemie.

---

Wijdverspreid gebruik van membraantechnologie of 'non-asbestose'-diafragmatechnologie in de productie van chlooralkali. Tegelijkertijd zullen nieuwe chemische processen ontwikkeld worden op celniveau voor de productie van chlooralkali.

---

Beter begrip van de structurele eigenschappen van bioafbreekbare plasticen.

---

Praktisch gebruik van ultradiepe boor- en opgravingstechnologie toepasbaar onder zware omstandigheden (400°C hitte en 15km diepte).

---

Terugdringen van het begraven van industrieel afval als resultaat van het terugdringen van afval tot nul (0) door de reorganisatie en integratie van industriële technologie. Dit wordt gecombineerd met nulbijproductie, nulmissie, en 'closed loop'-recyclageparken.

---

Procesapparatuur bereikt nieuwe niveaus van efficiëntie, betrouwbaarheid en performantie. Modulair ontwerp zal de doorlooptijd voor de aankoop van nieuwe apparatuur verlagen, de aankoop- en onderhoudskosten verlagen, en zal leiden tot een hogere efficiëntie.

---

Het koppelen van proceskennis met de natuurwetenschappen zal snelle ontwikkeling, ontwerp, upgrade, beheersing en optimalisatie van bestaande en nieuwe processen mogelijk maken waarbij veiligheid van producten en afgeleide producten, hun demontage, recyclage en hergebruik centrale uitgangspunten zijn.

### **OVERZICHT VAN DE DETAILONTWIKKELINGEN IN 'SUPPLY CHAIN'**

Gebruik van intelligente etiketten met ingebede productinformatie over gebruik, condities en vervaardiginggeschiedenis. Tegelijkertijd zal de verpakking de opvolging van de integrale conditie van het product mogelijk maken.

---

Ontwikkeling van gescheiden banen voor specifieke toepassingen in het Europese wegennet (denk aan scheiding tussen persoon- en goederenvervoer).

---

De functies in de logistieke keten zullen opereren in een 'onopvallende' coördinatie van orders, productie en distributie tussen landen en continenten.

---

De ontwikkeling van systemen die een moeiteloze conversie toelaten van wegvervoer naar treinvervoer en omgekeerd zullen de flexibiliteit in het vrachtvervoer doen toenemen.

---

Realisatie van de noodzakelijke infrastructuur voor een gedecentraliseerd transport van waterstof als brandstof.

---

Vervoer via binnenwateren of langs de kust wordt, na de noodzakelijke investeringen in infrastructuur en de nodige administratieve vereenvoudiging, een economisch aantrekkelijk alternatief voor het transport over land.

---

Toenemende transportkosten (door bijvoorbeeld tolheffingen e.d.) vooral op de korte afstanden, stimuleren decentrale, regionale productie.

---



# APPENDIX 4

## GEDETAILEERDE WEERGAVE VAN DE RESULTATEN VAN DE EXPERTRAADPLEGING PER TECHNOLOGIEDOMEIN

### 1 BIOPROCESSEN EN BIOTECHNOLOGIE

Tabel 1: Voorkomen en timing ontwikkelingen in de 'biotechnologie'

	Timing van de verwachte ontwikkelingen...					
	Niet	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020
Productie van brandstoffen op industriële schaal uit biomassa.	18%	12%	24%	29%	12%	6%
Wijderspreid gebruik van succesvolle biologische reactie- en extractieprocessen die een hogere productiviteit opleveren met lagere investeringen.	0%	0%	29%	53%	6%	12%
Verbetering van de interactie tussen biologische en chemische operaties in bioprocessen.	0%	14%	36%	29%	14%	7%
Ontwikkelingen van sequentiële enzymatische omzettingprocessen (pathways) combineren meervoudige synthetische stappen in industriële micro-organismen met als doel het maken van nieuwe producten tegen lagere kosten en hogere efficiëntie.	7%	7%	0%	40%	20%	27%
Ontwikkeling van artificiële membranen die gelijke functies vervullen als biologische membranen.	23%	0%	38%	15%	15%	8%
Toepassing van processen uit de biotechnologie voor het efficiënt verwijderen van een groot scala aan vervuulende stoffen die onder andere het menselijk spijsverteringssysteem verstoren.	6%	6%	38%	31%	13%	6%
Ontwikkeling van lagedruk depolymerisatie processen met behulp van biotechnologie.	17%	0%	17%	33%	17%	17%
Praktisch, in situ, gebruik van genetisch gemanipuleerde planten en micro-organismen die in staat zijn om milieuvuulende stoffen zoals stikstof oxiden (NOx) te absorberen.	6%	0%	19%	38%	19%	19%
De productie van bioafbreekbare plasticen, op basis van micro-organismen en planten, zal meer dan 20% bedragen van de wereldproductie.	7%	0%	27%	7%	13%	47%
Wijderspreid gebruik van bioafbreekbare plasticen (micro-organismen). 50% van de lijnchemicaliën worden geproduceerd met behulp van biotechnologie.	19%	0%	19%	25%	13%	25%
Door het gebruik van biotechnologie zullen gewassen veranderd worden in 'fabrieken' die moleculen produceren van hoge toegevoegde waarde.	44%	0%	0%	19%	13%	25%
Chemische stoffen uit dergelijke 'fabrieken' zullen ongeveer in 10% van de basischemicaliën voorzien.	24%	0%	0%	12%	18%	47%
Wijderspreid gebruik van biotechnologie in afvalverwerking voor de productie van methaan tegen lage kosten.	0%	12%	35%	24%	12%	18%

Tabel 2: Gedetailleerde resultaten expertraadpleging per evolutie – Biotechnologie

	Aantal respon- den dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal respon- den dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vertrouwen in te voeren'	Gemiddeld vertrouwen 'bij te dragen'	Primaire rol overheid
Productie van brandstoffen uit biomassa op industriële schaal.	1	5	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Laag	Ontwikkelen van O&O infrastructuur/ onderzoeksfinanciering
Wijdverspreid gebruik van succesvolle biologische reactie- en extractieprocessen die een hogere productiviteit opleveren met lagere investeringen.	0	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag/ Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur/ onderzoeksfinanciering
Verbetering van de interactie tussen biologische en chemische operaties in bioprocessen.	0	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag/ Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Ontwikkelingen van sequentiële enzymatische omzettingprocessen (pathways) combineren meevoudige synthetische stappen in industriële micro-organismen met als doel het maken van nieuwe producten tegen lagere kosten en hogere efficiëntie.	0	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Ontwikkeling van artificiële membranen die gelijke functies vervullen als biologische membranen.	1	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Toepassing van processen uit de biotechnologie voor het efficiënt verwijderen van een groot scala aan vervuilende stoffen die onder andere het menselijk spijsverteringssysteem verstoren.	0	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag/ Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Ontwikkeling van lagedruk depolymerisatie processen met behulp van biotechnologie.	1	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag/ Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Praktisch, in situ, gebruik van genetisch gemani- puleerde planten en micro-organismen die in staat zijn om milieuvervuilende stoffen zoals stikstof oxiden (NOx) te absorberen.	0	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
De productie van bioafbreekbare plasticen op basis van micro-organismen en planten, zal meer dan 20% bedragen van de wereldproductie.	1	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Wijdverspreid gebruik van bioafbreekbare plasticen (micro-organismen).	0	4	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
50% van de fijnchemicaliën worden geproduceerd met behulp van biotechnologie.	4	3	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Door het gebruik van biotechnologie zullen gewassen veranderd worden in 'fabrieken' die moleculen produceren van hoge toegevoegde waarde. Chemische stoffen uit dergelijke 'fabrieken' zullen ongeveer in 10% van de basis-chemicaliën voorzien.	3	4	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Wijdverspreid gebruik van biotechnologie in afvalverwerking voor de productie van methaan tegen lage kosten.	1	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur/Versterken van interactie tussen sectoren en domeinen

## 2 CHEMISCHE SYNTHESE

Tabel 3: Voorkomen en timing van de voorgedde ontwikkelingen rond 'synthese'

	Timing van de verwachte ontwikkelingen...					
	Niet	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020
Ontwikkeling van een ultrahoge productiekatalysator en reactieopvolging (fijnchemicaliën) voor specifieke types van snelconversie.	0%	27%	55%	18%	0%	0%
Ontwikkeling van polymerisatiekatalysatoren voor de effectieve polymerisatie en co-polymerisatie van 'olefins'.	5%	21%	32%	37%	0%	5%
Grondig begrip van de relaties tussen structurele eigenschappen van katalysatoren in katalytische polymeersynthese.	5%	26%	47%	21%	0%	0%
Terugnringen van de 'downtime' met 50% door verhoogde levensduur van katalysatoren.	11%	16%	42%	21%	5%	5%
Ontwikkeling van nieuwe katalysatoren en reactiesystemen die het toelaten om economisch en milieuvriendelijk te produceren tegen zo laag mogelijk levensduurkosten.	0%	35%	15%	35%	5%	10%
Ontwikkeling van katalytische filters die gebruik kunnen worden als 'end of pipe'-oplossing voor het verwijderen van stoffen.	5%	53%	16%	16%	5%	5%
Beschikbaarheid van een katalytische 'gereedschapskist': katalysatoren kunnen 'op maat' gemaakt en opgebouwd worden uit individuele componenten.	0%	15%	15%	30%	15%	25%
Praktisch gebruik van hoogselectieve oxidatieprocessen op basis enzymkatalysatoren in de productie van basischemicaliën.	18%	6%	18%	41%	6%	12%
Praktisch gebruik van katalytische processen op lage temperatuur voor de directe productie van waterstof uit methaan.	0%	6%	50%	25%	0%	19%
Productie van waterstof op raffinageschaal zal toenemen met 100%.	6%	6%	19%	38%	25%	6%
Functionele integratie van katalysatorontwikkeling en reactorontwerp.	0%	31%	56%	6%	0%	6%
Integratie van reactie- en scheidingsprocessen in technische synthese.	0%	13%	40%	27%	7%	13%
Op industriële schaal zal er een verschuiving plaatsvinden van asymmetrische syntheseprocessen (homogene katalyse) naar methoden die vaste katalysatoren gebruiken (heterogene katalyse).	12%	24%	24%	24%	0%	18%
Thermische scheidingsprocessen (bijvoorbeeld distillatie) zullen voor 30% vervangen worden door niet-thermische processen.	33%	6%	11%	22%	22%	6%
Ingebruikname van processen op basis van herbruikbare grondstoffen, in plaats van de conventionele petrochemische processen, in de synthese van polymeren.	28%	0%	44%	11%	11%	6%
Ingebruikname van meenvoudige microreactorsynthese in de vervaardiging van gespecialiseerde chemicaliën. Hieraan gerelateerd zijn 'one-pot'-synthese voor producten die meerdere reacties behoeven (meerdere conversie- en scheidingsstappen worden gecombineerd en geïntegreerd in een enkele unit).	7%	0%	20%	33%	13%	27%
Ontwikkeling van nieuwe synthesetechnieken op basis van de kruisbestuiving tussen de inzichten uit disciplines zoals biologie, fysica, en computational technology.	7%	7%	21%	43%	21%	0%
Door verbeterde katalysatechnieken zal een verdere reductie van uitstoot mogelijk worden.	6%	29%	47%	18%	0%	0%
Ontwikkeling van nieuwe moleculaire identificatietechnieken voor scheiding in verdunde stromen; hoge efficiëntie wordt bereikt.	7%	14%	43%	14%	14%	7%
Ontwikkeling van efficiënte scheidingsmethoden voor diverse plasticen en mengsels (PVC, PE, etc.) met het oog op recyclage.	6%	29%	29%	18%	6%	12%
Ontwikkeling van intelligente membranen en scheidingsystemen voor laagvolume/hoogwaardige producten.	11%	11%	22%	28%	6%	22%
Ontwikkeling van hybride scheidingsstechnieken die een biologische stap combineren met een traditionele/conventionele stap.	7%	14%	29%	29%	7%	14%

Tabel 4: Gedetailleerde resultaten expertraadpleging per evolutie – Chemische synthese

	Aantal respon- den dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal respon- den dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vertrouwen in te voeren'	Gemiddeld vertrouwen 'bij te dragen'	Primaire rol overheid
Ontwikling van een ultrahoge productiekatalysator en reactieopvolging (fijnchemicaliën) voor specifieke types van snelconversie.	4	0	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering/ O&O infrastructuur
Ontwikkeling van polymerisatiekatalysatoren voor de effectieve polymerisatie en co-polymerisatie van 'olefins'.	1	1	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Grondig begrip van de relaties tussen structurele eigenschappen van katalysatoren in katalytische polymereersynthese.	2	0	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Terugnedingen van de 'downtime' met 50% door verhoogde levensduur van katalysatoren.	4	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Ontwikling van nieuwe katalysatoren en reactorsystemen die het toelaten om economisch en milieuvriendelijk te produceren tegen zo laag mogelijk levensduurkosten.	2	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur/Onderzoeks- financiering
Ontwikling van katalytische filters die gebruik kunnen worden als 'end of pipe'-oplossing voor het verwijderen van stoffen.	1	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Beschikbaarheid van een katalytische 'gereedschapst': katalysatoren kunnen 'op maat' gemaakt worden en opgebouwd worden uit individuele componenten.	1	1	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Praktisch gebruik van hoogselectieve oxidatieprocessen op basis enzymkatalysatoren in de productie van basischemicaliën.	4	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Geen
Praktisch gebruik van katalytische processen op lage temperatuur voor de directe productie van waterstof uit methaan.	1	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Productie van waterstof op raffineschaal zal toenemen met 100%.	1	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Functionele integratie van katalysatorontwikkeling en reactorontwerp.	1	0	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Integratie van reactie- en scheidingsprocessen in technische synthese.	2	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Op industriële schaal zal er een verschuiving plaatsvinden van asymmetrische syntheseprocessen (homogene katalyse) naar methoden die vaste katalysatoren gebruiken (heterogene katalyse).	2	3	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Thermische scheidingsprocessen (bijvoorbeeld distillatie) zullen voor 30% vervangen worden door niet-thermische processen.	3	6	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen

Tabel 4: Gedetailleerde resultaten expertraadpleging per evolutie – Chemische synthese (vervolg)

Ingebruikname van processen op basis van herbruikbare grondstoffen, in plaats van de conventionele petrochemische processen, in de synthese van polymeren.	Aantal respondenten dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal respondenten dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vertrouwen in te voeren'	Gemiddeld vertrouwen 'bij te dragen'	Primaire rol overheid
Ingebruikname van processen op basis van herbruikbare grondstoffen, in plaats van de conventionele petrochemische processen, in de synthese van polymeren.	2	5	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering
Ingebruikname van meervoudige microreactorsynthese in de vervaardiging van gespecialiseerde chemicaliën. Hieraan gerelateerd zijn 'one-pot'-synthese voor producten die meerdere reacties behoeven (meerdere conversie- en scheidingsstappen worden gecombineerd en geïntegreerd in een enkele unit).	2	1	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Ontwikkeling van nieuwe synthesetechnieken op basis van de kruisbestuiving tussen de inzichten uit disciplines zoals biologie, fysica, en computational technology.	0	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Versterken van overleg tussen sectoren en domeinen
Door verbeterde katalysetechnieken zal een verdere reductie van uitstoot mogelijk worden.	1	3	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Stimuleren HR
Ontwikkeling van nieuwe moleculaire identificatietechnieken voor scheiding in verdunde stromen; hoge efficiëntie wordt bereikt.	1	1	Laag	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Geen
Ontwikkeling van efficiënte scheidingsmethoden voor diverse plasticen en mengsels (PVC, PE, etc.) met het oog op recyclage.	3	3	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Aanpassen regelgeving/ Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Ontwikkeling van intelligente membranen en scheidingsystemen voor laagvolume/hogwaardige producten.	3	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Geen
Ontwikkeling van hybride scheidings technieken die een biologische stap combineren met een traditionele/conventionele stap.	0	4	Laag	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen

### 3 COMPUTATIONAL TECHNOLOGY

Tabel 5: Voorkomen en timing van de voorgedde ontwikkelingen rond 'computational technology'

	Timing van de verwachte ontwikkelingen...					
	Niet	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020
Volledige modellering en typering van dichte fasen (bijvoorbeeld laminair/turbulente stromen) en de interacties tussen de diverse reactiefasen.	0%	31%	46%	8%	15%	0%
Ontwikkeling van nieuwe diagnostische methoden en sensoren voor experimentele meting van multi-fase stromen.	0%	8%	77%	0%	15%	0%
Typing van grenscondities en -interacties (bijvoorbeeld irham-, wand-, en binnenoppervlakte interacties – instroom)	17%	8%	25%	25%	17%	8%
Ontwikkeling van computersimulatietechnologie die het mogelijk maakt om precieze voorspellingen te doen van structuren en fysieke eigenschappen.	6%	38%	38%	13%	6%	0%
Simulaties gebaseerd op 'design right first time principle'-berekeningen zullen gebruikt worden voor het ontwerpen van materialen met voorgeschreven eigenschappen.	0%	14%	21%	50%	14%	0%
Gebruik van testmethoden die de toxiciteit van nieuwe chemische combinaties kunnen voorspellen.	0%	14%	50%	7%	21%	7%
De meerderheid van productiebedrijven zal gebruik maken van 'closed loop'-procescontrolesystemen.	0%	18%	29%	18%	29%	6%
Gebruik van computergebaseerde simulatietechnieken op basis van theoretische functionele modellen voor de ontwikkeling van membranen.	0%	17%	33%	17%	8%	25%
Wetenschappers zullen, met behulp van gebruiksvriendelijke berekeningstechnieken, in staat zijn om materialen te ontwerpen en hun eigenschappen te voorspellen vanaf het moleculaire niveau, tot aan het microscopische niveau.	7%	13%	20%	20%	13%	27%
De capaciteit om atomistische systemen te modelleren tegen hoge betrouwbaarheid, zal wetenschappers in staat zal stellen om snel nieuwe materialen en nieuwe processen te ontwikkelen die de gezondheid, veiligheid en het milieu volledig respecteren.	21%	0%	21%	7%	29%	21%
Ondersteunende systemen (financiële informatie, procesinformatie, productie-informatie, simulaties etc.) die gebruik maken van AI (Artificiële Intelligentie).	0%	19%	19%	19%	25%	19%

Tabel 6: Gedetailleerde resultaten expertraadpleging per evolutie – Computational technology

	Aantal respon- den dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal respon- den dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vertrouwen in te voeren'	Gemiddeld vertrouwen 'bij te dragen'	Primaire rol overheid
Volledige modellering en typering van dichte fasen (bijvoorbeeld laminair/turbulente stromen) en de interacties tussen de diverse reactiefasen.	0	0	Laag	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Ontwikkeling van nieuwe diagnostische methoden en sensoren voor experimentele meting van multi-fase stromen.	0	0	Laag	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Typing van grenscondities en -interacties (bijvoorbeeld inham-, wand-, en binnenoppervlakte interacties – instroom)	0	1	Laag	Laag	Laag	Laag	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Ontwikkeling van computersimulatietechnologie die het mogelijk maakt om precieze voorspellingen te doen van structuren en fysieke eigenschappen.	1	1	Laag	Laag	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Simulaties gebaseerd op 'design right first time principle'-berekeningen zullen gebruikt worden voor het ontwerpen van materialen met voorgeschreven eigenschappen.	1	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Gebruik van testmethoden die de toxiciteit van nieuwe chemische combinaties kunnen voorspellen.	1	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Geen
De meerderheid van productiebedrijven zal gebruik maken van 'closed loop'-procescontrolesystemen.	1	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Gebruik van computergebaseerde simulatietechnieken op basis van theoretische functionele modellen voor de ontwikkeling van membranen.	1	0	Laag	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Geen
Wetenschappers zullen, met behulp van gebruiksvriendelijke berekeningstechnieken, in staat zijn om materialen te ontwerpen en hun eigenschappen te voorspellen vanaf het moleculaire niveau, tot aan het microscopische niveau.	1	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
De capaciteit om atomistische systemen te modelleren tegen hoge betrouwbaarheid, zal wetenschappers in staat zal stellen om snel nieuwe materialen en nieuwe processen te ontwikkelen die de gezondheid, veiligheid en het milieu volledig respecteren.	3	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Ondersteunende systemen (financiële informatie, procesinformatie, productie-informatie, simulaties etc.) die gebruik maken van AI (Artificiële Intelligentie).	3	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen

## 4 “ENERGY EN FEEDSTOCK”

Tabel 7: Voorkomen en timing van de voorgedigde ontwikkelingen rond energie en energiebronnen

	Timing van de verwachte ontwikkelingen...					
	Niet	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020
Biomassaconversie en de omzetting van afval in energie op basis van moderne hoogperformance ovens, zijn moderne oplossingen geworden.	6%	6%	41%	35%	6%	6%
Het gebruik van energie op basis van biomassa (landbouw (bij)producten) stijgt tot tenminste 3% van het totale primaire energieverbruik in Vlaanderen en tot 10% van het totale verbruik door de chemische industrie.	18%	0%	24%	18%	24%	18%
Ontwikkeling van een technologie voor de productie van brandstoffen uit zeewier, bijvoorbeeld alcohol, op industriële schaal.	27%	7%	7%	27%	20%	13%
Verspreide kleinschalige stroomopwekkende generatoren, verstrekt door onafhankelijke producenten, staan in voor 20% van de totale stroomopwekking in Vlaanderen.	44%	6%	19%	13%	6%	13%
Praktisch gebruik van turbines voor de opwekking van stroom met als brandstof waterstof.	13%	6%	6%	19%	31%	25%
Praktisch gebruik van 'multi-layer' zonnecellen die een conversie-efficiëntie hebben van meer dan 50%.	6%	6%	29%	24%	24%	12%
Praktisch gebruik van planten en bomen met een hoge concentratie aan koolwaterstof (hydrocarbon) als brandstofbron.	71%	7%	7%	7%	0%	7%
Praktisch gebruik van grootschalige ondergrondse sublimatie van kolen met energieopwekking als resultaat.	53%	0%	0%	13%	7%	27%
Praktisch gebruik van een technologie voor de productie van synthetische brandstoffen zoals methaan, methanol en dimethylether uit kolen of biomassa.	21%	7%	21%	29%	14%	7%
De productie en het gebruik van energie op basis van 'groene' bronnen zullen de huidige energiebronnen geleidelijk beginnen vervangen.	30%	10%	15%	15%	10%	20%
Wijdverspreid gebruik van turbinepakketen, deels voor de kust, met een opwekkingskracht van meer dan 100MW.	19%	6%	13%	38%	13%	13%
Wijdverspreid gebruik van ecologische energieopwekkingsystemen op basis van biogas afkomstig van vee-, voedings- en ander organisch afval.	38%	0%	13%	31%	13%	6%
Wijdverspreid gebruik van waterstof, ter vervanging van benzeen en alcohol, als brandstof voor transportmiddelen en machines.	0%	0%	5%	26%	21%	47%



Tabel 8 - Gedetailleerde resultaten expertraadpleging per evolutie – Energie en energiebronnen

	Aantal respondenten dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal respondenten dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vertrouwen in te voeren'	Gemiddeld vertrouwen 'bij te dragen'	Primaire rol overheid
Biomassaconversie en de omzetting van afval in energie op basis van moderne hoogperformance ovens, zijn moderne oplossingen geworden.	0	3	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering
Het gebruik van energie op basis van biomassa (landbouw (bij)producten) stijgt tot tenminste 3% van het totale primaire energieverbruik in Vlaanderen en tot 10% van het totale verbruik door de chemische industrie.	1	5	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Laag	Onderzoeksfinanciering
Ontwikkeling van een technologie voor de productie van brandstoffen uit zeevier; bijvoorbeeld alcohol, op industriële schaal.	0	4	Laag	Laag	Laag	Laag	Geen
Verspreide kleinschalige stroomopwekkende generatoren, verstrekt door onafhankelijke producenten, staan in voor 20% van de totale stroomopwekking in Vlaanderen.	2	7	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Praktisch gebruik van turbines voor de opwekking van stroom met als brandstof waterstof.	1	3	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Praktisch gebruik van 'multi-layer' zonnecellen die een conversie-efficiëntie hebben van meer dan 50%.	2	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Praktisch gebruik van planten en bomen met een hoge concentratie aan koolwaterstof (hydrocarbon) als brandstofbron.	3	5	Laag	Laag	Laag	Laag	Geen
Praktisch gebruik van grootschalige ondergrondse sublimatie van kolen met energieopwekking als resultaat.	4	3	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Laag	Geen
Praktisch gebruik van een technologie voor de productie van synthetische brandstoffen zoals methaan, methanol en dimethylether uit kolen of biomassa.	0	3	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
De productie en het gebruik van energie op basis van 'groene' bronnen zullen de huidige energiebronnen geleidelijk beginnen vervangen.	2	5	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	.
Wijdverspreid gebruik van turbineparken, deels voor de kust, met een opwekkingskracht van meer dan 100MW.	2	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering
Wijdverspreid gebruik van ecologische energieopwekkingsystemen op basis van biogas afkomstig van vee-, voedings- en ander organisch afval.	0	6	Middelmatig	Laag	Middelmatig	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering
Wijdverspreid gebruik van waterstof, ter vervanging van benzene en alcohol, als brandstof voor transportmiddelen en machines.	1	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering

## 5 INFORMATIESYSTEMEN

Tabel 9: Voorkomen en timing van de voorgelegde ontwikkelingen in 'informatiesystemen'

Timing van de verwachte ontwikkelingen...						
Niet	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020	
4%	39%	43%	9%	0%	4%	E-commerce (e-market places) zal gebruikt worden als een van de belangrijkste aan- en verkoopkanalen.
4%	54%	21%	21%	0%	0%	Machines en apparatuur zullen verbonden zijn met informatienetwerken zodat 'real time'-opvolging en beheersing mogelijk wordt. Hierdoor kan preventief onderhoud plaatsvinden.
4%	43%	35%	17%	0%	0%	Grote informatiesystemen, zoals de huidige ERP-pakketten (Enterprise Resource Planning), zullen de verdere integratie van informatie mogelijk maken.
14%	27%	36%	18%	5%	0%	De productie-eenheden zullen produceren op basis van het zogenaamde 'pull'-principe of het 'make-to-order'-principe.
13%	26%	39%	4%	9%	9%	Productieprocessen zullen uitgevoerd worden onder volledig beheerste condities vanaf de opstart tot het eindpunt.
13%	13%	35%	26%	9%	4%	Kritische informatie zal beheerd worden met behulp van 'document management plants' waarbij belangrijke informatie beschikbaar zal zijn in digitale vorm.
29%	21%	0%	21%	29%	0%	Het combineren van ondernemingswijde systeemtoepassingen, actuele operationele informatie, effectievere besluitvormingsprocessen en geïntegreerde meettechnieken door de oliemaatschappijen aan het begin van de waardedeketen laat toe om efficiënt om te gaan met lokale, regionale en globale veranderingen. Dit kan resulteren in een nettowinststijging tussen \$0,25-0,50 per vat olie.
7%	13%	40%	20%	20%	0%	Ontwikkeling en gebruik van open architectuursoftware die de snelle 'plug-in' van diverse hulpmiddelen en data afkomstig van diverse bronnen toelaat.
23%	18%	23%	23%	5%	9%	Informatie over voorraadhoogten en handelsbalansen tussen bedrijven zal direct beschikbaar zijn voor het nemen van bevoorradingsbeslissingen.

Tabel 10: Gedetailleerde resultaten expertraadpleging per evolutie – Informatiesystemen

	Aantal respon- den dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal respon- den dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vertrouwen in te voeren'	Gemiddeld vertrouwen 'bij te dragen'	Primaire rol overheid
E-commerce (e-market places) zal gebruikt worden als een van de belangrijkste aan- en verkoopkanalen.	0	1	Middelmatig	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Geen
Machines en apparatuur zullen verbonden zijn met informatienetwerken zodat 'real time'-opvolging en beheersing mogelijk wordt. Hierdoor kan preventief onderhoud plaatsvinden.	1	3	Middelmatig	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Geen
Grote informatiesystemen, zoals de huidige ERP-pakketten (Enterprise Resource Planning), zullen de verdere integratie van informatie mogelijk maken.	1	2	Middelmatig	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Geen
De productie-eenheden zullen produceren op basis van het zogenaamde 'pull'-principe of het 'make-to-order'-principe.	5	1	Middelmatig	Hoog	Hoog	Middelmatig	Geen
Productieprocessen zullen uitgevoerd worden onder volledig beheerste condities vanaf de opstart tot het eindpunt.	5	1	Middelmatig	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Geen
Kritische informatie zal beheerd worden met behulp van 'document management plans' waarbij belangrijke informatie beschikbaar zal zijn in digitale vorm.	3	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Het combineren van ondernemingswijde systeemtoepassingen, actuele operationele informatie, effectievere besluitvormingsprocessen en geïntegreerde meettechnieken door de oliemaatschappijen aan het begin van de waardeketen laat toe om efficiënt om te gaan met lokale, regionale en globale veranderingen. Dit kan resulteren in een nettowinststijging tussen \$0,25-0,50 per vat olie.	2	2	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Ontwikkeling en gebruik van open architectuursoftware die de snelle 'plug-in' van diverse hulpmiddelen en data afkomstig van diverse bronnen toelaat.	2	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Informatie over voorraadhoogten en handelsbalansen tussen bedrijven zal direct beschikbaar zijn voor het nemen van bevoorradingsbeslissingen.	1	6	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen

## 6 MATERIAALTECHNOLOGIE

Tabel 11: Voorkomen en timing van de voorgelegde ontwikkelingen in materiaaltechnologie

	Timing van de verwachte ontwikkelingen...						
	Niet	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020	
De eigenschappen van nieuwe materialen kunnen voorspeld worden door het gebruik van databanken die de kenmerken van bestaande materialen bevatten.	22%	17%	33%	17%	11%	0%	
Begrijpen van het verlies aan eigenschappen van gerecycleerd plastic (impact).	5%	42%	37%	5%	0%	11%	
Ontwikkeling van nieuwe compatibele processen voor gemengde gerecycleerde plasticcomposities.	6%	22%	56%	11%	6%	0%	
Gebruik van precisie manipulatietechnieken – van nanoschaal tot macroschaal – voor de economische synthese, bewerking, en productie van hoogperformance materialen. Minder materiaal zal gebruikt worden door een hogere prestatie (dematerialisatie).	12%	12%	18%	41%	12%	6%	
Ontwikkeling van hitteresistente polymeren die gebruikt kunnen worden bij een temperatuur van 450°C.	12%	12%	29%	29%	12%	6%	
Ontwikkeling van intelligente materialen met zelfdiagnose en herstelfuncties, die sensorische en programmatrische functies bevatten.	18%	6%	6%	24%	41%	6%	
Ontwikkeling van nieuwe materialen uit maritieme organismen voor toepassing in dagelijkse producten (zoals lijm, en vezels).	19%	6%	13%	31%	25%	6%	
Ontwikkeling van zelfregenererende polymeren.	29%	0%	0%	24%	18%	29%	
Gebruik van recyclagesystemen voor plasteiken van algemeen gebruik. Daarmee zal 20% van de totale productie op wereldschaal vervangen worden door gerecycleerde producten.	10%	20%	25%	30%	0%	15%	
Rechtstreekse synthetiseren van plastic uit CO <sub>2</sub> en water waarbij licht als energiebron wordt gebruikt.	53%	0%	6%	12%	12%	18%	
Wijdverspreid gebruik van producten gebaseerd op het LCA principe (Life Cycle Assessment) dat recycleage en hergebruik vergemakkelijkt. De gebruiksduur wordt geïntensifieerd en verlengd.	5%	16%	47%	11%	16%	5%	
Wijdverspreid gebruik van alternatieve substanties en/of processen voor de volgende gassen: SF <sub>6</sub> , HFC and PFC. Deze vallen allen onder het Kyoto protocol. Daarnaast zal CO <sub>2</sub> uitstoot actief worden verzameld en benut bijvoorbeeld in de stimulering van plantengroei.	22%	6%	33%	22%	11%	6%	
Beter begrip van de interactie tussen corrosie en slijtage en het effect op thermische beschermingen (via spray aangebracht).	17%	13%	28%	21%	13%	8%	

Tabel 12: Gedetailleerde resultaten expertraadpleging per evolutie – Materiaaltechnologie

Aantal respon- den dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal respon- den dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vertrouwen in te voeren'	Gemiddeld vertrouwen 'bij te dragen'	Primaire rol overheid
De eigenschappen van nieuwe materialen kunnen voorspeld worden door het gebruik van databanken die de kenmerken van bestaande materialen bevatten.						
3	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Begrijpen van het verlies aan eigenschappen van gerecycleerd plastic (impact)						
0	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Ontwikkeling van nieuwe compatibele processen voor gemengde gerecycleerde plasticcomposities.						
0	2	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	-
Gebruik van precisie manipulatie technieken – van nanoschaal tot macroschaal – voor de economische synthese, bewerking, en productie van hoogperformance materialen. Minder materiaal zal gebruikt worden door een hogere prestatie (dematerialisatie).						
1	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Ontwikkeling van hitteresistente polymeren die gebruikt kunnen worden bij een temperatuur van 450°C.						
2	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Ontwikkeling van intelligente materialen met zelfdiagnose en herstel functies, die sensorische en programmatorische functies bevatten.						
0	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Geen
Ontwikkeling van nieuwe materialen uit maritieme organismen voor toepassing in dagelijkse producten (zoals lijn, en vezels).						
4		Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Geen
Ontwikkeling van zelfregenererende polymeren.						
1	4	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Gebruik van recycling systemen voor plasticen van algemeen gebruik. Daarmee zal 20% van de totale productie op wereldschaal vervangen worden door gerecycleerde producten.						
4	2	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Laag	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Rechtstreekse synthetiseren van plastic uit CO <sub>2</sub> en water waarbij licht als energiebron wordt gebruikt.						
0	2	Hoog	Hoog	Middelmatig	Hoog	Geen
Wijdverspreid gebruik van producten gebaseerd op het LCA principe (Life Cycle Assessment) dat recycling en hergebruik vergemakkelijkt. De gebruiksduur wordt geïntensifieerd en verlengd.						
3	4	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Wijdverspreid gebruik van alternatieve substanties en/of processen voor de volgende gassen: SF <sub>6</sub> , HFC and PFC. Deze vallen allen onder het Kyoto protocol. Daarnaast zal CO <sub>2</sub> uitstoot actief worden verzameld en benut bijvoorbeeld in de stimulering van plantengroei.						
1	0	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Geen
Beter begrip van de interactie tussen corrosie en slijtage en het effect op thermische beschermingen (via spray aangebracht).						

## 7 METING, ANALYSE EN BEHEERSING

Tabel 13: Voorkomen en timing van de voorgeslede ontwikkelingen in 'meting, analyse en beheersing'

	Timing van de verwachte ontwikkelingen...					
	Niet	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020
Ontwikkeling van complete sensorische, beheer-, en bewegingssystemen op microschaal.	6%	6%	38%	25%	13%	13%
Introductie van intelligente sensoren in alle procesmetingen.	6%	19%	50%	6%	13%	6%
Ontwikkeling van zelfkalibrerende en zelfdiagnosticerende analytische en sensorische systemen met een lage onderhoudsbehoefte.	13%	25%	25%	25%	6%	6%
Ontwikkeling van technologie voor de online typering van nieuwe processen, zoals biotechnologiegebaseerde processen, voor de chemische industrie.	21%	14%	29%	14%	0%	21%
Gebruik van diagnosestechnieken gebaseerd op flow-analyse die toelaten om de oorzaak van een probleem te identificeren in de gehele procesketen.	14%	14%	29%	36%	0%	7%
Gebruik van technieken om de optimale locatie van een sensor te bepalen.	13%	13%	40%	20%	0%	13%
Ontwikkeling van een methode voor hybride modellering (combinatie van datagedreven en kennisgedreven).	15%	31%	38%	15%	0%	0%
Ontwikkeling van een bewakingsstelsel op basis van biotechnologie dat effectief is voor alle chemicaliën die beschouwd worden als versturend voor het inwendige menselijk stelsel.	14%	7%	36%	43%	0%	0%
Ontwikkeling van een milieupacttechnologie van hoge precisie die toelaat om watervervuilers, die onder andere kankerverwekkend zijn, te traceren.	31%	8%	23%	15%	8%	15%
Praktisch gebruik van productie- en analysetechnologie op basis van biokatalysatoren.	17%	33%	25%	17%	0%	8%
Gebruik van apparatuur die in staat stelt tot ultra-microanalyses tot op het niveau van ppt (bijvoorbeeld zuurstof, koolstof, stikstof) zonder over te moeten gaan op een concentratie.	8%	23%	38%	15%	15%	0%
Traditionele kwaliteitsbewakinglaboratoria worden vervangen door 'real-time', continue, 'in-process'-metingen van composities en eigenschappen.	8%	8%	38%	31%	8%	8%
Wijdverspreid gebruik van online analytische methoden voor het analyseren en bewaken van chemische reacties, bijvoorbeeld op het moleculaire niveau.	20%	7%	27%	33%	7%	7%
	6%	13%	25%	44%	6%	6%

Tabel 14: Gedetailleerde resultaten expertraadpleging per evolutie – Meting, analyse en beheersing

Aantal respondenten dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal respondenten dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vervoeren te voeren'	Gemiddeld 'vervoeren bij te dragen'	Primaire rol overheid
1	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Ontwikkeling van complete sensorische-, beheer-, en bewegingssystemen op microschaal.						
1	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Introductie van intelligente sensoren in alle procesmetingen.						
1	1	Middelmatig	Hoog	Hoog	Middelmatig	Geen
Ontwikkeling van zelfkalibrerende en zelfdiagnostiserende analytische en sensorische systemen met een lage onderhoudsbehoefte.						
2	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Ontwikkeling van technologie voor de online typering van nieuwe processen, zoals biotechnologiegebaseerde processen, voor de chemische industrie.						
1	1	Middelmatig	Hoog	Hoog	Middelmatig	Geen
Ontwikkeling van een aanpak om de huidige proceskennis op het vlak van 'first principle'-ontwerp te gebruiken.						
1	1	Middelmatig	Hoog	Hoog	Middelmatig	Geen
Gebruik van diagnostieken gebaseerd op flow-analyse die toelaten om de oorzaak van een probleem te identificeren in de gehele procesketen.						
1	1	Middelmatig	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Geen
Gebruik van technieken om de optimale locatie van een sensor te bepalen.						
0	1	Middelmatig	Hoog	Hoog	Middelmatig	Geen
Ontwikkeling van een methode voor hybride modellering (combinatie van datagegeven en kennisgedreven).						
1	1	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Ontwikkeling van een bewakingssysteem op basis van biotechnologie dat effectief is voor alle chemicaliën die beschouwd worden als verstoring voor het inwendige menselijk systeem.						
2	1	Hoog	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Ontwikkeling van een milieu impacttechnologie van hoge precisie die toelaat om watervervuilers, die onder andere kankerverwekkend zijn, te traceren.						
1	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Praktisch gebruik van productie- en analysetechnologie op basis van biokatalysatoren.						
0	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Gebruik van apparatuur die in staat stelt tot ultra-microanalyses tot op het niveau van ppt (bijvoorbeeld zuurstof, koolstof, stikstof) zonder over te moeten gaan op een concentratie.						
1	4	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Traditionele kwaliteitsbewakinglaboratoria worden vervangen door 'real-time', continue, 'in-process'-metingen van composities en eigenschappen.						
1	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Wijdverspreid gebruik van online analytische methoden voor het analyseren en bewaken van chemische reacties, bijvoorbeeld op het moleculaire niveau.						

## 8 OPERATIES

Tabel 15: Voorkomen en timing van de voorgelegde ontwikkelingen in 'operaties'

	Timing van de verwachte ontwikkelingen...					
	Niet	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020
Contractuele relaties focussen op toegevoegde waarde in plaats van tijd en materialen. Samenwerkingsverbanden tussen ingenieurs, constructeurs en eigenaars zullen routine worden.	0%	32%	48%	12%	8%	0%
Producten worden verkocht als onderdeel van een dienstverleningspakket waarin ook onderhouds- en financiële activiteiten zitten (servitisation). Dienstverlening zal zich buiten de fysieke grenzen van de onderneming begeven.	0%	46%	42%	13%	0%	0%
Nieuwe bedrijfsmodellen zullen geïntroduceerd worden waarin de focus op de centrale activiteiten zal leiden tot een toegenomen afhankelijkheid van de toeleverende industrie wat betreft onderzoek en ontwikkeling.	8%	36%	32%	12%	12%	0%
Door het wijdverspreid gebruik van bedrijfsmodellen waarin uitbesteding en samenwerkingsverbanden centraal staan, zullen steeds meer virtuele bedrijven ontstaan.	16%	20%	28%	12%	16%	8%
Alle productiebedrijven zullen een lokale faciliteit hebben voor de behandeling van afval.	54%	8%	15%	12%	8%	4%
Het ontwerp van processen zal meer geïntegreerd worden beschouwd en zal gebaseerd zijn op 'concurrent engineering', ontwerpen op basis van 'first principle', verbeterde energie-efficiëntie, en de bescherming van de gezondheid, de veiligheid en het milieu.	0%	48%	48%	4%	0%	0%



Tabel 16: Gedetailleerde resultaten expertraadpleging per evolutie – Operaties

Contractuele relaties focussen op toegevoegde waarde in plaats van tijd en materialen. Samenwerkingsverbanden tussen ingenieurs, constructeurs en eigenaars zullen routine worden.	Aantal respondenten dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal respondenten dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vertrouwen in te voeren'	Gemiddeld vertrouwen 'bij te dragen'	Primaire rol overheid
	0	2	Middelmatig	Hoog	Hoog	Middelmatig	Geen
Producten worden verkocht als onderdeel van een dienstverleningspakket waarin ook onderhouds- en financiële activiteiten zitten (servitisation). Dienstverlening zal zich buiten de fysieke grenzen van de onderneming begeven.	0	1	Middelmatig	Hoog	Hoog	Hoog	Geen
Nieuwe bedrijfsmodellen zullen geïntroduceerd worden waarin de focus op de centrale activiteiten zal leiden tot een toegenomen afhankelijkheid van de toeleverende industrie wat betreft onderzoek en ontwikkeling.	0	2	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Door het wijdverspreid gebruik van bedrijfsmodellen waarin unbesteding en samenwerkingsverbanden centraal staan, zullen steeds meer virtuele bedrijven ontstaan.	2	4	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Alle productiebedrijven zullen een lokale faciliteit hebben voor de behandeling van afval.	2	16	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Aanpassen regelgeving
Het ontwerp van processen zal meer geïntegreerd worden beschouwd en zal gebaseerd zijn op 'concurrent engineering', ontwerpen op basis van 'first principle', verbeterde energie-efficiëntie, en de bescherming van de gezondheid, de veiligheid en het milieu.	0	3	Middelmatig	Hoog	Hoog	Hoog	Geen

## 9 PROCESWETENSCHAP EN ENGINEERING TECHNOLOGIE

Tabel 17: Voorkomen en timing van de voorgelegde ontwikkelingen in 'proceswetenschap en engineering technologie'

	Timing van de verwachte ontwikkelingen...					
	Niet	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020
Reiniging zal volledig geautomatiseerd verlopen waarbij de nadruk wordt gelegd op het te reinigen materiaal. Gespecialiseerde en logische systemen initiëren dit proces op commando.	11%	17%	39%	11%	17%	6%
Realisatie van betere kwantitatieve connecties tussen de eigenschappen van het eindproduct en de processen.	0%	22%	50%	28%	0%	0%
Gebruik van nieuw 'scalable' reactorontwerp door het gebruik van alternatieve technieken zoals plasma, microwave, electrochemie en fotochemie.	19%	0%	25%	38%	6%	13%
Wijderspreid gebruik van membraantechnologie of 'non-asbestose'-diafragmatechnologie in de productie van chlooralkali.	23%	8%	38%	31%	0%	0%
Beter begrip van de structurele eigenschappen van bioafbreekbare plasticen.	5%	16%	32%	42%	5%	0%
Praktisch gebruik van ultradiepe boor- en opgravingstechnologie toepasbaar onder zware omstandigheden (400°C hitte en 15km diepte).	27%	0%	36%	9%	0%	27%
Terugdringen van het begraven van industrieel afval als resultaat van het terugdringen van afval tot nul (0) door de reorganisatie en integratie van industriële technologie.	23%	18%	5%	18%	14%	23%
Procesapparatuur bereikt nieuwe niveaus van efficiëntie, betrouwbaarheid en performantie. Modulair ontwerp zal de doorlooptijd voor de aankoop van nieuwe apparatuur verlagen, de aankoop- en onderhoudskosten verlagen, en zal leiden tot een hogere efficiëntie.	10%	15%	30%	40%	0%	5%
Het koppelen van proceskernis aan de natuurwetenschappen zal snelle ontwikkeling, ontwerp, upgrade, beheersing en optimalisatie van bestaande en nieuwe processen mogelijk.	5%	16%	26%	32%	21%	0%

Tabel 18: Gedetailleerde resultaten expertraadpleging per evolutie – Proceswetenschap en engineering technologie

	Aantal respon- den dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal respon- den dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vertrouwen in te voeren'	Gemiddeld vertrouwen 'bij te dragen'	Primaire rol overheid
Reiniging zal volledig geautomatiseerd verlopen waarbij de nadruk wordt gelegd op het te reinigen materiaal. Gespecialiseerde en logische systemen initiëren dit proces op commando.	2	1	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Realisatie van betere kwantitatieve connecties tussen de eigenschappen van het eindproduct en de processen.	0	2	Laag	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Gebruik van nieuw 'schaalbare' reactorontwerp door het gebruik van alternatieve technieken zoals plasma, microwave, electrochemie en fotochemie.	1	1	Laag	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Geen
Wijdverspreid gebruik van membraantechnologie of 'non-asbestose'-diafragma technologie in de productie van chlooralkali.	1	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Beter begrip van de structurele eigenschappen van bioafbreekbare plasticen.	1	2	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Optwikkelen van O&O infrastructuur
Praktisch gebruik van ultradiepe boor- en opgravings technologie toepasbaar onder zware omstandigheden (400°C hitte en 15km diepte).	2	3	Laag	Laag	Middelmatig	Laag	Geen
Terugdringen van het begraven van industrieel afval als resultaat van het terugdringen van afval tot nul (0) door de reorganisatie en integratie van industriële technologie.	5	3	Hoog	Hoog	Hoog	Hoog	Ontwikkelen van O&O infrastructuur
Procesapparatuur bereikt nieuwe niveaus van efficiëntie, betrouwbaarheid en performantie. Modulair ontwerp zal de doorlooptijd voor de aankoop van nieuwe apparatuur verlagen, de aankoop- en onderhoudskosten verlagen, en zal leiden tot een hogere efficiëntie.	2	2	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Het koppelen van proceskennis aan de natuurwetenschappen zal snelle ontwikkeling, ontwerp, upgrade, beheersing en optimalisatie van bestaande en nieuwe processen mogelijk.	0	1	Hoog	Hoog	Hoog	Hoog	Geen

## 10 DISTRIBUTIEKETEN

Tabel 19: Voorkomen en timing ontwikkelingen rond 'distributieketen'

Timing van de verwachte ontwikkelingen...		2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Na 2020	
Niet		5%	24%	38%	29%	0%	5%
Gebruik van intelligente etiketten met ingebedde productinformatie over gebruik, condities en vervaardigingsgeschiedenis.		5%	24%	38%	29%	0%	5%
Ontwikkeling van gescheiden banen voor specifieke toepassingen in het Europese wegennet.		40%	0%	10%	30%	15%	5%
De functies in de logistieke keten zullen opereren in een 'onopvallende' coördinatie van orders, productie en distributie tussen landen en continenten.		0%	31%	38%	13%	13%	6%
De ontwikkeling van systemen die een moeiteloze conversie toelaten van wegvervoer naar treinvervoer en omgekeerd zullen de flexibiliteit in het vrachtovervoer doen toenemen.		25%	5%	35%	10%	20%	5%
Realisatie van de noodzakelijke infrastructuur voor een gedecentraliseerd transport van waterstof als brandstof.		11%	6%	6%	28%	11%	39%
Vervoer via binnenwateren of langs de kust wordt, na de noodzakelijke investeringen in infrastructuur en de nodige administratieve vereenvoudiging, een economisch aantrekkelijk alternatief voor het transport over land.		10%	5%	29%	33%	24%	0%
Toenemende transportkosten (door bijvoorbeeld tolheffingen e.d.) vooral op de korte afstanden, stimuleren decentrale, regionale productie.		55%	0%	25%	15%	0%	5%

Tabel 20: Gedetailleerde resultaten expertraadpleging per evolutie – Distributieketen

	Aantal respondenten dat aangeeft 'Technisch niet haalbaar'	Aantal respondenten dat aangeeft 'Economisch niet haalbaar'	Gemiddelde 'impact op maatschappij'	Gemiddelde 'impact op concurrentie'	Gemiddeld 'vervoeren in te voeren'	Gemiddeld vervoeren 'bij te dragen'	Primaire rol overheid
Gebruik van intelligente etiketten met ingebelde productinformatie over gebruik, condities en vervaardigingsgeschiedenis.	0	1	Middelmatig	Middelmatig	Hoog	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering
Ontwikkeling van gescheiden banen voor specifieke toepassingen in het Europese wegennet.	4	5	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Laag	Geen
De functies in de logistieke keten zullen opereren in een 'onopvallende' coordinatie van orders, productie en distributie tussen landen en continenten.	0	0	Middelmatig	Hoog	Hoog	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering
De ontwikkeling van systemen die een moeiteloze conversie toelaten van wegvervoer naar treinvervoer en omgekeerd zullen de flexibiliteit in het vrachtovervoer doen toenemen.	2	4	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Geen
Realisatie van de noodzakelijke infrastructuur voor een gedecentraliseerd transport van waterstof als brandstof.	0	3	Hoog	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Aanpassen regelgeving
Vervoer via binnenwateren of langs de kust wordt, na de noodzakelijke investeringen in infrastructuur en de nodige administratieve vereenvoudiging, een economisch aantrekkelijk alternatief voor het transport over land.	0	2	Laag	Middelmatig	Middelmatig	Middelmatig	Onderzoeksfinanciering
Toernemende transportkosten (door bijvoorbeeld tolheffingen e.d.) vooral op de korte afstanden, stimuleren decentrale, regionale productie.	3	9	Hoog	Hoog	Middelmatig	Laag	Onderzoeksfinanciering

# APPENDIX 5

## OVERZICHT VAN ENKELE RELEVANTE WEBSITES ROND TECHNOLOGIEVERKENNING EN BELEID

<http://www.futur.de/de/index.htm>

Totaaloverzicht van internationale (technologie)verkenningstudies

<http://www.jrc.es/home/index2.cfm>

Europese instituut voor (technologie)verkenningstudies

<http://www.chemsoc.org/networks/enc/allcheme.htm>

European network for chemistry (promotion of chemical sciences and technology)

<http://www.fedichem.be>

Website van de federatie van de Belgische chemische industrie

<http://www.cefic.org/allcheme/indextext.html>

Study on chemistry and the future in Europe

<http://www.bmbf.de/>

German Federal Ministry of Education and Research (access to the Delphi future surveys)

<http://www.isi.fhg.de/>

Officiële website van het Fraunhofer Instituut für Innovation, Forschung und Entwicklung

<http://www.izt.de/>

Institute for technology foresight and technology assessment

<http://www.ific.org/>

<http://www.ostp.gov>

Office for Science and Technology Policy

<http://www.oit.doe.gov/chemicals/>

Office Industrial Technologies – technologies of the future in the chemical industry

<http://www.foresight.gov.uk/>

(Technologie)verkenningstudies uitgevoerd in het Verenigd Koninkrijk – UK Foresight panels

<http://www.tomorrowproject.net/>

Group of individuals interested in future design

<http://www.rand.org/>

Policy and decisionmaking through research and analysis (RAND Institute)

<http://www.sfutures.com/>

Strategic Futures International

<http://www.vnci.nl/>

Vereniging van de Nederlandse chemische industrie (relevante beleidsgerichte studies)

### **Overzicht van websites gerelateerd aan toekomstverkenning**

<http://ag.arizona.edu/futures/fut/futmain.html>

Overzicht van internationale websites en organisatie die zich bezighouden met technologieverkenning

<http://josephcoates.com/resources.html>

Uitgebreid overzicht van internationale websites en organisatie die zich bezighouden met technologieverkenning

# APPENDIX 6

## BEGELEIDINGSCOMITÉ TECHNOLOGISCHE VERKENNINGEN

*Voorzitter:* Eric Vermeylen, directeur, VEV-studiedienst

Claire Bosch, algemeen afgevaardigde, FEVIA Vlaanderen

Dirk Carrez, adviseur innovatie, onderzoek en ontwikkeling, Fedichem Vlaanderen

Gilbert Devos, senior vice president Proviron

Lieven Ex, adviseur, VEV-studiedienst (tot eind januari 2003)

Dirk Packet, R & D-manager, Oleon N.V.

An Van de Vel, adjunct-directeur, Agoria Vlaanderen

Elisabeth Monard, secretaris VRWB

Danielle Raspoet, navorser VRWB





# COLOFON

Uitgave van de Vlaamse Raad voor Wetenschapsbeleid (VRWB), maart 2004

K. Vinck, voorzitter  
E. Monard, secretaris

VRWB- secretariaat  
North Plaza B,  
Koning Albert II-laan 7, 4e verd.  
1210 Brussel  
Tel: (02)553 45 20  
Fax: (02)553 45 23  
Email: vrwb@vlaanderen.be  
Website: <http://www.vrwb.vlaanderen.be>

*D/2003/6099/3*

Reeds verschenen:

- Studiereeks 1: *“Het ontwikkelen van een deflator voor O&O-uitgaven”*
- Studiereeks 2: *“Wetenschappelijk Onderzoek: Tussen sturen en stuwen. Acta van het colloquium”*
- Studiereeks 3: *“O&O-bestedingen van de Vlaamse Universiteiten”*
- Studiereeks 4: *“Wetenschappelijk onderzoek en de genderproblematiek”*
- Studiereeks 5: *“Biotechnologische uitvindingen, octrooien en informed consent”*
- Studiereeks 6: *“Perspectieven uitgestroomde wetenschappers op de arbeidsmarkt”*
- Studiereeks 7: *“De doctoraatsopleidingen aan de Vlaamse Universiteiten”*
- Studiereeks 8: *“Het ‘grote’ begrotingsadvies. Wetenschaps- en technologisch innovatiebeleid 2002”*
- Studiereeks 9: *“Wetenschappers: luxe of noodzaak?”*
- Studiereeks 10: *“Samenwerking tussen kennisinstellingen en bedrijven inzake onderzoek(sresultaten): intellectuele eigendomsrechten, conflicten en interfaces”*

*Depotnummer: D/2003/3241/367*

*ISBN: 90-403-0194-8*

*NUR: 913*





