

**Katholieke Universiteit Leuven**  
**Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen**



Working Paper  
2000 / 54

**BIOLOGISCHE, BIOTECHNOLOGISCHE EN GANGBARE LANDBOUW:  
EEN VERGELIJKENDE ECONOMISCHE STUDIE**

Matty DEMONT and Eric TOLLENS

Maart 2000

EUWAB-Project (European Union Welfare effects of Agricultural Biotechnology),  
Project VIB/TA-OP/98-07: "Micro- and Macro-economic Analysis of the Economic  
Benefits and Costs of Biotechnology Applications in EU Agriculture - Calculation of  
the Effects on Producers, Consumers and Governments and Development of a  
Simulation Model". Deze paper (pdf) kan gedownload worden op de volgende link:  
<http://www.agr.kuleuven.ac.be/aee/clo/wp/demont2000a.pdf>

Deze studie werd gefinancierd door het VIB – Vlaams Interuniversitair Instituut voor  
Biotechnologie.

Afdeling Landbouw- en Milieueconomie  
K.U.Leuven  
Willem de Croylaan 42, B-3001 Leuven – België  
Tel. +32-16-321614, Fax +32-16-321996

Demont, M., en E. Tollens. "Biologische, biotechnologische en gangbare landbouw: een vergelijkende economische studie." Working Paper, n° 54, Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, Katholieke Universiteit Leuven, 2000.

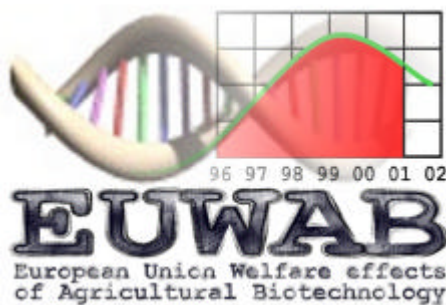
Deze paper werd gepresenteerd op de Studie- en Vervolmakingsdag "Gewasbescherming in de toekomst: biologisch, biotechnologisch of chemisch?", Tervuren, 29 maart 2000, georganiseerd door het Technologisch Instituut.

Matty Demont,  
Vlaams Interuniversitair Instituut voor Biotechnologie (VIB),  
Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, K.U.Leuven,  
de Croylaan 42, B-3001 Leuven (Heverlee), België  
Tel.: +32 16 32 23 98, Fax: +32 16 32 19 96,  
Email: matty.demont@agr.kuleuven.ac.be

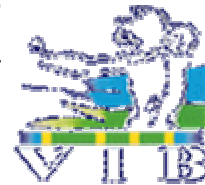
Prof. Eric Tollens,  
Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, K.U.Leuven,  
de Croylaan 42, B-3001 Leuven (Heverlee), België  
Tel.: +32 16 32 16 16, Fax: +32 16 32 19 96,  
Email: eric.tollens@agr.kuleuven.ac.be

---

**The EUWAB-project (European Union Welfare Effects of Agricultural Biotechnology)**  
<http://www.agr.kuleuven.ac.be/aee/clo/euwab.htm>



Since 1995, genetically modified organisms have been introduced commercially into US agriculture. These innovations are developed and commercialised by a handful of vertically coordinated "life science" firms who have fundamentally altered the structure of the seed industry. Enforcement of intellectual property rights for biological innovations has been the major incentive for a concentration tendency in the upstream sector. Due to their monopoly power, these firms are capable of charging a "monopoly rent", extracting a part of the total social welfare. In the US, the first *ex post* welfare studies reveal that farmers and input suppliers are receiving the largest part of the benefits. However, up to now no parallel *ex ante* study has been published for the European Union. Hence, the EUWAB-project (European Union Welfare effects of Agricultural Biotechnology) aims at calculating the total benefits of selected agricultural biotechnology innovations in the EU and their distribution among member countries, producers, processors, consumers, input suppliers and government. This project (VIB/TA-OP/98-07) is financed by the VIB - Flanders Interuniversity Institute for Biotechnology, in the framework of its Technology Assessment Programme. VIB is an autonomous biotech research institute, founded in 1995 by the Government of Flanders. It combines 9 university departments and 5 associated laboratories. More than 750 researchers and technicians are active within various areas of biotech research. VIB has three major objectives: to perform high quality research, to validate research results and technology and to stimulate a well-structured social dialogue on biotechnology. Address: VIB vzw, Rijvisschestraat 120, B-9052 Gent, Belgium, tel: +32 9 244 66 11, fax: +32 9 244 66 10, [www.vib.be](http://www.vib.be)



---

*Copyright 2000 by Matty Demont and Eric Tollens. All rights reserved. Readers may make verbatim copies of this document for non-commercial purposes by any means, provided that this copyright notice appears on all such copies.*

## **Samenvatting**

Door middel van een vergelijkende analyse worden de micro- en macro-economische kosten en baten en externaliteiten voor de Europese Unie van drie alternatieve landbouwproductie-systemen afgewogen: gangbare, biotechnologische en biologische. De biotechnologische innovaties blijken valabele alternatieven te bieden voor de gangbare landbouw zowel op micro- als op macro-economische schaal, ondanks het feit dat een deel van de voordelen geabsorbeerd wordt door de biotechnologische industrie. De biologische landbouw kenmerkt zich, ondanks haar lagere fysische productiviteit, door een rentabiliteit die vergelijkbaar is met de conventionele landbouw. Ook op macro-economisch vlak heeft dit landbouwsysteem heel wat voordelen te bieden. De toekomst van deze drie landbouwsystemen zal afhangen van hun onderlinge rentabiliteitsverhoudingen, alsook van politieke en sociale factoren, zoals bijvoorbeeld de consumentenhouding ten opzichte van nieuwe technologieën.

## **Résumé**

Au moyen d'une analyse comparative, les coûts micro- et macro-économiques et les externalités pour l'Union Européenne de trois systèmes de production alternatifs sont comparés : agriculture conventionnelle, biotechnologique et biologique. Les innovations biotechnologiques semblent fournir des alternatives valables pour l'agriculture conventionnelle au plan micro- ainsi que macro-économique, malgré le fait qu'une partie des bénéfices soit captée par l'industrie biotechnologique. L'agriculture biologique est caractérisée, malgré sa productivité inférieure, par une rentabilité comparable à l'agriculture conventionnelle. Aussi sur le plan macro-économique, ce système agricole offre beaucoup d'avantages. L'avenir de ces trois systèmes dépendra de leur rentabilité relative, ainsi que de facteurs politiques et sociales, comme l'attitude des consommateurs vis-à-vis des nouvelles technologies.

## **Inleiding**

De gewasbescherming maakt deel uit van het landbouwproductiesysteem. Dit systeem is gedurende de afgelopen eeuw in Europa voortdurend onderhevig geweest aan innovaties, afkomstig van de tweede landbouwrevolutie van de Moderne Tijd. Vandaag staan we op het kruispunt van drie alternatieve landbouwsystemen. De gangbare of conventionele landbouw is het product van de tweede landbouwrevolutie. De biotechnologische landbouw zou voorlopig een voortzetting betekenen van de trends van deze revolutie. De biologische landbouw daarentegen is een reactie op het paradigma van deze tweede landbouwrevolutie, vooral wat betreft de negatieve milieu-externaliteiten waartoe deze revolutie geleid heeft.

De gangbare landbouw staat vandaag de dag sterk onder druk. Twee alternatieven bieden zich aan: biologische of biotechnologische landbouw. Welke van de twee is de meest economisch zinvolle oplossing? Om op deze vraag te antwoorden situeren we deze twee landbouwinnovaties eerst in een historisch perspectief, waarbij we vooral de nadruk leggen op het socio-economische evolutieproces van de productiesystemen gedurende de laatste eeuw en enkele recente institutionele veranderingen.

Vervolgens vergelijken we de micro-economische rentabiliteit op korte termijn voor gangbare versus biotechnologische landbouw en gangbare versus biologische landbouw. Voor biotechnologische landbouw nemen we de twee belangrijkste recent in de Verenigde Staten geïntroduceerde innovaties: Glyfosaat-resistente soja en Bt-maïs. Voor de laatste innovatie wordt een theoretisch micro-economisch productiemodel afgeleid dat in staat is de effecten van Bt-maïs op de totale

gewasbeschermingskosten weer te geven. Tenslotte verruimen we het denkkader en vergelijken we de macro-economische rentabiliteit tussen de drie alternatieven. Het lange termijnaspect wordt in rekening gebracht, evenals de niet-markteffecten of externaliteiten. We beëindigen de analyse met een aantal conclusies en enkele toekomstperspectieven.

### **Innovaties in de Europese landbouw: een historisch perspectief**

Landbouwinnovaties kunnen niet los worden gezien van de institutionele, socio-economische en politieke scène waarin zij zich afspelen. Daar deze context voortdurend evolueert, is het belangrijk deze innovaties te kaderen in een historisch perspectief waarbij vooral de nadruk gelegd wordt op de omwentelingen van de laatste eeuw.

Tegen het einde van de Middeleeuwen had Europa reeds drie landbouwrevoluties ondergaan: (1) de *Neolithische*, (2) de *Antieke* en (3) de *Middeleeuwse*. Deze revoluties hebben het ontstaan gegeven aan drie belangrijke landbouwsystemen: zwerflandbouw, gebaseerd op tijdelijke “slash and burn” praktijken, braaklandbouw gestoeld op lichte ossentraction en braaklandbouw door middel van zware ossentraction (Mazoyer and Roudart, 1997). Vanaf de 16<sup>e</sup> tot de 19<sup>e</sup> eeuw zijn de meeste van de Europese regio's onderhevig aan ingrijpende veranderingen: de *eerste landbouwrevolutie van de Moderne Tijd*. Deze revolutie geeft het licht aan nieuwe landbouwsystemen: braak wordt vervangen door artificieel grasland, gezaaid met ray-grass of voederleguminosolen. In de nieuwe vruchtwisselingsystemen worden ruwvoerders onafgebroken afgewisseld met voedselgewassen. Hierdoor wordt de ontwikkeling van veeteelt vergemakkelijkt die op haar beurt mest en mechanische

energie levert. Opbrengsten verhogen en de verbetering in diervoeding en plantenbemesting stimuleren vee- en plantselectie. Kortom, deze organisatorische revolutie leidt tot een belangrijke toename in landbouwproductie, teweeggebracht door enkele kleine investeringen en weinig supplementaire arbeidskrachten.

Deze productiviteitsstijgingen betekenden het einde voor de crisis van de braaklandbouw die in de 14<sup>e</sup> eeuw uitbreekt en zich tot in de 18<sup>e</sup> eeuw laat voelen. Voor het eerst in de geschiedenis duikt een landbouw op die in staat is een commercieel surplus te genereren. Door de groeiende industrie van primaire grondstoffen, werkkrachten en voedsel te voorzien, speelt deze *eerste landbouwrevolutie van de Moderne Tijd* een sleutelrol in de *eerste industriële revolutie*. In ruil daarvoor wordt deze productieve landbouw een belangrijke afnemer van industriële producten zoals ijzer, werktuigen, enz.

Tegen het einde van de 19<sup>e</sup> en het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw produceert deze industrie nieuwe transportmiddelen en nieuwe landbouwwerktuigen waardoor de landbouw in 1890 in haar eerste wereldcrisis terechtkomt wegens overproductie. De *tweede landbouwrevolutie van de Moderne Tijd* zet deze eerste fase van mechanisering door tot in de 20<sup>e</sup> eeuw, steunend op de ontwikkeling van nieuwe productiemiddelen voortgebracht door de *tweede industriële revolutie*:

1. motorisering (explosiemotors, ...);
2. grote mechanisering (complexe en krachtige machines, ...);
3. “chemisering”<sup>1</sup> (kunstmeststoffen, medicijnen, fytosanitaire producten, ...);
4. “biologisering” (genetische selectie en veredeling, *in vitro* cultuur, biotechnologie, ...).

De landbouwproductiesystemen die deze tweede landbouwrevolutie gegenereerd heeft, worden schematisch voorgesteld in Figuur 1. Door in de horizontale as de beschikbare oppervlakte per arbeidseenheid te zetten en in de verticale as de arbeidsproductiviteit, kan elk productiesysteem voorgesteld worden door een puntenwolk waarbij elk punt een landbouwbedrijf uit de steekproef voorstelt. Deze wolk wordt langs boven begrensd door de productiefunctie van het systeem. Ieder landbouwproductiesysteem is gekenmerkt door een *technisch optimum*: de maximale productie per arbeidskracht die met de huidige productiemiddelen (technologie, management, know-how, ...) kan bereikt worden. Een hogere productie per arbeidskracht kan enkel bereikt worden door over te stappen naar een meer productief systeem. In de tweede plaats zijn het systeem en de socio-economische context waarin het zich bevindt, gekarakteriseerd door een *hernieuwings- of kapitalisatiedrempel* (horizontale lijn R in Figuur 1). Zolang de productiviteit deze drempel overschrijdt kan het systeem al zijn materiële productiefactoren hernieuwen, alle loonwerkers uitbetalen aan de gangbare marktprijs en bovendien kapitaal accumuleren om in een latere fase extra investeringen te doen. Indien het bedrijf deze drempel niet haalt, is deze hernieuwing niet meer mogelijk en bevindt het zich in een *crisis*. We zien dan ook in de praktijk dat het meestal de bedrijven zijn die er in slagen een economisch surplus te accumuleren, die in staat zijn over te schakelen naar een meer productief systeem.

Dit dubbel proces van ontwikkeling van nieuwe productiesystemen, gecombineerd met de eliminatie van “ouderwetse” systemen functioneerde zonder ophouden vanaf het einde van de 19<sup>e</sup> eeuw. In het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw was ossentraction voldoende ontwikkeld in Europa om een belangrijke prijsdaling te veroorzaken in de



landbouwproducten. Dit leidde tot belangrijke dalingen in het inkomen van de bedrijven en het verdwijnen van de manuele landbouw. De ontwikkeling van de industriële revolutie creëerde steeds meer arbeidsplaatsen buiten de landbouw en de productiviteitsverhogingen in deze sector zorgden voor een verhoging van de *hernieuwingsdrempel* (van R naar R'). Daardoor kwam de economische leefbaarheid van heel wat productiesystemen onder druk te staan. Wanneer in de jaren '60 deze trend nog eens wordt doorgezet (van R' naar R''), bovendien gecombineerd met opeenvolgende prijsdalingen, zien we ossentraction voorgoed verdwijnen (drie linkse puntenwolken). Nieuwe productievere systemen gebaseerd op motorisering en mechanisering<sup>2</sup> nemen de bovenhand (MM I, MM II, MM III). Uiteindelijk zien we MM III in de jaren '80 hetzelfde lot ondergaan (*hernieuwingsdrempel* verschuift van R'' naar R''').

Naast het technisch optimum is een landbouwproductiesysteem gekarakteriseerd door haar *productiviteit per eenheid land* en het *vereiste kapitaalsniveau*. Deze eerste parameter vertaalt zich in de grafiek in de helling van de productiefunctie (bovengrens van de puntenwolken). De tweede parameter kunnen we visualiseren door de gemiddelde helling van de productiefunctie door te trekken tot aan de verticale as. Het intercept met deze as stelt dan het vereiste kapitaalsniveau voor om de nodige investeringen, eigen aan het landbouwproductiesysteem, te maken. Door de min of meer exponentiële vorm van wat we de *lange termijnproductiefunctie* zouden kunnen noemen in Figuur 1, zien we duidelijk de vier ingrediënten van de tweede landbouwrevolutie naar boven komen: (1) motorisering, (2) mechanisering, (3) chemisering en (4) biologisering. Elementen 1 en 2 zorgen voor een steeds groter wordende kapitaalsinput, verschuiven het technisch optimum en drijven de

arbeidsproductiviteit verder op, zonder evenwel de landproductiviteit (helling) te beïnvloeden. Deze laatste factor wordt verzorgd door elementen 3 en 4. Deze elementen beogen enerzijds een vermindering van de variabele kosten door de verliezen (insecten, onkruid, weersomstandigheden) te beperken en anderzijds een verhoging van de maximale productiviteit per plant. De grafiek in Figuur 1 illustreert duidelijk hoe het intercept van de systemen steeds groter wordt, gepaard gaande met het progressief steiler worden van de productiecurven.

Nelson et al. onderscheiden in deze tweede landbouwrevolutie (LR II) 3 groene revoluties. De eerste (GR I) spruit voort uit drie belangrijke innovaties: het gebruik van Mendel's pionierswerk op het vlak van de plantenveredeling, de identificatie van mannelijke steriele maïsvariëteiten en de ontwikkeling van goedkope kunstmeststoffen (Nelson et al., 1999). De tweede groene revolutie (GR II) neemt deze technologieën over en past deze toe op wijdverspreide plantvariëteiten in de tropen vanaf eind jaren '60. Dit is ook het moment waarop Griliches (1957) baanbrekend werk verricht in de landbouweconomie door een macro-economisch model te ontwikkelen om de impact van de eerste groene revolutie op de maatschappij te schatten. De meeste van zijn opvolgers komen tot hetzelfde besluit, samengevat door Echeverría (1990): de impact van publieke R&D op de landbouw is groot en bereikt dikwijls een payoff van meer dan 50%! Maar deze grote marginale productiviteit van publieke R&D is meteen ook een reflectie van de *permanente onderinvestering* in landbouwonderzoek.

In de jaren '70 duikt, naast de *productiviteitsgolf* die de tweede landbouwrevolutie tot dan toe sterk domineert, een tweede golf op, namelijk de *milieugolf*. De

petroleumcrisis en het rapport van de Club van Rome liggen hier aan de basis. Deze golf verdwijnt even gedurende de jaren '80 om in de jaren '90 terug op te duiken, ditmaal veel sterker. Belangrijk is dat deze milieugolf het productiviteitsparadigma van de tweede landbouwrevolutie in vraag stelt, sterker nog, verantwoordelijk stelt voor enkele actuele milieuproblemen.

Alston et al. (1999) tonen aan hoe deze productiviteitsgolf in de naoorlogse periode ondersteund wordt door de snelle expansie van de publieke R&D budgetten tot aan de jaren '75 om daarna progressief afgebouwd te worden. Niettegenstaande deze budgetvermindering, wordt de onderzoeksagenda verruimd: milieuaspecten, natuurbehoud, voedselveiligheid en voedselverwerking sluiten zich aan. Publieke R&D fondsen gaan bovendien meer en meer naar fundamenteel onderzoek. Volgens Alston et al. is de oorzaak van deze evolutie te zoeken in een veranderde politieke economische filosofie, budgettaire druk, het relatief economisch en politiek belang van de landbouwsector, de aard van de wetenschap en het wetenschappelijk onderzoek en andere beleidselementen. Op het vlak van het toegepast onderzoek duikt een nieuwe agent op: de privé-sector. Gesterkt door octrooirechten is deze "life sciences" sector vanaf de jaren '80 onderhevig aan een enorme expansie en concentratie. Terwijl de eerste en de tweede groene revolutie volledig afstamden van publieke R&D inspanningen, duikt voor het eerst in de geschiedenis een agent op die via octrooirechten een deel van de baten van de landbouwinnovaties onder vorm van monopolierenten absorbeert.

Waar moeten we de actuele biotechnologische ontwikkelingen situeren in het kader van deze tweede landbouwrevolutie? Daartoe moeten we het onderscheid maken

tussen twee golven (Kalaitzandonakes, 1999; Coaldrake and Thomas, 1999; Hillyer, 1999; Riley and Hoffman, 1999):

1. de *eerste golf* is gebaseerd op *input eigenschappen* of *landbouwkundige eigenschappen*: insectenresistentie, herbicidenresistentie, droogtetolerantie, ...;
2. de *tweede golf* is gebaseerd op *output eigenschappen* of *kwaliteitseigenschappen*: verhoging oliegehalte, vertraagde rijping (tomaten), nieuwe producten (pharming), ...

De intrinsieke eigenschappen van de eerste golf zijn volledig coherent binnen het paradigma van de tweede landbouwrevolutie. De biologische innovaties trachten de chemische te vervangen of te vervolledigen. De chemische industrie ontwikkelt biotechnologie die de afhankelijkheid verhoogt t.o.v. chemicaliën, terwijl de niet-chemische ondernemingen eerder biotechnologische producten op de markt brengt die de chemische vervangen (Just and Hueth, 1993). *De eerste golf van biotechnologische toepassingen in de landbouw kan dus aanzien worden als een voortzetting van enkele reeds aanwezige trends, typerend voor de tweede landbouwrevolutie.* Desalniettemin brengt deze golf, naast het groeiend belang van de privé-sector, nog een belangrijk nieuw element met zich mee: consumentenacceptatie. Het toenemend verzet van de consument tegen alles wat indruist tegen het “natuurlijke” onderscheidt deze innovatie van alle andere landbouwrevoluties en zal een belangrijke rol spelen in het komende decennium.

Als we van de eerste naar de tweede golf overstappen, duikt een totaal nieuw paradigma op. Verbeterde kwaliteiten en totale nieuwe gewasteelten, zoals “pharming<sup>3</sup>”, met een zeer hoge toegevoegde waarde en georiënteerd naar specifieke

nichemarkten zouden de landbouwsector als commerciële sector wel eens veel grondiger kunnen omvormen dan alle vroegere paradigmaveranderingen (Zilberman, Yarkin and Heiman, 1999). Of we hier met een ware *derde landbouwrevolutie* (LR III in Figuur 1) te maken hebben is nog niet duidelijk gezien de veranderende politieke en socio-economische context.

Waar moeten we de biologische landbouw situeren in deze tweede landbouwrevolutie? De biologische landbouw kan aanzien worden als een productinnovatie waarbij een prijspremie wordt betaald om de lagere fysieke productiviteit te compenseren en de lagere milieuexternaliteiten te belonen en aan te moedigen. Terwijl zij volledig coherent is met de milieugolf, druist deze evolutie echter volledig in tegen het paradigma van productiviteitsverhogingen en landbouwpijnsdalingen. Ondanks het feit dat deze landbouw aspecten in zich heeft die voortspruiten uit de tweede landbouwrevolutie (machines, technieken), maakt zij er geen deel van uit. Integendeel, zij is eerder een tegenreactie op de negatieve externaliteiten van deze revolutie.

### **Micro-economische rentabiliteit op korte termijn**

De literatuur omtrent de mogelijke verdeling van de *ex-ante* effecten van biotechnologische toepassingen op de Europese landbouw is nagenoeg onbestaande. Dit staat in sterk contrast met de Verenigde Staten (VS), waar sinds de commerciële introductie van de eerste biotechnologische toepassingen in 1995, vandaag de eerste *ex-post* resultaten omtrent de bedrijfseconomische effecten gepubliceerd worden (Marra, Carlson and Hubbell, 1998; Klotz-Ingram and McBride, 1999; Moschini, Lapan and Sobolevsky, 1999; Qaim, 1999; Fernandez-Cornejo, Klotz-Ingram and

Jans, 1999; McBride and Books, 1999; Gianessi and Carpenter, 1999; Nelson et al., 1999; Carpenter and Gianessi, 1999; Hubbell, Marra and Carlson, 2000).

In juni 1999 startte het VIB technology assessment project "EUWAB" (European Union Welfare effects of Agricultural Biotechnology) (Demont and Tollens, 1999). De bedoeling is door middel van een simulatiemodel meer inzicht te verschaffen in de micro-economische kosten en baten op het landbouwbedrijf en de verdeling van deze kosten en baten over de verschillende agenten in de biotechnologische innovatieketen van de landbouw. Het simulatiemodel is echter nog in volle ontwikkeling. Daarom beperken we ons tot enkele preliminaire hypothetische scenario's. Twee vergelijkingen zullen gemaakt worden: gangbare versus biotechnologische landbouw en gangbare versus biologische landbouw.

#### *Vergelijking tussen gangbare en biotechnologische landbouw*

Zelfs de optimisten onder de voorstanders van biotechnologie waren onder de indruk van de extreem snelle diffusie van transgene gewassen in de VS, sinds hun commerciële invoering in 1995. Figuur 2 toont dat hun diffusie dubbel zo snel is verlopen in vergelijking met een gelijkaardige innovatie, namelijk hybride maïs. Als Griliches in 1957 met zijn studie op hybride maïs reeds tot een payoff van het geleverde landbouwonderzoek van 35 à 40 % komt, wat moeten de economische baten dan wel zijn in het geval van de huidige in de VS geplante transgene gewassen? Om deze vraag te beantwoorden concentreren we ons op de twee tot nu toe belangrijkste scenario's van de *eerste golf* van biotechnologische toepassingen in de plantenbescherming: complementariteit en substitutie.

## Scenario 1: Complementariteit

De meest gekende voorbeelden uit deze groep zijn glyfosaat-resistente (GR) sojabonen en GR maïs. We bestuderen hier het geval van de GR sojabonen, een typische *input-switching* technologische innovatie die een verlaging van de productiekosten met zich meebrengt, zonder evenwel het rendement te beïnvloeden (Nelson, 1993). De kostenverlaging wordt veroorzaakt door drie factoren:

1. glyfosaat is een relatief goedkoop herbicide dat effectief is op een breed gamma van onkruiden en als GR sojabonen worden geplant, vervangen deze de duurdere selectieve herbicidencombinaties;
2. GR sojabonen sparen managementkosten uit. Niet-glyfosaat herbiciden zijn relatief selectief in de onkruiden die zij kunnen bestrijden. Hun gebruik impliceert dan ook het zorgvuldig screenen van de velden en identificeren van de onkruidtypes. Glyfosaat bestrijdt een breed spectrum aan onkruiden, is gemakkelijk te gebruiken en maakt screening en identificatie van de onkruiden overbodig;
3. Glyfosaat bestrijdt grotere onkruiden wat leid tot een grotere flexibiliteit in timing.

Voor een *ex-ante* micro-economische studie is het echter altijd interessant te kunnen beschikken over gegevens verzameld op het niveau van de landbouwbedrijven. De vorige drie aangehaalde punten kunnen theoretisch volledig coherent en logisch lijken, toch is een “farm-level” *ex-post* studie zeer nuttig om te kijken of deze kosten en baten zich ook daadwerkelijk in de bedrijfsbudgetten weerspiegelen. Maar al te vaak wordt uitsluitend afgegaan op de resultaten verkregen op gecontroleerde proefvelden in proefstations. Een studie van Fernandez-Cornejo et al. (1999) op de landbouwbedrijven van de gehele VS constateert een significante doch kleine (+ 3 %)

verhoging in rendementen, een significante vermindering van andere herbiciden (- 14 %) en een significante verhoging in glyfosaatgebruik (+ 43 %) ten gevolge van de adoptie van Roundup-Ready® sojabonen. De uiteindelijke kostenverlaging is statistisch niet significant en blijkt dus volledig gecompenseerd te worden door de hoge technology fee (513 BF/ha) (Marra, Carlson and Hubbell, 1998; Fernandez-Cornejo, Klotz-Ingram and Jans, 1999). McBride en Books (1999) komen tot een gelijkaardige conclusie, maar geven een meer gedetailleerd overzicht van alle kostenfactoren en vergelijken de drie belangrijkste regio's van de VS onderling.

Het is dus duidelijk dat deze technologie de gemiddelde boer in de VS weinig opbrengt, financieel gezien. En dat is nu juist de filosofie van de multinationals. Hun monopoliepositie laat hun toe de technology fee net zo hoog te zetten dat de winst gemaximaliseerd wordt in plaats van de adoptiegraad. Deze filosofie spruit natuurlijk voort uit de noodzaak om de hoge R&D kosten terug te betalen en een hoog dividend te kunnen uitkeren aan de aandeelhouders. Als deze technologie de gemiddelde boer weinig opbrengt, waarom heeft de adoptie ervan dan zo'n vaart genomen in de VS zoals blijkt uit Figuur 2? Dit is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat de grootste baten niet gereflecteerd zijn in de bedrijfsbudgetten, daar zij moeilijk te meten zijn: gebruiksgemak, risicovermindering, flexibeler spuitschema, lagere screeningskosten, lagere managementkosten, enz. Maar zelfs zonder deze kosten in rekening te brengen komen bepaalde studies tot een gemiddelde variabele kostenvermindering van 513 BF/ha (Nelson et al., 1999), 616 BF/ha (Marra, Carlson and Hubbell, 1998), 624 BF/ha bij een tweemaalige toediening en 1.184 BF/ha bij een éénmalige toediening van glyfosaat (Moschini, Lapan and Sobolevsky, 1999). Of deze resultaten extrapolbeerbaar zijn naar de EU, hangt af van:



- de klimaatsovereenkomsten (neerslag, temperatuur);
- het herbicidengebruik in de EU;
- de landbouwproductiesystemen in de EU;
- de relatieve prijsverhouding tussen inputs en outputs in de EU.

Daar de landbouwsystemen in de EU over het algemeen intensiever zijn dan die van de VS, kunnen we verwachten dat de potentiële baten op micro-economisch vlak hoger zullen zijn in de EU.

#### Scenario 2: Substitutie

Terwijl de innovaties in scenario 1 vooral leiden tot een complementariteit tussen een chemisch product en een transgeen gewas, gaat het hier om transgene gewassen die de conventionele chemische gewasbestrijdingsmethoden vervangen. De meest actuele voorbeelden zijn Bt-maïs, Bt-katoen en Bt-aardappelen. De analyse zal vooral gecentreerd zijn op Bt-maïs. De bodeminsecten betekenen de belangrijkste plaag voor maïs. Op de tweede plaats komt de Europese maïsboorder (EMB). Volgens een recent rapport werd slechts 5 % van de met maïs bezaaide oppervlakte van de VS behandeld tegen de EMB. Dit betekent dat Bt-maïs voor de VS een technologische innovatie betekent die het *economisch optimaal rendement* verhoogt.

De wijze waarop pesticiden in het referentiekader van de landbouwproductie-economie behandeld worden is het onderwerp geweest van uitvoerige methodologische discussies. Traditioneel worden pesticiden in een klassieke Cobb-Douglas (C-D) productiefunctie gestoken. Waibel et al. (1999) tonen aan dat deze veronderstelling leidt tot een overschatting van het optimale

pesticidegebruik. Dit komt doordat de C-D functie deze inputs als opbrengstverhogende i.p.v. als kostverlagende productiefactoren beschouwt. Steunende op voorgenoemde auteurs, stellen we het volgend theoretisch productiemodel voor (Tabel 1), gevisualiseerd in figuren 3, 4 en 5:

Zoals reeds vermeld gebruiken we in plaats van de traditionele C-D functie een zogenaamde “cost abatement” (CA) functie  $Q_{ch}(X,n)$ , die de kost voorstelt ten gevolge van verliezen, vermeerderd met de kost van alternatieve gewasbestrijdingsmethoden voor een welbepaald niveau van pesticidegebruik  $X$  en een welbepaalde initiële insectenpopulatie  $n$ . De productiefunctie die symmetrisch is aan de CA functie is  $Q^o - Q_{ch}(X,n)$ , doch deze wordt niet in de figuren voorgesteld. Het voordeel van de CA functie is het feit dat ze, als variabele kostenfunctie, opgeteld mag worden bij de variabele pesticidenkost waardoor het economisch optimum overeenkomt met het minimum van de totale gewasbeschermingskost. Door de invoering van Bt-maïs wordt de CA functie proportioneel verminderd met een factor  $1 - a$ , met  $a$  de proportionele afname van het geleden productieverlies, daar één element, namelijk de EMB, voor 99 % wordt bestreden en uit de populatie wordt gehaald. De parameter  $a$  stelt dus het aandeel voor van de totale schade veroorzaakt door de EMB. De variabele pesticidenkost bevat naast de aankoopkost ook screening- en identificatiekosten. De invoering van Bt-maïs resulteert in een verticale verschuiving van de totale pesticidenkost  $C_{pest}(X)$  over een afstand  $C$ , gelijk aan de technology fee plus de prijspremie. Deze verschuiving speelt, als ze groot is, in het nadeel van de rentabiliteit van Bt-maïs. Parallel met onze beschouwingen bij het vorige scenario, streeft ook hier de monopolist eerder maximale winst na dan maximale adoptie. Uiteraard dienen we hier op te merken dat de verdere

beschouwingen enkel gaan over het areaal in Bt-maïs. Het totale areaal van een landbouwer moet een minimale proportie aan refuge-zones geplant met niet-Bt-maïs bevatten, voorgeschreven door bevoegde instanties, om het risico van resistentievorming te beperken (zie verder).

In Figuur 3 stellen we een referentiesituatie voor, gebaseerd op het theoretisch productiemodel (Tabel 1). Gegeven de extra prijs  $C$  voor Bt-maïszaad, de initiële populatie  $n$ , de proportie EMB in deze populatie ( $a$ ), de outputprijs  $P$  van de maïs en de pesticidenprijs  $w$ , is er een netto kostvermindering ( $\min(C_{bt}(X)) < \min(C_{ch}(X))$ ) haalbaar bij de adoptie van Bt-maïs en zullen na adoptie geen extra pesticiden meer aangewend worden (van punt a naar punt b in Figuur 3).

Dat de rentabiliteit van Bt-maïs, relatief ten opzichte van de conventionele gewasbescherming, sterk afhangt van de initiële insectenpopulatie  $n$  en dus sterk zal variëren van jaar tot jaar en van streek tot streek, wordt duidelijk in figuren 4 en 5. In Figuur 4 simuleren we een situatie met een lage insectenpopulatie. We zien dat in dat geval  $n$  zo klein is dat de conventionele gewasbescherming goedkoper uitvalt dan de biotechnologische ( $\min(C_{bt}(X)) > \min(C_{ch}(X))$ ). Er worden nog steeds pesticiden gebruikt, maar deze wegen niet op tegen de hoge technology fee van Bt-maïs. Figuur 5 stelt de tegenovergestelde situatie voor, namelijk bij een hoge initiële insectenpopulatie. In dit geval heeft de Bt-maïs ruimschoots zijn geld opgebracht ( $\min(C_{bt}(X)) < \min(C_{ch}(X))$ ). Er zijn nog wel extra pesticiden nodig om andere insecten te bestrijden en zo het economisch optimum te bereiken. Naar analogie van vorig scenario geldt ook hier dat een aantal moeilijk te waarderen baten aan de analyse ontsnappen zoals gebruiksgemak, risicovermindering, lagere

screeningskosten, lagere managementkosten, enz. Daardoor liggen de werkelijke totale baten waarschijnlijk hoger dan de berekende, wat de snelle adoptie van deze technologie in de VS verklaart zoals blijkt uit Figuur 2.

In het geval van de VS hebben we te maken met landbouwsystemen waar het pesticidengebruik tegen de EMB zeer laag is. Gianessi en Carpenter (1999) formuleren dit als volgt: “If there is one thing many growers have learned from trying Bt hybrids, it’s that they never realized how much damage European Corn Borer has been doing to their yields”. Daarom zijn de economische baten in de VS dan ook te zoeken in de rendementsverhoging teweeggebracht door de overschakeling naar Bt-maïs. Nelson et al. (1999) berekenen een gemiddeld verlies van 3,53 % gedurende de periode 1943 – 1998. In hun simulatiemodel bouwen ze drie scenario’s in wat betreft de rendementsverhoging te wijten aan de invoering van Bt-maïs: sterke impact (8,1 %), medium impact (3,2 %) en lage impact (1,8 %). Of deze resultaten extrapoleerbaar zijn naar de EU, hangt af van:

- de klimaatsovereenkomsten (neerslag, temperatuur);
- het pesticidengebruik in de EU;
- de in de EU in voeging zijnde refuge-voorschriften;
- de landbouwsystemen in de EU;
- de relatieve prijsverhouding tussen inputs en outputs in de EU.

Daar het pesticidengebruik in de EU gevoelig hoger ligt, kunnen we verwachten dat de potentiële baten op micro-economisch vlak zowel zullen komen van rendementsverhogingen als van verlagingen van het pesticidengebruik. Het netto resultaat zal dan afhangen van de relatieve grootte van deze twee effecten.

### *Vergelijking tussen gangbare en biologische landbouw*

Terwijl we bij de vergelijking gangbare versus biotechnologische landbouw de analyse konden beperken tot de partiële budgettering van één gewas, waarbij vooral de variabele kosten centraal stonden, is dit niet meer mogelijk voor de vergelijking gangbare versus biologische landbouw. Het feit dat bij de biologische landbouw de complementaire relaties tussen de verschillende productie-eenheden belangrijker zijn dan bij conventionele landbouw, verantwoordt een analyse op *bedrijfsniveau*. Enkel metingen van het totale budget van het bedrijf kunnen deze nauwe complementaire relaties in rekening brengen. De overschakeling van gangbare naar biologische landbouw definiëren we hier als een omschakeling naar een ander landbouwproductiesysteem met een lagere fysische productiviteit die geheel of gedeeltelijk gecompenseerd wordt door een hogere toegevoegde waarde via een prijspremium. Door deze hogere toegevoegde waarde, bekomen via productdifferentiatie, kunnen we dus spreken van een *productinnovatie*.

Het is belangrijk bij de vergelijking van de rentabiliteit tussen gangbare en biologische landbouw onderscheid te maken tussen *absolute rentabiliteit* en de *relatieve rentabiliteit*. Terwijl we bij de absolute rentabiliteit kijken naar het absoluut niveau van het bedrijfsinkomen, gaat het bij de relatieve rentabiliteit over het bedrijfsinkomen vergeleken met het bedrijfsinkomen onder conventioneel management. Een gunstige biofysische omgeving zal een positieve invloed hebben op de absolute rentabiliteit. Tegelijkertijd kan zij een negatieve impact hebben op de relatieve rentabiliteit, *daar zij het comparatief voordeel verschuift naar de conventionele landbouw* die op een efficiëntere manier deze voordelen weet te kanaliseren en te valoriseren. Daarom zijn het meestal de minder gunstige

landbouwgebieden waar we de grootste concentratie aan biologische landbouwbedrijven aantreffen. Volgens Offerman en Nieberg (2000) zijn biofysisch milieu, markttoegang, mogelijkheden tot expansie (landmarkt), lage veebezetting en subsidies voor biologische landbouw factoren die de relatieve rentabiliteit beïnvloeden. Voor de verdere analyse, steunen we op de door de Universiteit van Hohenheim recent gepubliceerde resultaten van het Europees project ‘Effects of the CAP-reform and possible further developments on organic farming in the EU’ (Lampkin et al., 1999; Lampkin, Foster and Padel, 1999; Foster and Lampkin, 1999; Michelsen et al., 1999; Zanolli and Gambelli, 1999; Offermann and Nieberg, 2000; Stolze, Pierr and Dabbert, 2000).

De literatuur omtrent de rentabiliteit van biologische landbouwbedrijven is schaars, vooral wat betreft België. Bovendien verschillen de landbouwsystemen, biologische als conventionele, alsook de prijspremies van streek tot streek en van land tot land. Dit bemoeilijkt sterk de vergelijkbaarheid. Daarom zullen we ons slechts beperken tot de algemene karakteristieken die in de meeste Europese landen naar boven komen. In wat volgt zullen we deze karakteristieken steeds voorstellen als een *relatieve waarde* ten opzichte van een *vergelijkbaar conventioneel landbouwbedrijf*, waarbij de selectieprocedure beschreven is in Offerman en Nieberg (2000). In de vergelijking nemen we de tien landen op waarover het meest gegevens ter beschikking zijn: Luxemburg (LU), Frankrijk (FR), Groot-Brittannië en Noord Ierland (GB), Denemarken (DK), Duitsland (DE), Zwitserland (CH), Finland (FI), Nederland (NL), Oostenrijk (AT) en Italië (IT).

In Tabel 2 wordt de relatieve waarde (in %) van de voornaamste parameters van de biologische productiesystemen in de EU weergegeven. De gemiddelde bedrijfsoppervlakte blijkt in de meeste van de gevallen hoger te zijn. Het gebruik van arbeid (VAK) is gemiddeld 10 à 20 % hoger. De biologische landbouw doet hier voornamelijk beroep op loonarbeid. De veebezetting is duidelijk lager, te wijten aan drie factoren:

1. de criteria van biologische landbouw leggen in vele landen een bovengrens op van twee stuks grootvee per ha beschikbare landbouwoppervlakte;
2. het streven naar eigen productie van veevoerders met lagere gewasrendementen, terwijl externe voederaankopen beperkt zijn;
3. hoge prijzen voor biologisch geteelde gewassen en bescheiden prijzen voor biologische dierlijke producten, waardoor verkoop van voeder rendabeler is dan het voeren van de eigen veestapel. Daardoor is de veebezetting meer aangepast aan de draagcapaciteit van graasland en weiden.

De rendementen zijn over het algemeen lager. Het absolute rendement is voornamelijk bepaald door dezelfde factoren als bij conventionele landbouw. Het relatieve verschil daarentegen hangt af van heel wat factoren, waaronder:

- de intensiteit van het meest voorkomende conventionele systeem;
- de intensiteit van het biologische productiesysteem;
- het niveau van de conventionele rendementen;
- het bedrijfstype;
- het biofysisch milieu;
- het type gewas of dier.

De prijspremiums zijn zeer variabel tussen de producten en de landen. Zij zijn tevens sterk afhankelijk van het marketingkanaal waarlangs ze vermarkt worden. De variabele kosten zijn typisch lager, de vaste dikwijls hoger. Globaal genomen zijn de totale kosten meestal lager. De kosten voor loonarbeid blijken belangrijker te zijn voor biologische landbouw, evenals de depreciatiekosten van de gebouwen. Deze laatste kosten zullen waarschijnlijk nog aan belang toenemen als de voorgestelde EU regulatie met striktere huisvestingsnormen voor veeteelt in voege treedt. Het globale resultaat in relatieve rentabiliteit is *vrij vergelijkbaar* met de conventionele productiesystemen. Opmerkelijk is het feit dat de relatieve rentabiliteit, berekend per eenheid familiale arbeidskracht (FAK), in het algemeen hoger scoort dan deze berekend per hectare, waaruit de *hoge arbeidsproductiviteit* van de biologische landbouw tevoorschijn komt.

### **Macro-economische rentabiliteit op lange termijn**

Totnogtoe hebben we in onze analyses twee elementen genegeerd. Het eerste element is het lange termijnaspect. Dit aspect kan onmogelijk gevat worden, tenzij als externe factor, binnen een micro-economisch denkkader. Daarvoor dienen we de geaggregeerde effecten van de reacties van alle landbouwbedrijven in een macro-economisch referentiekader te brengen waarna we de eventuele veranderingen als een soort terugkoppeling terug op het niveau van het landbouwbedrijf kunnen brengen. Ten tweede hebben we tot nu toe de externaliteiten of niet-markteffecten verwaarloosd. Daar deze effecten een kost of baat betekenen voor de maatschappij in haar geheel, en niet enkel voor één landbouwer, moeten we ze analyseren in een macro-economisch kader daar dit ook de gehele maatschappij hanteert als analyseeenheid.



## *Vergelijking tussen gangbare en biotechnologische landbouw*

### Markteffecten

De scenario's die we in de vorige sectie geanalyseerd hebben, leiden, als zij geaggregeerd worden tot op macro-economische schaal, tot hetzelfde effect. De aanbodscurve van het landbouwproduct verschuift en bij een gelijkblijvende vraag zorgt dit voor een neerwaartse druk op de prijs. In het geval van GR soja worden nog andere marktevenwichten verstoord (Figuur 6). Stel dat enkel een biotechnologische innovatie in de sojaproductie wordt geïntroduceerd. De verhoogde rentabiliteit doet het areaal aan soja toenemen (van  $S_{soy}^0$  naar  $S_{soy}^1$ ), waardoor noodzakelijkerwijze dit van een ander landbouwproduct, stel in dit geval maïs, moet afnemen (van  $S_{corn}^0$  naar  $S_{corn}^1$ ). Daardoor daalt de prijs van soja (van  $P_{soy}^0$  naar  $P_{soy}^1$ ) en stijgt deze van maïs (van  $P_{corn}^0$  naar  $P_{corn}^1$ ). Door het verminderd gebruik van andere herbiciden in de sojaproductie daalt de vraag (van  $D_{herb}^0$  naar  $D_{herb}^1$ ) waardoor de prijs daalt (van  $P_{herb}^0$  naar  $P_{herb}^1$ ). *Een eerste belangrijke vaststelling is het feit dat door de verlaagde prijs voor andere herbiciden de productiekosten dalen voor alle landbouwers, of zij nu de biotechnologische innovatie adopteren of niet.* Door de verhoogde vraag naar glyfosaat, stijgt de glyfosaatprijs terwijl de vraag naar conventionele sojazaden en de zaadprijs dalen. Er is een nieuwe markt ontstaan, deze van GR sojabonen, en de vraagcurve zal bepaald worden door de micro-economische evenals alle voorgenoemde macro-economische effecten. De monopolist zal zijn prijs zo zetten dat de winst gemaximaliseerd wordt en bereikt op die manier een winst, namelijk de monopolierente (grijs vierkant) die hem toelaat de hoge R&D kosten terug te winnen en dividenden uit te betalen aan de aandeelhouders. *Een tweede belangrijke vaststelling is het feit dat de monopolist een deel van de totale baten van de innovatie absorbeert.*

Sinds het baanbrekend werk van Griliches (1957), is de methodologie om macro-economische effecten van innovatie in de landbouw te berekenen, voortdurend onderhevig geweest aan discussies, wijzigingen en verfijningen. Moschini en Lapan (1997) zijn de eerste die het conventioneel analysekader, tot dan toe samengevat door Alston, Norton en Pardey (1995), in vraag stellen door te stellen dat de veronderstelling van competitieve prijsvorming niet langer opgaat in het huidige systeem van landbouwinnovatie, waarbij de privé-sector hoe langer hoe meer betrokken geraakt. Falck-Zepeda et al. (1999) passen het door Moschini en Lapan voorgestelde denkkader toe op enkele commerciële transgene gewassen in de VS, waaronder GR soja. *Zij komen tot de conclusie dat ondanks de monopolierente, het grootste deel van de baten naar de boeren gaat, namelijk 50 à 59 %, terwijl de monopolist 22 à 23 % van de totale baten absorbeert.*

Het neerwaartse effect van technologische vooruitgang op de landbouwprijzen wordt in de literatuur dikwijls vergeleken met een draaiton, de zogenaamde “treadmill” van Cochrane (1958). De boer zit in een draaiton, als slachtoffer van de voortdurende technologische verandering. Als hij blijft stilstaan en niet meeloopt blijft de ton doordraaien en valt hij. En dit is ook wat we op macro-economisch vlak vaststellen. De vroege innovators absorberen het grootste deel van de baten, daar het geaggregeerde effect over de hele landbouwerspopulatie nog te verwaarloosbaar is om invloed uit te oefenen op de landbouwprijzen. Van zodra een groot deel van de bedrijven de innovatie invoert, doet de prijsdaling de micro-economische baten teniet.

Deze situatie is typisch voor industrielanden die gekenmerkt zijn door een inelastische vraag en een elastisch aanbod van landbouwproducten. De consumenten nemen het

grootste deel van de baten voor hun rekening via prijsdalingen. Nochtans komt de analyse van Falck-Zepeda et al. (1999) maar tot een bescheiden consumentenvoordeel, namelijk tussen 4 en 8 % van de totale baten van GR soja. Waarschijnlijk heeft dit te maken met het feit dat de technologie, door haar recente introductie nog in de adoptiefase zit. In ontwikkelingslanden hebben we een tegenovergestelde situatie. De elastische vraag en het inelastische aanbod maken dat de landbouwer typisch het grootste deel van de baten van een technologische vooruitgang opvangt.

Wat kunnen we verwachten voor Bt-maïs? Herinneren we ons dat in de VS vóór de adoptie van deze innovatie reeds weinig insecticiden gebruikt werden. Daarom zal deze technologische verandering in de VS weinig effect hebben op de pesticidenprijs. Daar in de EU het pesticidengebruik aanzienlijk hoger ligt, kunnen we een gelijkaardig scenario voor Bt-maïs verwachten als het scenario voor GR soja, weergegeven in Figuur 6. In dit geval gaat het om zes onderling verbonden markten, daar we met een substitutie-scenario te maken hebben, waarbij het pesticide geheel of gedeeltelijk vervangen wordt door de biotechnologische innovatie. We vervangen “herbiciden” door “insecticiden”, “sojabonen” door “maïs”, “GR” door “Bt”, we verwijderen de markt voor glyfosaat en we bekomen een macro-economisch beeld voor de introductie van Bt-maïs in de EU. Het beeld voor transgene gewassen die de verschillende eigenschappen tegelijkertijd in zich dragen, de zogenaamde “stacked varieties”, zal een combinatie zijn van de twee voorgaande scenario’s.

Ethische bezwaren tegen een ingrijpende technologie zoals biotechnologie zijn belangrijke aspecten in de evolutie van de landbouw in Europa, die door politici zeker

niet over het hoofd mogen worden gezien. Maar als we Tabel 3 mogen geloven, *zijn er eveneens ethische bedenkingen vereist bij de beslissing om een technologie te onderdrukken die het potentieel in zich heeft bij te dragen tot humanitaire baten* (Nelson et al., 1999). Via een simulatiemodel op het niveau van de wereldmarkt, hebben Frisvold et al. (2000) aangetoond dat, gegeven de huidige situatie van biotechnologieadoptie in de wereld, de VS door haar snelle reactie 60 % van de totale baten heeft geabsorbeerd. 24 tot 30 % ging naar andere industrielanden en 16 tot 22 % naar transitie- en ontwikkelingslanden. We zien de Europese Unie als het ware over kop gaan ( $\Delta PS = -103$  miljoen \$) in de treadmill van Cochrane, ditmaal zichtbaar op wereldschaal. Door het in voeging zijnde moratorium en het voortdurend uitstellen van beslissingen raakt de EU achterop en gaan een deel van de baten aan haar neus voorbij. De consumenten winnen eraan door wereldwijde prijsdalingen geïnduceerd door lagere prijzen in voornamelijk de VS, waardoor de totale netto welvaartsverandering positief uitdraait.

De resultaten in Tabel 3 stellen de impact voor gedurende één jaar in een éénmalige rendementstoename te wijten aan de invoering van biotechnologie in de landbouw. Frisvold et al. (2000) berekenen dit vervolgens voor permanente rendementsverhogingen op lange termijn, bij verschillende actualisatievoeten, waarbij de welvaartsverhoging nog aanzienlijk toeneemt. We zien dus dat bescheiden rendementsverschillen aanzienlijke baten en kosten met zich kunnen meebrengen. Het is dus steeds belangrijk het *aggregatieeffect* voor ogen te houden in wetenschappelijke discussies.

## Niet-markteffecten

Terwijl wetenschappelijke *ex-ante* studies die de micro- en macro-economische impact nagaan van biotechnologische innovaties in de landbouw in de EU nagenoeg onbestaande zijn, is er wel heel wat te doen om de externaliteiten of niet-markteffecten van deze technologie. Ook hier moeten we vaststellen dat er, deels door het jonge karakter van de technologie, weinig objectieve wetenschappelijke resultaten gepubliceerd zijn omtrent de schatting van deze economische effecten.

Naast de economische baten, zijn er reële risico's verbonden aan het eventueel resistent worden van insectenpopulaties, het verlies aan biodiversiteit (Knudsen and Scandizzo, 1999), wat een belangrijke economische kost voor de maatschappij zou betekenen. Een populaire visie is te stellen dat deze risico's niet geschat kunnen worden en bijgevolg genetisch gemanipuleerde organismen niet vrijgelaten mogen worden in het milieu. Dit standpunt veronderstelt echter impliciet dat de verwachte risico's hoger zijn dan de verwachte baten (Wessler, 1999). Een beslissing om de invoering van GGO's uit te stellen of te verwerpen ontloopt deze risico's, *maar evenzeer de potentiële baten die kunnen vrijkomen bij een onmiddellijke invoering ervan*. Het is duidelijk dat risico's en baten tegen elkaar moeten worden afgewogen. Dit leidt tot zogenaamde *bioeconomische modellen* (Hueth and Regev, 1974), (Hurley, Babcock and Hellmich, 1998; Hurley, Secchi and Hellmich, 1999; Babcock and Secchi, 1999; Secchi and Babcock, 1999; Hyde et al., 1999; Hyde et al., 1999) waarin de tradeoff wordt geëvalueerd tussen enerzijds de risico's en anderzijds de verhoogde productiviteit en verminderde milieulasten.

Deze modellen gaan voorlopig uitsluitend over Bt-maïs, daar de resistentieontwikkeling van de EMB tegen Bt als belangrijkste milieurisico wordt aanzien (Nelson et al., 1999). Grootschalige experimenten zijn momenteel aan de gang om deze risico's te vertalen in minimale vereisten voor refugezones. In de literatuur varieert deze uitkomst van 20 tot 40 %. Zij zal waarschijnlijk belangrijke consequenties hebben voor de landbouw in het algemeen en voor de potentiële aanvaarding van andere nieuwe biotechnologieën. Over de potentiële kosten en baten van GR soja op het milieu bestaat momenteel nog weinig literatuur. Daarom beperken we ons in Tabel 4 tot een opsomming van de externaliteiten die in de literatuur beschreven worden (Nelson et al., 1999). De niet-markteffecten in het vet betekenen een baat, de anderen een kost voor het milieu. Carpenter en Gianessi (1999) voegen nog een positieve externaliteit voor het milieu toe. Door de overschakeling naar GR soja in de VS wordt de reeds aanwezige evolutie van “pre-emergence” naar “post-emergence” herbiciden versterkt. Post-emergence herbiciden zoals glyfosaat stapelen zich minder op in de bodem. Bovendien zijn minder passages nodig in het veld en minder machines waardoor minder brandstof verbruikt wordt. Deze herbiciden passen ook perfect in het kader van een bodemconserverende landbouw (no-tillage). Deze elementen zorgen voor een lagere bodemcompactatie.

#### *Vergelijking tussen gangbare en biologische landbouw*

De micro-economische vergelijking van de biologische ten opzichte van de gangbare landbouw leert ons dat beide productiesystemen tot een vergelijkbare rentabiliteit komen. De verschillen zijn echter groot binnen de steekproef, tussen landen en tussen bedrijfstypen. De economische leefbaarheid van deze bedrijven is duidelijk afhankelijk van ondersteunende maatregelen, alsook van het bestaan van een

aangepaste marketingstructuur voor biologische producten. Voor gespecialiseerde bedrijven is de overschakeling momenteel niet rendabel, te wijten aan de aanzienlijke herstructureringskosten die dit met zich zou meebrengen. Samen met de hoge grondprijzen is dit de reden dat biologische landbouw voorlopig nog grotendeels zal uitblijven in Vlaanderen, tenminste voor gespecialiseerde bedrijven.

De werkloosheid is hoog in de EU. We zagen dat biologische landbouw gemiddeld 10 à 20 % meer arbeidskrachten vraagt. Offerman en Nieberg (2000) aggregeren dit effect en berekenen dat 18.000 meer mensen, of 0,3 % van de totale populatie tewerkgesteld in de landbouw, zouden kunnen tewerkgesteld worden als enkel 1,3 % van het Europees landbouwareaal in biologische landbouw zou omgezet worden.

Moet de biologische landbouw nu gestimuleerd worden via overheidssubsidies? Dit zou alleszins de relatieve rentabiliteit aanzienlijk verhogen evenals het aantal overschakelende boeren, maar is er dan geen gevaar dat we op die manier de “treadmill” van Cochrane eigenhandig in gang zetten? Overheidssubsidies doen het aanbod van biologische producten verhogen, gepaard gaande met sterke prijsdalingen. Sommige auteurs vrezen zelfs voor een negatief netto effect, te wijten aan het feit dat de neerwaartse druk op de prijzen bij een inelastische vraag de subsidies meer dan volledig zou tenietdoen (Hamm, 1997, geciteerd door Offerman en Nieberg, 2000). Laat ons tenslotte niet vergeten dat de biologische landbouw, ondanks haar recente expansie, voorlopig een nichemarkt<sup>4</sup> is, waar het gevaar op overproductie zeer reëel is. Anderen zien deze aanbodstijging eerder als een noodzakelijke voorwaarde voor efficiënte verwerking en marketing en het kan eventueel een vraag creëren.

Maar zolang de treadmill niet in werking treedt, zal het grootste deel van de baten gaan naar de producenten van biologische bedrijven waarvan de relatieve rentabiliteit hoger is dan die van conventionele bedrijven. Daardoor zouden de marginale landbouwgebieden wel eens een sterke heropleving kunnen kennen. Vermits we te maken hebben met een productinnovatie kunnen we niet spreken van een verandering in consumentensurplus. Er ontstaat een nieuwe markt met een nieuwe vraag en aanbod. Overheidssubsidies ter ondersteuning van de biologische landbouw zullen de consumenten alleszins ten goede komen. In industrielanden gekenmerkt door een inelastische vraag en een elastisch aanbod van landbouwproducten gaat immers het grootste deel van de voordelen van kostenvermindering in de landbouw naar de consumenten. Maar laat ons vooral het milieu niet als medespeler vergeten. Stolze et al. (2000) gebruiken, in hun boek dat nog moet verschijnen, een reeks indicatoren, gaande van klimaat en ecosysteem tot dierenwelzijn en voedselkwaliteit, om de milieu-externaliteiten van biologische versus gangbare landbouw te schatten en te vergelijken. Zij delen ons alvast mee dat de bijdrage van biologische landbouw tot het milieu positief is. Een negatief punt is natuurlijk het feit dat de biologische landbouw plaatsconsumerend is (Tabel 2), waardoor minder ruimte overblijft voor natuurgebieden en recreatie.

Hoe zit het met de overheid? Stijgen of dalen de overheidsuitgaven door de invoering van biologische landbouw? Een stijging in het aanbod van biologische producten betekent, indien het totaal landbouwareaal niet vergroot wordt, een daling van de totale landbouwproductie, te wijten aan de lagere fysische opbrengsten per eenheid oppervlakte. Zanolli en Gambelli (1999) vertrekken van dit uitgangspunt en berekenen voor de huidige situatie in de EU hoeveel hoger de totale



landbouwproductie zou zijn geweest indien er geen biologische landbouw zou voorkomen. De totale overheidsuitgaven voor prijsondersteuning zou in dat geval 93,4 miljoen Euro hoger geweest zijn terwijl de overheidssteun voor biologische landbouw 198 miljoen Euro bedroeg in 1996, met andere woorden *46 % van de financiële kosten ter ondersteuning van de biologische landbouw zijn op die manier teruggewonnen geworden, namelijk via besparingen op de totale overheidsuitgaven voor prijsondersteuning in de gangbare landbouw.*

## **Conclusies**

Naast de groeiende betrokkenheid van de privé-sector in het systeem van landbouwinnovatie en het toenemende belang van de consumentenacceptatie ten opzichte van de introductie van nieuwe landbouwtechnologieën, betekent de eerste golf van biotechnologische toepassingen niets meer dan een voortzetting van de reeds aanwezige trends, typerend voor de tweede landbouwrevolutie van de Moderne Tijd. Bestaande chemische technologieën worden aangevuld met of vervangen door biotechnologische technologieën. De tweede golf belooft een grondige wijziging van het klassieke paradigma, door sommige auteurs bestempeld als de derde landbouwrevolutie van de Moderne Tijd. Kwaliteit, toegevoegde waarde en productinnovatie zouden de rol van de landbouw als commerciële sector sterk kunnen veranderen. In de schaduw van deze ontwikkelingen duikt echter een tegenreactie op. Negatieve milieu-externaliteiten, recente voedselcrisissen en het consumentenverzet tegen genetisch gemodificeerde organismen stimuleren de opkomst van de biologische landbouw.

Micro-economisch gezien zijn de financiële baten door de invoering van de huidige biotechnologische toepassingen in de landbouw niet spectaculair. Dit is te begrijpen, daar het slechts gaat om een verfijning van de conventionele technologieën binnen het kader van de tweede landbouwrevolutie en gezien de hoge technology fees. De monopoliepositie van de inputleverende industrie maakt dat de technology fee wordt geprijsd in functie van de monopoliewinst en niet in functie van de adoptiegraad. Toch zijn er een aantal belangrijke doch moeilijk te meten baten zoals gebruiksgemak, risicovermindering, flexibiliteit en lagere managementkosten die aan de analyse ontsnappen. De totale micro-economische baten zijn dus niet

verwaarloosbaar, gezien de snelle diffusie van deze innovaties in de VS. Ondanks de lagere rendementen, schijnt de biologische landbouw qua rentabiliteit een vergelijkbaar alternatief te vormen voor de gangbare.

Ondanks de relatief kleine financiële micro-economische baten, zijn de macro-economische effecten van de invoering van biotechnologie in de landbouw, na aggregatie, aanzienlijk. Afhankelijk van product tot product kan het zijn dat de productiekosten op lange termijn dalen voor alle landbouwers, of zij de technologie adopteren of niet. Een deel van de baten gaat uiteraard naar de monopolist, doch dit overschrijdt het producentenvoordeel niet. Op lange termijn verwachten we dat deze baten volledig zullen doorvloeien naar de consumenten door het treadmill-effect. De baten op wereldschaal zijn vandaag reeds aanzienlijk. Door haar snelle reactie heeft de VS 60 % van de totale baten geabsorbeerd, terwijl de kosten voor Europa, namelijk het negatieve producentensurplus en de baten waaraan zij verzaakt, oplopen. De totale baten voor de EU zullen hoe dan ook lager zijn gezien het tragere adoptieproces van biotechnologische innovaties in vergelijking met de VS (Nelson et al., 1999). Het risico van resistentieontwikkeling van de Europese maïsboorder tegen Bt wordt momenteel als belangrijkste negatieve milieu-externaliteit aanzien. Maar ondanks dit zijn de positieve milieu-externaliteiten noemenswaardig, voornamelijk teweeggebracht door een vermindering in het pesticidengebruik. Op die manier kan de biotechnologische landbouw dus bijdragen tot een milieuvriendelijkere en duurzamere landbouw (Beerlandt and Driesen, 1994).

De biologische landbouw brengt enkele alternatieve macro-economische baten aan. De biologische producenten met een hoge relatieve rentabiliteit absorberen daar een

deel van. De consumenten zullen er enkel aan winnen indien in deze sector een treadmill-effect optreedt. Bovendien zal een groot deel van de baten naar het milieu gaan. Tenslotte blijkt specifiek voor de EU, dat de invoering van de biologische landbouw leidt tot een jaarlijkse kostenbesparing van 46 % van de financiële kosten ter ondersteuning van de biologische landbouw.

De toekomst van de biologische landbouw zal afhangen van haar relatieve rentabiliteit ten opzichte van die van de conventionele landbouw. Daar een aantal belangrijke determinanten van deze rentabiliteit gaan veranderen in de toekomst, is het moeilijk de toekomsttrend te voorspellen op basis van de huidige situatie. Een van de determinanten is de prijs. Of het treadmill-effect zal spelen dan wel een aanbodgeïnduceerde verbetering van de marketing en verwerking en verhoging van de vraag, is moeilijk te voorspellen. Een tweede determinant is de evolutie van de overheidssteun binnen het kader van de EU richtlijn 2078/92. Tenslotte zal de relatieve rentabiliteit ook sterk afhangen van de technologische ontwikkelingen. Als biologische landbouw belangrijker wordt, kunnen we verwachten dat ook technologische innovaties niet zullen uitblijven voor deze sector. Het verleden heeft ons herhaaldelijk geleerd welke positieve impact landbouwkundig onderzoek heeft op de productiviteit van de landbouw.

De relatieve rentabiliteit van de biologische landbouw zal ook afhangen van de micro-economische effecten van de biotechnologie, die niet verwaarloosbaar blijken te zijn. Misschien zal het consumentenverzet tegen deze laatste technologie een extra duw in de rug zijn voor de vraag naar biologische producten. Indien dit het geval is, moeten we ons toch de vraag stellen in hoeverre deze vraagschok duurzaam en geen tijdelijk

fenomeen is, namelijk als reactie op de recente voedselcrisis (BSE, dioxinecrisis). In elk geval is de sector sterk aan het expanderen. Volgens Agra Europe zou hij van 2 % van het beschikbare landbouwareaal in 1998 evolueren naar 10 % in 2005 en 30 % in 2010 en dus van nichemarkt uitgroeien tot hoofdstroom. Op korte en middellange termijn zou eerder een aanboddeficit het probleem vormen in plaats van een vraagtekort. Vermits andere milieuvriendelijke en duurzame vormen van landbouw concurrentie zouden kunnen betekenen, is het gevaarlijk te veronderstellen dat er altijd prijspremiums zullen blijven bestaan, alhoewel deze waarschijnlijk nog lang zullen blijven voortduren (Agra Europe, 1999).

Maar stel hypothetisch dat de eerste golf van biotechnologische toepassingen het consumentenverzet overleeft en de tweede golf eraan komt. Tot nu toe zag de consument geen direct voordeel in de producten van de eerste golf. De producten van de tweede golf die daarentegen duidelijke fysisch of sensorisch waarneembare voordelen te bieden hebben, zouden in competitie kunnen treden met de biologisch geteelde producten, waarbij deze voordelen veel minder opvallend zijn. Misschien blijft het consumentenverzet in een deel van de bevolking actief. Dan hoeven biotechnologische en biologische landbouw niet noodzakelijk in competitie te treden. De consument betaalt bewust een meerprijs voor biologische producten die hij beschouwt als “andere producten”. De complementariteit tussen de biotechnologische en de biologische landbouw zou op die manier voor een hoge toegevoegde waarde kunnen zorgen over het totale landbouwareaal, de marginale gronden gericht op de biologische landbouw en de gunstige gronden waar een productieve biotechnologische landbouw plaatsvindt.

Terwijl de tweede groene revolutie weliswaar tot belangrijke productietoenames in Azië tijdens de jaren '60 en '70 leidde, had deze ook nefaste externe milieu-effecten. Als de biotechnologie haar beloftes houdt, zou ons misschien een derde dubbel<sup>5</sup> groene revolutie (GGR III in Figuur 1) te wachten staan? Binnen het kader van de tweede landbouwrevolutie is zij namelijk de eerste technologie die beide golven, namelijk productiviteit en milieubehoud tracht te verzoenen. Een technologie die dit potentieel in zich draagt onderdrukken, moet ongetwijfeld ethische bezwaren oproepen.

**Tabel 1: Theoretisch micro-economisch productiemodel voor het gebruik van pesticiden**

Variabele	Symbool en relatie
Pesticidengebruik (kg/ha)	X
Fysische Productie zonder pestdruk (kg/ha)	$Y^{\circ}$
Waarde productie zonder pestdruk (BF/ha)	$Q^{\circ} = Y^{\circ} * P$
Variabele pesticidenkost (BF/ha)	$c(X)$
Vermeden productieverlies bij chemische gewasbescherming = productiefunctie (BF/ha)	$Q^{\circ} - Q_{ch}(X,n)$
Productieverlies ondanks chemische gewasbescherming (BF/ha)	$Q_{ch}(X,n)$
Totale chemische gewasbeschermingskost (BF/ha)	$C_{ch}(X) = Q_{ch}(X,n) + c(X)$
Vaste pesticidenkost = meerkost voor Bt-maïs (BF/ha)	C
Totale pesticidenkost bij biotechnologische gewasbescherming (BF/ha)	$C_{pest}(X) = C + c(X)$
Vermeden productieverlies bij biotechnologische gewasbescherming = productiefunctie (BF/ha)	$Q^{\circ} - Q_{bt}(X,n)$
Productieverlies bij biotechnologische gewasbescherming (BF/ha)	$Q_{bt}(X) = (1-a)*Q_{ch}(X)$
Totale biotechnologische gewasbeschermingskost (BF/ha)	$C_{bt}(X) = C_{pest}(X) + Q_{bt}(X)$
Outputprijs (BF/kg)	P
Proportionele afname productieverlies door invoering Bt-maïs	a
Pesticidenprijs (BF/kg)	w
Technology fee + prijspremie Bt-maïs (BF/ha)	C
Initiële insectenpopulatie	n

Bron: eigen afleiding gebaseerd op Waibel et al. (1999)

**Tabel 2: Micro-economische vergelijking tussen gangbare en biologische productiesystemen**

	LU	FR	GB	DK	DE	CH	FI	NL	AT	IT
Opp.	71	89	90	106	109	118	118	124	140	277
VAK	125	125	.	105	102-118	110-132	89	157	91	.
VB	.	.	74	76	62	88	82	70	71	.
$\eta$	Over het algemeen lager, afhankelijk van het product, cerealen 60 à 70 %, oliezaden 80 %									
$\eta$ melk	80	78	97	92-98	79-95	89	90-94	93-96	.	92-107
Prijs	Zeer variabel, afhankelijk van land, product en marketingkanaal, minder variabel voor vee									
VC	.	.	58	72	59	67	.	95	.	64
FC	.	.	85	121	99	103	.	143	.	145
TC	.	.	76	102	82	92	81	121	.	97
w	.	.	88	206	173	.	115	391	.	.
Depr.	.	.	147	.	89	119	.	131	.	.
Rel. Rent.	Vergelijkbaar, binnen $\pm 20\%$ , zeer variabel tussen landen, akkerbouw opmerkelijk hoog, relatieve rentabiliteit is in het algemeen hoger per FAK dan per ha door het hoge gebruik loonarbeid									

VAK: volwaardige arbeidskrachten VC: variabele kost

w: loon aan loonarbeiders

VB: veebezetting

FC: vaste kost

Depr.: depreciatie gebouwen

$\eta$ : rendement

TC: totale kost

Rel. Rent.: relatieve rentabiliteit

Bron: Offerman en Nieberg (2000)

FAK: familiale arbeidskrachten

**Tabel 3: Welvaartseffecten van biotechnologische innovaties in de gewasbescherming (10<sup>6</sup> USD)**

Regio	Verandering in:				
	Producenten-surplus (PS)	Consumenten-surplus (CS)	Overheids-betalingen	Quota renten	Netto welvaart
<b>Industrielanden</b>	9	511	25	1	496
Verenigde Staten	162	223	33	0	352
Canada	-17	18	-1	0	2
Europese Unie	-103	180	-7	0	84
Rest West-Europa	-10	16	0	0	6
Japan	-9	66	0	1	58
Australië en Nieuw-Zeeland	-14	8	0	0	-6
<b>Ontwikkelings- en transitielanden<sup>a</sup></b>	-356	443	7	14	94
China en transitielanden	-171	210	2	8	45
Ontwikkelende landbouwexporterende landen <sup>b</sup>	-61	62	2	-17	-18
Ontwikkelende Aziatische importeurs <sup>c</sup>	-5	14	0	11	20
Rest van de wereld	-119	157	3	12	47
<b>Totaal wereld</b>	<b>-347</b>	<b>954</b>	<b>32</b>	<b>15</b>	<b>590</b>

a: voormalige Sovjet-Unie en Oost-Europa

b: Argentinië, Brazilië, Indonesië, de Filipijnen en Thailand

c: Hongkong, Macao, Zuid-Korea en Taiwan

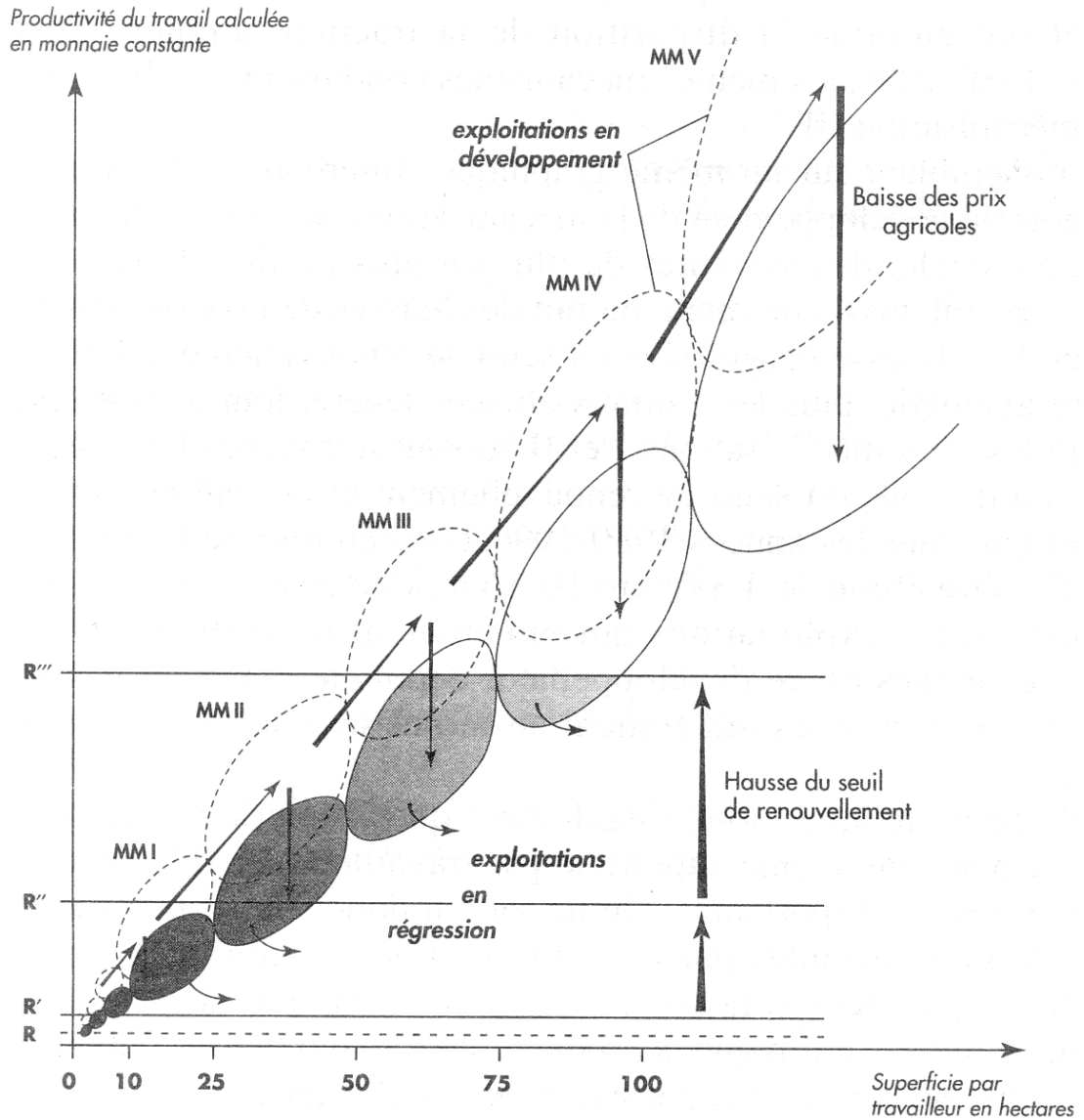
Bron: Simulatie-experiment met het SWOPSIM world agricultural trade model van het USDA, met volgende rendementsverhogingen in de gewasbescherming van de VS: tarwe (0,66 %), maïs (0,77 %), ruw graan (0,57 %), soja (0,60 %) en katoen (1,12 %) (Frisvold, Sullivan and Ranases, 2000)

**Tabel 4: Potentiële milieu-externaliteiten door de invoering van Bt-maïs en GR soja in de EU**

Externaliteit	Bt-maïs	GR soja
Menselijke toxiciteit	Geen via huidige Bt toxinen <b>Mogelijke reductie in aflatoxine door verminderde beschadiging aan de gewassen</b>	Geen gekend
Allergische interacties	Onwaarschijnlijk voor huidige Bt toxinen; iets meer waarschijnlijk voor de antibiotische resistentiemerker Cry9	Geen gekend
Onkruidaccumulatie	Nee	Kleine kans via zaadverlies
Genetische drift	In streek van oorsprong zijn kruisingen mogelijk door open bestuiving	In streek van oorsprong, doch kruisingen zijn onwaarschijnlijk door de aard van de bestuiving
Resistentie	Ja; bij doel- en niet-doel insecten	Ja in sommige onkruiden; trage ontwikkeling
Verandering pesticidengebruik	<b>Vermindering (belangrijker in de EU dan in de VS)</b>	Substitutie van andere herbiciden door glyfosaat; <b>waarschijnlijk verminderd totaal herbicide-gebruik</b>
Niet-doel insecten	Andere <i>Lepidoptera</i> , zoals de monarchvlinder; species die zich voeden met doelinsecten	Geen door GGO's; mogelijk door de verhoging van glyfosaatgebruik; <b>vermindering door afname gebruik andere herbiciden</b>

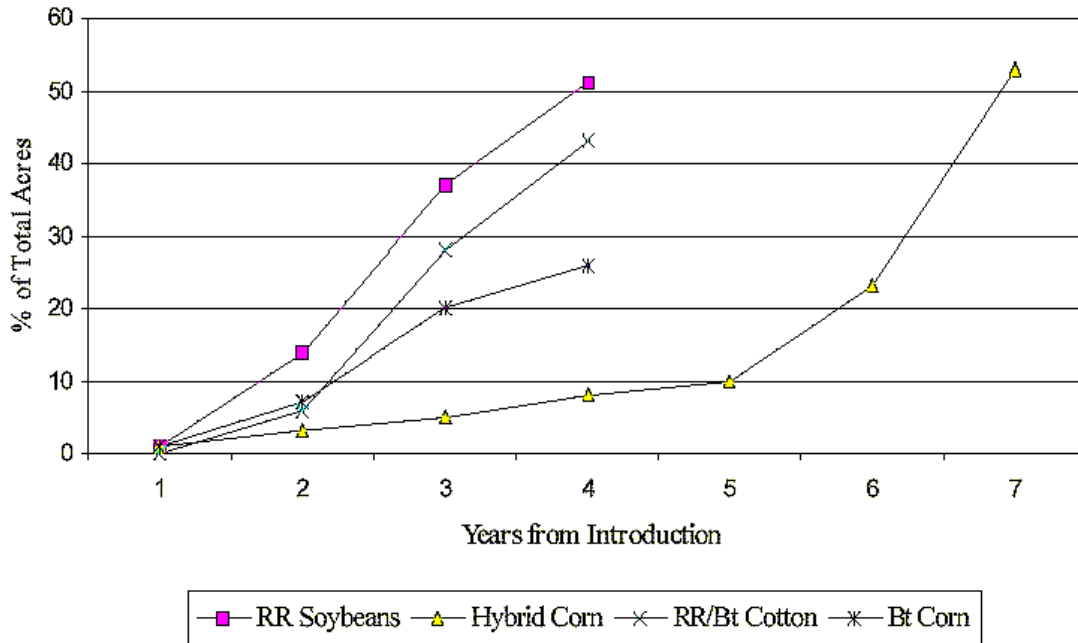
Bron: Nelson et al. (1999)



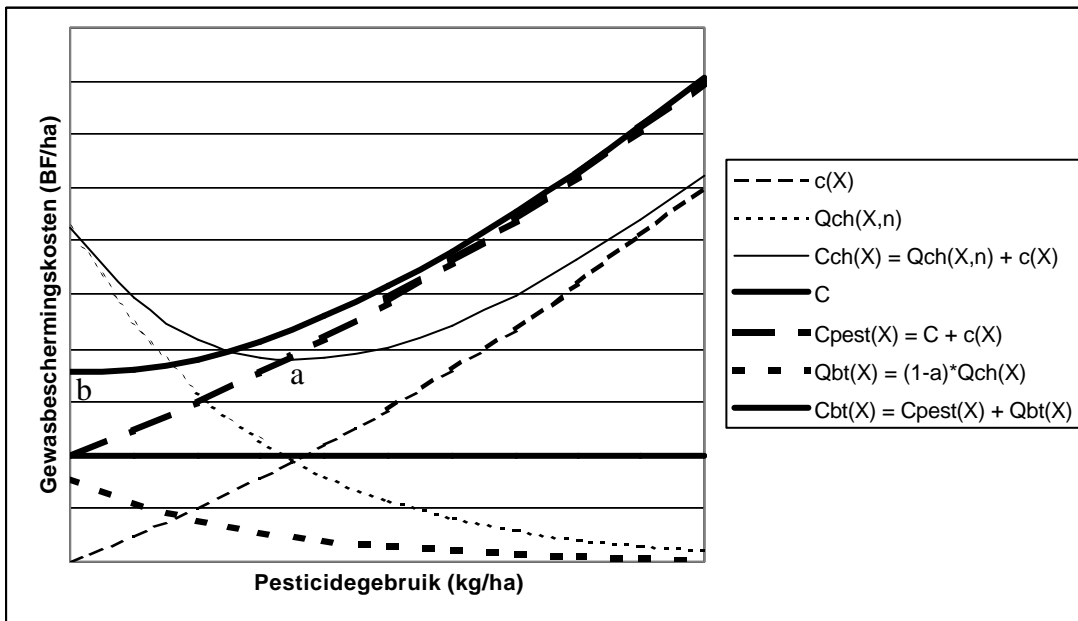


Tijd	1900	'30	1960	1973	1980	1990	1995	2000	2010
	-----LR II-----								
	GR I		GR II			GGR III ?			
	-----PRODUCTIVITEITSGOLF-----								
	MILIEUGOLF I					MILIEUGOLF II			
	PUBLIEKE R&D -----								
	PRIVE R&D -----								
	CONSUMENTENACCEPTATIE								
	BIOLOGISCHE LANDBOUW								
	LR III ?								

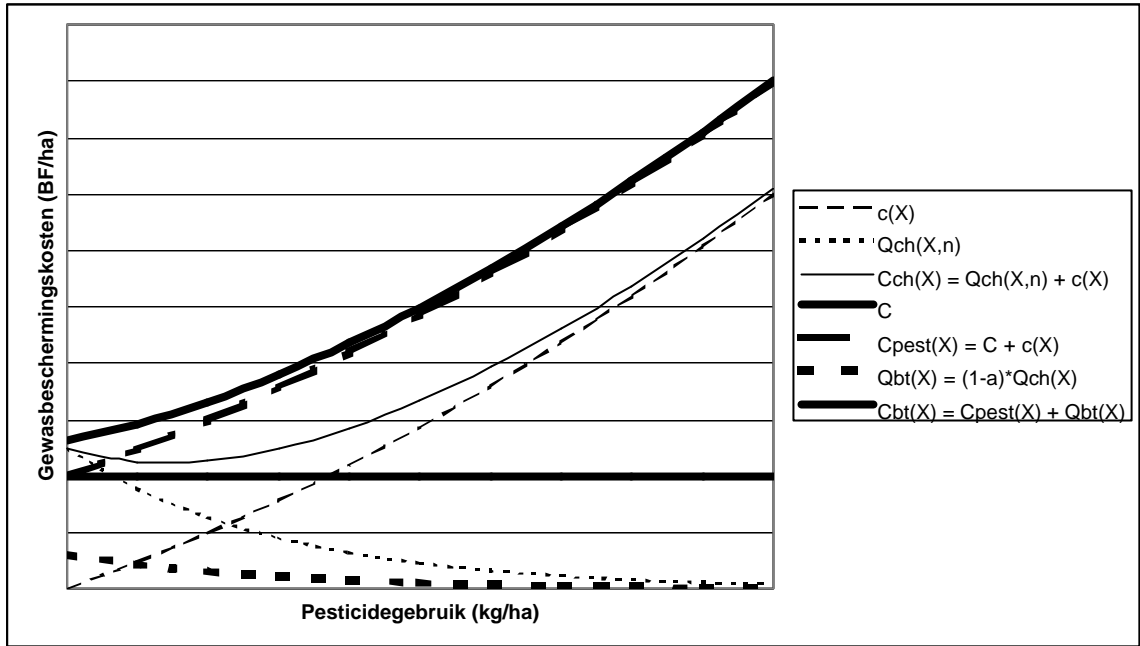
**Figuur 1: De tweede landbouwrevolutie van de Moderne Tijd schematisch voorgesteld (Hayami and Ruttan, 1985; Mazoyer and Roudart, 1997; Alston, Pardey and Smith, 1999; Nelson et al., 1999)**



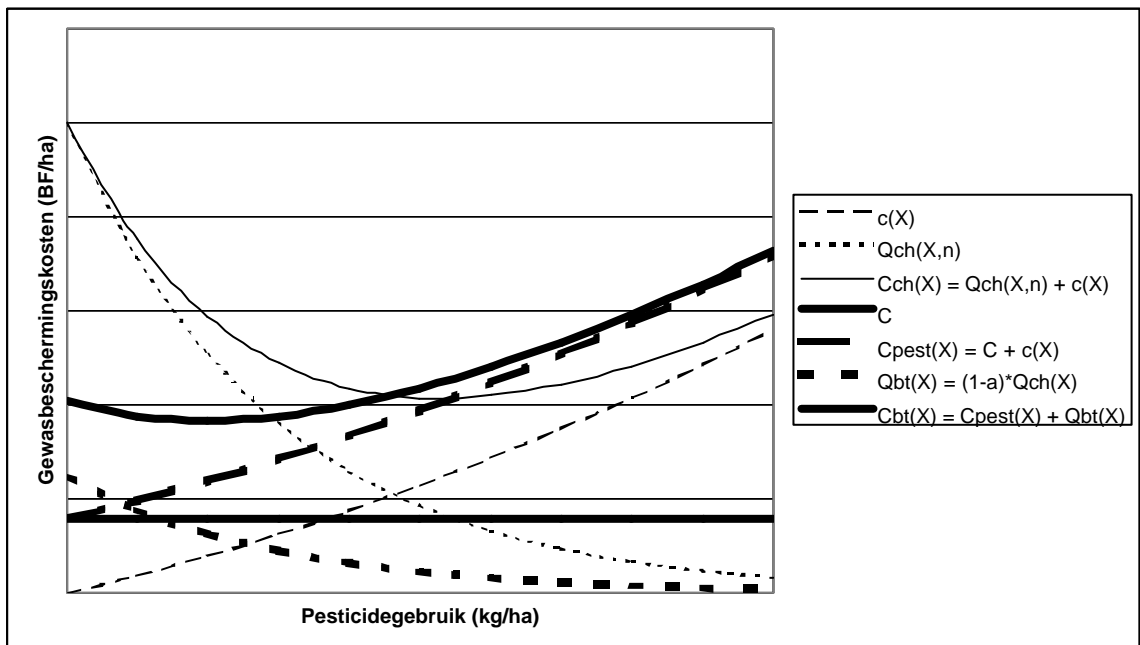
**Figuur 2: Landbouwinnovaties en diffusiesnelheid: hybride maïs en biotechnologie (Kalaitzandonakes, 1999)**



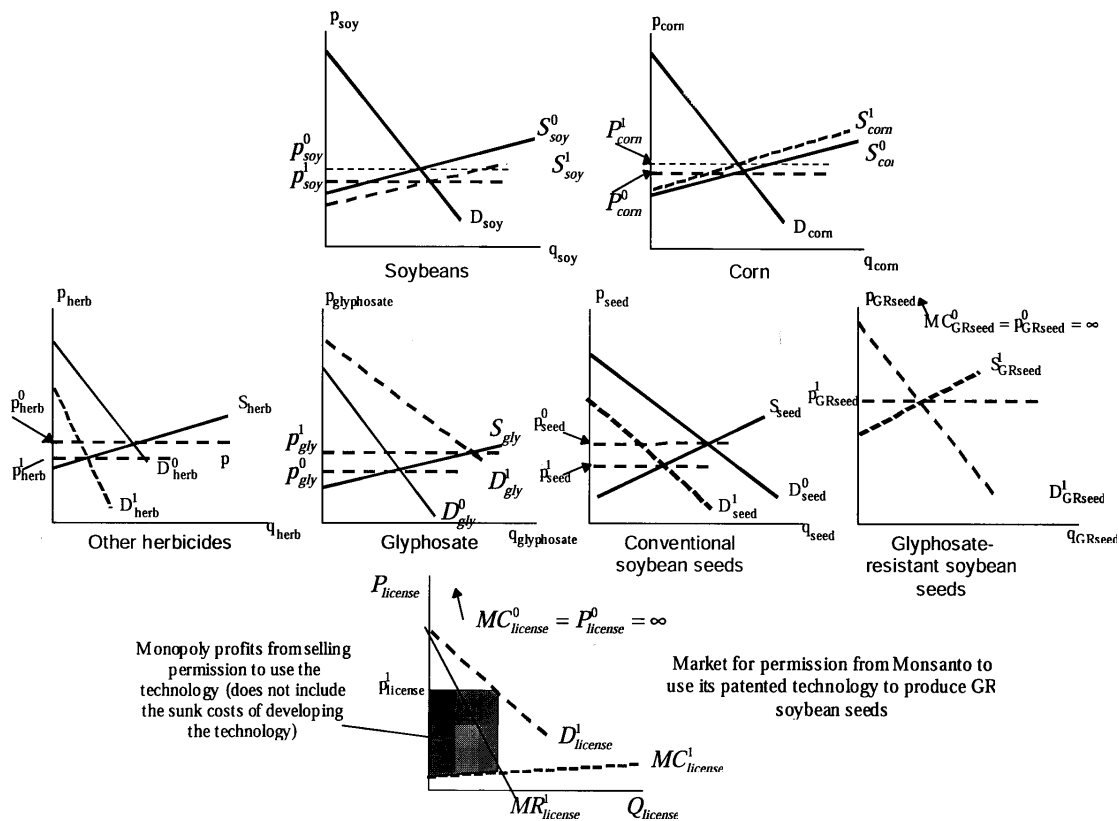
**Figuur 3: Gewasbeschermingskosten in een referentiesituatie**



**Figuur 4: Gewasbeschermingskosten in een situatie met een lage initiële insectenpopulatie**



**Figuur 5: Gewasbeschermingskosten in een situatie met een hoge initiële insectenpopulatie**



**Figuur 6: Zeven onderling verbonden markten bij de adoptie van GR soja (Nelson et al., 1999)**

## Literatuurlijst

- Agra Europe, *EurOrganics '99 Conference: Niche to Mainstream for Organic Farming*, vol. 1877, 26-11-1999
- Alston, J. M., Norton, G. W. and Pardey, P. G., *Science Under Scarcity: Principles and Practice of Agricultural Research Evaluation and Priority Setting*, Cornell University Press, Ithaca NY, 1995.
- Alston, J. M., Pardey, P. G. and Smith, V. H., *Paying for Agricultural Productivity*, The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1999, 315 p.
- Babcock, B. A. and Secchi, S., *Managing Pest Resistance: the Potential of Crop Rotations and Shredding*, Conference Proceeding, AAEA Annual Meeting, Nashville, Tennessee, August 8-11, 1999, <http://agecon.lib.umn.edu/aea99/sp99ba01.pdf>, 13 p.
- Berlandt, H. and Driesen, L., *Biotechnologie en duurzame landbouw*, Universitaire Pers Leuven, 1994, 211 p.
- Carpenter, J. E. and L. P. Gianessi, *Herbicide Tolerant Soybeans: Why Growers Are Adopting Roundup Ready Varieties*, AgBioForum, <http://www.agbioforum.org>, 1999, pp. 65-72.
- Coaldrake, K. and T. Thomas, *Trait Enthusiasm Does Not Guarantee On-Farm Profits*, AgBioForum, <http://www.agbioforum.org>, 1999, pp. 118-125.
- Cochrane, W. W., *Farm Prices: Myth and Reality*, University of Minnesota Press, Minneapolis, 1958.

Conway, G., *The Doubly Green Revolution: Food for All in the 21st Century*, Cornell university Press, Ithaca, 1999.

Demont, M. and Tollens, E., *Micro- and Macro-economic Analysis of the Economic Benefits and Costs of Biotechnology Applications in EU Agriculture - Calculation of the Effects on Producers, Consumers and Governments and Development of a Simulation Model: Inception Report*, Working Paper, n° 1, Department of Agricultural and Environmental Economics K.U.Leuven & VIB, Leuven, 1999, 50 p.

Echeverria, R. G., *Assessing the Impact of Agricultural Research*, In: Echeverria, R. G., eds., *Assessing the Impact of Agricultural Research*, vol. II, *Methods for Diagnosing Research System Constraints and Assessing the Impact of Agricultural Research*, ISNAR, The Hague, 1990, pp. 1-31.

Falck-Zepeda, J. B., Traxler, G. and Nelson, R. G., *Rent Creation and Distribution From Biotechnology Innovations: The Case of Bt Cotton and Herbicide-Tolerant Soybeans*, Conference Proceeding, *Transitions in Agricultural Biotechnology: Economics of Strategy and Policy*, Washington DC, June 24-25, 1999, 22 p.

Fernandez-Cornejo, J., Klotz-Ingram, C. and Jans, S., *Farm-Level Effects of Adopting Genetically Engineered Crops in the U.S.A.*, Conference Proceeding, *Transitions in Agricultural Biotechnology: Economics of Strategy and Policy*, Washington DC, June 24-25, 1999, 26 p.

Foster, C. and Lampkin, N., *European Organic Production Statistics: 1993 - 1996*, vol. 3, *Organic Farming in Europe: Economics and Policy Series*, Universität

- Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Stuttgart, 1999, 67 p.
- Frisvold, G., J. Sullivan and A. Ranases, *Who Gains from Genetic Improvements in U.S. Crops?*, AgBioForum, <http://www.agbioforum.org>, 2000, pp. 226-235.
- Gianessi, L. P. and Carpenter, J. E., *Agricultural Biotechnology: Insect Control Benefits*, <http://www.bio.org/food&ag/ncfap.htm>, National Center for Food and Agricultural Policy (NCFAP), Washington, 1999, 101 p.
- Griliches, Z., *Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change*, *Econometrica*, 25(1957), pp. 501-522.
- Hayami, Y. and Ruttan, V. W., *Agricultural Development: An International Perspective (revised edition)*, John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1985, 506 p.
- Hillyer, G., *Biotechnology Offers U.S. Farmers Promises And Problems*, AgBioForum, <http://www.agbioforum.org>, 1999, pp. 99-102.
- Hubbell, B. J., M. C. Marra and G. A. Carlson, *Estimating the Demand for a New Technology: Bt Cotton and insecticide Policies*, *American Journal of Agricultural Economics*, 82(February 2000), pp. 118-132.
- Hueth, D. L. and U. Regev, *Optimal Agricultural Pest Management with Increasing Pest Resistance*, *American Journal of Agricultural Economics*, 56(August 1974), pp. 543-552.
- Hurley, T. M., Babcock, B. A. and Hellmich, R. L., *Biotechnology and Pest Resistance: An Economic Assessment of Refuges*, Conference Proceeding,

AAEA Annual Meeting, Salt Lake City, Utah, April, 1998, <http://agecon.lib.umn.edu/aaea98/sphurl01.pdf>, 16 p.

Hurley, T. M., Secchi, S. and Hellmich, R. L., *Managing the Risk of European Corn Borer Resistance to Transgenic Corn: An Assessment of Controversial Refuge Recommendations*, Conference Proceeding, AAEA Annual Meeting, Nashville, Tennessee, August 8-11, 1999, <http://agecon.lib.umn.edu/aaea99/sp99hu04.pdf>, 16 p.

Hyde, J., Martin, M. A., Preckel, P. V., Dobbins, C. L. and Edwards, C. R., *The Economics of Refuge Design for Bt Corn*, Conference Proceeding, AAEA Annual Meeting, Nashville, Tennessee, August 8-11, 1999, <http://agecon.lib.umn.edu/aaea99/sp99hy02.pdf>, 15 p.

Hyde, J., M. A. Martin, P. V. Preckel and C. R. Edwards, *The Economics of Bt Corn: Valuing Protection from the European Corn Borer*, *Review of Agricultural Economics*, 21(1999), pp. 442-454.

Just, R. E. and D. L. Hueth, *Multimarket Exploitation: The Case of Biotechnology and Chemicals*, *American Journal of Agricultural Economics*, 75(November 1993), pp. 936-945.

Kalaitzandonakes, N. G., *A Farm Level Perspective On Agrobiotechnology: How Much Value And For Whom?*, *AgBioForum*, <http://www.agbioforum.org> 1999, pp. 61-64.

Klotz-Ingram, C. and W. D. McBride, *Farm-Level Production Effects Related To The Adoption Of Genetically Modified Cotton For Pest Management*, *AgBioForum*, <http://www.agbioforum.org> 1999, pp. 73-84.



- Knudsen, O. K. and Scandizzo, P. L., *The Cost-Benefit Analysis of Biotechnology Projects*, Conference Proceeding, International Consortium on Agricultural Biotechnology Research (ICABR), CEIS - Tor Vergata University, Rome, June 17-19, 1999, 17 p.
- Lampkin, N., Foster, C. and Padel, S., *The Policy and Regulatory Environment for Organic Farming in Europe: Country Reports*, vol. 2, Organic Farming in Europe: Economics and Policy Series, Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Stuttgart, 1999, 428 p.
- Lampkin, N., Foster, C., Padel, S. and Midmore, P., *The Policy and Regulatory Environment for Organic Farming in Europe*, vol. 1, Organic Farming in Europe: Economics and Policy Series, Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Stuttgart, 1999, 166 p.
- Marra, M. C., Carlson, G. A. and Hubbell, B. J., *Economic Impacts of the First Crop Biotechnologies*, <http://www.ag-econ.ncsu.edu/faculty/marra/online.html>, North Carolina Agricultural Research Service, University of Georgia Agricultural Experiment Station, USDA Southern Region Pesticide Impact Assessment Program.
- Mazoyer, M. and Roudart, L., *Histoire des agricultures du monde: du néolithique à la crise contemporaine*, Seuil, Paris, 1997, 535 p.
- McBride, W. D. and Books, N., *Survey Evidence on Producer Use and Costs of Genetically Modified Seed*, Conference Proceeding, Transitions in Agricultural Biotechnology: Economics of Strategy and Policy, Washington DC, June 24-25, 1999, 25 p.

Michelsen, J., Hamm, U., Wynen, E. and Roth, E., *The European Market for Organic Products: Growth and Development*, vol. 7, Organic Farming in Europe: Economics and Policy Series, Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Stuttgart, 1999.

Moschini, G. and H. Lapan, *Intellectual Property Rights and the Welfare Effects of Agricultural R&D*, American Journal of Agricultural Economics, 79(1997), pp. 1229-1242.

Moschini, G., Lapan, H. and Sobolevsky, A., *Trading Technology As Well As Final Products: Roundup Ready (R) Soybeans and Welfare Effects In the Soybean Complex*, Conference Proceeding, International Consortium on Agricultural Biotechnology Research (ICABR), CEIS - Tor Vergata University, Rome, June 17-19, 1999, <http://www.econ.iastate.edu/faculty/moschini/RR-soya-SP324.pdf>, 27 p.

Nelson, G. C., De Pinto, A., Bullock, D. S., Nitsi, E. I., Rosegrant, M., Josling, T., Babinard, J., Cunningham, C., Unnevehr, L. J. and Hill, L. D., *The Economics and Politics of Genetically Modified Organisms in Agriculture: Implications for WTO 2000*, Bulletin, n° 809, <http://web.aces.uiuc.edu/wf/GMO/GMO.pdf>, University of Illinois Board of Trustees, 1999, 119 p.

Nelson, R. R., *The Simple Economics of Basic Scientific Research*, In: Mansfield, E. and Mansfield, E., eds., *The Economics of Technical Change*, Elgar Reference Collection, International Library of Critical Writings in Economics, Volume 31, Elgar, distributed in the U.S. by Ashgate, Brookfield, Vt., Aldershot, U.K., 1993, pp. 106-115.

- Offermann, F. and Nieberg, H., *Economic Performance of Organic Farms in Europe*, vol. 5, Organic Farming in Europe: Economics and Policy Series, Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Stuttgart, 2000, 198 p.
- Qaim, M., *Potential Benefits of Agricultural Biotechnology: An Example from the Mexican Potato Sector*, Review of Agricultural Economics, 21(1999), pp. 390-408.
- Riley, P. A. and L. Hoffman, *Value-Enhanced Crops: Biotechnology's Next Stage*, Agricultural Outlook, Economic Research Service (ERS), United States Department of Agriculture (USDA), 1999, pp. 18-23.
- Secchi, S. and Babcock, B. A., *A Model of Pesticide Resistance as a Common Property and Exhaustible Resource*, Conference Proceeding, AAEA Annual Meeting, Nashville, Tennessee, August 8-11, 1999, <http://agecon.lib.umn.edu/aaea99/sp99se01.pdf>, 14 p.
- Stolze, M., Piorr, A. and Dabbert, S., *Environmental Protection through Organic Farming*, vol. 6, Organic Farming in Europe: Economics and Policy Series, Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Stuttgart, 2000.
- Waibel, H., G. Fleischer and H. Becker, *The Economic Benefits of Pesticides: A Case Study from Germany*, Agrarwirtschaft, 1999, pp. 219-230.
- Wesseler, J., *Temporal Uncertainty and Irreversibility - A Theoretical Framework for the Decision to Approve the Release of Transgenic Crops*, Conference

Proceeding, Transitions in Agricultural Biotechnology: Economics of Strategy and Policy, Washington DC, June 24-25, 1999, 15 p.

Zanoli, R. and Gambelli, D., *Output and Public Expenditure Implications of the Development of Organic Farming in Europe*, vol. 4, Organic Farming in Europe: Economics and Policy Series, Universität Hohenheim, Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Stuttgart, 1999, 66 p.

Zilberman, D., Yarkin, C. and Heiman, A., *Agricultural Biotechnology: Economic and International Implications*, Proceedings Twenty-third International Conference of Agricultural Economists Series, Ashgate, 1999, 161 p.

---

<sup>1</sup> naar analogie met de Franse term “chimisation”, gebruikt door Mazoyer en Roudart (1997)

<sup>2</sup> Mazoyer en Roudart onderscheiden vijf systemen afhankelijk van het vermogen van de gebruikte machines: MM I, MM II, MM III, MM IV en MM V (1997).

<sup>3</sup> het cultiveren van landbouwgewassen die via genetische insertie farmaceutische ingrediënten leveren

<sup>4</sup> Het land waar biologische landbouw het grootste deel van het beschikbare landbouwareaal inneemt is Oostenrijk met 8,96 %.

<sup>5</sup> Deze term werd ontleend aan het recent gepubliceerde boek van Gordon Conway (1999).

## List of Available Working Papers

- nr. 1 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Criteria ter evaluatie van 'duurzame landbouw'*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, januari 1994, 35 p.
- nr. 2 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van herbicide-resistente planten aan criteria voor duurzame landbouw*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, januari 1994, 39 p.
- nr. 3 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van bovine somatotropine aan criteria voor duurzame landbouw*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, januari 1994, 63 p.
- nr. 4 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van gemanipuleerde planten met biopesticide eigenschappen afkomstig van Bacillus thuringiensis aan criteria voor duurzame landbouw*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, januari 1994, 32 p.
- nr. 5 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van haploïde planten aan criteria voor duurzame landbouw*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, januari 1994, 17 p.
- nr. 6 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van genetische technieken voor diagnosebepaling, immunologische technieken ter verbetering van de landbouwproductie en transgene dieren en planten als bioreactor aan criteria voor duurzame landbouw*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, januari 1994, 28 p.
- nr. 7 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van verbetering van de stikstoffixatie bij planten aan criteria voor duurzame landbouw*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, januari 1994, 17 p.
- nr. 8 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van porcine somatotropine aan criteria voor duurzamelandbouw*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, januari 1994, 29 p.
- nr. 9 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van tomaten met een langere houdbaarheid aan criteria voor duurzame landbouw*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, februari 1994, 30 p.
- nr. 10 CHRISTIAENSEN, L., *Voedselzekerheid: van concept tot actie: een status questionis*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, april 1994, 106 p.
- nr. 11 CHRISTIAENSEN, L. and J. SWINNEN, *Economic, Institutional and Political Determinants of Agricultural Production Structures in Western Europe*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, May 1994, 40 p.

- nr. 12 GOOSSENS, F., *Efficiency and Performance of an Informal Food Marketing System, The case of Kinshasa, Zaire*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, July 1995, 41 p.
- nr. 13 GOOSSENS, F., *Failing Innovation in the Zairian Cassava Production System, A comparative historical analysis*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, July 1995, 18 p.
- nr. 14 TOLLENS, E., *Cadre conceptuel concernant l'analyse de la performance économique des marchés*, Projet-FAO "Approvisionnement et Distribution Alimentaires des Villes de l'Afrique Francophone", Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, août 1995, 35 p.  
(Deuxieme version, avril 1996)
- nr. 15 TOLLENS, E., *Les marchés de gros dans les grandes villes Africaines, diagnostic, avantages et éléments d'étude et de développement*, Projet-FAO "Approvisionnement et Distribution Alimentaires des Villes de l'Afrique Francophone", Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, août 1995, 23 p.  
(Deuxieme version, septembre 1996, 32 p.)
- nr. 16 ENGELEN, G., *Inleiding tot de landbouwvoorlichting* (heruitgave), Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, augustus 1995, 17 p.
- nr. 17 TOLLENS, E., *Agricultural Research and Development towards Sustainable Production Systems: I. Information Sources, Surveys; II. Conceptualisation of the Change Process*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Rural Development", module 1, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, August 1995
- nr. 18 TOLLENS, E., *Planning and Appraising Agricultural Development programmes and Projects: I. Farm Planning; II. Aggregation, Sensitivity Analyses and Farm Investment Analysis; III. Guidelines on Informal Surveys and Data Collection*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Rural Development", module 2, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, September 1995
- nr. 19 TOLLENS, E., *Structural Adjustment and Agricultural Policies: I. Market Theory: the State and the Private Sector; II. Output Markets and Marketing Institutions; III. Input Markets; IV. Case Study: Cameroon*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Policy Reforms", module 1, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, September 1995
- nr. 20 TOLLENS, E., *Theory and Macro-Economic Measures of Structural Adjustment – Methods of Evaluation and Linkages to the Agricultural Sector: I. Development Models and the Role of Agriculture*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Policy Reforms", module 2, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, September 1995

- nr. 21 TOLLENS, E., *Theory and Macro-Economic Measures of Structural Adjustment – Methods of Evaluation and Linkages to the Agricultural Sector: II. Implementation of Policy Reforms: Case Study of Market Liberalisation in Cameroon for Cocoa and Coffee*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Policy Reforms", module 2, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, September 1995
- nr. 22 TOLLENS, E., *Supply Response within the Farming Systems Context: I. Input Supply and Product Markets; II. Agricultural Supply Response Assessment*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Policy Reforms", module 3, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, September 1995
- nr. 23 GOOSSENS, F., *Agricultural Marketing and Marketing Analysis: I. Agricultural Marketing Research Frameworks. II. Agricultural Market Performance Criteria and The Role of Government Intervention*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Rural Development", module 3, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, September 1995
- nr. 24 GOOSSENS, F., *Agricultural Marketing and Marketing Analysis: Demand Analysis*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Rural Development", module 3, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, September 1995
- nr. 25 CHRISTIAENSEN, L. en H. BEERLANDT, *Belgische voedselhulp geanalyseerd met betrekking tot voedselzekerheid*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, november 1994, 15 p.
- nr. 26 CHRISTIAENSEN, L. en H. BEERLANDT, *De Belgische ontwikkelings samenwerking met Rwanda geanalyseerd met betrekking tot voedselzekerheid*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, november 1995, 36 p.
- nr. 27 BEERLANDT, H., *Identificatie van de meest kwetsbaren in Monduli distrikt, Arusha regio, Tanzania, A.C.T.- Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, april 1995, 40 p.*
- nr. 28 BEERLANDT, H., TOLLENS, E. and DERCON, S., *Methodology for Addressing Food Security in Development Projects, Identification of the Food Insecure and the Causes of Food Insecurity based on Experiences from the Region of Kigoma, Tanzania*, Department of Agricultural Economics and Centre for Economic Research, K.U.Leuven, Leuven, December 1995, 19 p.
- nr. 29 BEERLANDT, H., *Koppelen van noodhulp en structurele ontwikkelings samenwerking: opties voor een Belgisch beleid*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, december 1995, 23 p.



- nr.30 TOLLENS, E., *La crise agraire au Zaïre: pour quelle politique de développement dans la phase de transition?*, Une contribution au colloque "Le Zaïre en Chantier: Quels Projets de Société", Anvers, 18 février 1993, December 1995, 14 p.
- nr.31 GOOSSENS, F., *Rôle des systèmes d'alimentation dans la sécurité alimentaire de Kinshasa*, Une contribution au projet GCP/RAF/309, AGSM, FAO, mai 1996, 78 p.
- nr.32 BEERLANDT, H., DERCON, S., and SERNEELS, I., (Project co-ordinator: E. TOLLENS), *Tanzania, a Food Insecure Country?*, Department of Agricultural Economics, Center for Economic Research, K.U.Leuven, September 1996, 68 p.
- nr. 33 TOLLENS, E., *Food security and nutrition 2. Case study from Tanzania*, Nectar Programme, Agricultural Economics and Policy Reforms, module 4, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, Septembre 1996, 47 p.
- nr. 34 BEERLANDT, H., en SERNEELS, J., *Voedselzekerheid in de regio Kigoma, Tanzania*, Afdeling Landbouweconomie en Centrum voor Economische Studiën, K.U.Leuven, september 1996, 45 p.
- nr. 35 BEERLANDT, H., *Identificatie van verifieerbare indicatoren ter toetsing van de voedselzekerheidssituatie in de regio Arusha, Tanzania*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, november 1996, 60 p.
- nr. 36 GOOSSENS, F., *Commercialisation des vivres locaux en Afrique Subsaharienne, le secteur informel dans un perspectif dynamique*, Une contribution au projet GCP/RAF/309, AGSM, FAO, novembre 1996, 58 p.
- nr. 37 GOOSSENS, F., *The Economics of Livestock Systems: I. Marketing Problems and Channels of Livestock in Subsahara Africa*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Rural Development", module 4, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, November 1996.
- nr. 38 GOOSSENS, F., *The Economics of Livestock Systems: II. Price Stabilization in the Livestock Sector*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Rural Development", module 4, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, November 1996.
- nr.39 GOOSSENS, F., *The Economics of Livestock Systems: III. Consumer Demand for Livestock Products*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Rural Development", module 4, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, November 1996.
- nr. 40 JASPERS, N., *I. La Seguridad Alimenticia en el departamento de Quiché: Identificación e Impacto del Programa de Créditos, II. Informe Sobre Estudio Seguridad Alimenticia*, ACT - Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, November 1996, 39 p.

- nr. 41 TOLLENS, E., *Social indicators with an illustration from Thailand*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Policy Reforms", module 4, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, January 1997, 38 p.
- nr. 42 BEERLANDT, H., en SERNEELS, J., *Handleiding voor een voedselzekerheidsdiagnose*, Afdeling Landbouweconomie en Centrum voor Economische Studiën, K.U.Leuven, februari 1997, 131 p.
- nr. 43 BEERLANDT, H., and SERNEELS, J., *Manual for a Food Security Diagnosis*, Department of Agricultural Economics and Center for Economic Research, K.U.Leuven, March 1997, 125 p.
- nr. 44 GOOSSENS, F., *Aangepaste vormen van samenwerking als hefboom voor de sociaal-economische promotie van boeren in het zuiden - algemene conclusies*, Seminarie georganiseerd door Ieder Voor Allen, Brussel, 17-18 maart 1997, 8 p.
- nr. 45 GOOSSENS, F., *Commercialisation des vivres locaux en Afrique Subsaharienne - neuf études de cas*, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, Mai 1997, 50 p.
- nr. 46 BEERLANDT, H., en SERNEELS, J., *Food Security in the Kigoma Region of Tanzania*, Department of Agricultural Economics and Center for Economic Research, K.U.Leuven, May 1997, 42 p.
- nr. 47 BEERLANDT, H., and SERNEELS, J., *Manuel Pour un Diagnostic de Sécurité Alimentaire*, Département d'Economie Agricole et le Centre d'Etudes Economiques, K.U.Leuven, Juillet 1997, 134 p.
- nr. 48 GOOSSENS, F., *Rural Services and Infrastructure - Marketing Institutions*, NATURA-NECTAR course: "Agricultural Economics and Policy Reforms", module 4, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, June 1997, 20 p.
- nr. 49 TOLLENS, E., *International Trade and Trade Policy in Livestock and Livestock Products*, NATURA-NECTAR COURSE: "Agricultural Economics and Rural Development", module 4, Afdeling Landbouweconomie, K.U.Leuven, October 1997, 43 p.
- nr. 50 DESMET, A., *Working towards autonomous development of local farmer organisations: which role for development agencies?*, Department of Agricultural Economics and Center for Economic Research, March 1998, 49 p.
- nr. 51 TOLLENS, E., *Catalogue de titres dans la bibliothèque ALEO sur le Zaïre - Congo*, Département d'Economie Agricole, Mars 1998, 96 p.

- nr. 52 DEMONT, M., JOUVE, P., STESENS, J., et TOLLENS, E., *Evolution des systèmes agraires dans le Nord de la Côte d'Ivoire: les débats «Boserup versus Malthus» et «compétition versus complémentarité» révisités*, Département d'Economie Agricole et de l'Environnement, K.U.Leuven, Avril 1999, 43 p.
- nr. 53 DEMONT, M., and TOLLENS, E., *The Economics of Agricultural Biotechnology: Historical and Analytical Framework*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, October 1999, 47 p.
- nr. 54 DEMONT, M., en TOLLENS, E., *Biologische, biotechnologische en gangbare landbouw: een vergelijkende economische studie*, Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, K.U.Leuven, Maart 2000, 53 p.
- nr. 55 DEMONT, M., JOUVE, P., STESENS, J., and TOLLENS, E., *The Evolution of Farming Systems in Northern Côte d'Ivoire: Boserup versus Malthus and Competition versus Complementarity*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, August 2000, 25 p.
- nr. 56 DEMONT, M., and TOLLENS, E., *Economic Impact of Agricultural Biotechnology in the EU: The EUWAB-project*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, January 2001, 16 p.
- nr. 57 DEMONT, M., and TOLLENS, E., *Reshaping the Conventional Welfare Economics Framework for Estimating the Economic Impact of Agricultural Biotechnology in the European Union*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, March 2001, 32 p.
- nr. 58 DEMONT, M., and TOLLENS, E., *Uncertainties of Estimating the Welfare Effects of Agricultural Biotechnology in the European Union*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, April 2001, 81 p.
- nr. 59 DEMONT, M., and TOLLENS, E., *Welfare Effects of Transgenic Sugarbeets in the European Union: A Theoretical Ex-Ante Framework*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, May 2001, 39 p.
- nr. 60 DE VENTER, K., DEMONT, M., and TOLLENS, E., *Bedrijfseconomische impact van biotechnologie in de Belgische suikerbieteneteelt*, Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, K.U.Leuven, Juni 2002, 66 p.
- nr. 61 DEMONT, M., and TOLLENS, E., *Impact of Agricultural Biotechnology in the European Union's Sugar Industry*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, June 2002, 55 p.
- nr. 62 DEMONT, M., and TOLLENS, E., *The EUWAB-Project: Discussion*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, August 2002, 20 p.

- nr. 63 DEMONT, M., DELOOF, F. en TOLLENS, E., *Impact van biotechnologie in Europa: de eerste vier jaar Bt maïs adoptie in Spanje*, Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, K.U.Leuven, Augustus 2002, 41 p.
- nr. 64 TOLLENS, E., *Food Security: Incidence and Causes of Food Insecurity among Vulnerable Groups and Coping Strategies*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, September 2002, 30 p.
- nr. 65 TOLLENS, E., *La sécurité alimentaire: Incidence et causes de l'insécurité alimentaire parmi les groupes vulnérables et les stratégies de lutte*, Département d'Economie Agricole et de l'Environnement, K.U.Leuven, Septembre 2002, 33 p.
- nr. 66 TOLLENS, E., *Food Security in Kinshasa, Coping with Adversity*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, September 2002, 35 p.
- nr. 67 TOLLENS, E., *The Challenges of Poverty Reduction with Particular Reference to Rural Poverty and Agriculture in sub-Saharan Africa*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, September 2002, 31 p.
- nr. 68 TOLLENS, E., *Het voedselvraagstuk*, Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, K.U.Leuven, September 2002, 71 p.
- nr. 69 DEMONT, M., WESSELER, J., and TOLLENS, E., *Biodiversity versus Transgenic Sugar Beet: The One Euro Question*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, November 2002, 33 p.
- nr. 70 TOLLENS, E., and DEMONT, M., *Biotech in Developing Countries: From a Gene Revolution to a Doubly Green Revolution?*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, November 2002, 8 p.
- nr. 71 TOLLENS, E., *Market Information Systems in Liberalized African Export Markets: The Case of Cocoa in Côte d'Ivoire, Nigeria and Cameroon*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, November 2002, 19 p.
- nr. 72 TOLLENS, E., *Estimation of Production of Cassava in Bandundu (1987-1988) and Bas Congo (1988-1989) Regions, as Compared to Official R.D. Congo statistics*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, December 2002, 29 p.
- nr. 73 TOLLENS, E., *Biotechnology in the South: Absolute Necessity or Illusion?*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, December 2002, 29 p.
- nr. 74 DEMONT, M., BONNY, S., and TOLLENS, E., *Prospects for GMO's in Europe*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, January 2003.

- nr. 75 FRANCHOIS, L., and MATHIJS, E., *Economic and Energetic Valuation of Farming Systems: A Review*, Department of Agricultural and Environmental Economics, K.U.Leuven, February 2003, 36 p.
- nr. 76 VANDERMERSCH, M. en MATHIJS, E., *Performantie en bedrijfsprofiel in de melkveehouderij*, Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, K.U.Leuven, Februari 2003, 33 p.
- nr. 77 TOLLENS, E., *L'état actuel de la sécurité alimentaire en R.D. Congo : Diagnostic et perspectives*, Département d'Economie Agricole et de l'Environnement, Katholieke Universiteit Leuven, Février 2003, 40p.