



Working Paper  
2002 / 60

**BEDRIJFSECONOMISCHE IMPACT VAN  
BIOTECHNOLOGIE IN DE BELGISCHE SUIKERBIETENTEELT**

Katrien DE VENTER, Matty DEMONT\* en Eric TOLLENS

Juni 2002

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/deventer2002.pdf>

Deze studie werd gefinancierd door het VIB – Vlaams Interuniversitair Instituut voor  
Biotechnologie. Met dank aan Olivier Hermann voor de constructieve bemerkingen.

\* corresponderende auteur

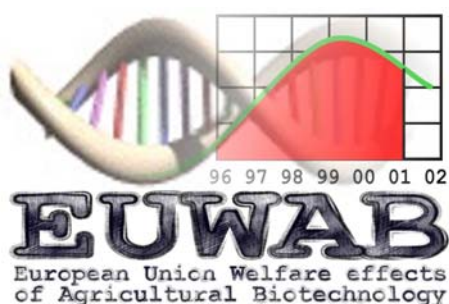
De Venter, K., Demont, M. en E. Tollens. "Bedrijfseconomische impact van biotechnologie in de Belgische suikerbietenenteelt." Working Paper, n° 60, Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, Katholieke Universiteit Leuven, 2002.

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, Rijnvisschestraat 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 2002 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 Monte Carlo simulatietechnieken worden alle mogelijke scenario's nagegaan van de impact van een eventuele adoptie van genetisch gewijzigde herbicidetolerante suikerbieten op de economie van Belgische suikerbietentelers. De meest waarschijnlijke opbrengstverhoging voor de gemiddelde Belgische landbouwer bedraagt 125 €/ha. Bij een veronderstelde adoptiegraad van 75% betekent dit voor de Belgische landbouw voor het teeltjaar 1998-1999 een totale gedeelde meeropbrengst van 9 miljoen €, zijnde drie vierde van de totale baten die vrijkomen bij de adoptie van de nieuwe technologie. Genenontwikkelaars en zaadleveranciers nemen één vierde van de baten voor hun rekening, namelijk 3 miljoen €. Het populaire argument dat de inputindustrie alle baten naar zich toe zou trekken lijkt bijgevolg ongegrond.

## **Inleiding**

De laatste decennia zijn er tal van investeringen geweest in onderzoek en ontwikkeling (O&O) op het gebied van de landbouw. De resultaten van deze investeringen brachten telkens een stijging van de productiviteit teweeg waardoor enerzijds de prijs van de landbouwproducten daalde en anderzijds de tewerkstelling op de landbouwgronden afnam. In tegenstelling tot deze investeringen, vooral van publieke aard, zijn de investeringen op het gebied van de biotechnologie vooral van private aard. Ze worden beschermd door intellectuele eigendomsrechten zoals patenten, een fenomeen dat geheel nieuw is in de sector (Moschini en Lapan, 1997). De oppervlakte landbouwgrond die in de wereld gebruikt wordt voor de teelt van GGG's (genetisch gewijzigde gewassen) is sinds 1995 aanzienlijk toegenomen, namelijk tot ongeveer 44 miljoen ha in 2000 (James, 2001).

Het doel van deze studie is de potentiële economische impact van een biotechnologische innovatie voor Europa te doorgronden aan de hand van een casestudie over genetisch gewijzigde suikerbieten in de Belgische landbouw. Door de restrictieve houding van de EU ten opzichte van biotechnologische innovaties en de afwezigheid van empirische gegevens hieromtrent, gaat het hier om een *ex-ante* onderzoek. De resultaten geven een indicatie van de gederfde opbrengsten of kosten die gepaard zouden gaan bij een gehele verbanning van GGG's in België. De studie vormt op die manier een eerste Europese vergelijkingspunt met de reeds gepubliceerde Amerikaanse en Canadese impactstudies van GGG's (Moschini *et al.*, 2000, Fulton en Keyowski, 2000, Falck-Zepeda *et al.*, 2000a, Falck-Zepeda *et al.*, 2000b, Price *et al.*, 2001, Phillips *et al.*, 2001).

## **De wereldsuikermarkt**

Ongeveer 30% van het wereldaanbod van suiker komt van suikerbieten, waarvan het merendeel geproduceerd wordt in geïndustrialiseerde landen, in een gematigd klimaat. De overige 70% is afkomstig van suikerriet, vooral geproduceerd in ontwikkelingslanden, in een tropisch klimaat (Duff, 1999). Tabel 1 geeft enkele kengetallen van de bietsuikerproductie in de wereld, uitgemiddeld over 5 teeltjaren, namelijk 1996/97-2000/01. Europa is duidelijk dominant in de productie van bietsuiker, die jaarlijks bijna 80% van de totale wereldproductie bedraagt van geraffineerde bietsuiker. De belangrijkste Europese producenten zijn Frankrijk (13%), Duitsland (12%) en Italië (5%). Ook België (3%) speelt als klein land een niet geringe rol in de productie van bietsuiker. Zoals Vidal (2000) aanhaalt, wordt 90% van de suikerproductie in de EU geproduceerd door een kwart van de Europese regio's. De reden van deze concentratie is de nabijheid van de verwerkende industrie. Suikerbieten kunnen niet lang bewaard worden. Het is zeer belangrijk dat de suikerbieten na het oogsten zo snel mogelijk naar de verwerkende industrieën getransporteerd worden, daar de suikerinhoud zeer snel vermindert.

## **De Gemeenschappelijke Marktordening voor suiker in de EU**

De suikerproductie in de EU valt onder de regeling van het suikerregime van het gemeenschappelijke landbouwbeleid (GLB). De centrale functie van het GLB is het voorzien in gegarandeerde prijzen voor producenten. Dit wordt bereikt met behulp van een aantal mechanismen zoals de beperking van de gesubsidieerde productie door quota, de bescherming van de binnenlandse markt tegen goedkopere wereldmarktexport door invoerheffingen en de voorziening van exportsubsidies op het surplus aan suiker. Deze mechanismen bestaan reeds sinds het ontstaan van de

Gemeenschappelijke Marktordening voor suiker in 1968 en zijn grotendeels onveranderd gebleven gedurende opeenvolgende regimes. Een belangrijke eigenschap van het systeem is het concept van ‘zelffinanciering’, dit wil zeggen dat de kost van het functioneren van het systeem grotendeels gedekt wordt door de implementatie van heffingen op de producenten (European Commission, 1996).

### **Economische impact van GT suikerbieten**

De suikerbiet is een tweejarig gewas dat groeit in een gematigd klimaat. Gedurende het eerste jaar produceert het gewas suiker en gedurende het tweede jaar brengt het bloemen en zaden voort. Daarom wordt het in België gezaaid in de lente en geoogst vanaf eind september. Het gewas kent dus een relatief lang groeiseizoen. Belangrijk is dat de landbouwers hun zaad moeten kopen van zaadbedrijven, daar het onmogelijk is om bieten te kweken met behulp van het zaad van de suikerbieten van de vorige teeltcampagne. Hierdoor is een grote en lucratieve bietzadenindustrie ontstaan met een groot potentieel aan investeringen in O&O (Duff, 1999). Verder wordt de suikerbiet bestempeld als een winstgevend gewas dat altijd geïncorporeerd wordt in een rotatieschema. Een suikerbietenfabriek kan enkel efficiënt functioneren als de kwaliteit van de bieten geschikt is voor het proces. Technieken van ontginning en materiaalinputs moeten daarom aangepast worden aan het klimaat en de bodemtypes van de regio (FAO, 1999). Globaal gezien bedraagt het gemiddelde rendement van suikerbieten 40 ton/ha. Echter, afhankelijk van klimatologische en ontginningsvoorwaarden kunnen specifieke opbrengsten variëren tussen 17 en 70 ton/ha (Tabel 1). Het is belangrijk op te merken dat de maximale opbrengsten enkel bereikt kunnen worden als de ruimte tussen rijen en zaden in de rijen ook geoptimaliseerd wordt (FAO, 1999).

Zoals Burgener, Feuz en Wilson (2000) aanhalen is onkruidbestrijding bij suikerbieten van cruciaal belang. Om dit te bereiken werden in de geschiedenis verschillende systemen gebruikt zoals het manueel wieden, mechanisch wieden en preventief en curatief herbicidegebruik. Zonder onkruidbestrijding zouden de onkruiden de meeste suikerbietengewassen overwoekeren en zouden de wortels nauwelijks ontwikkelen. Een enkele hectare landbouwland kan van 20 tot 200 miljoen zaden van onkruiden bevatten zodat tonnen suiker zouden verloren gaan als geen onkruidverdelger gebruikt wordt. Elk onkruid kan immers op en over de zaailingen van de suikerbiet groeien, waardoor deze zonder water, licht en voedingsstoffen komt te staan. Zelfs de minste competitie voorkomt met andere woorden dat de biet haar maximale potentieel kan bereiken door het reduceren van de hoeveelheid energie die de planten kunnen bevatten, converteren en opslaan als suiker.

Al deze negatieve effecten maakt de controle van onkruid cruciaal voor de kwaliteit van het gewas, voor de kwaliteit van de geraffineerde suiker en voor de rendabiliteit van het landbouwbedrijf. In veldproeven waar de onkruiden niet bestreden worden, is het typisch dat de opbrengsten tot meer dan 80% gereduceerd worden. De meest kritische periode van competitie is tijdens de eerste acht weken van de ontwikkeling van het onkruid. Bovendien zorgt de brede waaier aan onkruiden ervoor dat er geen universeel herbicide bestaat dat alle onkruidproblemen aanpakt. Ook de selectiviteit, de veiligheid ten opzichte van het gewas, is zeer beperkt voor de meeste herbiciden, zodat er dus steeds een risico van rendementsvermindering is. De keuze van een onkruidverdelgingsprogramma is met andere woorden steeds een compromis tussen een goede controle over het onkruid enerzijds en de veiligheid van het gewas anderzijds. Het gevaar voor het beschadigen van het gewas treedt vooral op in heet,

zonnig weer of gedurende periodes van nachtelijk vriesweer, kenmerkend voor de periode van ontwikkeling van de suikerbiet.

Het antwoord op deze problemen zou een herbicide kunnen zijn dat in staat is om onkruid te verdelgen in eender welk stadium, geen schade berokkent aan de suikerbieten in eender welke weersomstandigheden en dat veilig is voor het milieu en de gebruiker. Onder andere Roundup® van Monsanto is zo een herbicide, maar er is één nadeel, namelijk dat het alle groene planten beschadigt, inclusief gewassen zoals suikerbieten. Moderne biotechnologie laat toe om nieuwe variëteiten te ontwikkelen van suikerbieten die tolerant zijn ten opzichte van glyfosaat, het actieve ingrediënt van Monsanto's Roundup® of glufosinaat, het actieve ingrediënt van Aventis' Liberty®. Deze variëteiten zijn de zogenaamde Roundup Ready (RR®) of Liberty Link (LL®) suikerbieten. In wat volgt wordt een kosten-batenanalyse uitgevoerd op de potentiële impact die deze biotechnologische innovaties zouden kunnen hebben op de economie van een Belgisch landbouwbedrijf.

#### *Saldobalans van de Belgische suikerbietenteelt*

Om een realistisch beeld te krijgen van de potentiële impact van genetisch gewijzigde suikerbieten voor de Belgische landbouwer moeten we beschikken over een nauwkeurige schatting van het gemiddelde kostenbudget in de suikerbietenteelt. Daar gepubliceerde gegevens rond productiekosten vrij schaars blijken te zijn, hebben we geopteerd om de analyse toe te passen op twee gevallen, enerzijds voor een gemiddeld Belgisch suikerbietenbedrijf en anderzijds voor een specifiek bestaande bietenteler, namelijk Robijns-Van Sever uit de regio van Leuven. Tabel 2 geeft een overzicht van de gegevens die in de literatuur (Hermann, 1996, Hermann, 1997, LMC International,

1997, Delattre en Hellemans, 2000, Jacobs, 2001, Brookes, 2002, CREPA, 2002, Jacobs, 2002, Busschaert, 2002) verzameld werden betreffende de productiekosten in de Belgische suikerbietenteelt. Deze kosten werden steeds omgezet naar euro per ton suikerbieten, waardoor technologiegeïnduceerde rendementverhogingen kunnen vertaald worden naar kostenverlagingen. Rendementsverhogingen hebben immers geen<sup>1</sup> directe impact op de kosten per hectare, maar wel op de kosten per ton suikerbieten. Bovendien werden de gegevens steeds geactualiseerd naar het jaar 2001-2002 met behulp van de GDP deflator, gepubliceerd door de Wereldbank {WORLDBANK2002 /d}. Op die manier wordt het mogelijk om asynchrone gegevens met elkaar te vergelijken en bij elkaar op te tellen. Daar weinig gedetailleerde gegevens omtrent de productiekosten in de suikerbietensector publiek toegankelijk zijn, moeten we de weinige gevonden gegevens maximaal trachten te valoriseren, een methode die in de Angelsaxische literatuur ‘data-mining’ wordt genoemd.

De omkaderde gegevens uit Tabel 2 vormen de basis van de saldobalans in Tabel 3 die gebruikt zal worden voor het berekenen van de impact van GT suikerbieten op het landbouwbedrijf. De variabele kosten betreffende zaad, bemesting, gewasbescherming en diverse kosten werden overgenomen van de enquêtes uitgevoerd door het CLE (Delattre en Hellemans, 2000). De kostengegevens omtrent het loonwerk en de vaste kosten werden overgenomen van de enquêtes betreffende de rendabiliteit van de akkerbouw in de provincie Vlaams-Brabant (Jacobs, 2002). De berekening van de quotarente vereist eveneens de inbreng van de eigen arbeid als kostenfactor. Deze factor werd overgenomen van de studie uitgevoerd door LMC International (1997), die gebruik maakt van een technische methode (‘engineering

approach') voor het schatten van de verschillende kosten. Deze benadering is gebaseerd op een oorzaak-en-gevolg relatie tussen de kostendrijvers, de output en de directe of indirecte middelen die gebruikt werden om de output te produceren (Horngren *et al.*, 2000). Er wordt gestart van een gedetailleerde en gedesaggregeerde lijst van inputs die gebruikt worden om suikerbieten te produceren. De basis van de berekeningen wordt met andere woorden gevormd door kostenmodellen die de fysieke inputs beschrijven, zoals arbeid, machines, brandstoffen, bemesting en chemicaliën, die gebruikt worden in elk van de vele alternatieve technologieën die toegepast worden op de veldoperaties van de suikerproductie. Aan deze lijst van inputs worden dan lokale prijzen gekoppeld om zo tot een realistische schatting te komen van de kosten. Het is duidelijk dat deze benadering van de verschillende kostensoorten inferieur is aan het verzamelen van kostengegevens door middel van enquêtes bij de landbouwers zelf. Voor het schatten van de kosten omtrent de eigen arbeid blijkt deze methode echter wel geschikt te zijn, daar op die manier deze factor op een consistente manier gewaardeerd wordt doorheen de tijd en voor de verschillende landen in de steekproef.

In Tabel 3 wordt het arbeidsinkomen en de quotarente berekend van een gemiddeld Belgisch suikerbietenbedrijf en van het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever. Uit deze tabel blijkt duidelijk de positieve quotarenten voor quotumbieten en de negatieve renten voor niet-quotumbieten tijdens de campagne 1998-1999. Dit geldt zowel voor een gemiddeld Belgisch landbouwbedrijf als voor het bedrijf Robijns-Van Sever. Figuur 1 visualiseert de belangrijkheid van de verschillende kostensoorten voor een gemiddeld Belgisch landbouwbedrijf (bovenste taartdiagram) en voor het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever (onderste taartdiagram). Uit de figuur kunnen we

afleiden dat de vaste kosten en het loonwerk voor zowel een gemiddeld Belgisch bedrijf als het bedrijf Robijns-Van Sever de belangrijkste kostenfactoren zijn (32%, respectievelijk 22% wat betreft de vaste kosten en 18%, respectievelijk 23% wat betreft het loonwerk). Het lager aandeel van de vaste kosten bij het bedrijf Robijns-Van Sever kan verklaard worden door de grootte van de teeltoppervlakte. Dit landbouwbedrijf teelt immers suikerbieten op een oppervlakte van 25 ha, terwijl de gemiddelde suikerbietenoppervlakte in Vlaanderen en Wallonië respectievelijk 4 en 8 ha bedraagt (Eeckhout, 2001). We zien ook dat de gewasbescherming, een factor waar de GT technologie invloed op heeft, een belangrijke plaats inneemt in de kostprijs van suikerbieten (11%, respectievelijk 14%).

#### *Rendementsverhogingen*

Een geldelijk voordeel dat vaak geassocieerd wordt met de introductie van GGG's is de mogelijkheid tot rendementsverhogingen. Moll (1997) haalt aan dat de combinatie van een effectieve onkruidcontrole met een optimale veiligheidsgarantie aangaande de te bestrijden gewassen ertoe leidt dat het gebruik van GT suikerbieten rendementsverhogingen van gemiddeld 3 tot 5% teweegbrengt. Brants en Harms (1998) beweren dat het gebruik van de Roundup Ready (RR®) technologie voor suikerbieten vertaald wordt in verhoogde rendementen gaande van 3 tot 7%. Ook Fichet (1998) spreekt van 3 tot 5% rendementsverhogingen. De oorzaken van deze rendementsverhogingen worden gevormd door enerzijds een reductie in het risico de suikerbieten te beschadigen. In één geval werd een lichte stijging van het suikerrendement vastgesteld bij glufosinaat-tolerante suikerbieten (Burgener *et al.*, 2000).

De vorige gegevens uit veldproeven zijn de basis van Tabel 4 die de potentiële rendementsverhogingen en de hiermee gepaard gaande kostenreducties weergeeft in drie verschillende scenario's voor zowel een gemiddeld Belgisch landbouwbedrijf als het bedrijf Robijns-Van Sever. Deze rendementsverhogingen zijn belangrijk voor de landbouwers, daar het een zuivere extra opbrengst betekent. Op die manier worden de kosten per ha immers gedeeld door een hoger rendement, wat de kosten per ton doet dalen. Onderstaande formule verduidelijkt de berekeningen die uitgevoerd werden om de resultaten van Tabel 4 te bekomen:

$$\Delta B = \frac{K}{r} - \frac{K}{r(1+\beta)} = \frac{K\beta}{r(1+\beta)} \quad (1)$$

met  $\Delta B$  = potentiële kostenreductie als gevolg van rendementsverhoging (€/ton)

$K$  = totale conventionele productiekosten (€/ha)

$r$  = conventioneel suikerbietenrendement (ton/ha)

$\beta$  = rendementsverhoging als gevolg van de GT technologie (%)

Als pessimistisch scenario werd gekozen voor een rendementsverhoging van 0% daar het ons niet onmogelijk lijkt dat er gevallen zijn waar de nieuwe technologie geen stijging van het rendement meer kan teweegbrengen. Ook andere studies op GT gewassen (Moschini *et al.*, 2000) vertrekken immers van een rendementsstijging van 0% als minimumwaarde. Er zullen blijkbaar landbouwers zijn die reeds zeer efficiënt aan onkruidbestrijding doen en dus hun rendement minimaal zullen zien toenemen. Bovendien zijn suikerbieten reeds de meest rendabele gewassen in de Belgische akkerbouw, wat een stimulans is voor de landbouwer om veel zorg te dragen voor dit gewas. Daardoor zullen de geobserveerde rendementen reeds dicht bij de economische optimale rendementen liggen. Door de wet van de afnemende

meeropbrengsten is het daardoor moeilijker om additionele rendementsverhogingen te bereiken.

De gegevens uit Tabel 4 vormen de input voor het softwareprogramma @Risk (Palisade Corporation, 2000). Dit softwareprogramma laat immers toe berekeningen uit te voeren met behulp van onzekere gegevens die, in plaats van één of enkele puntschattingen, afgebakend kunnen worden via een bepaalde stochastische verdeling. @Risk gebruikt Monte Carlo simulatietechnieken om een volledig beeld te geven van alle mogelijke uitkomsten die theoretisch verkregen kunnen worden uit alle mogelijke combinaties van de onzekere inputparameters. Van deze parameters kennen we immers de exacte waarde a-priori niet met zekerheid, maar is een subjectieve schatting van hun statistische verdeling wel mogelijk. Op die manier kan onzekerheid kwantitatief gemodelleerd en gevisualiseerd worden. Voor het weergeven van de potentiële kostenreducties als gevolg van de rendementsverhogingen, werd de driehoeksverdeling gebruikt met de bovenstaande scenario's als hoekpunten.

### *Herbicidenkostenreducties*

Naast de rendementsverhogingen leidt het gebruik van GT suikerbieten eveneens tot herbicidenkostenreducties. Deze besparingen worden gerealiseerd omdat glyfosaat zelf een relatief goedkope onkruidverdelger is die effectief is op een brede waaier van onkruiden (Bullock en Nitsi, 2001). De meeste andere herbiciden zijn niet alleen duurder dan glyfosaat, maar ze zijn ook effectief op een nauwere waaier van onkruiden. Bepaalde onkruidverdelgers hebben immers op een effectieve wijze de controle over breedbladige onkruiden, maar zijn ineffectief wat betreft grasonkruiden en omgekeerd. Hierdoor landbouwers verschillende typen van herbiciden mengen om

de verschillende typen van onkruiden die voorkomen in de velden van suikerbieten onder controle te houden. Glyfosaat daarentegen houdt de meeste onkruiden onder controle. Zoals reeds aangehaald vernietigt glyfosaat ook de conventionele suikerbieten zelf en dus niet alleen het onkruid. Zonder de GT technologie is het met andere woorden moeilijker om glyfosaat te gebruiken wanneer de suikerbieten reeds opgekomen zijn. Wanneer echter GT suikerbieten worden geplant, kunnen duurdere mengsels van conventionele herbiciden vervangen worden door glyfosaat en dit brengt belangrijke besparingen voor de landbouwer met zich mee. Bovendien omvatten conventionele besproeiingsschema's zowel een behandeling in voor-opkomst ('pre-emergence') als in na-opkomst ('post-emergence'). Het gebruik van GT suikerbieten zou de noodzaak voor het behandelen van de gewassen in voor-opkomst zo goed als elimineren, wat opnieuw grote voordelen biedt voor de suikerbietenteler.

In deze context is het belangrijk op te merken dat de inputindustrie de landbouwers tracht te overtuigen van het feit dat het gebruik van hun eigen merkproduct van glyfosaat (Roundup® voor RR® suikerbieten) en glufosinaat (Liberty® voor LL® suikerbieten) noodzakelijk is voor de goede werking van de technologie. Ze proberen met andere woorden hun producten te differentiëren om op die manier een hogere prijs te kunnen vragen en extra winsten te extraheren uit de verkoop van de complementaire herbiciden. In de praktijk zal een groot deel van de landbouwers in de mate van het mogelijke gebruik maken van het goedkopere witte product op basis van glyfosaat, hetgeen nu reeds het geval is. Het patent op glyfosaat is immers voor de meeste landen reeds vervallen in 1991, waardoor concurrerende bedrijven de sector binnenkwamen (Bullock en Nitsi, 2001). We veronderstellen bijgevolg dat de

glyfosaatmarkt er een is van perfecte mededinging en dat dus een deel van de landbouwers de competitieve prijs betaalt. Echter, doordat de nieuwe technologie het gebruik van glyfosaat stimuleert, zal de vraag ernaar stijgen, alsook de prijs ervan. De mate waarin dit alles gebeurt, is echter afhankelijk van de grootte van de verschuiving van de vraagcurven en van de vraag- en aanbodselasticiteiten. Deze macro-economische effecten kunnen in onze micro-economische analyse bestudeerd worden daar we voor de herbicidenkostenreductie een relatief brede waaier van scenario's inbouwen. We mogen echter veronderstellen dat, hoe dan ook, het glyfosaat goedkoper zal zijn dan het conventionele mengsel van herbiciden.

Op dit moment is de prijs voor Roundup®, bij aankoop van 20 l, gelijk aan 5,23 €/l, terwijl deze voor bijvoorbeeld superglyfosaat, het witte product, 3,05 €/l bedraagt. Voor onze analyse nemen we aan dat de landbouwers gebruik kunnen maken van beide onkruidverdelgers. Daar we niet weten welk percentage van de suikerbietentelers het witte product zal verkiezen, maken we gebruik van een uniforme verdeling<sup>2</sup> voor de glyfosaatprijs met 3,05 €/l als minimumwaarde en 5,23 €/l als maximumwaarde. Op die manier worden ook het hierboven vermelde scenario van een stijging van de glyfosaatprijs in de analyse opgenomen. In de literatuur (May, 2000, Dewar, 2000, Lemarié *et al.*, 2001, Marra *et al.*, 2002) is te vinden dat het volume aan glyfosaat nodig voor het bestrijden van onkruiden bij de suikerbietenteelt varieert van 2,5 tot 6 l/ha. Gebruikelijke behandelingen zijn telkens 6 l glyfosaat per ha, ofwel 2 keer 3 l/ha, ofwel 3 keer 2 l/ha. Voor de analyse baseren we ons op de assumpties van Lemarié *et al.* (2001) en maken we gebruik van een discrete verdeling<sup>3</sup> met als puntschattingen: 2,5 l met een waarschijnlijkheid van 20%, 5 l met een waarschijnlijkheid van 40% en 6 l met een waarschijnlijkheid van 40%. Op die

manier wordt rekening gehouden met het feit dat grotere hoeveelheden glyfosaat waarschijnlijk meer zullen voorkomen.

Ook voor de conventionele herbicidenkost van een gemiddeld Belgisch bedrijf, worden drie scenario's voorgesteld, gebaseerd op de expertschatting<sup>4</sup> van Hermann (1996) betreffende een normale onkruidflora. In een optimistisch<sup>5</sup> scenario zal de landbouwer geconfronteerd worden met een relatief hoge herbicidenkost van 2,29 €/ton. Een pessimistische schatting van de herbicidenkosten bedraagt 1,91 €/ton en als meest waarschijnlijke waarde wordt 2,10 €/ton genomen. Deze gegevens komen grotendeels overeen met de herbicidenkosten van 2,13 à 3,50 €/ton in het VK, die geschat werden door May (2000). Voor de conventionele herbicidenkost van een gemiddeld Belgisch landbouwbedrijf zal dus weerom gebruik gemaakt worden van de driehoeksverdeling via het programma @Risk. Een indirect macro-economisch effect komt tot stand door de daling van de prijzen van andere onkruidverdelgers dan glyfosaat. Omdat de introductie van de GT technologie veel landbouwers ertoe aanzet om glyfosaat te gebruiken in plaats van andere herbiciden, zorgt deze technologie voor een daling van de vraag en dus voor een daling van de prijs van niet-glyfosaat herbiciden. Hierdoor dalen de productiekosten van de landbouwers, zelfs voor diegenen die deze nieuwe technologie niet gebruiken (Bullock en Nitsi, 2001). Voor onze micro-economische analyse omtrent de adoptie van GT suikerbieten, worden deze indirecte baten in rekening gebracht door het incalculeren van een bijkomende factor 'conventionele herbicidenprijzdaling', voorgesteld door de parameter  $k$ . Ons baserend op de analyse van Lemarié *et al.* (2001), die arbitrair een daling van 40% van de conventionele herbicidenprijzen veronderstellen, maken we gebruik van een uniforme verdeling met 0% als minimumwaarde en 40% als maximumwaarde.

De uiteindelijke totale herbicidenkostenreductie die gepaard zou kunnen gaan met de introductie van GT suikerbieten, is een functie van de hierboven vermelde parameters:

$$\Delta H = h_c(1 - k) - \omega g \quad (2)$$

*met*  $\Delta H$  = de herbicidenkostenreductie als gevolg van de GT technologie (€/ton)

$h_c$  = de conventionele herbicidenkost (€/ton)

$k$  = de conventionele herbicidenprijzdaling (%)

$\omega$  = de glyfosaatprijs (€/l)

$g$  = het aantal liter glyfosaat nodig bij GT suikerbieten (l/ton)

De bovenstaande gegevens vormen de basis van de Monte Carlo simulaties die door @Risk uitgevoerd zullen worden. Daar het verband tussen de conventionele herbicidenkost en de GT herbicidenkost statistisch niet onafhankelijk is – een suikerbietenteler die reeds een lage conventionele herbicidenkost heeft, zal waarschijnlijk ook een lage GT herbicidenkost hebben – werd een correlatiecoëfficiënt ingevoerd van + 75% tussen de variabelen  $h_c$  en  $g$ . Tabel 5 vat de resultaten samen die door het softwareprogramma bekomen werden na het uitvoeren van 100.000 iteraties. We merken hier op dat de berekening van de herbicidenkostenreductie bij het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever eenvoudiger is, daar we te maken hebben met één enkele observatie wat de conventionele herbicidenkost betreft, namelijk een deterministische puntschatting van 2,43 €/ton voor de campagne 1998-1999.

Uit Tabel 5 is direct af te leiden dat de statistische distributie van de conventionele herbicidenkost breder<sup>6</sup> is dan die van de GT herbicidenkost. De GT technologie is immers meer gestandaardiseerd dan de conventionele technologie, laat een flexibeler

beheer van onkruiden toe, biedt de mogelijkheid om de eerste besproeiingen uit te stellen en elimineert grotendeels de noodzaak de onkruiden in vooropkomst te behandelen. Deze effecten zorgen er dus voor dat de veronderstelde spreiding van scenario's bij de GT herbicidenkost veel kleiner zal zijn dan bij de conventionele.

### *Sproeikostenreducties*

Door de introductie van HT suikerbieten zal niet alleen gebruik gemaakt kunnen worden van het goedkopere glyfosaat, maar zou eveneens het aantal onkruidbehandelingen gereduceerd kunnen worden. In de literatuur is te vinden dat het aantal applicaties nodig bij GT suikerbieten varieert van 1 tot 3 (May, 2000, Dewar, 2000, Lemarié *et al.*, 2001). Voor onze analyse werd daarom gekozen voor een discrete verdeling van het aantal applicaties, analoog aan het aantal l glyfosaat per ha (cfr. supra), met bijbehorende waarschijnlijkheden: 1 (20%), 2 (40%) en 3 (40%) applicaties. In deze verdeling wordt rekening gehouden met de verwachting dat in de meeste gevallen de landbouwvelden waarschijnlijk meer dan één keer behandeld zullen worden. Tabel 6 geeft de mogelijke scenario's weer die een invloed hebben op de grootte van de sproeikostenreductie die dankzij de introductie van GT suikerbieten zou gerealiseerd kunnen worden. Voor het conventioneel aantal applicaties in voor- en na-opkomst en voor het GT aantal applicaties, werd telkens gebruik gemaakt van de discrete verdeling via het programma @Risk met de bovenvermelde puntschattingen. Voor de applicatiekost werd gebruik gemaakt van de driehoeksverdeling met de waarden in Tabel 6 als hoekpunten.

De uiteindelijke totale sproeikostenreductie die gepaard zou kunnen gaan met GT suikerbieten, wordt berekend door middel van onderstaande formule:

$$\Delta S = (v + n_c - n_{gt})c \quad (3)$$

met  $\Delta S$  = de potentiële sproeikostenreductie (€/ton)

$v$  = het conventioneel aantal applicaties in voor-opkomst

$n_c$  = het conventioneel aantal applicaties in na-opkomst

$n_{gt}$  = het aantal GT applicaties nodig bij GT suikerbieten

$c$  = de applicatiekost (€/ton)

Ook hier wordt een correlatiecoëfficiënt van + 75% gedefinieerd tussen het conventioneel aantal applicaties in na-opkomst en het GT aantal applicaties daar een landbouwer met weinig conventionele applicaties in na-opkomst, waarschijnlijk ook weinig applicaties nodig zal hebben als hij de nieuwe technologie adopteert. De potentiële sproeikostenreducties bij het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever kunnen rechtstreeks berekend worden en voorgesteld via een discrete verdeling. Het conventioneel aantal applicaties is gelijk aan 4 (1 voor-opkomst en 3 na-opkomst behandelingen). De applicatiekost bedraagt 0,45 €/ton<sup>7</sup>. We kunnen daarom een discrete verdeling berekenen met volgende puntschattingen van de sproeikostenreductie en bijbehorende waarschijnlijkheden: 1,35 (20%), 0,90 (40%) en 0,45 (40%).

#### *Kostenreducties in de mechanische onkruidbestrijding*

Een bijkomende factor die een rol speelt bij de financiële baten als gevolg van de introductie van GT suikerbieten, is de kostenreductie in de mechanische onkruidbestrijding. Hermann (2002) schat dat op ongeveer 25% van de totale Belgische suikerbietenoppervlakte één maal geschoffeld wordt, doch dit gebeurt niet enkel voor onkruidbestrijding, ook voor bodemverluchting. Als gevolg van de

introductie van GT suikerbieten, zal er minder geschoffeld worden en de vermindering zal afhangen van de vochtigheidstoestand, daar bodemverluchting vooral nodig is bij droog weer. De oppervlakte waarop in België geschoffeld wordt, zal met andere woorden dalen als gevolg van de GT technologie, en deze daling zal meer uitgesproken zijn in de vochtige toestanden. Een reductie in de mechanische onkruidbestrijding betekent een reductie in het gebruik van zware machines. Daardoor dalen de rentekost en de kapitaalkost, beide elementen van de vaste kosten, evenals de arbeidskost. Bovendien worden op die manier minder brandstoffen verbruikt en worden minder uitlaatgassen in de natuur uitgestoten, wat een positieve milieueexternaliteit met zich meebrengt.

We moeten hier opmerken dat in vergelijking met andere Europese landen, in België weinig geschoffeld wordt en soms zelfs enkel om lucht te geven aan de grond (Hermann, 2002). De voordelen die gepaard gaan met een reductie in de mechanische onkruidbestrijding, zullen in andere Europese landen dan ook meer uitgesproken zijn. Wegens een gebrek aan gedetailleerde gegevens rond afschrijvingskosten, brandstofkosten en rentekosten wordt deze parameter niet in onze analyse opgenomen. Bovendien geldt dat de vermindering in het aantal schoffelbeurten niet noodzakelijk gelijk is aan de vermindering in het aantal spuitbeurten omdat het om een gecombineerde behandeling (met bodemverluchting) gaat.

#### *De technologiepremie als kostenfactor*

De financiële kost waarmee de gebruikers van de GT technologie geconfronteerd worden, is de prijspremie die de monopolistisch getinte life-science industrie vraagt voor het gebruik van het zaad van de GT suikerbieten. Zo hebben Monsanto (RR®)

suikerbieten) en Aventis (LL® suikerbieten) een patent op het gebruik van de technologie, wat het voor hen mogelijk maakt om prijzen te zetten boven de marginale kosten (Moschini en Lapan, 1997). Door middel van het zetten van een monopolieprijs zal het innoverende bedrijf zijn winsten maximaliseren en wordt het voor hem mogelijk om de gezonken kosten van O&O te recupereren via de zogenaamde monopolierente. De patenthouder zal met andere woorden een prijs zetten die hoog genoeg is, met als gevolg dat niet alle potentiële gebruikers ook effectief de technologie zullen aanvaarden, wat leidt tot partiële adoptie (Lapan en Moschini, 2000). Zoals Bullock en Nitsi (2001) aanhalen, wordt de RR® prijspremie gedefinieerd als het verschil voor de landbouwer van de nettoprijs van een doos RR® suikerbietenzaad en een identieke of eventueel vergelijkbare doos conventioneel zaadgoed. Moschini, Lapan en Sobolevsky (2000) observeren dat de technologierente van GT sojabonen in de VS ongeveer 40% bedraagt van de zaadprijs van conventionele sojabonen. In hun analyse op de potentiële impact van GT suikerbieten in Frankrijk komen Lemarié *et al.* (2001) eveneens tot de vaststelling dat de optimale strategie voor de innoverende bedrijven erin bestaat een prijs te zetten die 40% hoger ligt dan de conventionele zaadprijzen. In een gelijkaardige studie op GT suikerbieten in het VK, gebruikt May (2000) twee scenario's voor de technologiepremie: 0,91 €/ton en 1,82 €/ton, wat neerkomt op respectievelijk 30% en 60% van de zaadprijs (Limb, 2000).

Voor onze analyse gaan we ervan uit dat de maximale premie die de innoverende bedrijven zullen vragen, gelijk is aan 40% van de conventionele zaadprijs. Het lijkt ons zeer waarschijnlijk dat de premie in Europa niet hoger zal liggen dan die in de VS voor GT soja. Als benedengrens nemen we een technologiepremie van nul<sup>8</sup>. Tabel 7

geeft de grootte van de technologiepremie weer in twee extreme scenario's.  $\mu$  stelt de prijsmarkup voor in% en  $M$  de technologiepremie. De resultaten van de tabel werden berekend met behulp van onderstaande formule:

$$M = \mu \delta w / r \quad (4)$$

met  $M$  = technologiepremie (in €/ton)

$\mu$  = prijsmarkup (%)

$\delta w$  = conventionele zaadkost (in €/ha) met plantdensiteit  $\delta$  en zaadprijs  $w$

$r$  = conventioneel suikerbietenrendement (in ton/ha)

We moeten hier opmerken dat de technologiepremie in het begin waarschijnlijk laag zal genomen worden. De innoverende bedrijven zetten de zaadprijzen laag genoeg zodat een groot deel van de landbouwers de technologie zal 'uitproberen'. Van zodra de adoptie reeds voor een groot deel vervolmaakt is, zal de premie stijgen. Er kan bijgevolg verwacht worden dat de inputindustrie hun prijzen zullen laten afhangen van de adoptiegraad van de technologie, een alom toegepaste marketingstrategie zijnde 'marktpenetratie'. Een technologiepremie van 40% is dan eigenlijk, zeker in de beginfase van de introductie van de nieuwe technologie, een bovengrens. Daar nog geen markt bestaat voor GT suikerbietenzaad en bijgevolg geen informatie beschikbaar is rond de te verwachten marktprijs, opteren we voor een brede uniforme verdeling, die alle mogelijke scenario's tussen de twee extreme waarden met even grote waarschijnlijkheid in rekening brengt. Te verwachten is dat deze parameter in de sensitiviteitsanalyse op de eerste plaats zal komen te staan, daar deze een directe negatieve invloed heeft op de geschatte impact van de nieuwe technologie.

### *Samenvatting van de onzekere parameters en hun verdeling*

De basis van de impactberekeningen wordt gevormd door de kostengegevens in Tabel 2 en de gemaakte assumpties (cfr. supra). Door middel van het softwareprogramma @Risk worden bovenstaande scenario's geanalyseerd. In totaal werden er 12 onzekere parameters gedefinieerd, samengevat in Tabel 8, samen met hun verdeling. De totale potentiële winstverhoging  $\Delta\pi$  als gevolg van GT suikebieten (in €/ton) kan nu berekend worden als volgt:

$$\Delta\pi = \Delta B + \Delta S + \Delta H - M \quad (5)$$

Er werd reeds aangehaald dat bepaalde variabelen die hierboven gedefinieerd werden, niet statistisch onafhankelijk zijn. Voor deze parameters is het daarom noodzakelijk om correlatiecoëfficiënten te definiëren opdat het model vooral realistische scenario's in rekening zou brengen. Onrealistische scenario's, zoals bijvoorbeeld een bietenteler die vóór adoptie lage herbicidenkosten heeft en nadien hoge, worden op die manier vermeden. Tabel 9 geeft de correlaties tussen de onzekere parameters weer die in @Risk werden ingevoerd. De waarden in het vet worden verondersteld, de andere waarden volgen logischerwijze uit de voorwaarde van zelfconsistentie waaraan de matrix dient te voldoen. Voor de correlatie tussen de conventionele herbicidenkost  $h_c$  en het conventioneel aantal applicaties  $n_c$ , laten we een speling toe van 10% op de gewogen herbicidenkost per applicatie. Suikerbietentelers worden immers geconfronteerd met specifieke onkruiden en hebben dus nood aan een specifiek herbicidenmengsel aan verschillende prijzen. Dit heeft substitutie-effecten binnen de herbicidenmix tot gevolg, waardoor de correlatie niet perfect (100%) is. Een analoge redenering gaat op voor de keuze van een correlatiecoëfficiënt van + 90% tussen het aantal liter glyfosaat  $g$  en het aantal glyfosaat applicaties  $n_{gt}$ . Hier laten we een speling

van 10% toe om de variatie in het aantal liter glyfosaat per applicatie in rekening te brengen. Ook tussen de prijsmarkup  $\mu$  en de conventionele herbicidenprijnsreductie  $k$  moet een correlatiecoëfficiënt gedefinieerd worden. Het is namelijk zo dat naarmate de prijzen van conventionele herbiciden dalen na de introductie van GT suikerbieten, de life-science bedrijven als reactie hun technologiepremie eveneens zullen verlagen. Daarom wordt een bijkomende correlatiecoëfficiënt van  $-0,60\%$  gedefinieerd om de omgekeerde relatie tussen beide parameters mee in ons model te brengen.

### *Resultaten*

In het scenario met gemiddelde rendementshogingen, herbicidenkostenreducties, sproeikostenreducties en technologiepremies zal de gemiddelde Belgische landbouwer een kostenreductie van 2,25 €/ton suikerbieten of 122,63 €/ha realiseren. Voor het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever bedraagt de potentiële winstverhoging 2,66 €/ton of 154,81 €/ha. De statistische verdelingen van deze resultaten die door @Risk bekomen werden na het uitvoeren van 100.000 iteraties, worden in Tabel 10 en Figuur 2 weergegeven voor een gemiddeld suikerbietenbedrijf en in Tabel 11 en Figuur 3 voor het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever.

Aan de ene kant kunnen we uit de Tabel 10 afleiden dat de introductie van GT suikerbieten in een gemiddeld Belgisch landbouwbedrijf in 95% van de gevallen een kostenverlaging van meer dan 1,11 €/ton of 60,50 €/ha (1,51 €/ton of 87,88 €/ha bij het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever in Tabel 11) met zich kan meebrengen. Aan de andere kant zal 95% van de suikerbietentelers geconfronteerd worden met een kostenreductie kleiner dan 3,44 €/ton of 187,48 €/ha (3,78 €/ton of 220,00 €/ha bij het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever). In 90% van de gevallen zal een gemiddelde

Belgische landbouwer met andere woorden geconfronteerd worden met een opbrengstverhoging die gelegen is tussen 1,11 €/ton en 3,44 €/ton. Wanneer de familie Robijns-Van Sever beslist om GT suikerbieten te telen, zal het met een waarschijnlijkheid van 90% geconfronteerd worden met een kostenverlaging tussen 1,51 €/ton en 3,78 €/ton.

Bovenstaande resultaten insinueren dat de frequentie van het voorkomen van een financieel verlies zo goed als onbestaande is. In een statische analyse zou dit betekenen dat 100% van de landbouwers, in oppervlakte, geneigd zou zijn de technologie te adopteren. In economische termen zou dit betekenen dat we te doen hebben met een drastische innovatie (Moschini en Lapan, 1997), waarbij de kostendaling zo drastisch is dat de monopolist zijn maximumprijs kan vragen en de technologie toch nog goedkoper uitkomt voor de landbouwer. De extra kost van de technologiepremie weegt met andere woorden niet op tegen de baten die gepaard gaan met de rendementsstijging, de sproeikostenreductie en de herbicidenkostenreductie. Uiteraard hangen deze resultaten nauw samen met de 'smalle' verdeling die werd verondersteld voor de conventionele herbicidenkosten (cfr. supra). Zelfs in een statische analyse zullen er altijd landbouwers zijn die reeds zeer lage kosten hebben en waarvoor de nieuwe technologie niet rendabel is. Bij gebrek aan gedetailleerde gegevens omtrent de verdeling van deze kosten, kunnen we deze proportie van niet-adoptanten niet inschatten. Dit legt een ondergrens (groter dan 0) op onze impactschattingen. Langs de andere kant zijn er ook landbouwers die te kampen hebben met extreem hoge onkruidproblemen, waarvoor de nieuwe technologie een enorme impact zal hebben. Deze groep ontsnapt ook aan onze analyse, wat een bovengrens oplegt aan onze impactschattingen. De verdeling van de impactschatting

zal bijgevolg ‘smaller’ zijn, waardoor het lijkt dat 100% van de landbouwers de nieuwe technologie zou adopteren.

De samenhang tussen de verschillende variabelen wordt duidelijk bij het bekijken van Figuur 4 en Figuur 5 die de gevoeligheid van veranderingen in de verschillende parameters met betrekking tot de potentiële opbrengstverhoging weergeven. Deze coëfficiënten geven een indicatie van de relatieve belangrijkheid van de parameters met betrekking tot het resultaat, gegeven de stochastische verdelingen die verondersteld werden voor de parameters. Uit de ‘tornadografieken’ kunnen we afleiden dat zowel voor een gemiddeld Belgisch landbouwbedrijf, als voor het bedrijf Robijns-Van Sever, de potentiële opbrengstverhoging sterk negatief gecorreleerd is met de technologiepremie enerzijds en positief met de rendementsstijging anderzijds. De grootte van de potentiële kostenreductie die zou kunnen gepaard gaan met GT suikerbieten, hangt met andere woorden in de eerste plaats af van de grootte van deze twee parameters. Het zullen dan ook deze twee variabelen zijn die in grote mate de adoptiegraad van de nieuwe technologie zullen bepalen en vice versa. De correlatiecoëfficiënten van de andere inputvariabelen hebben daarentegen, vooral in het geval van een gemiddeld Belgisch suikerbietenbedrijf, een kleinere waarde. Een stijging of een daling in één van deze parameters zal, in vergelijking met een even grote stijging of daling in de technologiepremie of rendementsverhoging, een minder groot gevolg hebben op de potentiële opbrengstverhoging of kostenreductie. Dit wil ook zeggen dat de nauwkeurigheid van de geschatte impact grotendeels afhangt van de nauwkeurigheid van de schatting van de technologiepremie en van de rendementsverhoging. Daar nog geen markt bestaat voor de GT suikerbieten in Europa, is de technologiepremie voorlopig onbestaande. Daarom hebben we gekozen

voor een relatief brede uniforme verdeling met een vrij hoge maximumwaarde om alle mogelijke scenario's in onze analyse in te bouwen. Voor het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever lijkt ook de mate waarin de sproeikosten gereduceerd worden een significante rol te spelen, naast de rendementsverhoging en de technologiepremie.

Tabel 12 geeft een scenarioanalyse weer betreffende de introductie van GT suikerbieten in een gemiddeld Belgisch suikerbietenbedrijf. Deze scenarioanalyse geeft de mogelijkheid om te bepalen welke parameters belangrijk zijn voor het bereiken van een bepaalde doelwaarde. De getallen geven het verschil tussen de mediaan van het deelinterval en de mediaan van de gehele simulatie, gedeeld door de standaarddeviatie van de gehele simulatie. Een negatieve waarde wijst erop dat de mediaan van het deelinterval kleiner is dan de mediaan van de gehele simulatie. Een positieve waarde wijst erop dat de mediaan van het deelinterval groter is dan de mediaan van de gehele simulatie. Hoe groter de absolute waarde is van deze ratio, des te belangrijker deze parameter is voor het bereiken van de vooropgestelde doelwaarde.

Uit de tabel kunnen we afleiden dat voor hoge opbrengstverhogingen (scenario > 75%) de grootte van de potentiële rendementsverhoging en de technologiepremie belangrijk zijn. De ratio van de parameter 'rendementsstijging' heeft een positieve waarde, wat erop wijst dat de mediaan van het deelinterval hoger is dan de mediaan van de gehele simulatie. Hoge opbrengstverhogingen worden met andere woorden bereikt door grote rendementsstijgingen. Hieruit volgt dat landbouwers die geconfronteerd worden met lage rendementen die te wijten zijn aan een inefficiënte onkruidbestrijding, meer voordeel zullen halen uit de nieuwe technologie. Voor deze

landbouwers speelt het rendementsverhogende effect dus een grote rol met betrekking tot het behalen van grote opbrengstenverhogingen. Landbouwers die reeds zeer efficiënt aan onkruidcontrole doen, zullen in mindere mate hun rendementen zien stijgen en voor hen zal de opbrengstverhoging minder uitgesproken zijn. Als we veronderstellen dat kleinere landbouwbedrijven meer te kampen hebben met onkruidproblemen, zien we hier een voorbeeld van hoe biotechnologie potentieel rendabeler kan zijn bij kleine dan bij grote bedrijven. Dit fenomeen werd door meerdere studies reeds bevestigd (Qaim, 1999, Pray *et al.*, 2000, Qaim, 2000, Ismaël *et al.*, 2001). Fernandez-Cornejo (2001) vindt bovendien dat de adoptie van de GT technologie bij RR® sojabonen in de VS niet statistisch<sup>9</sup> significant gecorreleerd is met de bedrijfsgrootte. Dit wil zeggen dat zowel kleine als grote bedrijven betrokken waren in het adoptieproces. Daar het in onze casestudie essentieel om dezelfde technologie gaat, toegepast op een ander gewas, kunnen we verwachten dat de adoptie van GT suikerbieten ook schaalneutraal zal zijn. De ratio van de technologiepremie daarentegen is negatief, wat erop wijst dat de mediaan van de gehele simulatie groter is dan de mediaan van het deelinterval. Het bereiken van hoge opbrengstverhogingen kan met andere woorden bereikt worden door een verlaging van de technologiepremie. Life-science bedrijven kunnen via hun prijszetting het adoptieproces van de nieuwe technologie aanzienlijk beïnvloeden.

Als de potentiële opbrengsten daarentegen aan de lage kant uitvallen (scenario < 25%), dan is dit volgens ons model vooral te wijten aan de potentiële sproeikostenreductie. De hoge absolute waarde (-2,04) voor het conventioneel aantal applicaties in voor-opkomst wijst erop dat landbouwers die reeds weinig baat hebben bij de nieuwe technologie en toch adopteren, er alle belang bij hebben hun

productietechnieken zo nauw mogelijk aan te passen aan de nieuwe technologie. Indien dit de rendementen niet te sterk aantast, kunnen ze dit in de eerste plaats doen door de onkruidbehandeling in voor-opkomst te elimineren. Lage opbrengstverhogingen komen immers daar voor waar onkruidbehandelingen in voor-opkomst reeds geëlimineerd werden. In de tweede plaats is het belangrijk de glyfosaatbehandelingen in na-opkomst efficiënt te beheren zodat slechts weinig passages nodig zijn. Andere parameters zoals de technologiepremie en de rendementsverhoging spelen ook een rol, maar de absolute waarde van hun ratio's is in vergelijking kleiner wat erop wijst dat deze variabelen een relatief minder belangrijke rol spelen. Lage kostenreducties worden met andere woorden bereikt wanneer de landbouwer reeds geconfronteerd wordt met lage conventionele sproeikosten. In dit geval zouden immers de baten van de nieuwe technologie het minste tot uiting kunnen komen. Als we veronderstellen dat grotere landbouwbedrijven minder te kampen hebben met onkruidproblemen, en dus minder applicaties nodig hebben in voor-opkomst, zien we hier opnieuw hoe biotechnologie potentieel rendabeler kan zijn bij kleine dan bij grote bedrijven. Bovenstaande vaststellingen worden grotendeels bevestigd door de scenarioanalyse op het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever in Tabel 13. De technologiepremie en de rendementsverhoging spelen in de drie scenario's een rol, wat overeenstemt met de analyse op een gemiddeld Belgisch suikerbietenbedrijf. De mate waarin de nieuwe technologie kan bijdragen tot het verlagen van de sproeikosten blijkt voor de suikerbietenteler Robijns-Van Sever de belangrijkste factor te zijn.

### *Totale potentiële kostenreductie voor België*

Voor het berekenen van de totale potentiële kostenreductie die gepaard zou kunnen gaan met de introductie van GT suikerbieten in België, baseren we ons op Tabel 14. Deze berekening is belangrijk daar het een indicatie geeft van de gederfde opbrengsten die gepaard zouden gaan met een complete verbanning van deze nieuwe technologie voor België. In deze analyse wordt evenwel geen rekening gehouden met eventuele prijsdalingen voor suikerbieten die zouden ontstaan als andere lidstaten van de EU gezamenlijk deze technologie mee adopteren. Drie argumenten verduidelijken immers dat dit effect verwaarloosbaar zal zijn voor een land als België. Ten eerste worden, gegeven het GLB betreffende suiker in de EU en het gehele quotasysteem, prijsdalingen op de wereldmarkt slechts beperkt doorgegeven aan de binnenlandse prijzen voor A- en B-quota suiker. Dit resulteert in prijstransmissiecoëfficiënten lager dan 1 (cfr. supra). Een tweede argument betreft het feit dat slechts vier landen, namelijk Frankrijk, Duitsland, Oostenrijk en het Verenigd Koninkrijk, significante hoeveelheden C-suiker produceren en hun aanbod C-suiker aanpassen in respons op de wereldsuikerprijs (Frandsen *et al.*, 2001). Zelfs indien de prijzen doorgegeven worden aan de binnenlandse markt, zal de extra geëxporteerde hoeveelheid C-suiker, als gevolg van de adoptie van de GT technologie, steeds beperkt zijn. Bovendien tonen de eerste simulaties van het EUWABSIM-model (European Union Welfare effects of Agricultural Biotechnology SIMulation) aan dat de reducties in wereldsuikerprijzen bescheiden zullen zijn, namelijk in de orde van 0,1 à 0,4% (Demont en Tollens, 2002). Een derde en laatste argument betreft de specifieke situatie van België. Dit land produceert immers geen significante hoeveelheden C-suiker en reageert niet significant op wereldprijsschommelingen. Zoals reeds vermeld, wordt de C-suiker door het merendeel van de producenten beschouwd als een

veiligheidsmarge en het is vooral op die C-suiker dat de prijsdalingen, hoe klein ook, invloed zullen hebben. Ook Poonyth (1998, 2000) toont econometrisch aan dat het Belgisch aanbod zowel antwoordt op wereldprijsschommelingen als op quotumaanpassingen. Dit wil zeggen dat een deel van de suikerbietentelers in België hun productie aanpast in functie van de wereldmarktprijs, terwijl een ander deel doelt op het vervullen van hun quota's. We kunnen met deze drie argumenten dus besluiten dat prijswijzigingen verwaarloosbaar zijn voor onze micro-economische analyse op korte termijn.

Voor het berekenen van de gegevens in Tabel 14, gaan we uit van een adoptieniveau van 75%. Dit lijkt ons een realistische bovengrens van de te verwachten adoptiegraad, daar zelfs in de VS dit niveau nog niet is bereikt voor RR® sojabonen. Uit de tabel volgt dat de gemiddelde gederfde opbrengst voor het jaar 1998-99 voor de Belgische landbouwers, bij een veronderstelde adoptiegraad van 75%, als gevolg van de verbanning van de GT suikerbieten 9 miljoen € bedraagt. Bovendien kan deze waarde oplopen tot een bedrag van ongeveer 14 miljoen € per jaar in het meest optimistische<sup>10</sup> scenario. De gemiddelde inkomsten die de inputindustrieën zouden kunnen gerealiseerd hebben bij de introductie van GT suikerbieten in de landbouw, bedragen 3 miljoen €. Figuur 6 visualiseert de verdeling van de totale baten over deze twee agenten. In dit diagram is duidelijk te zien dat gemiddeld gezien slechts één vierde van de baten die gepaard gaan met de introductie van GT suikerbieten in de Belgische landbouw naar de monopolistisch getinte inputindustrieën gaat, namelijk genenontwikkelaars en zaadindustrieën. Het merendeel, namelijk drie vierde van de baten komt ten goede aan de landbouwers die de nieuwe technologie adopteren. De bewering dat de inputindustrieën zouden profiteren van hun monopoliesituatie en dus

alle baten naar zich toe zouden trekken, lijkt uit bovenstaande figuur dus ongegrond. In 90% van de berekende scenario's nemen de landbouwers tussen 44% en 98% van de totale baten voor hun rekening, terwijl dit voor de inputindustrieën tussen 2%, bij extreem lage technologiepremies, en 56% ligt.

### **Niet-geldelijke kosten en baten van GT suikerbieten**

Zoals Bullock en Nitsi (2001) aanhalen, suggereren empirische resultaten dat de geldelijke baten van GT gewassen in de Amerikaanse landbouw de snelle adoptiegraad slechts in beperkte mate kunnen verklaren. Er moeten dus andere factoren zijn die deze evolutie verduidelijken en die niet rechtstreeks om te zetten zijn in financiële cijfers. In het algemeen worden de productiekosten van een landbouwbedrijf voorgesteld als afkomstig van louter financiële transacties. Een meer volledige voorstelling van de productiekosten neemt echter ook opportuiniteitskosten mee in rekening (Bullock en Nitsi, 2001). De keuze van één bepaalde aanwending van de beschikbare middelen impliceert immers een opoffering van andere mogelijke aanwendingen. De opportuiniteitskosten vertegenwoordigen dan de waarde van de verloren gegane best mogelijke alternatieve aanwending van de middelen. Deze kosten hebben alles te maken met de schaarste van de beschikbare middelen en vallen niet noodzakelijk samen met de monetaire kostprijs van de aanwending ervan (De Grauwe *et al.*, 1997). De landbouwers zouden bijvoorbeeld hun arbeid en managementvaardigheden elders in de economie kunnen gebruiken ter compensatie van een loon. De opportuiniteitskost kan dan weergegeven worden door het inkomen dat zou kunnen verwezenlijkt worden wanneer de landbouwer beslist om zijn vaardigheden niet te gebruiken op het veld, maar wel op andere gebieden. Het gemiste inkomen op de arbeidsmarkt onder andere, kan een maat zijn voor de

opportunitetskost van het inzetten van de middelen door de landbouwer. Hoe minder tijd de landbouwer moet besteden aan landbouwactiviteiten, hoe lager de gederfde opbrengsten en dus ook de opportunitetskosten zullen zijn. Ook Smit, Van Niejenhuis en Renkema (1997) erkennen het belang van de opportunitetskosten bij het nemen van landbouwbeslissingen. Zij halen aan dat bij het nemen van beslissingen op het operationele niveau van de suikerbietenteelt, namelijk de plantdichtheid en de oogstdatum, het criterium van de opbrengst boven de marginale kosten kan gebruikt worden voor het evalueren van verschillende opties. Voor tactische beslissingen over de oppervlakte van de suikerbieten daarentegen moet de suikerbietenteler de opportunitetskosten betreffende arbeid en kapitaal mee in rekening brengen. Positieve opportunitetskosten wijzen op het feit dat arbeid en kapitaal beperkte productiemiddelen zijn en dat er alternatieve manieren zijn om ze aan te wenden. De opportunitetskosten kunnen zo hoog zijn dat een capaciteitsuitbreiding, de aankoop van land en kapitaal en een stijging van de arbeidsinput winstgevend kunnen zijn.

#### *Niet-geldelijke baten*

Een eerste baat die gepaard gaat met de introductie van GT suikerbieten in het landbouwbedrijf en die niet rechtstreeks in geldtermen kan omschreven worden, betreft het grotendeels wegvallen van de noodzaak een onderzoek uit te voeren naar de verschillende onkruidtypen aanwezig op de suikerbietenvelden. Zoals reeds vermeld, houden de meeste niet-glyfosaat herbiciden slechts een kleine waaier van onkruiden onder controle. Het gebruik van deze onkruidverdelgers maakt het daarom noodzakelijk voor de landbouwers om de suikerbietenvelden grondig te onderzoeken met als doel de verschillende onkruidtypes te identificeren. Deze identificatie is vaak

moeilijk, verwarrend, onaangenaam en vereist veel ervaring. Het vormt de basis van het mengsel van herbiciden waarmee de suikerbieten uiteindelijk besproeid zullen worden. Glyfosaat daarentegen is effectief op een breed spectrum van onkruiden waardoor het onderzoeken van de velden en de identificatie van de verschillende onkruidtypes minder noodzakelijk wordt (Bullock en Nitsi, 2001). Het gebruik van GT suikerbieten spaart met andere woorden managementmiddelen uit daar de landbouwers minder tijd en inspanning moeten leveren voor het onderzoeken van de velden, voor het identificeren van de verschillende onkruidtypes en voor het uitzoeken van de beste manier om de onkruiden te verdelgen. De landbouwer is zo in staat om zijn uitgespaarde inspanningen en informatiekosten te gebruiken voor andere doeleinden, waardoor de opportuniteitskost vermindert. Bovendien wordt door het wegvallen van dit veldonderzoek de noodzaak aan menselijk kapitaal sterk gereduceerd, voor deze specifieke taak althans. De identificatie van de verschillende onkruidtypes en de samenstelling van het herbicidenmengsel steunt immers op de ervaring (leercurve) en de opleiding van de landbouwer. Bepaalde landbouwbedrijven doen zelfs een beroep op het advies van specialisten voor dit onderzoek (Jassem, 2000). Het wegvallen van deze factor betekent met andere woorden een daling in de noodzaak te investeren in menselijk kapitaal dat vereist is om het proces van onkruidbestrijding op het landbouwbedrijf efficiënt te beheren. In deze context moeten we echter opmerken dat dit voordeel van de nieuwe technologie vooral ten goede komt aan startende landbouwbedrijven. De meest ervaren suikerbietentelers kennen immers hun velden met de voorkomende onkruidtypes en de veldwaarnemingen stellen minder problemen. Het al dan niet aanvaarden van GT suikerbieten zal voor deze landbouwers dan ook in mindere mate afhangen van dit voordeel. Voor de startende landbouwbedrijven daarentegen, betekent deze reductie

in het vereiste menselijke kapitaal echter wel een groot voordeel dat geboden wordt door GT suikerbieten.

Een tweede element betreffende de niet-geldelijke baten heeft te maken met de grootte van de onkruiden die bestreden kunnen worden door glyfosaat en glufosinaat-ammonium. In vergelijking met andere herbiciden, zijn deze onkruidverdelgers immers in staat om onkruiden te bestrijden die reeds ontwikkeld zijn, waardoor de eerste besproeiingen kunnen uitgesteld worden. Dit geeft de landbouwers meer tijd en flexibiliteit voor het opstellen van een efficiënt besproeiingsschema. Wanneer bijvoorbeeld snel na het zaaien van de suikerbieten het veld te verduren krijgt met hevige regen, kan het zijn dat in de volgende periode de omstandigheden veel te vochtig zijn voor de landbouwer om de sproeier op het veld te krijgen. Tegen de tijd dat de grond droog is, zullen de onkruiden te groot geworden zijn en zijn sommige conventionele onkruidverdelgers minder doeltreffend. Daar glyfosaat in staat is om grotere onkruiden te vernietigen, heeft de landbouwgrond meer tijd om te drogen en is dus het tijdsvenster voor de besproeiing groter (Bullock en Nitsi, 2001). Veldoperaties worden uitgespaard, wat middelen overlaat op cruciale momenten tijdens het groeiseizoen voor andere gewassen. Op die manier is de landbouwer in staat om zijn beheertaken voor die specifieke gewassen op een meer tijdsgebonden manier uit te voeren. Het tijdstip waarop bepaalde andere niet-GT gewassen gezaaid kunnen worden, kan immers een aanzienlijk effect hebben op de effectiviteit van de onkruidcontrole. De tijd die vrijkomt doordat een nieuwe technologie geïntroduceerd wordt in één van de gewassen op het landbouwbedrijf, kan met andere woorden gebruikt worden voor het beter en flexibeler beheren van de cruciale taken bij andere gewassen.

Bovendien haalt May (2000) aan dat de conventionele onkruidverdelgers die gebruikt worden op de suikerbietenvelden het gewas schaden bij extreme temperaturen. Glyfosaat en glufosinaat-ammonium zijn echter beiden veiliger voor het gewas onder extreme weersomstandigheden. Deze eigenschap heeft dus een rechtstreeks effect op de weersafhankelijkheid van het besproeiingsschema van de landbouwer. De introductie van de GT suikerbieten zorgt er met andere woorden voor dat de landbouwers minder afhankelijk wordt van de weersomstandigheden en dat ze over meer vrijheid beschikken inzake de keuze van het juiste besproeiingsschema.

Een reductie in de zogenaamde 'carry-over' effecten, die het voor de landbouwer onmogelijk maken om nog gewassen te planten voor het volgende seizoen op velden die behandeld zijn met onkruidverdelgers, vormt een vierde niet-geldelijke baat van de nieuwe technologie. GT gewassen zouden immers omwille van het korte leven van de onkruidverdelgers glyfosaat en glufosinaat-ammonium, deze beperking grotendeels elimineren, wat opnieuw resulteert in een stijgende flexibiliteit voor de landbouwer (Marra *et al.*, 2002). Bovendien is op die manier minder menselijk kapitaal (kennis) vereist met betrekking tot de mate waarin bepaalde onkruidverdelgers dit effect teweegbrengen en komt eveneens tijd vrij. Deze factor lijkt echter tegenwoordig van minder belang te zijn, daar reeds conventionele herbiciden ontwikkeld werden die rekening houden met dit negatieve effect. Het al dan niet aanvaarden van de nieuwe technologie zal dus in mindere mate afhangen van deze factor.

De specifieke eigenschappen van glyfosaat en glufosinaat-ammonium brengen ook een aantal belangrijke positieve gevolgen met zich mee voor de landbouwer die niet rechtstreeks in geldtermen te waarderen zijn. Daar glyfosaat bijvoorbeeld één van de

veiligste herbiciden is uit het gehele arsenaal van onkruidverdelgers op dit ogenblik, zullen landbouwers en andere werkkrachten die op het veld werken, minder gezondheidsgerelateerde effecten ervaren bij het gebruik van dit herbicide. Glyfosaat zou immers 3,4 tot 16,8 keer minder giftig zijn dan alle andere conventionele herbiciden (Marra *et al.*, 2002). We kunnen deze positieve impact op de gezondheid van de landbouwer dus beschouwen als een vijfde niet-geldelijk effect bij de adoptie van GT suikerbieten.

De positieve milieu-externaliteiten die geassocieerd worden met de introductie van GT gewassen in het landbouwbedrijf, kunnen beschouwd worden als een zesde niet-geldelijke baat die dan ten goede komt aan de maatschappij, buiten het landbouwbedrijf. May, Dewar en Pidgeon (2001) beweren dat door gebruik te maken van GT gewassen minder behandelingen nodig zijn om het onkruid te bestrijden (cfr. supra) en ook minder gewassen besproeid moeten worden. De nieuwe technologie laat de landbouwers immers toe hun beslissingen met betrekking tot herbicidenbehandeling uit te stellen, waardoor een aantal gewassen ontsnapt aan de behandeling. Marra (2002) haalt verder nog aan dat glyfosaat minder lang zou overleven in het milieu. Dit komt in het algemeen het milieu ten goede evenals de vermindering van risico tot pollutie van het grondwater. Bovendien zorgen de GT gewassen voor een reductie in de mechanische bestrijding, wat het risico van het compacteren (door de zware machines) van de grond reduceert, alsook het brandstofgebruik en de bijbehorende uitlaatgassen. Ook May (2000) bevestigt dat er in theorie minder beperkingen zullen voorkomen op het gebruik van glyfosaat en glufosinaat-ammonium, daar deze onkruidverdelgers betere milieu- en toxicologische profielen hebben dan de meeste andere herbiciden die ze vervangen.

Een laatste en waarschijnlijk belangrijkste factor die het gehele adoptieproces van de GT suikerbieten zou kunnen beïnvloeden, is de zogenaamde ‘convenience factor’. Deze factor kan gemeten worden via de meerwaarde die de landbouwers bereid zijn te betalen voor het zuivere ‘gebruiksgemak’ van de technologie.

#### *Gevolgen voor het landbouwbedrijf*

Uit de voorgaande paragraaf blijkt dat het algemene effect van GT suikerbieten er in bestaat dat deze nieuwe technologie het efficiënt beheren van het landbouwbedrijf minder afhankelijk maakt van stochastische natuurkrachten, wat een meer flexibel takenschema toelaat met minder risico, minder nood aan menselijk kapitaal en dus ook minder managementkosten (Demont en Tollens, 2001). Een eerste belangrijk punt betreft de trend naar standaardisatie als gevolg van een reductie in het vereiste menselijk kapitaal voor enkele specifieke taken in de onkruidbestrijding. Standaardisatie zorgt ervoor dat het verschil tussen ervaren landbouwers en jonge starters steeds kleiner en kleiner wordt.

Een tweede factor betreft de flexibiliteit die gepaard gaat met de GT technologie. De verandering in taakflexibiliteit als gevolg van de introductie van GT gewassen in het landbouwbedrijf, wordt gevisualiseerd in Figuur 7 (Demont en Tollens, 2001). In de figuur stelt  $d$  de dag voor wanneer een specifieke taak moet uitgevoerd worden om een bepaald bereikt productieniveau  $q_{s-1}$  uit het vorige teeltstadium te behouden, zonder aanzienlijke verliezen te veroorzaken. Drie effecten betreffende de introductie van GT gewassen in het landbouwbedrijf, kunnen uit de figuur afgeleid worden. Een eerste effect heeft betrekking op het feit dat om een bepaalde economische minimumproductie  $q_{min}$  te behouden, het tijdsvenster voor het uitvoeren van de taak

bij conventionele gewassen ( $L_r$  in Figuur 7a) beduidend kleiner is dan bij GT gewassen ( $L_g$  in Figuur 7b). Voor de conventionele gewassen is bijvoorbeeld de optimale periode van onkruidbehandeling gelijk aan de periode gaande van de vooropkomst van de suikerbieten tot aan de fase van acht bladstadiën. Bij gebruik van GT suikerbieten is deze periode echter langer en dit omwille van de specifieke eigenschappen van de onkruidverdelgers glyfosaat en glufosinaat-ammonium. Een belangrijk gevolg van deze factor is het feit dat op die manier ook de tijdsspecificiteit van arbeid en kapitaal afneemt. De vraag naar arbeid en kapitaal van de verschillende landbouwers is dan immers minder geconcentreerd in een beperkte periode in de tijd, waardoor deze factoren meer efficiënt en gespreid gebruikt kunnen worden. Een daling van de concentratie van de vraag naar kapitaalgoederen in een bepaalde periode betekent een daling van de rentekosten en dus ook een daling van de kapitaalskosten van het landbouwbedrijf. Aan de andere kant betekent een meer gespreide vraag naar de schaarse factor 'arbeid' een druk op de arbeidskosten. Op die manier kan de gewasbescherming immers gemakkelijker uitbesteed worden aan gespecialiseerde firma's. Contractvorming wordt gemakkelijker, meer gespreid in de tijd en dus goedkoper. Uit het vorige hoofdstuk blijkt duidelijk het belang van de kostenfactoren arbeid en kapitaal, in de totale kostenstructuur van het landbouwbedrijf. Voor een gemiddeld Belgisch suikerbietenbedrijf vertegenwoordigen deze kosten immers 32% van de totale kosten en de kosten met betrekking tot loonwerk 18% (22%, respectievelijk 23% voor het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever). Een kleine procentuele vermindering in deze kosten zal daarom ook direct een impact hebben op de winstgevendheid van de landbouwonderneming. Zo zal bijvoorbeeld een daling van slechts 5% op deze kosten gepaard gaan met een

rechtstreekse daling van 2,5% op de totale kosten van de onderneming (2,25% voor het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever).

Een tweede effect van de introductie van GT gewassen heeft te maken met het optimale tijdstip van onkruidbehandeling. In Figuur 7 wordt het de productie  $q_{s-1}$  uit het vorige teeltstadium het minst aangetast wanneer het onkruid verdelgd wordt op dag  $d^*$ . Hoe punctueler dit optimaal tijdstip opgevolgd wordt, hoe beter de productie  $q^*$  uit het vorige stadium geconserveerd zal worden. Het jaarlijks identificeren van deze optimale dag vereist een niet te onderschatten hoeveelheid kennisinput en dus menselijk kapitaal. Met behulp van de GT technologie, wordt het risico van het fout inschatten van deze dag sterk gereduceerd, wat de noodzaak aan menselijk kapitaal sterk reduceert. In Figuur 7 is duidelijk te zien dat wanneer het onkruid behandeld wordt op een ‘foutieve’ dag  $d^l$ , bijvoorbeeld later dan de optimale dag, het bijbehorende rendementsverlies  $\Delta q_g$  beduidend hoger is in de situatie met conventionele gewassen dan met GT gewassen ( $\Delta q_r$ ).

Het derde effect kan beschouwd worden als een gevolg van het vorige effect. Het is immers zo dat wanneer de kans van het verkeerd inschatten van de optimale dag gereduceerd wordt, ook de kans op rendementsverlies aanzienlijk vermindert. Daar de GT technologie een standaardisatie van de gewasbeschermingstaken impliceert, vermindert de kans en de relevantie van het verkeerd inschatten van de optimale dag. Wanneer geweten is dat de kosten van het te laat besproeien van de suikerbieten kunnen oplopen tot 750 €/ha of 13 €/ton<sup>11</sup>, namelijk 40% van de totale kostprijs bij een gemiddeld Belgisch landbouwbedrijf, wordt het belang van deze factor reeds duidelijk. Op die manier wordt dus eveneens het financieel risico sterk gereduceerd.

Brants en Harms (1998) halen verder nog aan dat omwille van het feit dat de herbiciden glyphosaat en glufosinaat-ammonium minder gevoelig zijn aan extreme weersomstandigheden dan de conventionele onkruidverdelgers, de landbouwers nu in staat zijn om meer voorspelbare en consistente rendementen per hectare te produceren, een daling van het financieel risico dus. Zoals reeds aangehaald, zorgt het quotasysteem ervoor dat wanneer de landbouwer meer suikerbieten levert aan het suikerbedrijf dan zijn quota, dit zijn winstgevendheid aantast. Aan de andere kant geldt dat als de suikerbietenteler jaarlijks faalt in het vervullen van de quota, hij geconfronteerd wordt met een reductie ervan. Het risico dat de suikerbietenproductie de quota overtreft is met andere woorden een belangrijke factor in de tactische beslissing omtrent de oppervlakte suikerbieten die gezaaid moet worden (Smit *et al.*, 1997). Daar de introductie van GT suikerbieten het management van de landbouwer eenvoudiger maakt, zal hij ook meer inzicht verwerven in dit risico en bovendien ook minder geconfronteerd worden met jaarlijkse rendementsschommelingen. Hierdoor is de suikerbietenteler in staat om een kleinere veiligheidsvoorraad aan te houden, waardoor de hoeveelheid verlieslatende C-suikerbieten gereduceerd wordt (Tabel 3). Dit geldt natuurlijk specifiek voor de Belgische situatie van 1998-1999, waarbij C-bieten gemiddeld gezien zeer verlieslatend waren. Dit kan aanzienlijk verschillen van jaar tot jaar, afhankelijk van de wereldsuikerprijs, en van land tot land. Door de introductie van GT suikerbieten krijgt de landbouwer met andere woorden meer inzicht in de manier waarop hij zijn quota moet vullen en de kans op het niet in staat zijn van het vervullen van de quota zal verminderen.

Zoals ook May (2000) aanhaalt, zorgen de niet-geldelijke baten die hier opgesomd zijn ervoor dat de beslissingen van de landbouwer betreffende de onkruidcontrole bij

de suikerbietenteelt vergemakkelijkt worden. Deze baten geven dus weer dat het gebruik van de GT gewassen een verhoogde flexibiliteit in de teeltpraktijken van de landbouwers toestaat, alsook gereduceerde en flexibelere arbeidsvereisten. Deze effecten krijgen een economische betekenis wanneer arbeid of tijd schaarse factoren zijn. Op middellange termijn zou dit kunnen resulteren in een verhoogde arbeidsproductiviteit en in besparingen van arbeidskosten. Op lange termijn zou dit zelfs een impact kunnen hebben op de herstructurering van de landbouwbedrijven, samen met de vele andere factoren die een belangrijke rol spelen in dit proces (European Commission, 2000).

#### *Gevolgen voor de suikerindustrie*

De suikerbietenteler staat in nauwe contractuele relatie met de suikerproducent omwille van het quotasysteem zoals reeds uitgelegd in het eerste deel. De voordelen voor de suikerproducenten zijn niet onmiddellijk zichtbaar waardoor het minder interessant lijkt voor hen om de technologie te aanvaarden. Zoals Brants en Harms (1998) aanhalen, zal echter de suikerindustrie ook voordelen halen uit het feit dat de landbouwers de GT technologie toepassen. Een verbeterde en efficiëntere onkruidbehandeling betekent bij de oogst immers zuiverdere gewassen met een hogere kwaliteit. Een zuiverder gewas zal ook minder afvalmateriaal met zich meebrengen door middel van een verbeterde aftopping. De verwerkende industrie zal op die manier dus ook profiteren van de nieuwe technologie door een reductie in het afval en een verbeterde kwaliteit. Het meer efficiënt en bovendien meer milieuvriendelijk produceren van suikerbieten, wat leidt tot minder milieuheffingen, betekent dus ook voor de suikerindustrie een belangrijke factor om concurrentieel te blijven.

De suikerproducenten weten uiteraard welke technologie de landbouwers toepassen en hoe die technologie de productiekosten beïnvloedt van deze laatste. Prijsonderhandelingen tussen de landbouwers, die in een competitieve sector opereren, en de sterk geconcentreerde en dus oligopolistisch getinte suikerindustrie zullen de bietenprijzen drukken. In de Tabel 15 zien we hoe het aantal verwerkende bedrijven en raffinaderijen in de suikersector op tien jaar gehalveerd is. Daar de EC minimumprijzen heeft vooropgesteld, bestaat er een ondergrens voor deze prijsvorming. Bovendien zijn de landbouwers en de suikerproducenten wederzijds afhankelijk van elkaar: aan de ene kant kunnen de producenten hun prijs niet te laag zetten daar op die manier het aanbod van suikerbieten gereduceerd wordt, aan de andere kant kunnen landbouwers hun prijs niet te hoog zetten omdat er dikwijls maar één producent in hun buurt aanwezig is<sup>12</sup>. Dit legt eveneens een onder- en bovengrens op de prijsvorming. Het resultaat zal zijn dat een deel van de baten van de GT technologie zal vloeien naar de industrie omdat die in staat is om de prijzen te drukken tot op het niveau van de minimumprijzen. De mate waarin dit gebeurt, is echter afhankelijk van de relatieve onderhandelingskracht van verwerkers en landbouwers.

## **Conclusies en aanbevelingen**

De resultaten van de micro-economische analyse aangaande de introductie van de GT suikerbieten in de Belgische landbouw, wijzen erop dat in 90% van de gevallen opbrengstverhogingen kunnen gerealiseerd worden gaande van 1,11 tot 3,44 €/ton met een gemiddelde van 2,29 €/ton of 124,81 €/ha. De belangrijkste factoren die de grootte van deze kostenreducties voor een gemiddeld Belgisch landbouwbedrijf beïnvloeden, blijken de technologiepremie en de rendementsverhogingen te zijn. Enerzijds betekent dit dat door het veranderen van de technologiepremie de innoverende bedrijven een grote invloed kunnen uitoefenen op de adoptiegraad van de technologie. Een verlaging van de premie zal immers gepaard gaan met een stijging in de opbrengsten op het landbouwbedrijf, wat op zijn beurt de adoptie van de nieuwe technologie stimuleert. Anderzijds zullen de voordelen van de GT technologie het meeste tot uiting komen wanneer hoge rendementsverhogingen kunnen gerealiseerd worden. Als we veronderstellen dat kleinere landbouwbedrijven meer te kampen hebben met onkruidproblemen, en het dus moeilijker hebben om hoge rendementen te behalen, zien we hier een voorbeeld van hoe biotechnologie potentieel rendabeler kan zijn bij kleine dan bij grote bedrijven. Bij een adoptieratio van 75% betekent dit dat de Belgische landbouwers jaarlijks geconfronteerd worden met een gederfde opbrengst van 9 miljoen € bij de beslissing een technologie als GT suikerbieten te verbannen. Dit is drie vierde van de totale baten die zouden kunnen gerealiseerd worden met de nieuwe technologie. De overige baten ter waarde van 3 miljoen € komen toe aan de inputindustrieën als gevolg van de technologiepremie. Het lijkt voor deze industrieën dus onmogelijk om bij een dergelijke ‘drastische innovatie’ (Moschini en Lapan, 1997), alle voordelen van de nieuwe technologie binnen de grenzen van de onderneming te houden. De reactie van de leveranciers van de conventionele

technologie, zijnde de conventionele herbiciden, limiteert in sterke mate de monopoliepositie van de life-science industrie. Prijsdalingen van conventionele herbiciden zullen een bovengrens opleggen aan de technologiepremie, zodat zelfs een drastische innovatie slechts partieel geadopteerd zal worden door de landbouwers (Lapan en Moschini, 2000).

Naast de geldelijke baten worden ook de niet-geldelijke baten geanalyseerd, zoals het verminderen van de noodzaak de velden te onderzoeken, het kunnen bestrijden van grotere onkruiden, de reductie in carry-over effecten, minder schade bij extreme weersomstandigheden, betere gezondheidsvoorwaarden, positieve milieu-externaliteiten en het zuivere ‘gebruiksgemak’ van de technologie. Deze baten blijken immers voor de suikerbietentelers een belangrijke rol te spelen in de beslissing de nieuwe technologie al dan niet te aanvaarden. Naar de toekomst toe, kan een poging gedaan worden om ook de niet-geldelijke baten te waarderen in financiële termen.

Uit het voorgaande blijkt dat de GT technologie grote voordelen met zich kan meebrengen voor de Belgische suikerbietenteler. De suikerbietenteler zal echter slechts de technologie adopteren, wanneer ook de suikerproducent waarmee hij een contractuele relatie heeft, GT suikerbieten aanvaardt. De suikerproducent zal zijn beslissing laten afhangen van de marktvraag naar suiker geproduceerd via GT suikerbieten en hier speelt dus de publieke opinie een grote rol. De eerder negatieve houding van de consumenten ten opzichte van biotechnologie in het algemeen en het feit dat de voordelen van de eerste golf van biotechnologische gewassen, zoals GT suikerbieten, niet rechtstreeks zichtbaar zijn voor hen<sup>13</sup>, wijst er echter op dat een commerciële markt van GT suikerbieten nog niet voor morgen is. De producten van

de tweede golf van biotechnologische innovaties, waarvan de voordelen wel rechtstreeks zichtbaar zijn voor de consumenten, zouden hier echter verandering in kunnen brengen.

Uit deze studie komt duidelijk naar voren dat landbouwers belangrijke rendabiliteitsverbeteringen kunnen genieten bij de introductie van transgene gewassen, zoals herbicidetolerante suikerbieten. Dat de inputindustrie alle baten naar zich toe zou trekken, een frequent gebruikt argument in het biotechnologiedebat, blijkt niet gegrond. Economische elementen zoals innovatie, competitiviteit en efficiëntie worden vaak verwaarloosd in dat debat. We mogen niet vergeten dat onder invloed van de Wereldhandelsorganisatie, de toenemende liberaliseringstrend op de wereldmarkt de Europese landbouw steeds meer onder druk zal zetten. Elke technologie die de landbouw competitief kan houden kan in dit kader aanzien worden als een opportuniteit. Voorlopig is de commercialisatie van transgene suikerbieten overal ter wereld uitgesteld, ondanks het feit dat de technologieën voorhanden zijn. De negatieve publieke opinie bij de consumenten en de daaruitvolgende terughoudendheid van de suikerindustrieën en overheden zijn daar de belangrijkste oorzaken van. Onderzoek naar innovaties in dit domein is voorlopig in een sluimerfase getreden. Het is duidelijk dat deze terughoudendheid geld kost aan de maatschappij, de verzaking aan zogenaamde 'irreversibele baten'. Wij hebben getracht een deel van de kosten en baten toe te lichten die direct gerelateerd zijn met het landbouwbedrijf. Als de Europese Unie een rationele beslissing zou willen nemen omtrent het al dan niet toelaten van GGO's in de Europese landbouw, zou zij ook rekening moeten houden met deze economische aspecten.

Aan de andere kant brengt biotechnologie nieuwe aspecten met zich mee, die elke vorm van kosten-baten analyse bemoeilijkt. De groeiende betrokkenheid van de privésector in de plantenveredeling impliceert dat de traditionele stroom van voordelen gegenereerd door publieke O&O investeringen in de landbouw, namelijk van producent naar consument, niet langer opgaat. Verhoogde concentratie in de zaadsector laat deze laatste toe een deel van de welvaart van landbouwkundige innovaties naar zich toe te trekken. Bovendien kan biotechnologie niet losgekoppeld worden van de invloed die ze uitoefent op het milieu. De geobserveerde divergentie tussen de houdingen van de verschillende belangengroepen in het biotechnologiedebat is misschien het resultaat van een kortzichtige kijk op technologische innovaties in het verleden. Gedurende lange tijd werden nieuwe technologieën in de landbouw namelijk enkel geëvalueerd op basis van de direct zichtbare kosten en baten voor producenten en consumenten. In realiteit heeft de introductie van nieuwe technologieën een invloed die verder rijkt dan het landbouwbedrijf en de consument. Sommige ‘belangengroepen’ absorberen reeds de negatieve milieuexternaliteiten van de conventionele productietechnieken. De negatieve effecten of ‘kosten’ van pesticiden worden momenteel ‘betaald’ door het milieu. Dit wil zeggen dat het marktoptimum van technologische innovaties in de landbouw voorlopig geen garantie voor duurzaamheid insluit. Daarom ligt de echte uitdaging in een uitbreiding van ons conventioneel denkkader door ‘sociale waarden’ in te sluiten zoals milieu, maatschappij, consumentenhouding en dierenwelzijn.

**Tabel 1: Kengetallen van de bietsuikerproductie in de wereld, gemiddelde van de teeltjaren 1996/97-2000/01**

Land/Regio	Areaal (10 <sup>3</sup> ha)	%	Bieten- productie (10 <sup>3</sup> ton)	%	Bieten- rendement (ton/ha)	Suiker- rendement (% witte suiker)	Suiker- productie (10 <sup>3</sup> ton witte suiker)	%
Oostenrijk	47	1	2.969	1	63	16	476	1
België-Lux.	96	1	5.927	2	62	16	960	3
Denemarken	63	1	3.369	1	54	16	532	2
Finland	33	1	1.108	0	33	14	153	0
Frankrijk	440	7	31.259	12	71	14	4.410	13
Duitsland	480	7	26.480	10	55	16	4.211	12
Griekenland	45	1	2.663	1	59	11	286	1
Ierland	33	1	1.708	1	52	13	217	1
Italië	270	4	12.958	5	48	12	1.606	5
Nederland	114	2	6.531	3	58	15	1.012	3
Portugal	6	0	361	0	58	15	53	0
Spanje	137	2	8.110	3	59	14	1.136	3
Zweden	58	1	2.592	1	45	16	407	1
VK	184	3	9.786	4	53	15	1.475	4
<b>EU(15)</b>	<b>2.005</b>	<b>31</b>	<b>115.819</b>	<b>46</b>	<b>58</b>	<b>15</b>	<b>16.934</b>	<b>49</b>
Hongarije	69	1	2.973	1	43	15	432	1
Tsjechië	74	1	3.244	1	44	15	488	1
Polen	368	6	13.951	5	38	15	2.044	6
Rusland	761	12	13.697	5	18	11	1.500	4
Oekraïne	879	14	15.188	6	17	13	1.975	6
Turkije	434	7	17.939	7	41	13	2.289	7
Andere	443	7	12.580	5	29	12	1.503	4
<b>Europa</b>	<b>5.034</b>	<b>78</b>	<b>195.391</b>	<b>77</b>	<b>39</b>	<b>14</b>	<b>27.165</b>	<b>79</b>
VS	568	9	27.959	11	49	13	3.731	11
China	406	6	11.410	4	28	10	1.103	3
Iran	178	3	4.784	2	27	12	564	2
Andere	292	5	14.718	6	37	13	1.875	5
<b>Wereld</b>	<b>6.479</b>	<b>100</b>	<b>254.263</b>	<b>100</b>	<b>39</b>	<b>14</b>	<b>34.438</b>	<b>100</b>

FAO (2002), F.O.Licht (2001)

**Tabel 2: Dataverzameling van de gemiddelde productiekosten in de Belgische suikerbieten teelt (cte €/ton, met 2001-2002 = 100%)**

Bron	CLE (2000) <sup>b</sup>	Brookes (2002) <sup>c</sup>	Jacobs (2001) <sup>d</sup>	Jacobs (2002) <sup>e</sup>	CREPA (2002) <sup>f</sup>	CREPA (2002) <sup>g</sup>	Robijns (2002) <sup>h</sup>	LMC (1997) <sup>i</sup>	Hermann (1996) <sup>j</sup>
Regio	België	België	Vlaams-Brabant		Henegouwen		Leuven	België	België
Jaar	98-99	01-02	1998	2000	1998	2000	98-99	94-95	1996
n <sup>a</sup>	.	.	25	29	.	1615	1	n.b.	n.b.
Variabele kosten									
zaad	3,76	3,56	3,79	3,01	.	3,33	3,81	.	.
bemesting	3,30	3,15	4,18	3,41	.	2,91	2,37	.	.
gewas- bescherming	4,16	3,96	4,80	2,71	.	3,03	3,69	.	.
herbiciden	.	.	.	.	.	.	2,43	.	1,91-2,29
applicatie	.	.	.	.	.	.	0,45	.	0,25-0,44
loonwerk	.	.	6,48	5,19	.	6,09	5,96	.	.
overige kosten	1,02	1,00	0,15	0,20	.	1,82	.	.	.
totaal	12,24	11,67	19,41	14,51	.	17,18	15,83	16,92	.
Vaste kosten									
pachten	.	.	2,96	2,36	.	3,03	.	.	.
andere kosten	.	.	4,04	1,96	.	6,64	.	.	.
af- schrijvingen	.	.	3,87	2,43	.	.	.	.	.
intrest	.	.	0,91	0,64	.	.	.	.	.
omlopend kapitaal	.	.	.	.	.	.	.	.	.
totaal	.	.	11,77	7,38	.	9,68	5,95	14,38	.
Totale kosten zonder arbeid	.	.	31,18	21,90	31,38	26,86	21,78	.	.
eigen arbeid	.	.	.	.	.	.	4,24	6,75	.
Totale kosten met arbeid	.	.	.	.	.	.	26,02	38,05	.

<sup>a</sup> n = grootte van de steekproef met n.b. = niet beschikbaar

<sup>b</sup> 1 € = 40,5212 BEF, deflator = 95,26% en rendement = 54,50 ton/ha

<sup>c</sup> gemiddeld scenario met rendement = 55 ton/ha

<sup>d</sup> 1 € = 40,5212 BEF, deflator = 95,26% en rendement = 51,33 ton/ha

<sup>e</sup> 1 € = 40,3399 BEF, deflator = 97,75% en rendement = 70,38 ton/ha

<sup>f</sup> 1 € = 40,5212 BEF, deflator = 95,26% en rendement = 53,95 ton/ha

<sup>g</sup> 1 € = 40,3399 BEF, deflator = 97,75% en rendement = 65,64 ton/ha

<sup>h</sup> Saldobalans landbouwbedrijf Robijns-Van Sever uit Wilsele (Busschaert, 2002) en eigen interview (Robijns, 2002), met 1 € = 40,5212 BEF, deflator = 95,26% en rendement = 58,2 ton/ha

<sup>i</sup> 1 € = 1,23 US\$, deflator = 90,28% en suikerrendement = 8,6 ton suiker/ha (15,2% extractieratio) en suikerbietenrendement = 56,7 ton suikerbieten/ha

<sup>j</sup> deflator = 92,56% en rendement = 56,7 ton/ha. Het eerste cijfer is de minimumwaarde en het tweede cijfer de maximumwaarde. Het gaat hier om een expertschatting.

**Tabel 3: Arbeidsinkomen en quotarente in de Belgische suikerbietenteelt (1998-1999, constante €/ton, met 2001-2002 = 100%)**

	België		Robijns-Van Sever	
	Quotum (A en B)	C-bieten	Quotum (A en B)	C-bieten
Opbrengst <sup>a</sup>	45,35	19,96	45,35	19,96
Variabele kosten				
Zaad	3,76	3,76	3,81 <sup>c</sup>	3,81 <sup>c</sup>
Gewasbescherming <sup>d</sup>	4,16	4,16	3,69	3,69
Herbiciden <sup>b</sup>	1,91 – 2,29	1,91 – 2,29	2,43	2,43
Applicatiekost <sup>b</sup>	0,25 – 0,44	0,25 – 0,44	0,45	0,45
Loonwerk	6,48	6,48	5,96	5,96
Overige kosten <sup>c</sup>	1,02	1,02		
Totaal	18,72	18,72	15,83	15,83
Marge	26,63	1,24	29,52	4,13
Vaste kosten	11,77	11,77	5,95	5,95
Arbeidsinkomen	14,86	-10,53	23,57	-1,82
Eigen arbeid	6,75	6,75	4,45 <sup>f</sup>	4,45 <sup>f</sup>
Quotarente	8,11	-17,28	19,12	-6,27

<sup>a</sup> Voor de quotumbieten is deze gelijk aan de mengprijs die de suikerbietentelers ontvangen en voor de C-bieten geldt de wereldmarktprijs. Het gaat hier telkens om effectieve bietenprijzen: de nominale bietenprijzen in landbouwtermen (42,9 €/ton voor 1998-99) worden vermenigvuldigd met de landbouwwisselkoers (40,6384 voor 1998-99) en deze waarde wordt opnieuw gedeeld door de financiële wisselkoers (40,3399 voor 1998-99) (European Commission, 2000). Op die manier wordt dus overgegaan van landbouwwisselkoersen naar financiële wisselkoersen, wat de analyse nauwkeuriger maakt. De uiteindelijke financiële cijfers worden tenslotte geactualiseerd naar het jaar 2001-2002.

<sup>b</sup> Het eerste cijfer is een minimumwaarde, het tweede cijfer een maximumwaarde, geschat door Hermann (1996) voor een normale onkruidsituatie. Voor de onderneming Robijns-Van Sever baseren we ons op een schatting gemaakt door Robijns (2002).

<sup>c</sup> In deze kostprijs zit eveneens de transportkost en de insecticidenbehandeling (Gaucho) verwerkt.

<sup>d</sup> Andere gewasbeschermingskosten zijn kosten voor insecticide- en fungicidebehandeling.

<sup>e</sup> Deze kosten omvatten de kosten met betrekking tot irrigatiewater, verwarming, drogen, specifieke verzekeringskosten, ...

<sup>f</sup> schatting gemaakt door Robijns (2002)

**Tabel 4: Potentiële kostenreducties (per ton suikerbieten) berekend uit de proportionele (%) rendementverhogingen bij de introductie van GT suikerbieten**

Scenario	Min	Meest waarschijnlijk	Max
Rendementsverhoging (%) $\beta$	0%	4%	7%
Kostenreductie België (€/ton) $\Delta B$	0,00	1,43	2,44
Kostenreductie Robijns-Van Sever (€/ton) $\Delta B$	0,00	1,21	1,91

**Tabel 5: Potentiële herbicidenkostenreducties bij de introductie van GT suikerbieten**

Scenario	Min (5%)	Meest waarschijnlijk	Max (5%)
Conventionele herbicidenkost gemiddeld België (€/ton) $h_c$	1,29	1,68	2,08
GT herbicidenkost (€/ton) $h_{gt}$	0,17	0,40	0,59
Herbicidenkostenreductie gemiddeld België (€/ton) $\Delta H$	0,85	1,28	1,70
Herbicidenkostenreductie Robijns-Van Sever (€/ton) $\Delta H$	1,05	1,54	2,03

**Tabel 6: Potentiële sproeikostenreducties bij de introductie van GT suikerbieten**

Scenario	Min	Meest waarschijnlijk	Max
Conventioneel aantal applicaties voor-opkomst <sup>a</sup> ( $v$ )	0	1	1
Conventioneel aantal applicaties na-opkomst <sup>b</sup> ( $n_c$ )	1	3	5
GT aantal applicaties <sup>c</sup> ( $n_{gt}$ )	1	2 en 3	3
Kost per applicatie (€/ton) <sup>d</sup> ( $c$ )	0,25	0,35	0,44

<sup>a</sup> gebaseerd op Hermann (2002) en Schäufele (2000), die frequentie van voorkomen rapporteren: 0 (40%) en 1 (60%).

<sup>b</sup> gebaseerd op vijf puntschattingen omtrent het aantal applicaties in na-opkomst door Hermann (2002), die frequentie van voorkomen rapporteert: 1 (1,6%), 2 (20%), 3 (61%), 4 (14%) en >4 (3,4%). Ook Schäufele (2000) spreekt van 3 à 4 applicaties voor het jaar 1998.

<sup>c</sup> We veronderstellen complete eliminatie van de behandeling in voor-opkomst bij GT suikerbieten.

<sup>d</sup> Hermann (1996)

**Tabel 7: Potentiële technologiepremies bij de introductie van GT suikerbieten**

Scenario	Min	Max
Prijsmarkup (%) $\mu$	0	40
Technologiepremie België (€/ton) $M$	0	1,51
Technologiepremie Robijns-Van Sever (€/ton) $M$	0	1,53

**Tabel 8: Samenvatting van de onzekere parameters met hun theoretisch veronderstelde verdeling voor de analyse op een gemiddeld Belgisch suikerbietenbedrijf**

Parameter	Verdeling
Rendementsstijging $\beta$ (%)	Driehoek (0; 4; 7)
Rendement $\Delta B$ (€/ton)	Driehoek (0; 1,43; 2,44)
Prijs markup $\mu$ (%)	Uniforme (0, 40)
Technologiepremie $M$ (€/ton)	Uniforme (0; 1,51)
Conventionele herbicidenkost $h_c$ (€/ton)	Driehoek (1,91; 2,10; 2,29)
Conventionele herbicidenprijsreductie $k$ (%)	Uniforme (0; 40)
Glyfosaatprijs $\omega$ (€/l)	Uniforme (3,05; 5,23)
Aantal liter glyfosaat $g$ per ha	Discreet ([2,5; 20%]; [5; 40%]; [6; 40%])
Conventioneel aantal applicaties in voor-opkomst $v$	Discreet ([0; 0,40]; [1; 0,60])
Conventioneel aantal applicaties in na-opkomst $n_c$	Discreet ([1; 1,6%]; [2; 20%]; [3; 61%]; [4; 14%]; [5; 34%])
GT aantal applicaties in na-opkomst $n_{gt}$	Discreet ([1,20%]; [2, 40%]; [3,40%])
Applicatiekost $c$ (€/ton)	Driehoek (0,25 ; 0,35 ; 0,44)

**Tabel 9 : Veronderstelde (vet) en logisch volgende correlaties (normaal) tussen de onzekere parameters voor een gemiddeld Belgisch landbouwbedrijf**

	$n_c$	$n_{gt}$	$h_c$	$g$	$\mu$	$k$
$n_c$	1					
$n_{gt}$	<b>+0,75</b>	1				
$h_c$	<b>+0,90</b>	+0,67	1			
$g$	+0,67	<b>+0,90</b>	<b>+0,75</b>	1		
$\mu$	0	0	0	0	1	
$k$	0	0	0	0	<b>-0,60</b>	1

**Tabel 10: Gedetailleerde resultaten voor een gemiddeld Belgisch bedrijf (€/ton)**

Scenario	MIN (5%)	GEM	MAX (5%)
Totale kostenreductie $\Delta\pi$	+1,11	+2,29	+3,44
Rendement $\Delta B$	+0,42	+1,29	+2,09
Herbicidenkostenreductie $\Delta H$	+0,85	+1,28	+1,70
Sproeikostenreductie $\Delta S$	+0,00	+0,47	+0,99
Technologiepremie $M$	0,075	0,76	1,43

**Tabel 11: Gedetailleerde resultaten voor Robijns-Van Sever (€/ton)**

Scenario	MIN (5%)	GEM	MAX (5%)
Totale kostenreductie $\Delta\pi$	+1,51	+2,63	+3,78
Rendement $\Delta B$	+0,34	+1,04	+1,65
Herbicidenkostenreductie $\Delta H$	+1,05	+1,54	+2,03
Sproeikostenreductie $\Delta S$	+0,45	+0,81	+1,35
Technologiepremie $M$	0,0076	0,77	1,45

**Tabel 12: Scenario-analyse voor een gemiddeld Belgisch suikerbietenbedrijf**

Scenario	>75%	<25%
Rendement $\Delta B$	+0,84	-1,06
Technologiepremie $M$	-0,73	+0,70
Conventionele herbicidenkost $h_c$	-	-
Conventionele herbicidenkostenreductie $k$	-	-
Glyfosaatprijs $\omega$	-	-
Aantal liter glyfosaat $g$	-	-
Conventioneel aantal applicaties in voor-opkomst $v$	-	-2,04
Conventioneel aantal applicaties in na-opkomst $n_c$	-	-
GT aantal applicaties in na-opkomst $n_{gt}$	-	+1,34
Applicatiekost $c$	-	-

**Tabel 13: Scenario-analyse voor het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever**

Scenario	>75%	<25%
Rendement $\Delta B$	+0,63	-0,92
Technologiepremie $M$	-0,68	+0,72
Conventionele prijsreductie $k$	-	-
Glyfosaatprijs $\omega$	-	-
Aantal liter glyfosaat $g$	-	+0,74
Sproeikostenreductie $\Delta S$	+1,34	-1,34

**Tabel 14: Totale potentiële kostenreductie in 1998-99 voor de Belgische landbouwers en inkomsten voor de inputindustrie ten gevolge van de introductie van GT suikerbieten, bij een veronderstelde adoptiegraad van 75%**

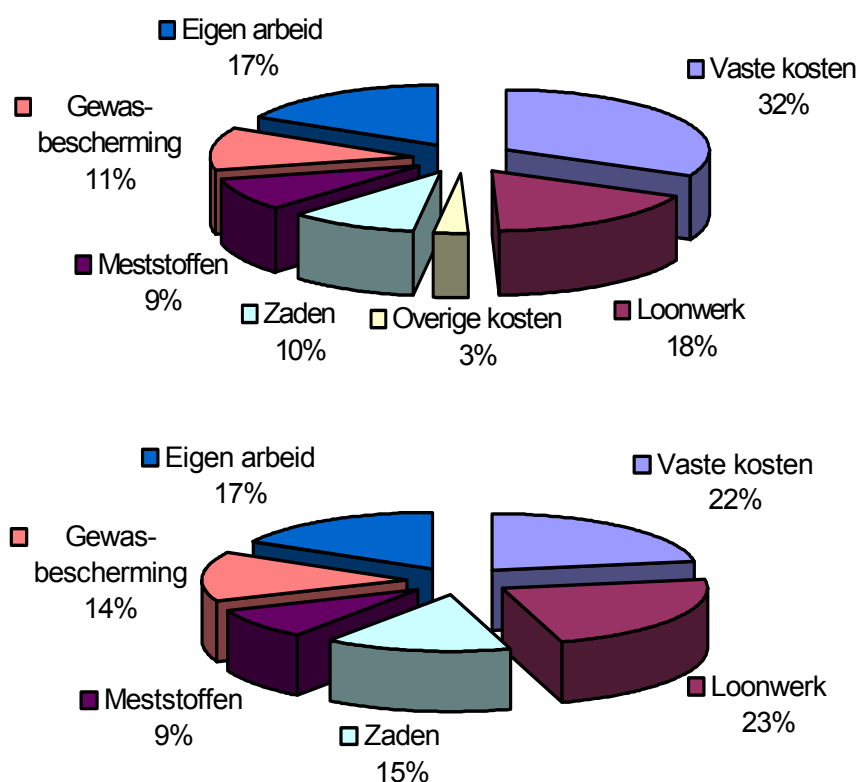
Scenario	MIN (5%)	Gemiddeld	MAX (5%)
Opbrengstverhoging (€/ton)	1,11	2,29	3,44
Totale opbrengstverhoging België <sup>a</sup> (10 <sup>3</sup> €)	4.492	9.267	13.921
Technologiepremie (€/ton)	0,075	0,76	1,43
Totale inkomsten voor de inputindustrie <sup>a</sup> (10 <sup>3</sup> €)	304	3.076	5.787

<sup>a</sup> gebaseerd op een totale Belgische productie van 5.281.000 ton suikerbieten in 1998/99 (F.O.Licht, 2001)

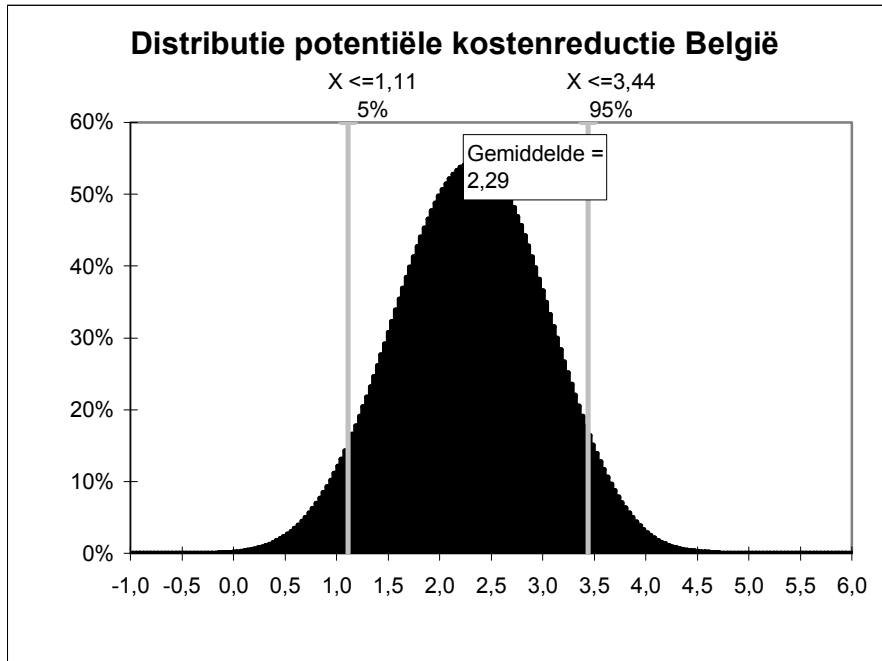
**Tabel 15: Aantal verwerkende bedrijven en raffinaderijen in de Belgische suikersector**

88-89	89-90	90-91	91-92	92-93	93-94	94-95	95-96	96-97	97-98	98-99
9	7	11	11	9	7	7	7	7	5	5

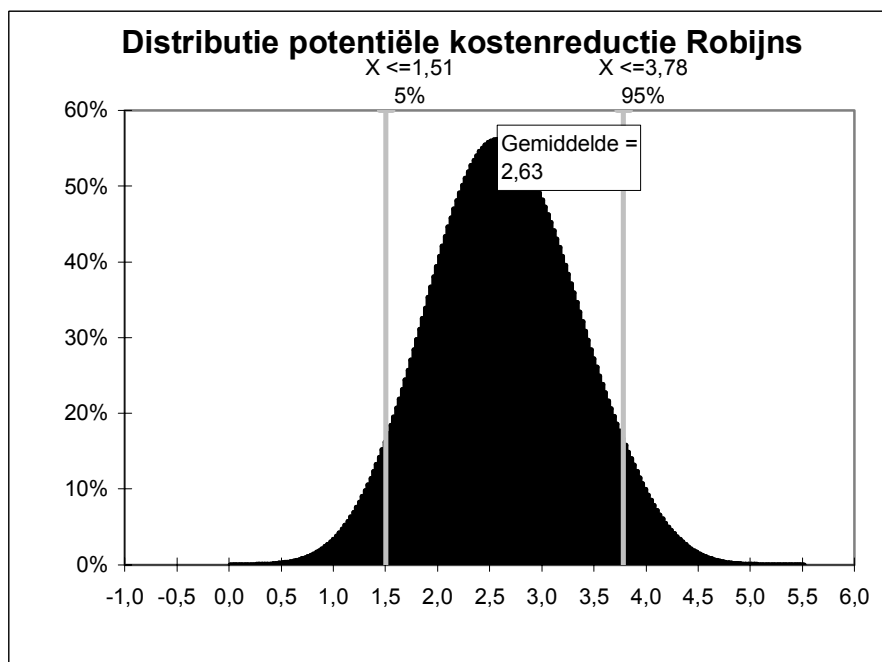
European Commission (2000)



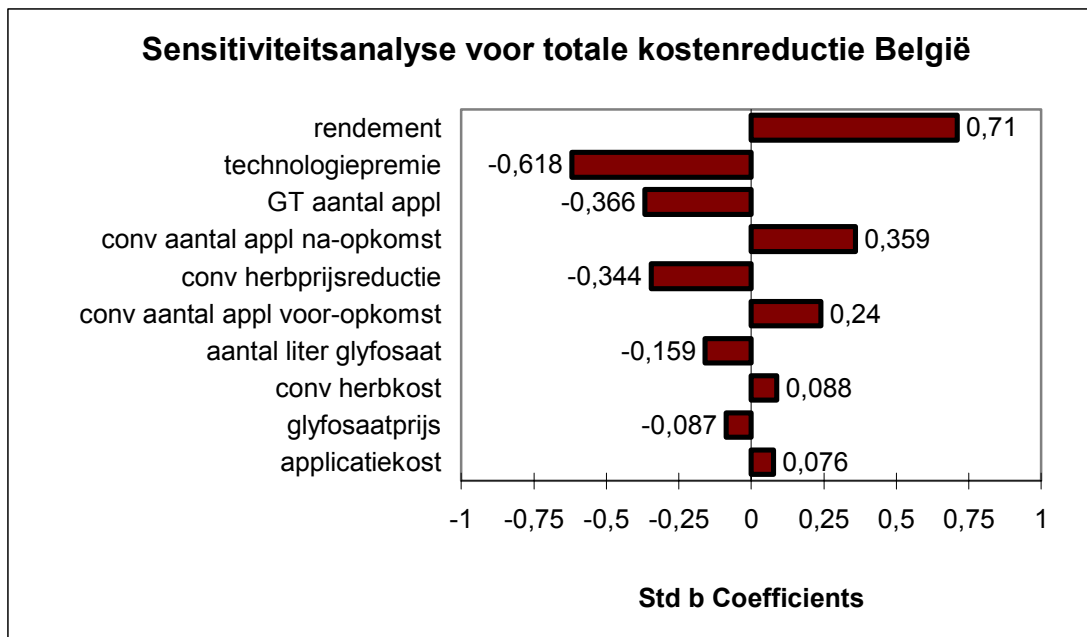
**Figuur 1: Kostenverdeling gemiddeld Belgisch suikerbietenbedrijf versus het bedrijf Robijns-Van Sever (1998-99) (eigen berekeningen op basis van Tabel 2)**



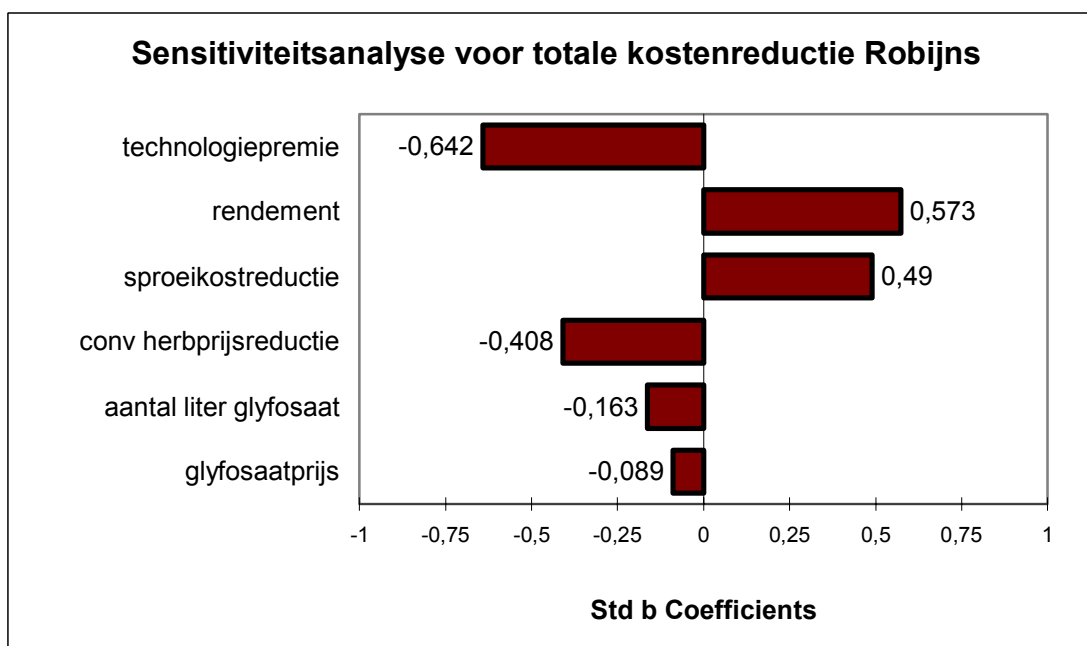
**Figuur 2: Distributie potentiële kostenreductie bij een gemiddeld Belgisch bedrijf (€/ton)**



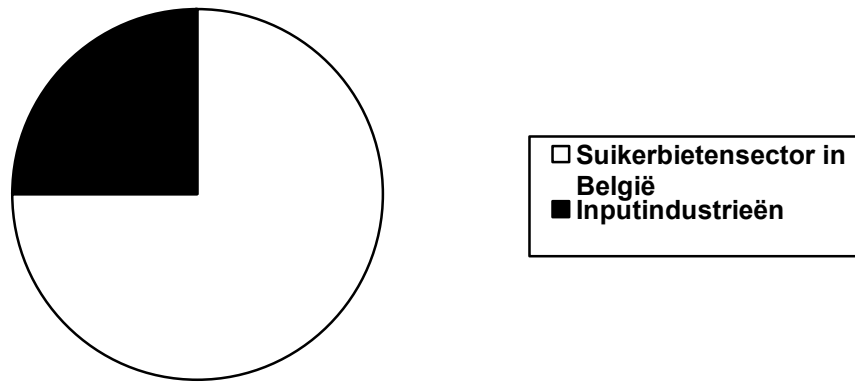
**Figuur 3: Distributie potentiële kostenreductie bij het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever (€/ton)**



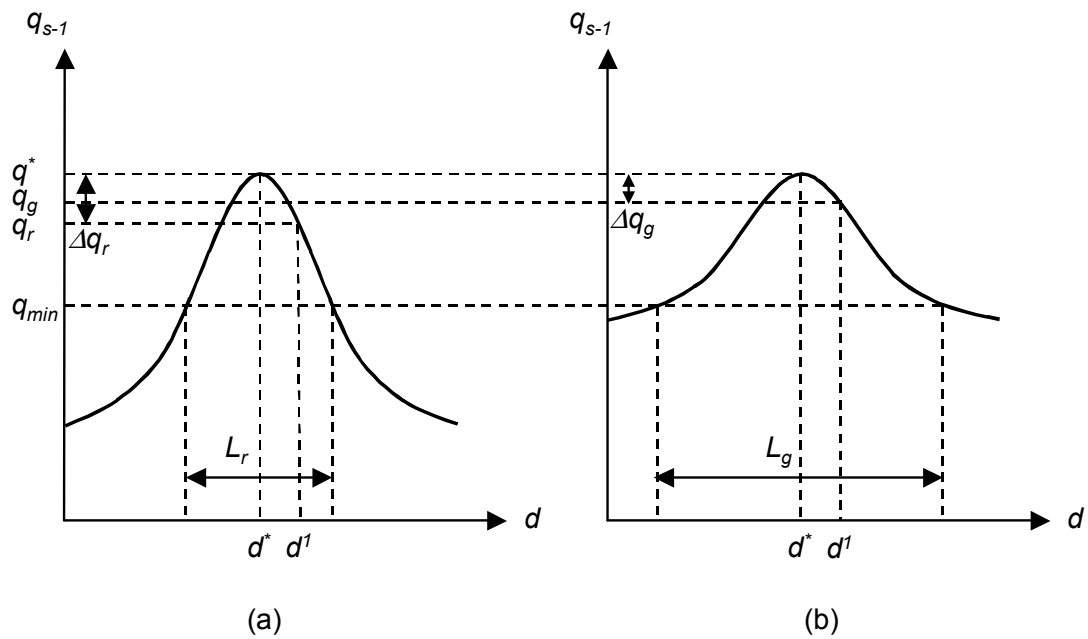
**Figuur 4: Sensitiviteitsanalyse betreffende de potentiële kostenreductie voor een gemiddeld Belgisch suikerbietenbedrijf**



**Figuur 5: Sensitiviteitsanalyse betreffende de potentiële kostenreductie voor het landbouwbedrijf Robijns-Van Sever**



**Figuur 6: Verdeling van de baten als gevolg van de introductie van GT suikerbieten in de Belgische landbouw**



**Figuur 7: Verandering in taakflexibiliteit als gevolg van de adoptie van GT suikerbieten (Demont en Tollens, 2001)**

## Literatuurlijst

- Agra Europe "EU Sugar Reform Postponed to 2002." *Agra Europe*(October 2000).
- Brants, I., en H. Harms. "Herbicide Tolerant Sugar Beet." *IIRB 61st Congress Proceedings*. Anonymous, ed., Brussels: IIRB, 1998.
- Brookes, G. *European Arable Crop Margins 2001/2002*. Canterbury: Brookes West, 2002.
- Bullock, D.S., en E.I. Nitsi. "Roundup Ready Soybean Technology and Farm Production Costs: Measuring the Incentive to Adopt Genetically Modified Seeds." *American Behavioral Scientist* 44(April 2001):1283-301.
- Burgener, P.A., D. M. Feuz, en R. G. Wilson., "The Economics of Transgenic Sugarbeet Production." Paper gepresenteerd op Western Agricultural Economics Association Annual Meeting, June 29-July 1, Vancouver, British Columbia 2000.
- Busschaert, L. "La culture la plus rentable chez les Robijns." *Le Sillon Belge*, 2/2002.
- CREPA "Analyse des Résultats des comptabilités de l'exercice 2000.", CREPA, Province de Hainaut, 2002.
- De Grauwe, P., L. Berlage, en A. Decoster. "Welvaartsanalyse van Marktvormen." *Inleiding tot de Economie*. Anonymous, ed., pp. 461-503. Leuven (Belgium): Universitaire Pers Leuven, 1997.
- Delattre, D., en R. Hellemans. "Bruto Standaardsaldi voor de gewassen en de veehouderij (Periode 1994/95 - 1998/99)." *Statistieken*, n° STAT A12-2000, Centrum voor Landbouweconomie (CLE), Brussel, 2000.

- Demont, M., en E. Tollens. "Uncertainties of Estimating the Welfare Effects of Agricultural Biotechnology in the European Union." Working Paper, n° 58, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, 2001.
- "Impact of Agricultural Biotechnology in the European Union's Sugar Industry." Working Paper, n° 61, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, 2002.
- Dewar, A.M. "Control of Pests by Manipulation of Weeds in GM Herbicide-tolerant Sugar Beet." *IIRB 63rd Congress Proceedings*. Anonymous, ed., pp. 187-198. Brussels: IIRB, 2000.
- Duff, A., "Economic Aspects of GM Beet and Cane." Paper gepresenteerd op Agricultural Outlook Forum 1999, Arlington VA, 22-23 February 1999.
- Eeckhout, R. "La production de la betterave sucrière et son organisation en Belgique." *IIRB 64th Congress Proceedings*. Anonymous, ed., pp. 1-10. Brussels: IIRB, 2001.
- European Commission "Sugar." CAP Working Notes 1996/97, Office for Official Publications of the European Communities Luxembourg, 1996.
- "Evaluation of the Common Organisation of the Markets in the Sugar Sector.", European Commission, Brussels, 2000.
- F.O.Licht *World Sugar Statistics 2002*. Kent: F.O.Licht, 2001.
- Falck-Zepeda, J.B., G. Traxler, en R.G. Nelson. "Rent Creation and Distribution from Biotechnology Innovations: The Case of Bt Cotton and Herbicide-Tolerant Soybeans in 1997." *Agribusiness* 16(2000a):21-32.

--- "Surplus Distribution from the Introduction of a Biotechnology Innovation."  
*American Journal of Agricultural Economics* 82(May 2000b):360-369.

FAO "Sugar Beets / White Sugar." *Agribusiness Handbooks*. Anonymous, ed., pp. 35-43. FAOInvestment Centre/EBRD, 1999.

FAO *FAOSTAT Agriculture Data.*, 2002.

Fernandez-Cornejo, J., S. Daberkow, en W. D. McBride., "Decomposing the Size Effect on Adoption of Innovations: Agrobiotechnology and Precision Farming." Paper gepresenteerd op AAEA and CAES Annual Meeting, Chicago, Illinois, August 5-8 2001.

Fichet, Y., "Cultures tolérantes au glyphosate: des bénéfices confirmés après plusieurs années de développement technique et commercial." Paper gepresenteerd op ANPP - Dix-septième conférence du coloma journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Dijon, 9-11 décembre 1998.

Frandsen, S.E., H.G. Jensen, W. Yu, en A. Walter-Jørgensen. "Modelling the EU Sugar Policy: A Preliminary Study of Policy Reform Scenarios." Working Paper, n° 13, SFJI (Danish Institute of Agricultural and Fisheries Economics), 2001.

Fulton, M., en L. Keyowski. "The Impact of Technological Innovation on Producer Returns: the Case of Genetically Modified Canola." *Transitions in Agbiotech: Economics of Strategy and Policy*. Lesser, W.H., ed., pp. 41-57. Storrs, CT: Food Marketing Policy Center, 2000.

Hannah, A.C. "Was There an Equilibrium Price for Sugar, 1988-98?" *F. O. Licht's International Sugar and Sweetener Report* 131(February 1999):281-85.

Hermann, O. "Enquête sur les parasites et sur le coût des traitements phytosanitaires dans la culture de la betterave sucrière en Europe." *C.I.B.E. XXXVIth Congress Proceedings*. Anonymous, ed., pp. 1-8. Paris: C.I.B.E., 1996.

--- "Enquête sur le coût de la lutte phytosanitaire dans la culture de la betterave sucrière en Europe." *IIRB 60th Congress Proceedings*. Anonymous, ed., pp. 469-475. Brussels: IIRB, 1997.

Hermann, O., Persoonlijke communicatie, 8-5-2002.

Horngren, C.T., G. Foster, en S.M. Datar. *Cost Accounting, a Managerial Emphasis.*, 10 ed. United States of America: Prentice-Hall, Inc., 2000.

Ismaël, Y., L. Beyers, en C. Thirtle. "Smallholder Adoption and Economic Impacts of Bt Cotton in the Makhathini Flats, Republic of South Africa." Project R7946 Final Report, DFID Natural Resources Policy Research Programme, 2001.

Jacobs, P. "Rendabiliteit akkerbouw: wintertarwe, suikerbieten, aardappelen." *Studiedag akkerbouw, 16 januari*. Anonymous, ed., pp. 21-27. Leuven: Provincie Vlaams-Brabant, Dienst Land- en Tuinbouw, 2001.

--- "Rendabiliteit akkerbouw: wintertarwe, aardappelen, suikerbieten, korrelmaïs." *Studiedag Akkerbouw, 22 januari*. Anonymous, ed., pp. 26-35. Leuven: Provincie Vlaams-Brabant, Dienst Land- en Tuinbouw, 2002.

James, C. "Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2000." ISAAA Briefs, n° 23, ISAAA, Ithaca, NY, 2001.

- Jassem, M. "Genetically Modified Sugar Beets - Survey of Benefits, Prospects and Risks." *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities* 3(2000):1-10.
- Lapan, H., en G. Moschini. "Incomplete Adoption of a Superior Innovation." *Economica* 67(2000):525-42.
- Lemarié, S., M. Desquilbet, A. Diemer, S. Marette, F. Levert, M. Carrère, en D.S. Bullock. "Les répartitions possibles entre les acteurs de la filière agro-alimentaire des gains éventuels tirés des plantes transgéniques en France." Rapport au commissariat Général du Plan, INRA, Rennes, 2001.
- Limb, R. "British Sugar Crop Profitability Initiative - 1999 Results and Analysis." *British Sugar Beet Review* 68(2000):34-38.
- LMC International "A World Survey of Sugar and HFCS Field, Factory, and Freight Costs: 1997 Report.", LMC International Ltd., Oxford, 1997.
- Marra, M.C., P.G. Pardey, en J.M. Alston. "The Payoffs to Agricultural Biotechnology: An Assessment of the Evidence." EPTD Discussion Paper, n° 87, IFPRI, Washington, 2002.
- May, M., A. Dewar, en J. Pidgeon. "Herbicide Tolerant Crops." *GM Crops, Understanding the Issues*. Anonymous, ed., pp. 27-48. The UK Agricultural Biotechnology Industry, 2001.
- May, M.J. "Efficiency and Selectivity of RR and LL Weed Control Techniques Compared to Classical Weed Control Systems." *IIRB 63rd Congress Proceedings*. Anonymous, ed., pp. 163-170. Brussels: IIRB, 2000.

Moll, S. "Commercial Experience and Benefits from Glyphosate Tolerant Crops."  
Monsanto Life Sciences Company, E.S.A.B., ed., pp. 931-940., 1997.

Moschini, G., en H. Lapan. "Intellectual Property Rights and the Welfare Effects of  
Agricultural R&D." *American Journal of Agricultural Economics*  
79(1997):1229-42.

Moschini, G., H. Lapan, en A. Sobolevsky. "Roundup Ready Soybeans and Welfare  
Effects in the Soybean Complex." *Agribusiness* 16(2000):33-55.

National Bank of Belgium, *Deflator of GDP*,  
<http://www.nbb.be/belgostat/IndexLinker?Lang=E&Browser=IE4>, 2002.

Palisade Corporation *Guide to Using @RISK: Risk Analysis and Simulation Add-In  
for Microsoft® Excel, Version 4*. Newfield, NY: Palisade Corporation, 2000.

Phillips, M.J., M.E. Fulton, L. Keyowski, S.T. Malla, en R.S. Gray. "Distributing the  
Gains: Producers, Consumers and Others." *The Biotechnology Revolution in  
Global Agriculture: Invention, Innovation and Investment in the Canola  
Sector*. Phillips, P.W.B., and G.G. Khachatourians, ed., pp. 297-313.  
Wallingford Oxon and New York: CABI Publishing, 2001.

Poonyth, D. "A Structural Econometric Model of European Union Sugar Industry and  
the Potential Implications of the GATT WTO." Ph.D. Dissertation, Faculty of  
the Graduate School, University of Missouri-Columbia, 1998.

Poonyth, D., P. Westhoff, A. Womack, en G. Adams. "Impacts of WTO Restrictions  
on Subsidized EU Sugar Exports." *Agricultural Economics* 22(April  
2000):233-45.

- Pray, C.E., D. Ma, J. Huang, en F. Qiao. "Impact of Bt Cotton in China." *World Development* 29(2000):813-25.
- Price, G.K., W. Lin, en J. B. Falck-Zepeda., "The Distribution of Benefits Resulting from Biotechnology Adoption." Paper gepresenteerd op AAEA and CAES Annual Meeting, Chicago, Illinois, August 5-8 2001.
- Qaim, M. "Potential Benefits of Agricultural Biotechnology: An Example from the Mexican Potato Sector." *Review of Agricultural Economics* 21(1999):390-408.
- "A Prospective Evaluation of Biotechnology in Semi-subsistence Agriculture." *Agricultural Economics* 25(2000):165-75.
- Roberts, I., en P. Wish-Wilson. "Domestic and World Market Effects of EC Sugar Policies." ABARE Discussion Paper, n° 91.1, ABARE, Canberra, 1991.
- Robijns, J., Persoonlijke communicatie, 26-5-2002.
- Schäufele, W.R. "Chemische Unkrautbekämpfung in Zuckerrüben im Wandel - Ergebnisse einer Befragung in der IIRB-Arbeitsgruppe "Unkrautregulierung"." *IIRB 63rd Congress Proceedings*. Anonymous, ed., pp. 93-109. Brussels: IIRB, 2000.
- Smit, A.B., J.H. van Niejenhuis, en J.A. Renkema. "A Farm Economic Module for Tactical Decisions on Sugar Beet Area." *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45(1997):381-92.
- Vidal, C. "Sugar Beet: Common Organisation of the Market Facing Challenges." *Statistics in Focus: Agriculture and Fisheries, Theme 5*, n° 19/2000, European Communities, Luxembourg, 2000.

---

<sup>1</sup> tenzij de financiële meeropbrengst per hectare, tengevolge van de rendementsverhoging, van de kostprijs per hectare wordt afgetrokken

<sup>2</sup> Bij een uniforme verdeling komen alle scenario's tussen het veronderstelde minimum en maximum met even grote waarschijnlijkheid voor.

<sup>3</sup> Bij een discrete verdeling komen enkel de vooropgestelde waarden voor, elk met een welbepaalde waarschijnlijkheid.

<sup>4</sup> We moeten hier opmerken dat Hermann's (1996) driepuntenschatting, alhoewel zij de schommeling rond het gemiddelde goed weergeeft, geen volledig beeld geeft van alle mogelijke herbicidenkosten die in de Belgische bietenteelt voorkomen. De verdeling is dus 'smaller' dan de verdeling die bekomen zou worden via een enquête bij de landbouwers. In werkelijkheid kan dergelijke verdeling een brede vorm aannemen, hetgeen duidelijk zichtbaar is voor de situatie van de Franse bietentelers (Lemarié *et al.*, 2001). Het resultaat zal zijn dat, ofschoon het gemiddelde correct zal worden weergegeven, bepaalde extreme groepen van landbouwers, met ofwel zeer hoge ofwel zeer lage onkruidbestrijdingskosten, aan de analyse zullen ontsnappen. Hierdoor bestaat er kans dat het model een adoptie van 100% zou voorspellen, daar landbouwers met extreem lage kosten die geen baat hebben bij de nieuwe technologie, niet worden opgenomen. Hermann (1996) rapporteert twee driepuntsschattingen, namelijk een schatting voor het geval van een 'normale onkruidflora' en een voor het geval van een 'moeilijke onkruidflora'. Daar we over weinig informatie beschikken omtrent het voorkomen van beide situaties, opteren we voor de eerste. Hierdoor bekomen we een conservatieve schatting van de potentiële impact van GT suikerbieten.

<sup>5</sup> ten opzichte van de potentiële kostenverlaging die de GT technologie zou kunnen bieden

<sup>6</sup> ondanks de relatief 'smalle' verdeling van de conventionele herbicidenkosten (cfr. supra)

<sup>7</sup> schatting gemaakt door Robijns (2002)

<sup>8</sup> Het is zeer realistisch om aan te nemen dat, gegeven de actuele negatieve publieke opinie rond GGO's, de industrie in het begin van het adoptieproces de technologiepremie voldoende laag, tot nul, zal zetten om het adoptieproces te versnellen en haar marktaandeel te vergroten.

<sup>9</sup> op een significantieniveau van 5%

<sup>10</sup> Daar de EU de nieuwe technologie voorlopig heeft geband, gaat het hier om gedeerde opbrengsten, waardoor strikt genomen 'optimistisch' moet geïnterpreteerd worden als 'pessimistisch' en omgekeerd.

---

<sup>11</sup> schatting gemaakt door Robijns (2002)

<sup>12</sup> Daar de suikerbiet een bederfbaar product is, zijn landbouwers en producenten geconcentreerd in productieregio's (cfr. supra).

<sup>13</sup> Zoals reeds vermeld worden de suikerprijzen vastgesteld door de Europese Commissie, waardoor geen prijsdalingen mogelijk zijn zonder overheidsinterventie. Prijsdalingen ten gevolge van de nieuwe technologie en de daarmee gepaard gaande consumentenvoordelen worden op die manier afgeremd. Tussen de landbouwers en de suikerverwerkers zijn wel prijsdalingen mogelijk, hetzij beperkt. Door de vooropgestelde interventieprijzen zullen deze voordelen echter binnen de suikerindustrie blijven.

## List of Available Working Papers

- nr. 1 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Criteria ter evaluatie van 'duurzame landbouw'*, Afdeling Landbouweconomie, Katholieke Universiteit Leuven, januari 1994, 35 p.
- nr. 2 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van herbicide-resistente planten aan criteria voor duurzame landbouw*, Afdeling Landbouweconomie, Katholieke Universiteit Leuven, januari 1994, 39 p.
- nr. 3 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van bovine somatotropine aan criteria voor duurzame landbouw*, Afdeling Landbouweconomie, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, januari 1994, 32 p.
- nr. 5 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van haploïde planten aan criteria voor duurzame landbouw*, Afdeling Landbouweconomie, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, januari 1994, 17 p.
- nr. 8 BEERLANDT, H. en L. DRIESEN, *Evaluatie van porcine somatotropine aan criteria voor duurzamelandbouw*, Afdeling Landbouweconomie, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, februari 1994, 30 p.
- nr. 10 CHRISTIAENSEN, L., *Voedselzekerheid: van concept tot actie: een status questionis*, Afdeling Landbouweconomie, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, July 1995, 41 p.
- nr. 13 GOOSSENS, F., *Failing Innovation in the Zairian Cassava Production System, A comparative historical analysis*, Afdeling Landbouweconomie, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, août 1995, 35 p.  
(Deuxième version, avril 1996, 77 p.)
- 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, Katholieke Universiteit Leuven, août 1995, 23 p.  
(Deuxième version, septembre 1996, 32 p.)
- nr. 16 ENGELEN, G., *Inleiding tot de landbouwvoorlichting* (heruitgave), Afdeling Landbouweconomie, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, September 1995
- nr. 25 CHRISTIAENSEN, L. en H. BEERLANDT, *Belgische voedselhulp geanalyseerd met betrekking tot voedselzekerheid*, Afdeling Landbouweconomie, Katholieke Universiteit Leuven, november 1994, 15 p.
- nr. 26 CHRISTIAENSEN, L. en H. BEERLANDT, *De Belgische ontwikkelingssamenwerking met Rwanda geanalyseerd met betrekking tot voedselzekerheid*, Afdeling Landbouweconomie, KU.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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, Leuven, December 1995, 19 p.
- nr. 29 BEERLANDT, H., *Koppelen van noodhulp en structurele ontwikkelingssamenwerking: opties voor een Belgisch beleid*, Afdeling Landbouweconomie, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, January 1997, 38 p.
- nr. 42 BEERLANDT, H., en SERNEELS, J., *Handleiding voor een voedselzekerheidsdiagnose*, Afdeling Landbouweconomie en Centrum voor Economische Studiën, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, May 2001, 39 p.
- nr. 60 DE VENTER, K., DEMONT, M., and TOLLENS, E., *Bedrijfseconomische impact van biotechnologie in de Belgische suikerbietenteelt*, Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, Katholieke Universiteit Leuven, Juni 2002, 65 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, Katholieke Universiteit Leuven, June 2002, 55 p.

- nr. 62 DEMONT, M., and TOLLENS, E., *The EUWAB-Project: Discussion*, Department of Agricultural and Environmental Economics, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, Septembre 2002, 33 p.
- nr. 66 TOLLENS, E., *Food Security in Kinshasa, Coping with Adversity*, Department of Agricultural and Environmental Economics, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, September 2002, 31 p.
- nr. 68 TOLLENS, E., *Het voedselvraagstuk*, Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, Katholieke Universiteit Leuven, December 2002, 59 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, December 2002, 29 p.

- nr. 73 TOLLENS, E., *Biotechnology in the South: Absolute Necessity or Illusion?*, Department of Agricultural and Environmental Economics, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit 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, Katholieke Universiteit Leuven, February 2003, 36 p.
- nr. 76 VANDERMERSCH, M. en MATHIJS, E., *Performantie en bedrijfsprofiel in de melkveehouderij*, Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, Katholieke Universiteit 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.
- nr. 78 VANDERMERSCH, M., MESKENS, L. en MATHIJS, E., *Structuur van de Belgische melkveehouderij*, Afdeling Landbouw- en Milieueconomie, Katholieke Universiteit Leuven, Februari 2003, 60 p.
- nr. 79 DEMONT, M., HOUEJOKLOUNON, A., HOUNHOUGAN, J., MAHYAO, A., ORKWOR, G., STESENS, J., TOLLENS, E. et TOURE, M., *Etude comparative des systèmes de commercialisation d'igname en Côte-d'Ivoire, au Bénin et au Nigeria*, Département d'Economie Agricole et de l'Environnement, Katholieke Universiteit Leuven, Juin 2003, 30 p.
- nr. 80 TOLLENS, E., *Current Situation of Food Security in the D.R. Congo: Diagnostic and Perspectives*, Department of Agricultural and Environmental Economics, Katholieke Universiteit Leuven, August 2003, 37 p.
- nr. 81 TOLLENS, E., *Poverty and Livelihood Entitlement, How It Relates to Agriculture*, Department of Agricultural and Environmental Economics, Katholieke Universiteit Leuven, August 2003, 30 p.
- nr. 82 TOLLENS, E., *Sécurité alimentaire à Kinshasa: un face à face quotidien avec l'adversité*, Département d'Economie Agricole et de l'Environnement, Katholieke Universiteit Leuven, Septembre 2003, 33 p.
- nr. 83 DEMONT, M. and TOLLENS, E., *Impact of Biotechnology in Europe: The First Four Years of Bt Maize Adoption in Spain*, Department of Agricultural and Environmental Economics, Katholieke Universiteit Leuven, October 2003, 28 p.
- nr. 84 TOLLENS, E., *Fair Trade: An Illusion?*, Department of Agricultural and Environmental Economics, Katholieke Universiteit Leuven, October 2003, 17 p.

- nr. 85 TOLLENS, E., DEMONT, M. and SWENNEN, R., *Agrobiotechnology in Developing Countries: North-South Partnerships are a Key*, Katholieke Universiteit Leuven, December 2003, 29 p.
- nr. 86 TOLLENS, E., *Les défis : Sécurité alimentaire et cultures de rente pour l'exportation – Principales orientations et avantages comparatifs de l'agriculture en R.D. Congo*, Katholieke Universiteit Leuven, Mars 2004, 67 p.
- nr. 87 DEMONT, M., JOUVE, P., STESENS, J. et TOLLENS, E., *Boserup versus Malthus revisités: Evolution des exploitations agricoles dans le Nord de la Côte d'Ivoire*, Katholieke Universiteit Leuven, Avril 2004, 20 p.
- nr. 88 DEMONT, M., JOUVE, P., STESENS, J. and TOLLENS, E., *Boserup versus Malthus Revisited: Evolution of Farms in Northern Côte d'Ivoire*, Katholieke Universiteit Leuven, April 2004, 17 p.
- nr. 89 DEMONT, M., OEHMKE, J. F. and TOLLENS, E., *Alston, Norton and Pardey Revisited: The Impact of Bt Maize in Spain*, Katholieke Universiteit Leuven, May 2004, 17 p.
- nr. 90 VANDENBOSCH, T., NANOK, T. and TOLLENS, E., *The Role of Relevant Basic Education in Achieving Food Security and Sustainable Rural Development*, Katholieke Universiteit Leuven, August 2004, 23 p.
- nr. 91 VANDERMERSCH, M. and MATHIJS, E., *Consumer willingness to pay for domestic milk*, Katholieke Universiteit Leuven, October 2004, 34 p.
- nr. 92 DEMONT, M., TOLLENS, E. and FOGARASI, J., *Potential Impact of Biotechnology in Eastern Europe: Transgenic Maize, Sugar Beet and Oilseed Rape in Hungary*, Katholieke Universiteit Leuven, January 2005, 65 p.