

Katholieke Universiteit Leuven
Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen



Working Paper
2002 / 63

**IMPACT VAN BIOTECHNOLOGIE IN EUROPA:
DE EERSTE VIER JAAR *BT* MAIS ADOPTIE IN SPANJE**

Matty DEMONT, Frederik DELOOF en Eric TOLLENS

Augustus 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/demont2002c.pdf>

Deze studie werd gefinancierd door het VIB – Vlaams Interuniversitair Instituut voor
Biotechnologie. De auteurs danken Terrance Hurley voor de waardevolle tips.

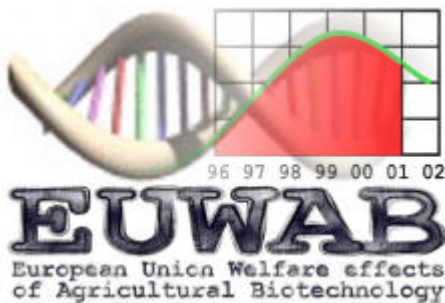
Afdeling Landbouw- en Milieueconomie
K.U.Leuven
Willem de Croylaan 42, B-3001 Leuven – België
Tel. +32-16-321614, Fax +32-16-321996

Demont, M., Deloof, F. en E. Tollens. "Impact van biotechnologie in Europa: de eerste vier jaar *Bt* maïs adoptie in Spanje." Working Paper, n° 63, 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, Rijvisschestraat 120, B-9052 Gent, Belgium, tel: +32 9 244 66 11, fax: +32 9 244 66 10, 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

In deze paper wordt de impact van een biotechnologische innovatie in de Spaanse landbouw geschat. Transgene *Bt* maïs biedt de mogelijkheid maïsboorders, die tot belangrijke economische verliezen in de Spaanse maïsteelt leiden, efficiënter te bestrijden. Sinds 1998 commercialiseert Syngenta de transgene variëteiten ‘Compa CB’ en ‘Jordi CB’, jaarlijks goed voor 20.000 ha, of een adoptiegraad van gemiddeld 5,2% van de totale Spaanse maïsoppervlakte. De winstverhoging die deze technologische verandering met zich mee heeft gebracht tijdens de vierjarige periode 1998-2001, wordt geschat op 8,7 miljoen € voor de Spaanse landbouw en 2,8 miljoen € voor Syngenta en de zaadleveranciers. De industrie blijkt dus slechts in staat één vierde van de totale baten te extraheren. Het merendeel, namelijk drie vierde, gaat naar de landbouwer.

Abstract

In the present paper we estimate the impact of a biotechnology innovation in Spanish agriculture. Transgenic *Bt* maize offers the potential to control corn borers, that cause economically important losses in Spanish maize cultivation, more efficiently. Since 1998, Syngenta commercializes the varieties ‘Compa CB’ and ‘Jordi CB’, equivalent to an annual area of 20.000 ha, or an average adoption rate of 5,2% of Spain’s total land allocation to maize. The profit increase engendered by this technological change during the four-year period 1998-2001 is estimated to be 8,7 million € for Spanish agriculture and 2,8 million € for Syngenta and the seed suppliers. The industry appears to be able to extract only one fourth of the total benefits. The lion share, i.e. three fourth, accrues to farmers.

Inleiding

De industrialisatie van de maïsteelt wordt vanaf de Tweede Wereldoorlog hoofdzakelijk beïnvloed vanuit een technische en economische hoek. Die eerste kan gezien worden als een geheel van technologische innovaties op genetisch, mechanisch en chemisch vlak. Zo kan de commercialisering van hybride maïs in de jaren '50, waarvan de impact werd bestudeerd door Griliches (1957), als de belangrijkste voorloper op biotechnologie beschouwd worden. Vanaf 1970 duiken technische en economische beperkingen op die voor een crisis zorgen, te wijten aan een vertraging van de productiviteitsgroei (Gaillard, 1988).

Doorheen de jaren tachtig stijgen de vaste kosten, die ongeveer de helft van de totale productiekosten uitmaken. Dit veroorzaakt een scherpe daling van het inkomen (Le Stum en Camaret, 1989), wat een grote vlucht naar andere economische sectoren teweegbrengt. Dit heeft onder andere te maken met de structurele limieten waarmee de sector geconfronteerd wordt (Gaillard, 1988), die de vraag doen stijgen naar kostenverlagende technologische innovaties.

Economisch belang van de maïsteelt

Maïs is wereld's meest verspreide graangewas (Tabel 1). Het wordt gecultiveerd van de evenaar tot op ongeveer 50° noorder- of zuiderbreedte, van op zeeniveau tot op meer dan 3.000 m hoogte. Geen ander graangewas wordt op zoveel manieren gebruikt, bijna elk deel van de maïsplant heeft economische waarde, waaronder het graan, de bladeren, de stengels, de kolven en soms zelfs de wortels. Bovendien hebben stijgende inkomens in de ontwikkelingslanden en de daarmee gepaard gaande

groei van de vlees- en pluimveeconsumptie een snelle groei van de vraag naar maïs als veevoeder teweeggebracht (Pingali, 2001).

Ruw genomen kunnen twee teeltwijzen onderscheiden worden. In Noordelijke streken overheerst snij- of silomaïs, waarvan de oogst op het veeteeltbedrijf in haar geheel verhakseld wordt tot ruwvoer. In Zuidelijke streken daarentegen domineert korrelmaïs, waarbij de korrelproductie door graanboeren geoptimaliseerd wordt. De korrels worden verkocht en getransformeerd tot menselijke en dierlijke voeding. Gecorreleerd met het voorkomen van korrelmaïs is ook het voorkomen van maïsboorders, die aanzienlijke verliezen kunnen teweegbrengen in de productie. In de Noordelijke snijmaïsteelt overheersen dan weer andere ziekten en plagen, waaronder schimmels. Deze studie concentreert zich op korrelmaïs als graangewas, met maïsboorders als economisch belangrijke plaag. In het verdere verloop van dit artikel worden de termen 'korrelmaïs' en 'maïs' door elkaar gebruikt.

Tabel 1 toont dat hoewel maïs in alle continenten een belangrijke plaats inneemt, de rendementen sterk verschillen, gaande van 1,7 ton/ha tot maar liefst het zesvoudige, namelijk 10,7 ton/ha. Via hoge rendementen nemen drie werelddelen, namelijk de VS, Zuid-Amerika en Azië, drie vierde van de totale wereldproductie voor hun rekening en het merendeel van de maïsexports, die op hun beurt 12% van de totale wereldproductie bedragen (Pingali, 2001). De top vijf maïsproducenten in de EU, verantwoordelijk voor 92% van de productie, wordt ingenomen door Frankrijk, Duitsland, Griekenland, Italië en Spanje. Spanje neemt met 11% van de productie een niet-geringe plaats in.

De maïsboorder

De European Corn Borer (ECB) [*Ostrinia nubilalis* (Hübner)] en Mediterranean Corn Borer (MCB) of Corn Stalk Borer [*Sesamia nonagrioides* (Lefebvre)] worden aanzien als de meest schadelijke insecten in de belangrijke maïsproducerende landen. In Noord-Amerika en Centraal-Europa wordt de schade hoofdzakelijk en vaak enkel veroorzaakt door de ECB. Als algemene regel kan men stellen dat het aantal generaties ECB stijgt naarmate men meer naar het zuiden gaat (Mason *et al.*, 1996). In Centraal-Europa komt er jaarlijks gewoonlijk maar één generatie ECB voor (Bohn *et al.*, 1999), terwijl dit in het zuiden van Europa tot drie generaties kan oplopen (Kergoat, 1999).

De MCB wordt beschouwd als één van de meest vernietigende insecten rond de Middellandse Zee en Marokko. Zoals bij de ECB, evolueert het aantal generaties met de breedtegraad. Zij kan tot vier generaties per jaar voortbrengen. Twee generaties is het meest frequent, maar ook één enkele generatie komt voor in sommige streken, zoals in de Azoren. In Noordoost Spanje, het zuiden van Portugal, Sardinië en Griekenland domineren drie generaties, terwijl vier generaties in Marokko worden geobserveerd (Cordero *et al.*, 1998).

De mate van verlies bepaalt grotendeels of de adoptie van een bestrijdingsmiddel economisch interessant is. Bohn *et al.* (1999) schatten het gemiddeld productieverlies per maïsboorder en per plant op 6,05%. De insecten veroorzaken aanzienlijke fysische schade aan de plant. De maïsboorder dringt binnen in de stengel van de maïsplant en graaft er grote gangen die aanzienlijke rendementsverliezen kunnen veroorzaken. Zo bemoeilijken ze de circulatie van plantensap en de toevoer van water en voeding aan

de plant en maïskolf. Hoewel zware regenval en windstoten ook de planten kunnen breken en een val van maïskolven kunnen veroorzaken, zijn de insecten nog steeds de belangrijkste oorzaak van het verlies. Belangrijk is op welk moment maïsboorders de plant aanvallen. De plant is gevoelig vanaf het moment dat ze zich in het stadium bevindt dat ze zes bladen ontwikkeld heeft tot wanneer ze de maturiteit bereikt heeft. Zodra de fysische rijpheid bereikt is, kunnen er zich geen belangrijke verliezen meer voordoen, tenzij de weersomstandigheden zo slecht zijn dat er toch nog bepaalde schade aangericht kan worden.

Gewasbescherming : insecticiden versus *Bt* maïs

Larven van maïsboorders zijn moeilijk te controleren met chemische insecticiden. De voornaamste reden hiervoor is dat zij enkel maar voor een beperkte periode kwetsbaar zijn voor insecticiden. Slechts tijdens de booractiviteiten kan het insect geëlimineerd worden. Eenmaal de maïsboorder in de plant binnengedrongen is, kan zij niet meer aangetast worden, omdat zij door het omhulsel beschermd wordt. Hierdoor speelt timing van de besproeiing een belangrijke rol. De gebruikte insecticiden kunnen zowel vloeibaar zijn als korrelachtig. De eerste kunnen aangebracht worden aan de hand van een toediening vanuit de hoogte of van op de grond en door middel van een irrigatiesysteem. De laatste kunnen enkel worden toegediend vanuit de hoogte met behulp van een klein vliegtuigje of door verstrooiing van op de grond. Ze zijn het meest efficiënt wanneer ze vallen op de kranen, de stengel en de oksels van de bladeren. Uit onderzoek blijkt de vloeibare toepassing de minst efficiënte van beide te zijn voor de controle van de ECB (Lynch *et al.*, 1980). Waarschijnlijk is de reden hiervoor dat het moeilijker is het product te concentreren op de plaatsen waar de ECB zich verschuilt en zich voedt.

De korrelachtige *Bt* insecticiden zijn gebaseerd op de bacterie *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), de bron bij uitstek van specifieke toxines voor insecten. Het is een bodembacterie die toxines produceert met een insecticidenwerking. Binnen deze toxines is de delta-endotoxine de meest bestudeerde. Deze toxine wordt geproduceerd als passieve gekristalliseerde proteïnen (pro-toxines). Eenmaal ingenomen door het insect, lost de pro-toxine op in het spijsverteringsstelsel en zal het na verloop van tijd de dood van het insect veroorzaken. Zowel vloeibare als korrelachtige insecticiden blijken niet 100% efficiënt zijn. De efficiëntie van de eliminatie van de eerste generatie van ECB wordt geschat op ongeveer 80%, terwijl dit bij de tweede generatie slechts 67% is (Ostlie *et al.*, 1997). Die verschillen worden veroorzaakt door het feit dat de latere generaties ECB zich op andere plaatsen bevinden dan de eerste generaties. Hierdoor is de kans kleiner dat de maïsboorders in contact kunnen komen met insecticiden. Tegenwoordig zijn er krachtiger insecticiden op de markt, die tot een efficiëntie van ongeveer 90% komen (Hyde *et al.*, 2000).

Transgene *Bt* maïs bevat een gen van de bacterie *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), waardoor het een toxisch proteïne vormt. Afhankelijk van het gen worden de proteïnen Cry1Ab, Cry1Ac, Cry1B of Cry9C gevormd. Uit veldexperimenten door Labatte *et al.* (1996) blijkt *Bt* maïs veel efficiënter te zijn en een vluggere werking te hebben dan insecticiden. Ook is de variabiliteit van de efficiëntie veel lager dan die van insecticiden. De hoofdoorzaak van dit verschil is de variatie van het moment wanneer de maïsboorder toeslaat.

Adoptie van *Bt* maïs

Bt maïs werd in 1996 voor het eerst in de Verenigde Staten en Canada gecommmercialiseerd en twee jaar later in Argentinië, Zuid-Afrika en een paar landen van de Europese Unie. Sedert die commercialisering steeg de adoptie van transgene maïs wereldwijd tot ongeveer 9,8 miljoen ha in 2001 (Tabel 2). Daarvan bestaat het merendeel, zijnde 5,9 miljoen ha, uit insectresistente (IR) *Bt* variëteiten. De overige variëteiten zijn herbicidetolerant (HT) of tegelijkertijd IR en HT, de zogenaamde 'stacked varieties'. Vandaag, zeven jaar na zijn introductie, zijn de ervaringen met *Bt* maïs van de Amerikaanse landbouwers goed in kaart gebracht (Pilcher *et al.*, 2002).

In 1998 werden Syngenta's *Bt* variëteiten Compa CB en Jordi CB in Spanje voor commerciële exploitatie goedgekeurd. Ondanks vele voorstellen, zoals bijvoorbeeld Monsanto's MON810, zijn beide nog steeds de enige twee die wettelijk zijn toegelaten. Tabel 2 geeft de evolutie weer van de adoptie van *Bt* maïs van 1998 tot 2001 en Tabel 3 de regionale verdeling van de variëteit Compa CB in 2000 in Spanje. De laatste tabel toont dat de transgene variëteiten voornamelijk verkrijgbaar zijn rond grote steden.

Het is belangrijk te noteren dat de Spaanse overheid met Syngenta een bovengrens is overeengekomen voor de commerciële introductie van de twee transgene variëteiten. Deze bedraagt een hoeveelheid zaad, equivalent aan 20.000 ha. Bovendien toont Spanje gebreken, waardoor het niet ten volle van de nieuwe mogelijkheden kan genieten. Zo blijkt uit gegevens van het Spaanse ministerie van landbouw (MAPA, 2002) dat het op de handelsbalans een groot tekort heeft wat maïszaad betreft. Hierdoor is het meer afhankelijk van andere landen en wordt een succesvolle

introductie van transgeen zaad voor commercieel gebruik afgeremd. Anderzijds biedt het tekort op de handelsbalans van de geproduceerde maïs ook een opportuniteit voor *Bt* maïs om via haar rendementsverhogingen dit tekort op te vullen.

Volgens Olmedo *et al.* (2001) is het grootste probleem het ontbreken van nationale zaadondernemingen. Dit hypothekeert de kansen op een succesvolle introductie. Deze ondernemingen bezitten de mogelijkheid om een wetenschappelijke voorsprong in een innovatie voor commercieel gebruik om te zetten. Twee factoren zorgen ervoor dat een dergelijke innovatie geblokkeerd wordt. Het conservatieve karakter van de ondernemingen vertraagt de innovaties. Tevens opereren de ondernemingen op te kleine schaal om bij de lancering van genetisch gemanipuleerde gewassen voor de benodigde investeringen te kunnen zorgen.

Model

Door de beperkte beschikbaarheid aan gegevens wordt de impact van *Bt* maïs berekend aan de hand van een eenvoudige formule, analoog aan Ostlie *et al.* (1997), Marra *et al.* (1998) en Lemarié *et al.* (2001).¹ We veronderstellen dat het rendement dat behaald wordt door een maïsteler na een infestatie van maïsboorders evenredig afneemt met de schade die overblijft ondanks de gewasbeschermingsmethode k . De technologie k kan zijn: geen ($k = o$), conventionele gewasbescherming via insecticiden ($k = c$) en biotechnologische gewasbescherming via *Bt* maïs ($k = g$). Het geobserveerde rendement y_{jk} kan uitgedrukt worden als:

¹ Hyde *et al.* (1999) gebruiken een complexere methodologie die gegevens vereist die echter niet beschikbaar zijn voor onze studie.

$$y_{jk} = y_{jm} [1 - (1 - \mathbf{a}_k) s_j] \quad (1)$$

met y_{jm} het theoretisch maximaal rendement dat kan bereikt worden bij hypothetische volledige afwezigheid van maïsboorders in jaar j , \mathbf{a}_k de doeltreffendheid van technologie k , gemeten door de proportie van larven gedood vóór deze het rendement kunnen aantasten, en s_j het theoretisch gemiddeld proportioneel verlies door maïsboorders in jaar j in afwezigheid van een behandeling. De winst die de landbouwer maakt via technologie k in jaar j is dus:

$$\mathbf{p}_{jk} = p_j y_{jk} - w_k - c_j = p_j y_{jm} [1 - (1 - \mathbf{a}_k) s_j] - w_k - c_j \quad (2)$$

met w_k de kost van de technologie k ter bestrijding van de maïsboorder en c_j alle andere kosten die onafhankelijk zijn van de keuze van de technologie k , inbegrepen de kost van conventioneel zaad. In het geval van een insecticidenbehandeling ($k = c$) omvat w_k de kost van het product en de besproeiing. Bij de biotechnologische gewasbescherming ($k = g$), stelt w_k de technologiepremie voor. Indien geen behandeling wordt toegepast ($k = o$) geldt $w_k = 0$.

Daar tot 2001 de adoptie van *Bt* maïs gestagneerd is tot een gemiddelde van 5,2% (Tabel 2), terwijl de adoptie van insecticiden 20 à 25% bereikt (*cfr. infra*), veronderstellen we dat de huidige *Bt* maïs adoptanten voordien allen insecticidengebruikers waren. De winstverhoging die deze laatste groep realiseert door over te schakelen van insecticiden ($k = c$) naar *Bt* maïs ($k = g$) in jaar j , kan uitgedrukt worden als:

$$\mathbf{Dp}_j = \mathbf{p}_{jg} - \mathbf{p}_{jc} = p_j y_{jm} s_j (\mathbf{a}_g - \mathbf{a}_c) + w_c - w_g \quad (3)$$

De eerste term van deze formule beschrijft het verschil in efficiëntie, terwijl de tweede term het verschil in kostprijs tussen beide technologieën weergeeft. De totale winstverhoging W_j die in jaar j in Spanje gerealiseerd werd, wordt berekend als:

$$W_j = \mathbf{Dp}_j L_j \alpha_j \quad (4)$$

met L_j de totale maïsooppervlakte en α_j de adoptiegraad in jaar j . De huidige waarde W in 2002 van de geaggregeerde winsten sinds 1998 kan dan berekend worden als:

$$W = \sum_{j=1998}^{2001} \Delta \Pi_j (1+i)^{2002-j} \quad (5)$$

met i de intrestvoet. De brutowinst Π_j die gerealiseerd werd door Syngenta in het jaar j bedraagt (Moschini en Lapan, 1997):

$$\Pi_j = w_g L_j \alpha_j \quad (6)$$

De huidige waarde Π in 2002 van de geaggregeerde brutowinsten sinds 1998 is:

$$\Pi = \sum_{j=1998}^{2001} \Pi_j (1+i)^{2002-j} \quad (7)$$

De huidige waarde van de totale welvaartsstijging W_{tot} in Spanje is dus:

$$W_{tot} = W + \Pi \quad (8)$$

Data

Een belangrijke beperking bij de impactschatting is enerzijds het ontbreken van gedetailleerde gegevens en anderzijds de lage precisie van de weinige gegevens die voorhanden zijn. Daarom maken we gebruik van stochastische simulatietechnieken, aanbevolen door Davis en Espinoza (1998), via het softwareprogramma @Risk van Palisade Corporation (2000). Dit programma laat toe berekeningen uit te voeren met behulp van onzekere gegevens die, in plaats van één of enkele puntschattingen, afgebakend kunnen worden via een subjectieve 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 parameters. Op die manier kan onzekerheid kwantitatief gemodelleerd en gevisualiseerd worden.

Irrigatie

Gezien de klimatologische omstandigheden waaraan de maïsteelt in Spanje onderworpen is, zal de landbouwer genoodzaakt zijn het land te irrigeren. In Spanje wordt enkel in het Noorden maïs geteelt zonder bijkomende irrigatie. In totaal wordt 91,8% van de totale maïsoppervlakte geïrrigeerd (MAPA, 2002), gedefinieerd als de parameter *irr*. Door de intensievere aanpak wordt het land in geïrrigeerde maïscultuur dichter bezaaid. Per hectare worden er meer investeringen gedaan en wordt er bijgevolg meer geoogst.

Insecticidegebruik en -kost

Vóór de introductie van *Bt* maïs in Spanje werd slechts 20% (Puig, 2002) à 25% (Uruel, 2001) van de totale maïsoppervlakte met insecticiden voor ECB en MCB besproeid. Deze gegevens laten ons toe de adoptie van insecticiden ρ_c te modelleren in @Risk via een driehoeksverdeling met een minimum van 20%, een meest waarschijnlijke waarde van 22,5% en een maximum van 25%, voorgesteld door:

$$\rho_c \sim \text{Triangular}(20\%; 22,5\%; 25\%) \quad (9)$$

Voor de kleine schaal waarop de landbouwers opereren, kan voor dit beperkt gebruik als reden aangegeven worden. Dit is vergelijkbaar met Frankrijk waar op ongeveer één derde van de maïsoppervlakken insecticide wordt gebruikt (Lemarié *et al.*, 2001). Daar ligt de toepassing van insecticiden waarschijnlijk wat hoger omdat de landbouwbedrijven groter zijn. In de extensieve Amerikaanse Corn Belt is dit slechts 5% (Gianessi en Carpenter, 1999).

Voor de insecticidenkost baseren we ons op de studie van Brookes (2002), die toelaat de sproei- of applicatiekost a_{irr} in geïrrigeerde maïscultuur te modelleren als:

$$a_{irr} \sim \text{Triangular}(18; 21; 24) \quad (10)$$

Voor besproeiing vanuit de lucht, gebruiken we:

$$a_{air} \sim \text{Triangular}(36; 39; 42) \quad (11)$$

Beide sproeitechnieken worden gewogen naar het relatieve voorkomen van irrigatie:

$$a = a_{irr} irr + a_{air} (1 - irr) \quad (12)$$

De insecticidenkost v voor de bestrijding van de maïsboorder wordt gemodelleerd via:

$$v \sim \text{Triangular}(24; 54; 84) \quad (13)$$

De totale insecticidenkost w_c is:

$$w_c = a + v \quad (14)$$

Technologiepremie

Om de technologiepremie te berekenen werd het verschil berekend tussen de zaadkost van *Bt* maïs en de zaadkost van dezelfde conventionele variëteit. Omdat Compa CB de meest verkochte *Bt* variëteit is, berekenen we dus het relatief verschil tussen deze variëteit en equivalente niet-transgene variëteiten. Bij de berekening van dat relatief verschil worden enkel de maïssoorten van het type Ciclo 700 opgenomen. De variëteiten waarvan de prijzen in beschouwing worden genomen zijn: Aristis, Eurodis, Juanta, PR32R42, Kelada, Proxima, Missouri, Sele, Trebbia en Tietar. De berekende technologiepremie bedraagt 35 €/ha, zijnde 20,6% van de zaadkost. Daar de Spaanse overheid de verkoop van *Bt* maïszaad limiteert, hebben we hier te doen met een prijs die niet tot stand is gekomen in een vrije markt. Desalniettemin kwamen Franse onderzoekers in een *ex ante* studie tot een winstmaximaliserende technologiepremie van 36 €/ha voor Frankrijk (Lemarié *et al.*, 2001), zeer dicht bij de actuele Spaanse

prijs voor *Bt* maïszaad dus. Brookes (2002) komt tot een technologiepremie van 29-31 €/ha. Hij drukt erop dat dit een aanbevolen prijs is en dat vele landbouwers de technologie aan lagere prijzen bekomen via coöperatieven. De AGPME (Asociación General de Productores de Maíz de España) geeft aan dat de lokale coöperatieven hun leden zaad verkopen aan lagere prijzen dan deze aanbevolen door de industrie. In het geval van *Bt* maïs zou de technologiepremie slechts 18-19 €/ha bedragen.² De auteur beweert dat het om minstens 70% van de Spaanse markt gaat. Deze gegevens laten ons toe de technologiepremie in @Risk op de volgende manier te modelleren:

$$w_g \sim \text{Triangular}(18; 18,5; 35) \quad (15)$$

Theoretisch verlies door maïsboorders

De belangrijkste factor die een rendementsvermindering veroorzaakt, is het jaarlijks productieverlies dat aan maïsboorderplagen te wijten is. Deze vertoont grote schommelingen. Het is de bedoeling om alle mogelijke waarden van deze schommelingen en hun waarschijnlijkheid voor de vier verschillende jaren in de analyse te verwerken. Hoewel we voor het productieverlies van de vier verschillende jaren dezelfde verdeling veronderstellen, worden ze toch als vier onafhankelijke parameters in de analyse beschouwd. De inputs als afzonderlijk beschouwen kan, want volgens Hurley *et al.* (2001b) zijn tijdtrends voor productieverliezen statistisch³ niet-significant. Als verdeling kiezen we voor een logaritmisch getransformeerde normaalcurve. Hurley *et al.* (2001b) vermeldt dat zowel gammaverdelingen als

² Ter vergelijking, de technologiepremie voor *Bt* maïs in de Verenigde Staten is geschat op 26 €/ha in 1997, 21,5 €/ha in 1998 en 1999 en 16-17 €/ha in 2001 (Gianessi *et al.*, 2002), alhoewel Benbrook (2001a) deze premie hoger schat op 24,5 €/ha gedurende dezelfde periode.

³ bij een significantieniveau van 5%

logaritmische normaalverdelingen voor het productieverlies gekozen worden. Toch verkiezen zij een logaritmische normaalverdeling omdat die empirisch een betere statistische fitting blijkt te hebben dan een gammaverdeling. Daarom definiëren we het theoretisch gemiddeld proportioneel verlies s_j door maïsboorders in jaar j in afwezigheid van een behandeling als:

$$s_j \sim \text{Lognormal}(\mathbf{m}; \mathbf{s}) \quad (16)$$

We doen beroep op Alcalde (1999) en Fernandez-Anero *et al.* (1999), die schattingen rapporteren voor het gemiddeld jaarlijks verlies door maïsboorders in Spanje s_j gedurende de vierjarige periode 1995-1998 (eerste rij in Tabel 4). Het verlies werd gemeten door het rendement van *Bt* variëteiten te vergelijken met dat van isogene variëteiten, die exact dezelfde genetische compositie bezitten met uitzondering van het *Bt* gen. Dit is de meest correcte methodologie om de rendementsverhoging van transgene insect-resistente variëteiten te meten (Demont en Tollens, 2001). Daar we beschikken over een kleine steekproef van slechts vier puntschattingen, besluiten we in overleg met Hurley (2002) de mediaan (9%) te nemen als meest waarschijnlijke waarde \mathbf{m} voor de logaritmische normaalverdeling. De mediaan is veel robuuster voor uitzonderlijk hoge waarnemingen (26% in 1997) dan het gemiddelde (13%) bij dergelijk kleine steekproef. De standaarddeviatie (9%) fungeert als schatting voor \mathbf{s} .

Door het gemiddeld jaarlijks verlies s_j te delen door een gemiddeld verlies van 6% per maïsboorder per plant (Bohn *et al.*, 1999), bekommen we schattingen van de populaties, gemeten in het gemiddeld aantal maïsboorders per plant n (tweede rij in Tabel 4). Bij volledige afwezigheid van gewasbescherming zijn in Spanje gemiddeld iets meer dan twee maïsboorders te vinden per maïsplant. Berekening van de variatiecoëfficiënt

(VC) (laatste kolom) laat ons toe de parameters van de stochastische verdeling voor Spanje te vergelijken met data uit de VS. De Spaanse situatie blijkt het meest vergelijkbaar te zijn met het gemiddelde van 11% en standaarddeviatie van 9% geobserveerd in Cumming County (Hurley *et al.*, 2001b). Volgens Hurley (2002) zijn de berekende parameters realistisch, ondanks de kleine steekproef. Het gemiddelde is aan de hoge kant, wat het gebruik van de mediaan verantwoordt. De variatiecoëfficiënt valt binnen het gamma van waarden (0,75 à 1) die gevonden worden in de VS. Het voorkomen van één zware plaag in een tijdsperiode van vier à acht jaar werd in de Verenigde Staten ook geobserveerd (Rice en Ostlie, 1997). Tenslotte, daar geen negatieve verliezen of verliezen groter dan 100% kunnen voorkomen, beperken we de logaritmische normaalverdeling tot het interval [0,1].

Doeltreffendheid van beide technologieën

Schattingen van de effectiviteit van insecticiden die toegepast worden voor het verdelgen van maïsboorders lopen nogal uiteen. Een gemiddelde waarde die in Spanje als criterium gebruikt wordt, is 80% (Bergua, 2002). Toch verschijnen er in de literatuur andere schattingen. Zo vermeldt Lemarié *et al.* (2001) dat de effectiviteit slechts 75% in Frankrijk bedraagt. Labatte *et al.* (1996) spreken zelfs van 72% bij een minder goede timing. Hyde *et al.* (2000) daarentegen beweren dat de laatste jaren zeer krachtige insecticiden tegen maïsboorders ontwikkeld worden met een effectiviteit van 90%. We stellen dus:

$$\mathbf{a}_c \sim \text{Triangular}(72\%; 80\%; 90\%) \quad (17)$$

Lagere waarden voor de efficiëntie zal informatie verschaffen over de potentiële impact van opkomende resistentie. Anderzijds kunnen technologische innovaties in conventionele technieken ervoor zorgen dat een hogere efficiëntie kan bereikt

worden. In elk geval is de variatie in efficiëntie hoog bij insecticidegebruik, daar timing een zeer cruciale rol speelt. Deze is zelden optimaal en dit is een van de redenen waarom het insecticidegebruik in de Spaanse maïsteelt beperkt blijft (Brookes, 2002).

Wat betreft de effectiviteit van *Bt* maïs zijn geen Spaanse gegevens beschikbaar. Het is realistisch om de waarde van 95% (Lemarié *et al.*, 2001) over te nemen, gebaseerd op een Frans onderzoek. Onzekerheid voor \mathbf{a}_g wordt geïntegreerd door te stellen:

$$\mathbf{a}_g \sim \text{Triangular}(90\%; 95\%; 100\%) \quad (18)$$

Het incorporeren van een lage waarde geeft een indicatie van de invloed van het eventueel verhogen van de resistentie van de maïsboorders ten opzichte van het *Bt* toxine. De extreme waarde van 100% is gebaseerd op Labatte *et al.* (1996).

De effectiviteit van de afwezigheid van een behandeling \mathbf{a}_o is uiteraard nul. De totale gemiddelde effectiviteit \mathbf{a}_k van de geobserveerde mix van technologieën die via vergelijking 1 een schatting geeft van het theoretisch maximaal rendement y_{jm} , wordt gewogen als volgt:

$$\mathbf{a}_k = \mathbf{a}_c \beta_c + \mathbf{a}_g \beta_g + \mathbf{a}_o (1 - \beta_c - \beta_g) = \mathbf{a}_c \beta_c + \mathbf{a}_g \beta_g \quad (19)$$

Andere parameters

Terwijl de vorige parameters omgeven zijn door onzekerheid, bespreken we hier de deterministische parameters die niet via een subjectieve verdeling in het model gestopt worden. De adoptiegraad wordt ontleend van James (1997, 1998, 2000, 2001a, 2001b) en het rendement en areaal van Eurostat (2002). De maïsprijzen komen eveneens van Eurostat (verscheidene uitgaven) en zijn gedeflatteerd via de GDP

deflator gepubliceerd door de Wereldbank (2002). Als intrestvoet i gebruiken we een risk adjusted rate of return van 10,5%, afgeleid van het capital asset pricing model (CAPM).

Resultaten

Gemiddelde impactresultaten

In Tabel 5 worden de gemiddelde waarden weergegeven die door het model worden gegenereerd. De voorlaatste kolom stelt het gemiddelde voor over de jaren 1998-2001. Jaarlijks winnen de Spaanse *Bt* maïs adoptanten 1,7 miljoen € of 73 €/ha, bij een gemiddeld verlies door maïsboorders van 9% (Fernández-Anero *et al.*, 1999, Alcalde, 1999). Geaccumuleerd over de vierjarige periode 1998-2001 en geactualiseerd naar 2002 komt dit neer op 8,7 miljoen € (laatste kolom). Door accumulatie van de technologiepremies, jaarlijks goed voor 0,5 miljoen €, slaagt Syngenta erin 2,8 miljoen € te extraheren uit de commercialisatie van de nieuwe technologie.⁴ In totaal wordt jaarlijks gemiddeld een welvaartsstijging genoteerd van 2,2 miljoen € accumulerend tot 11,5 miljoen € na vier jaar. Relatief gezien absorbeert de landbouwer drie vierde (74,9%) van de totale baten, terwijl slechts één vierde (25,1%) naar de genenontwikkelaar en zaadleveranciers gaat. Dit is een resultaat dat in het merendeel van de biotechnologische impactstudies naar voren komt. Aan de basis van deze resultaten ligt uiteraard het criterium 3/4:1/4, dat frequent gehanteerd wordt door genenontwikkelaars bij hun prijszetting (Boeken, 2002).

⁴ Dit bedrag moet dan verdeeld worden onder Syngenta en de zaadleveranciers die een technologie licentie betalen aan Syngenta. Daar geen informatie voorhanden is omtrent dit contract, kan niet berekend worden hoeveel van deze baten naar de zaadindustrie gaat. In dit artikel omvat de term 'Syngenta' dus ook de zaadindustrie.

Onzekerheid

Om een gedetailleerd beeld te krijgen van de *a posteriori* verdeling van de resultaten van het model, gegeven de *a priori* subjectieve schattingen van de stochastische verdelingen van de onzekere parameters, laten we @Risk 100.000 iteraties uitvoeren gebruik makend van een Latin Hypercube simulatie. De verkregen verdeling geeft een idee van de mogelijke impact en zijn waarschijnlijkheid die de introductie van *Bt* maïs in Spanje met zich mee heeft gebracht sinds 1998 (Tabel 6). De potentiële winst voor de landbouw blijkt met een waarschijnlijkheid van 95% te liggen tussen 4,9 miljoen € en 14,4 miljoen €, grafisch weergegeven in Figuur 1. Voor Syngenta wordt een smallere verdeling geobserveerd voor de winst, die met een waarschijnlijkheid van 95% ligt tussen 2,1 miljoen € en 3,8 miljoen €. De landbouw zal met een waarschijnlijkheid van 95% tussen 60% en 85% van de winst opsorpen en de industrie tussen 15% en 40%. De kans dat de landbouw minder dan de helft van de baten naar zich toe zou trekken is volgens het model slechts 0,2%. Minder dan het wijd geciteerde aandeel van drie vierden komt voor met een waarschijnlijkheid van 46%.

Sensitiviteitsanalyse

Daar het model gebaseerd is op een aantal onzekere parameters, gedefinieerd via subjectieve verdelingen, is het belangrijk de invloed na te gaan van de gemaakte assumpties op de resultaten. Daartoe wordt de data, gegenereerd uit de 100.000 iteraties, geanalyseerd in @Risk. Via een regressie analyse wordt de invloed nagegaan van elke individuele parameter op de berekende impactschattingen. In Tabel 7 worden de regressieresultaten weergegeven. De schattingen van de baten voor de Spaanse landbouw (eerste kolom) blijken voor 88% verklaard te worden door een lineair

regressiemodel van de elf onzekere parameters. De kost van de conventionele technologie blijkt de sterkste invloed te hebben (coëfficiënt van 0,548), gegeven de relatief brede verdeling die we verondersteld hebben. Verwacht wordt dat na een belangrijke adoptie de prijzen van insecticiden zullen dalen, waardoor de baten van *Bt* maïs sterk aangetast zullen worden. Op de tweede plaats komt het theoretisch verlies door maïsboorders gevolgd door de effectiviteit van de conventionele technologie, die de resultaten in negatieve zin beïnvloedt. Wellicht zijn ook hier technologische innovaties mogelijk, die sterk in competitie kunnen komen met *Bt* maïs. De technologiepremie is logischerwijze eveneens negatief gelinkt met de baten van *Bt* maïs voor de landbouwers, maar komt vreemd genoeg slechts op de vierde plaats. Als we louter kijken naar de verdeling van de baten (kolommen 4 en 5) blijkt deze parameter echter op de eerste plaats te komen.

Door het statische karakter van het model in vergelijking 6 zijn de baten voor Syngenta uitsluitend afhankelijk van de technologiepremie. De vraag is uiteraard hoe de technologiepremie zal evolueren als de markt voor *Bt* maïszaad wordt vrijgemaakt. Langs de ene kant zal de vraag naar transgeen zaad stijgen met een positief effect op de prijs en een negatief effect op de baten van de nieuwe technologie. Aan de andere kant zullen meer bedrijven, bijvoorbeeld Monsanto, transgeen zaad aanbieden, waardoor de prijzen eerder zullen dalen. Waarschijnlijk zal het aantal genenontwikkelaars beperkt blijven, mede door het continue proces van consolidatie dat in de sector wordt geobserveerd (Traill en Duffield, 2002), waardoor dit laatste effect verwaarloosbaar zal zijn.

Andere economische effecten

Minder arbeid

Marra (2002) vermeldt dat controleoperaties op het veld in aantal aanzienlijk dalen na adoptie van *Bt* maïs. Aangezien hoge temperaturen de efficiëntie van een insecticidenbehandeling in zekere mate kunnen verminderen (Naïbo, 1997), kan dit extra kosten vragen om de insectenplaag te controleren. Hieronder kan zowel de vereiste kennis als de zoekkosten begrepen worden die vereist zijn bij een controleprogramma. Daar het telen van *Bt* maïs veldoperaties spaart, zullen middelen vrij staan die kunnen gebruikt worden op cruciale tijdstippen in de teelt van andere gewassen.

Verhoogde flexibiliteit

Factoren, zoals de afhankelijkheid ten opzichte van de grillige weersomstandigheden van de natuur en seizoensgebondenheid beknotten in die mate de voordelen van specialisatie dat familiale landbouwbedrijven de meest aangewezen vorm zijn voor akkerbouw (Allen en Lueck, 1998). Gewasbescherming via *Bt* maïs vermindert de timingproblemen en bijgevoeld ook de natuursafhankelijkheid van insecticidenbehandelingen en biedt dus meer voordelen voor industriële landbouwbedrijven dan voor familiale. Bovendien, aangezien de landbouwer zijn besproeide grond de eerste uren na de behandeling om gezondheidsredenen het best niet betreedt (Marra *et al.*, 2002), wordt hij beperkt in de activiteiten die hij kan uitvoeren. In die zin biedt *Bt* maïs meer flexibiliteit, aangezien er geen gezondheidsgevaren zijn voor de landbouwer.

Hogere kwaliteit

Verschillende studies tonen aan dat *Bt* maïs minder onderhevig is aan insectenvraat en daaruit volgende schimmelinfecties (*cfr. infra*). Deze hogere productkwaliteit geeft de landbouwer de mogelijkheid een hogere prijs te vragen voor zijn maïs. De vraag is in hoeverre de negatieve consumentenhouding in Europa niet eerder zal leiden tot een lagere prijs voor transgene maïs bij een splitsing van de maïsmarkt in transgene en niet-transgene maïs.

Risico

Terwijl in de algemene perceptie vaak wordt aangenomen dat *Bt* gewassen de variabiliteit van de winst verlagen en dus het risico, tonen Hurley *et al.* (2001b) het tegengestelde aan⁵. De verhoging van de variabiliteit van de winst doet volgens de auteurs de waarde van deze technologie dalen met 10 à 15%, afhankelijk van de risicoaversie. Dit is te wijten aan het feit dat wanneer een technologiepremie wordt geheven, *Bt* maïs het benedenwaartse risico verhoogt terwijl het het potentiële omhoogwaartse risico verlaagt.

Lagere insecticidenprijzen

Zoals eerder al vermeld kunnen conventionele insecticiden in prijs verlagen indien de adoptie in een vergevorderd stadium komt. De prijsdaling is dan te wijten aan de kleinere vraag naar conventionele insecticiden, die gesubstitueerd worden door *Bt*

⁵ In een meer geaggregeerde analyse van de invloed van klimaat en technologische verandering op het risico in de maïsteelt, tonen Kim en Chavas (2001) dan weer empirisch aan dat technologische vooruitgang in het algemeen bijdraagt tot een vermindering van het risico.

maïs. Op die manier profiteert ook de niet-adoptant van de commercialisering van *Bt* maïs (Marra *et al.*, 2002).

Welvaartseffecten

Door *Bt* maïs gegenereerde kostendalingen zullen aanbodverschuivingen en prijsdalingen in de maïsmarkt veroorzaken die op hun beurt zorgen dat de welvaartseffecten van de nieuwe technologie naar de consument vloeien. Daar de adoptie in Spanje vrij beperkt is gebleven tot op heden, door een overheidsinterventie, zijn deze effecten verwaarloosbaar en ondervindt de consument voorlopig geen welvaartsstijging. Falck-Zepeda *et al.* (2000) insinueren dat de baten van genetisch gewijzigde soja en katoen, ondanks prijseffecten, grotendeels naar de landbouwer vloeien.

Bijkomende marketingkosten

Voorals in Europa neemt de publieke opinie een afwachtende houding aan met veel wantrouwen. Om dat wantrouwen te overwinnen, beweert Benbrook (2001b) dat additionele marketinginspanningen geleverd moeten worden om het vertrouwen van de publieke opinie wat te verhogen. Hierbij moeten dan nog de kosten gevoegd worden die veroorzaakt zullen worden door een splitsing van de maïsmarkt in transgene en niet-transgene maïs, namelijk de labeling-, controle- en segregatiekosten (Bullock *et al.*, 2000, Bullock en Desquilbet, 2001).

Externaliteiten

Resistentie

De ontwikkeling van resistentie van de maïsboorders t.o.v. *Bt* maïs is het grootste gevaar op het succes van haar controle. Om de efficiëntie van de *Bt* maïsplanten te kunnen blijven garanderen, is het nodig aan de hand van een regelmatige observatie en de toepassing van een resistance management, vormen van aanpassing aan de insecticiden te voorkomen of uit te stellen (Onstad en Guse, 1999, Hurley *et al.*, 2001a). Om het relatief aantal insecten dat resistent wordt zo klein mogelijk te houden, moet ervoor gezorgd worden dat er voldoende niet-resistente insecten in de omgeving vertoeven, vandaar het belang van refuge zones.

Refugezones

Om de resistentie te vertragen is het noodzakelijk refuges te gebruiken. Een refuge is een zone met gastheerplanten (zoals niet-*Bt* maïs, aardappelen, haver, sorghum en enkele grassoorten) die geen *Bt* proteïnen produceren of die behandeld zijn met conventionele gewasbeschermingsmethoden. De Amerikaanse Environmental Protection Agency (EPA) beveelt aan een insect resistance management programma te volgen. Dit bevat de strategie om een verhouding van 20% refuge te voorzien bij het telen van *Bt* maïs, opdat er een optimale break-even gevonden wordt tussen een efficiënte insectencontrole en een beperkte ontwikkeling van resistentie (Onstad en Guse, 1999, Hurley *et al.*, 2001a).

Effecten op gezondheid en milieu

Men heeft aangetoond dat er bij de zoogdieren geen speciale receptoren zijn voor de proteïne Cry1Ab aan de buitenkant van de cellen van de ingewanden. In de

maagsappen is het enzyme pepsine aanwezig dat ervoor zorgt dat de proteïne snel afgebroken wordt, waardoor de mens en in het algemeen het zoogdier niet gevoelig is voor dergelijk proteïne. Veelvuldige veiligheidscontroles van de *Bt* proteïne en een lange geschiedenis van probleemloos gebruik van microbiële producten hebben nooit geleid tot negatieve gevolgen voor de mens (Monsanto, 2002).

In tegenstelling tot de bezorgdheid rond toxiciteit en allergenen van herbicidetolerante planten, zijn er duidelijke bewijzen van de gezondheidsvoordelen bij *Bt* maïs (Shelton *et al.*, 2002). Verschillende studies tonen aan dat de lagere fysische schade door maïsboorders bij *Bt* maïs geassocieerd is met lagere *Fusarium* schimmelinfecties en lagere concentraties aan mycotoxinen (Munkvold *et al.*, 1997, Munkvold *et al.*, 1999, Dowd, 2000). Bovendien induceert het lagere insecticidegebruik minder schadelijke effecten op gezondheid en milieu (Waibel en Fleischer, 1998, Rice en Pilcher, 1998, Pimentel en Raven, 2000).

Effecten op niet-doel organismen

De proteïne Cry1Ab bezit een insecticidenwerking die enkel van kracht is op de insecten die tot de orde van de vlinders [*Lepidoptera*] behoren (Scriber, 2001). De publieke bezorgdheid omtrent transgene gewassen is geëscaleerd na de publicatie van Losey *et al.* (1999) over de invloed van transgene *Bt* pollen op de Monarch vlinder. Deze publicatie ontketende discussies (Pimentel en Raven, 2000) en nieuwe studies op niet-doel organismen (Zangerl *et al.*, 2001, Sears *et al.*, 2001), waarvan de wetenschappelijke unanimité tot op heden nog steeds ontbreekt. Voor een overzicht van deze studies verwijzen we naar Shelton *et al.* (2002).

Conclusies

Maïs is het meest verspreide graangewas op aarde en kent de meest uiteenlopende rendementen. De Spaanse maïsproductie neemt een tiende in van het maïsaanbod van de EU. Twee soorten maïsboorders leiden daar tot belangrijke economische verliezen. Dit opent perspectieven voor transgene *Bt* maïs, die de mogelijkheid biedt deze insecten efficiënter te bestrijden. De Spaanse overheid heeft aan Syngenta de toestemming gegeven om voorlopig jaarlijks een maximaal quotum equivalent aan 20.000 ha transgeen zaad van de variëteiten 'Compa CB' en 'Jordi CB' te commercialiseren. Daardoor is de adoptiegraad tot op heden beperkt gebleven tot een gemiddelde van 5,2% van de totale Spaanse maïsoppervlakte.

Als we veronderstellen dat deze minderheid adoptanten van *Bt* maïs allen voordien insecticidegebruikers waren, kunnen we hun winstverandering uitdrukken in een efficiëntieverhoging en een kostprijsverandering. Op die manier wordt een totale winstverhoging geschat van 9,8 miljoen € voor de Spaanse landbouw tijdens de vierjarige periode 1998-2001. Syngenta en de zaadleveranciers noteren een extra winst van 2,8 miljoen €. Drie vierde van de baten gaan dus naar de landbouw, terwijl slechts één vierde door de industrie wordt opgeslorpt. Dit resultaat lijkt het meest gevoelig te zijn aan de assumpties omtrent de kost van de conventionele technologie en in de tweede plaats aan de veronderstelde verliezen door maïsboorders.

De Spaanse situatie is in zekere zin een artificiële situatie, daar momenteel geen vrije markt voor *Bt* zaad bestaat, maar jaarlijks een vast quotum aan transgeen zaad mag worden verkocht. De vraag is in hoeverre de actuele technologiepremie eveneens artificieel is. De door Syngenta aanbevolen verkoopprijs voor *Bt* zaad benadert sterk

de prijs die in Frankrijk bij winstmaximalisering tot stand zou komen (Lemarié *et al.*, 2001). In werkelijkheid blijken maïstelers lagere prijzen te genieten via lidmaatschap bij coöperatieven (Brookes, 2002). Waarschijnlijk zal de technologiepremie lichtjes stijgen van zodra de EU haar moratorium opheft, de markt voor transgeen zaad vrij is en alle juridische elementen in plaats zijn. De kans is echter klein dat de industrie in staat zal zijn het merendeel van de baten van de nieuwe technologie te extraheren. De Amerikaanse literatuur leert ons dat de landbouwer meestal de winnaar is en op langere termijn de stroomafwaartse sector, waaronder de distributiesector en de consument.

Literatuurlijst

- Alcalde, E. "Compa CB: Resultados de los agricultores con el primer maíz resistente al taladro." *Actas del 6.º Symposium Nacional de Sanidad Vegetal*. Anonymous, ed., pp. 469-477. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 1999.
- Allen, D.W., en D. Lueck. "The Nature of the Farm." *Journal of Law and Economics* 41(October 1998):343-86.
- Benbrook, C.M. "The Farm-Level Economic Impacts of Bt Corn From 1996 through 2001: An Independent National Assessment." Ag BioTech InfoNet Technical Paper, Benbrook Consulting Services, Sandpoint, Idaho, 2001a.
- "When Does It Pay To Plant Bt Corn? Farm-Level Economic Impacts of Bt Corn, 1996-2001." Ag BioTech InfoNet Technical Paper, Benbrook Consulting Services, Sandpoint, Idaho, 2001b.
- Bergua, J., Persoonlijke communicatie, 2002.
- Boeken, G., Persoonlijke communicatie, 2002.
- Bohn, M., R.C. Kreps, D. Klein, en A.E. Melchinger. "Damage and Grain Yield Losses Caused by European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae) in Early Maturing European Maize Hybrids." *Journal of Economic Entomology* 92(June 1999):723-31.
- Brookes, G. "The Farm Level Impact of Using Bt Maize in Spain.", Brookes West, Kent, UK, 2002.

Bullock, D.S., en M. Desquilbet., "Economic Effects of GMO Adoption in Presence of a Demand for Identity-Preserved Non-GMO Products." Paper gepresenteerd op International Consortium on Agricultural Biotechnology Research (ICABR), 5th International Conference on Biotechnology, Science and Modern Agriculture: a New Industry at the Dawn of the Century, Ravello, June 15-18 2001.

Bullock, D.S., M. Desquilbet, en E. I. Nitsi., "The Economics of Non-GMO Segregation and Identity Preservation." Paper gepresenteerd op American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Tampa, Florida, July 30 - August 2 2000.

Cordero, A., R.A. Malvar, A. Butrón, P. Revilla, P. Velasco, en A. Ordás. "Population dynamics and life-cycle of corn borers in South Atlantic European coast." *Maydica*, 1998, pp. 5-12.

Davis, G.C., en M.C. Espinoza. "A Unified Approach to Sensitivity Analysis in Equilibrium Displacement Models." *American Journal of Agricultural Economics* 80(1998):868-79.

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.

Dowd, P.F. "Indirect Reduction of Ear Molds and Associated Mycotoxins in *Bacillus thuringiensis* Corn Under Controlled and Open Field Conditions: Utility and Limitations." *Journal of Economic Entomology* 93(2000):1669-79.

Eurostat *Agriculture - Statistical Yearbook*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, verscheidene uitgaven.

Eurostat *AGRIS Application and Data for Agriculture: Data 1973-2002*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2002.

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(2000):21-32.

FAO *FAOSTAT Agriculture Data.*, 2002.

Fernández-Anero, J., C. Novillo, en J. Costa. "MaisGard protección contra taladros en toda la planta, durante toda la campaña. Resultados en España 1997-1998." *Actas del 6.º Symposium Nacional de Sanidad Vegetal*. Anonymous, ed., pp. 447-455. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía, 1999.

Gaillard, S. "L'industrialisation de la culture du maïs-grain en France 1945-1985: un itinéraire particulier." *Economie Rurale* 187(October 1988):25-32.

Gianessi, L.P., en J.E. Carpenter. "Agricultural Biotechnology: Insect Control Benefits.", National Center for Food and Agricultural Policy (NCFAP), Washington, 1999.

Gianessi, L.P., C.S. Silvers, S. Sankula, en J.E. Carpenter. "Plant Biotechnology Current and Potential Impact For Improving Pest Management In U.S.

Agriculture: An Analysis of 40 Case Studies.", National Center for Food and Agricultural Policy (NCFAP), Washington, 2002.

Griliches, Z. "Hybrid Corn: An Exploration in the Economics of Technological Change." *Econometrica* 25(October 1957):501-22.

Hurley, T. M., Persoonlijke communicatie, 5-12-2002.

Hurley, T.M., B.A. Babcock, en R.L. Hellmich. "Bt Corn and Insect Resistance: An Economic Assessment of Refuges." *Journal of Agricultural and Resource Economics* 26(2001a):176-94.

Hurley, T.M., P. D. Mitchell, en M. E. Rice., "What is the Value of Bt Corn?" Paper gepresenteerd op AAEA and CAES Annual Meeting, Chicago, Illinois, August 5-8 2001b.

Hyde, J., M.A. Martin, P.V. Preckel, en C.R. Edwards. "The Economics of Bt Corn: Valuing Protection from the European Corn Borer." *Review of Agricultural Economics* 21(1999):442-54.

Hyde, J., M. A. Martin, P. V. Preckel, C. R. Edwards, en C. L. Dobbins., "Estimating the Value of Bt Corn: A Multi-State Comparison." Paper gepresenteerd op American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Tampa, Florida, July 30 - August 2 2000.

James, C. "Global Status of Transgenic Crops in 1997." ISAAA Briefs, n° 5, ISAAA, Ithaca, NY, 1997.

--- "Global Review of Commercialised Transgenic Crops: 1998." ISAAA Briefs, n° 8, ISAAA, Ithaca, NY, 1998.

--- "Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 1999." ISAAA Briefs, n° 17, ISAAA, Ithaca, NY, 2000.

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

--- "Global Status of Commercialized Transgenic Crops: 2001." ISAAA Briefs, n° 24, ISAAA, Ithaca, NY, 2001b.

Kergoat, P.-Y. "Bénéfices agronomiques et environnementaux du maïs transgénique MON810 qui est efficace contre la pyrale et la sésamie." *Annales ANPP, Cinquième Conférence Internationale sur les Ravageurs en Agriculture, Montpellier, December 7-9*. Anonymous, ed., pp. 37-44. Paris: Association Nationale de Protection des Plantes, 1999.

Kim, K., en J.-P. Chavas., "Technological Change and Risk Management: An Application to the Economics of Corn Production." Paper gepresenteerd op AAEA and CAES Annual Meeting, Chicago, Illinois, August 5-8 2001.

Labatte, J.-M., S. Meusnier, A. Migeon, J. Chaufaux, Y. Couteaudier, G. Riba, en B. Got. "Field Evaluation of and Modeling the Impact of Three Control Methods on the Larval Dynamics of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae)." *Journal of Economic Entomology* 89(August 1996):852-62.

Le Stum, H., en D. Camaret. "Coûts de production du blé tendre et du maïs en France." *Perspectives Agricoles*, 7/1989, pp. 19-30.

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.

Losey, J.E., L.S. Rayor, en M.E. Carter. "Transgenic Pollen Harms Monarch Larvae."

Nature 399(May 1999):214.

Lynch, R.E., J.F. Robinson, en E.C. Berry. "European Corn Borer: Yield Losses and

Damage Resulting from a Simulated Natural Infestation." *Journal of*

Economic Entomology 73(February 1980):141-44.

MAPA, <http://www.mapya.es/>, 2002.

Marra, M. C., Carlson, G. A. en Hubbell, B. J., *Economic Impacts of the First Crop*

Biotechnologies, <http://www.ag-econ.ncsu.edu/faculty/marra/online.html>,

North Carolina Agricultural Research Service, University of Georgia

Agricultural Experiment Station, USDA Southern Region Pesticide Impact

Assessment Program, 1998.

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.

Mason, C.E., M.E. Rice, D.D. Calvin, J.W. Van Duyn, W.B. Showers, W.D.

Hutchison, J.F. Witkowski, R.A. Higgins, D.W. Onstad, en G.P. Dively.

"European Corn Borer: Ecology and Management." North Central Regional

Extension Publication, n° 327, Iowa State University, Ames, IA, 1996.

Monsanto "Safety Assessment of YieldGard Insect-Protected Corn Event MON 810.",

Monsanto, 2002.

- 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.
- Munkvold, G.P., R.L. Hellmich, en L.G. Rice. "Comparison of Fumonisin Concentrations in Kernels of Transgenic Bt Maize Hybrids and Nontransgenic Hybrids." *Plant Disease* 83(1999):130-138.
- Munkvold, G.P., R.L. Hellmich, en W.B. Showers. "Reduced Fusarium Ear Rot and Symptomless Infection in Kernels of Maize Genetically Engineered for European Corn Borer Resistance." *Phytopathology* 87(1997):1071-77.
- Naïbo, B. "Techniques de protection du maïs contre la sésamie *Sesamia nonagrioides*: methodes culturales, chimiques et variétés transgéniques." *Annales ANPP*. Anonymous, ed., pp. 1077-1085. Paris: Association Nationale de Protection des Plantes, 1997.
- Olmedo, F.G., G. Sanz-Magallón, en E.M. Palma. *La agricultura española ante los retos de la biotecnología*. Madrid: Instituto de Estudios Económicos, 2001.
- Onstad, D.W., en C.A. Guse. "Economic Analysis of Transgenic Maize and Nontransgenic Refuges for Managing European Corn Borer (Lepidoptera: Pyralidae)." *Journal of Economic Entomology* 92(December 1999):1256-65.
- Ostlie, K.R., W.D. Hutchison, en R.L. Hellmich. "Bt Corn & European Corn Borer: Long-Term Success Through Resistance Management." North Central Regional Extension Publication, n° NCR602, University of Minnesota, 1997.

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

Pilcher, C.D., M.E. Rice, R.A. Higgins, K.L. Steffey, R.L. Hellmich, J. Witkowski, D. Calvin, K.R. Ostlie, en M. Gray. "Biotechnology and the European Corn Borer: Measuring Historical Farmer Perceptions and Adoption of Transgenic Bt Corn as a Pest Management Strategy." *Journal of Economic Entomology* 95(2002):878-92.

Pimentel, D.S., en P.H. Raven. "Bt Corn Pollen Impacts on Nontarget Lepidoptera: Assessment of Effects." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 97(July 2000):8198-99.

Pingali, P.L. *1999/2000 World Maize Facts and Trends. Meeting World Maize Needs: Technological Opportunities and Priorities for the Public Sector*. Mexico, D.F.: CIMMYT, 2001.

Puig, E., Persoonlijke communicatie, 2002.

Rice, M.E., en K.R. Ostlie. "European Corn Borer Management in Field Corn: A Survey of Perceptions and Practices in Iowa and Minnesota." *Journal of Production Agriculture* 10(1997):628-34.

Rice, M.E., en C.D. Pilcher. "Potential Benefits and Limitations of Transgenic Bt Corn for Management of the European Corn Borer (Lepidoptera: Crambidae)." *American Entomologist* 44(1998):75-78.

Scriber, M.J. "Bt or Not Bt: Is That the Question?" *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 98(October 2001):12328-30.

- Sears, M.K., R.L. Hellmich, D.E. Stanley-Horn, K.S. Oberhauser, J.M. Pleasants, H.R. Mattila, B.D. Siegfriedi, en G.P. Dively. "Impact of Bt Corn Pollen on Monarch Butterfly Populations: A Risk Assessment." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 98(October 2001):11908.
- Shelton, A.M., J.-Z. Zhao, en R.T. Roush. "Economic, Ecological, Food Safety, and Social Consequences of the Deployment of Bt Transgenic Plants." *Annual Review of Entomology* 47(2002):845-81.
- Traill, W.B., en C.E. Duffield. "The Structure of the European Agro-Food Biotechnology Industry: Are Strategic Alliances Here to Stay?" *Market Development for Genetically Modified Food*. Santaniello, V., R.E. Evenson, and D. Zilberman, ed., pp. 283-290. Wallingford: CABI Publishing, 2002.
- UPA, *Cultivo de maíz transgénico en España*, http://www.nodo50.org/ecologistasclm/documentos/Cifras_MaizTransge.htm, Ecologistas en Acción, 2002.
- Uruel, J., Persoonlijke communicatie, 21-11-2001.
- Waibel, H., en G. Fleischer. *Kosten und Nutzen des chemischen Pflanzenschutzes in der deutschen Landwirtschaft aus gesamtwirtschaftlicher Sicht*. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk, 1998.
- World Bank *World Development Indicators 2002 on CD-ROM*. Washington: World Bank, 2002.
- Zangerl, A.R., D. McKenna, C.L. Wraight, M. Carroll, P. Ficarello, R. Warner, en M.R. Berenbaum. "Effects of Exposure to Event 176 *Bacillus thuringiensis*

Corn Pollen on Monarch and Black Swallowtail Caterpillars under Field Conditions." *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 98(October 2001):11908-12.

Tabel 1 : Belang van de korrelmaïsteelt in de wereld, gemiddelde 1998-2001

	Areaal (ha)	%	Rendement (t/ha)	Productie (t)	%	% EU
Afrika	25.707.058	19%	1,7	42.510.580	7%	
Asië	42.945.503	31%	3,8	162.707.525	27%	
Canada	1.124.925	1%	7,4	8.277.800	1%	
EU-15	4.285.425	3%	8,9	38.315.470	6%	100%
Oostenrijk	182.784	0%	9,2	1.672.631	0%	4%
België-Lux.	34.797	0%	10,7	373.846	0%	1%
Frankrijk	1.799.446	1%	8,8	15.776.935	3%	41%
Duitsland	367.395	0%	8,8	3.252.600	1%	8%
Griekenland	208.435	0%	8,9	1.865.340	0%	5%
Italië	1.061.200	1%	9,4	9.943.290	2%	26%
Nederland	17.450	0%	8,7	148.675	0%	0%
Portugal	167.494	0%	6,0	1.001.204	0%	3%
Spanje	446.425	0%	9,6	4.280.950	1%	11%
Zuid-Amerika	17.052.722	12%	3,3	56.300.081	9%	
VSA	28.765.728	21%	8,5	245.192.464	40%	
Other	18.521.844	13%	2,8	52.572.590	9%	
Wereld	138.403.204	100%	4,4	605.876.510	100%	

FAO (2002)

Tabel 2 : Adoptie van transgene en *Bt* maïs in de wereld en in de EU

Oppervlakte (ha)	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Wereld						
Transgene maïs	300.000	3.200.000	8.300.000	11.100.000	10.300.000	9.800.000
<i>Bt</i> maïs	300.000	3.000.000	6.700.000	7.500.000	6.800.000	5.900.000
EU						
<i>Bt</i> maïs Spanje	0	0	19.000	20.000	27.665	25.000
Aandeel (%)	0	0	4,1%	5,0%	6,5%	5,0%
<i>Bt</i> maïs Frankrijk	0	0	2.000	0	0	0
Aandeel (%)	0	0	0,1%	0%	0%	0%

James (1997, 1998, 2000, 2001a, 2001b)

Tabel 3 : Regionale adoptie van Compa Cb in Spanje in 2000

Provincie	Oppervlakte Compa Cb (ha)	Oppervlakte maïs (ha)	% Compa CB/ totaal provincie	% Compa CB provinciaal/ nationaal
Albacete	2.399	22.961	10,4	8,7
Badajoz	2.513	41.337	6,1	9,1
Baleares	28	552	5,1	0,1
Barcelona	8	2.360	0,3	0,0
Cáceres	226	20.994	1,1	0,8
Cádiz	186	2.117	8,8	0,7
Córdoba	578	5.857	9,9	2,1
Cuenca	254	2.130	11,9	0,9
Girona	974	10.000	9,7	3,5
Granada	225	3.891	5,8	0,8
Guadalajara	41	5.500	0,7	0,1
Huesca	4.284	42.371	10,1	15,5
Jaén	3	900	0,3	0,0
La Rioja	36	1.620	2,2	0,1
Lleida	3.856	21.940	17,6	13,9
Madrid	6.345	8.500	74,6	22,9
Navarra	231	14.306	1,6	0,8
Sevilla	619	9.900	6,3	2,2
Soria	290	1.000	29,0	1,0
Tarragona	1	207	0,5	0,0
Reruel	6	3.590	0,2	0,0
Toledo	119	12.700	0,9	0,4
Valencia	153	500	30,6	0,6
Zaragoza	4.289	32.845	13,1	15,5
Totaal	27.665	424.922	6,5	100

UPA (2002)

Tabel 4 : Dataverzameling gemiddeld theoretisch verlies door maïsboorders

	1995	1996	1997	1998	Gemiddelde	Mediaan	Stdev	VC (%)
<i>s</i> Spanje	0,09 ^a	0,06 ^a	0,26 ^a	0,09 ^b	0,13	0,09	0,09	0,74
<i>n</i> Spanje	1,49	1,01	4,36	1,49	2,09	1,49	1,53	0,74
<i>n</i> Cumming County	.	.	.	.	1,84 ^c	.	1,49	0,81 ^c
<i>s</i> Cumming County	.	.	.	.	0,11	.	0,09	0,81
Verlies per boorder	.	.	.	.	0,06 ^d	.	.	.

^a Alcalde (1999)^b Fernández-Anero *et al.* (1999)^c Hurley *et al.* (2001b)^d Bohn *et al.* (1999)**Tabel 5 : Economische impact van *Bt* maïs op de Spaanse landbouw en Syngenta**

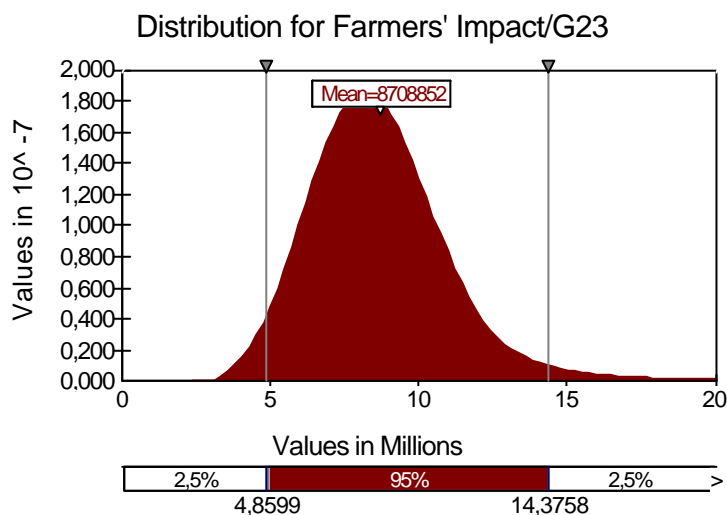
Jaar	1998	1999	2000	2001	Gem.	Geaggr.
Adoptie (%)	4,1%	5,0%	6,5%	5,0%	5,2%	5,2%
Landbouw (€/ha)	73,66	72,96	72,25	71,69	72,64	375,69
Landbouw (€)	1.386.617	1.437.357	1.995.302	1.805.598	1.656.219	8.708.852
Syngenta (€)	448.662	469.517	658.241	600.243	544.166	2.769.395
Totale Impact (€)	1.835.279	1.906.874	2.653.543	2.405.841	2.200.384	11.478.250
Landbouw (%)	75,6%	75,4%	75,2%	75,1%	75,3%	74,9%
Syngenta (%)	24,4%	24,6%	24,8%	24,9%	24,7%	25,1%

Tabel 6 : Beschrijvende statistieken van de *a posteriori* verdeling van de geaggregeerde impact van *Bt* maïs op de Spaanse landbouw en Syngenta

	Minimum	2,5% kwantiel	Gemiddelde	97,5% kwantiel	Maximum
Landbouw (€)	2.246.225	4.859.915	8.708.852	14.375.800	50.015.620
Syngenta (€)	2.092.521	2.145.132	2.769.395	3.759.187	4.061.125
Totale Impact (€)	5.746.005	7.756.742	11.478.250	17.096.540	53.494.220
Landbouw (%)	36,1%	60,1%	74,9%	85,3%	95,3%
Syngenta (%)	4,7%	14,7%	25,1%	39,9%	63,9%

Tabel 7 : Regressieresultaten van de sensitiviteitsanalyse

Parameter	Landbouw	Syngenta	Totaal	Landbouw (%)	Syngenta (%)
Insecticidenkost ν	0,548	0,000	0,557	0,516	-0,516
Theoretisch verlies s_{2000}	0,381	0,000	0,387	0,251	-0,251
Theoretisch verlies s_{1998}	0,350	0,000	0,356	0,232	-0,232
Theoretisch verlies s_{1999}	0,316	0,000	0,321	0,215	-0,215
Theoretisch verlies s_{2001}	0,308	0,000	0,313	0,212	-0,212
Effectiviteit insecticiden a_c	-0,258	0,000	-0,262	-0,212	0,212
Technologiepremie w_g	-0,178	1,000	-0,002	-0,646	0,646
Effectiviteit <i>Bt</i> maïs a_g	0,141	0,000	0,144	0,116	-0,116
Applicatiekost irrigatie a_{irr}	0,050	0,000	0,051	0,048	-0,048
Applicatiekost lucht a_{air}	0,005	0,000	0,005	0,005	-0,005
Adoptie van insecticiden $?_c$	-0,003	0,000	-0,003	-0,002	0,002
R^2	0,882	1,000	0,878	0,951	0,951



Figuur 1 : *A posteriori* verdeling van de geaggregeerde impact van *Bt* maïs op de Spaanse landbouw

List of Available Working Papers

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

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

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

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

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

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

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