



VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ



Implementeerbaarheid van isolatie- perimeters tussen percelen met transgene en niet-transgene maïs in de context van co-existentie in Vlaanderen



Studie uitgevoerd in opdracht van
MIRA, Milieurapport Vlaanderen

Onderzoeksrapport

MIRA/2007/03, september 2007

Implementeerbaarheid van isolatieperimeters tussen percelen met transgene en niet-transgene maïs in de context van co-existentie in Vlaanderen

Yann Devos, Mathias Cougnon, Dirk Reheul

Vakgroep Plantaardige productie, Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen
Universiteit Gent

**Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse
Milieumaatschappij, MIRA**

MIRA/2007/03

September 2007



Dit rapport verschijnt in de reeks MIRA Ondersteunend Onderzoek van de Vlaamse Milieumaatschappij. Deze reeks bevat resultaten van onderzoek gericht op de wetenschappelijke onderbouwing van het Milieurapport Vlaanderen.

Dit rapport is ook beschikbaar via www.milieurapport.be

Contactadres:

Vlaamse Milieumaatschappij
Milieurapportering (MIRA)
Van Benedenlaan 34
2800 Mechelen
tel. 015 45 14 66
mira@vmm.be

Wijze van citeren:

Devos Y, Cougnon M, Reheul D (2007), Implementeerbaarheid van isolatieperimeters tussen percelen met transgene en niet-transgene maïs in de context van co-existentie in Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2007/03, Universiteit Gent.

INHOUDSTAFEL

1. INLEIDING	8
1.1. Co-existentie tussen transgene en niet-transgene gewassen	8
1.2. Bronnen van onbedoelde vermenging.....	8
1.3. Tolerantiedrempels	9
1.4. Aansprakelijkheid.....	10
1.5. Co-existentiemaatregelen.....	11
1.6. Transgene gewassen in Vlaanderen	16
1.7. Biologische bronnen van accidentele vermenging in maïs.....	17
1.8. Isolatieperimeters in maïs	18
2. IMPLEMENTEERBAARHEID VAN ISOLATIEPERIMETERS TUSSEN PERCELEN MET TRANSGENE EN NIET-TRANSGENE MAÏS IN VLAANDEREN	25
2.1. Inleiding.....	25
2.2. Materiaal en methode.....	25
2.2.1. Ruimtelijke analyses	25
2.2.2. Scenario's	26
2.2.3. Verwerkingen en statistische analyses.....	30
2.3. Resultaten	31
2.3.1. Eigenschappen van de geselecteerde hokken	31
2.3.2. Resultaten voor de zeven scenario's, voor het jaar 2004	32
Scenario S1	32
Scenario S2	33
Scenario S3	34
Scenario S4	35
Scenario S5	36
Scenario S6	37
Scenario S7	37
2.3.2. Invloedsfactoren op resultaten	38
Breedte van de isolatieperimeter	38
Aandeel transgene maïs.....	39
Grootte van transgene maïspcelen	39
Het groeperen van transgene maïs in een grote cluster per hok	40
Het groeperen van transgene maïs in kleine clusters per landbouwbedrijf.....	41
Het weglaten van grote percelen met niet-transgene maïs	42
Regionale variabiliteit in maïsaandeel	43
Temporele variabiliteit in maïsaandeel	45
2.4. Discussie en conclusie	47

3. ZOEKTOCHT NAAR OPTIMALE VELDALLOCATIES VOOR TRANSGENE MAÏS	50
3.1. Inleiding	50
3.2. Materiaal en methode	50
3.2.1. Berekeningen	50
3.2.2. Scenario's	51
3.3. Resultaten	51
3.4. Discussie en conclusie	53
4. DE CO-EXISTENTIEPARADOX	55
5. REFERENTIES	57

Woord vooraf

Dank is verschuldigd aan Olivier Thas (Vakgroep Toegepaste wiskunde, biometrie en procesregeling; Universiteit Gent) voor statistische verwerkingen, Eva M De Clercq (Vakgroep Bos- en waterbeheer; Universiteit Gent) voor ruimtelijke verwerkingen, aan Karl Cordemans (Afdeling Platteland; Vlaamse Landmaatschappij) voor het verstrekken van ruimtelijke data, en aan Geert Gerard (Vakgroep Plantaardige productie; Universiteit Gent) voor administratieve bijstand.

Samenvatting

Dit rapport bestudeert of isolatieperimeters tussen percelen met transgene en niet-transgene maïs implementeerbaar zijn in Vlaanderen.

Aangezien er momenteel een 60-tal transgene maïsrassen ingeschreven staan op de Europese rassenlijst, kunnen Vlaamse landbouwers op wettelijke wijze transgene maïs telen in Vlaanderen, als ze daar al behoefte zouden aan hebben. Meteen is ook duidelijk dat er dringend nood is aan een wettelijk kader dat de co-existentie tussen transgene en niet-transgene gewassen regelt. De Europese Commissie prijst in haar co-existentie-aanbevelingen het gebruik van isolatieperimeters aan om de ruimtelijke isolatie tussen transgene en niet-transgene gewassen te waarborgen. Ruimtelijke isolatie is een goede maatregel, want stuifmeelconcentraties in de lucht nemen snel af met toenemende afstand van de stuifmeelbron. Hoe minder stuifmeel in de lucht, hoe kleiner de kans op ongewenste kruisbevruchting, en kruisbevruchting is wellicht de voornaamste potentiële oorzaak van aanwezigheid van transgenen in niet-transgeen plantenmateriaal in maïs. Maïsvelden ver van elkaar houden, is daarom een goede methode om het gehalte aan transgeen materiaal in de oogst van naburige percelen onder de Europese tolerantiedrempel van 0,9 % te houden. Er is in verschillende landen in de Europese Unie onderzoek aan de gang om uit te maken hoe ver maïsvelden precies van elkaar moeten liggen om onbedoelde vermenging te beperken, maar haast niemand stelde zich ooit de vraag of het mogelijk is om bepaalde isolatieperimeters in de praktijk in te voeren.

Aangezien transgene maïs nog niet commercieel wordt verbouwd in Vlaanderen, werden verschillende hypothetische scenario's verrekend in zes representatieve Vlaamse maïsgebieden, elk van 25 km². De gebieden verschillen sterk in het areaal maïs dat er groeit. Enerzijds werd het effect van de verdeling van transgene maïs over het maïsareaal onderzocht (b.v. een willekeurige of gegroepeerde distributie). Anderzijds werd het implementeren van isolatieperimeters van verschillende breedten rondom percelen met transgene maïs gesimuleerd. Daarbij werd het gebruik van Geografische Informatie Systeem (GIS) datasets gecombineerd met Monte Carlo analyses.

In elk scenario werd gekwantificeerd hoeveel percelen met niet-transgene maïs binnen de isolatieperimeter vielen en hoeveel gebruikers potentieel geraakt werden door de maatregelen. Daaruit valt af te leiden hoe sterk ruimtelijke co-existentiemaatregelen de keuzevrijheid bepalen om niet-transgene maïs te telen in de buurt van percelen met transgene maïs of omgekeerd met hoeveel telers van niet-transgene maïs de telers van transgene maïs in conflict kan komen, mochten ze niet instemmen met elkaars teeltsysteem.

De resultaten tonen aan dat co-existentie van transgene en niet-transgene maïs lastig wordt in Vlaanderen met zijn versnipperde perceelsstructuur. Als isolatieperimeters meer dan 50 m breed zijn, dan wordt het moeilijk om niet-transgene maïs buiten de invloedssfeer van transgene maïs te houden in regio's waar veel maïs groeit, waar het aandeel transgene maïs hoog is, waar transgene maïs op een groot aantal kleine percelen wordt verbouwd en waar transgene maïs lukraak over de regio voorkomt.

Het maximaal groeperen van percelen met transgene maïs is de efficiëntste optie om ruimtelijke co-existentieproblemen tot een minimum te herleiden, maar druist in tegen

goede landbouwkundige praktijken (b.v. gewasrotatie) en belemmert de keuzevrijheid in landgebruik. Het is wetenschappelijk verdedigbaar om geen isolatieperimeter te eisen tussen een perceel met transgene maïs en een perceel met niet-transgene maïs groter dan 5 ha, maar het toepassen van deze regel heeft weinig betekenis in Vlaanderen, omdat er zo weinig grote maïspcelen zijn in Vlaanderen.

De meest realistische optie is de breedte van isolatieperimeters beperkt te houden: wetenschappelijk onderzoek toonde aan dat in de meeste gevallen een isolatieperimeter van 50 m breed volstaat om de onbedoelde aanwezigheid van transgeen materiaal – ten gevolge van stuifmeeloverdracht – onder de 0,9 % tolerantiedrempel te houden. Indien een isolatieperimeter van 50 m moeilijk te implementeren is, dan kan de isolatieperimeter ingekort worden, mits aanvullende, doeltreffende maatregelen, zoals stuifmeelbarrières.

Als maïstelers met elkaar praten, kunnen ze transgene maïs op specifieke velden verbouwen om de co-existentieproblemen drastisch te verkleinen.

De resultaten van het geciteerde onderzoek zijn van beleidsondersteunend belang, aangezien ze toelaten in te schatten hoe groot de intereferentie is tussen percelen met transgene en niet-transgene maïs en hun respectievelijke telers. Als men dit weet, is het mogelijk om een begroting op stellen van administratief werk, controles en analyses, en van potentiële kosten van een co-existentiebeleid.

1. INLEIDING

1.1. Co-existentie tussen transgene en niet-transgene gewassen

Coëxistentie is het naast elkaar bestaan van (in dit geval) transgene en niet-transgene gewassen. De wettelijke basis voor co-existentie in de Europese Unie (EU) is terug te vinden in de verordening EG 1830/2003 voor transgene voedingsmiddelen en diervoeders. Artikel 43 van de verordening stelt dat EU-lidstaten passende maatregelen mogen treffen om de onbedoelde aanwezigheid van transgeen materiaal in andere producten te voorkomen (EC, 2003b). Artikel 43 amendeerde, door de invoeging van artikel 26*bis*, de Europese richtlijn 2001/18/EG voor de doelbewuste introductie van genetisch gemodificeerde organismen in het leefmilieu.

Dit co-existentiebeleid moet ervoor zorgen dat landbouwers die al dan niet gebruik maken van transgene gewassen elkaar minimaal hinderen zodat elkeen de gewassen kan blijven telen die zij/hij wil. Daardoor blijft de landbouwkundige verscheidenheid en de keuzevrijheid van de consument gewaardborgd.

Co-existentie grijpt in op het vlak van de organisatie van de productie en op het vlak van de economie, want het is te verwachten dat er kosten zijn aan co-existentie. Co-existentie is uitsluitend van toepassing op veilig bevonden transgene gewassen die in de EU mogen worden geteeld. Aangezien co-existentie louter een landbouwaangelegenheid is, wordt het in België door de gewesten uitgewerkt. En blijkbaar hebben de Belgische gewesten anno 2007 wel degelijk een verschillende visie op co-existentie.

1.2. Bronnen van onbedoelde vermenging

De onbedoelde aanwezigheid van transgeen materiaal in niet-transgeen materiaal is onvermijdbaar. Op de teelt in kassen na, staan gewassen in open lucht waardoor diverse bronnen kunnen bijdragen tot de accidentele vermenging. De oorzaken van onbedoelde vermenging liggen bij (1) het gebruik van onzuiver zaaizaad, (2) de natuurlijke uitwisseling van stuifmeel tussen naburige velden en (in mindere mate) tussen verwilderde populaties en kruisbare wilde verwanten, (3) het optreden van opslagplanten afkomstig van zaden of vegetatieve plantendelen uit een voorgaande teelt, en (4) menselijke werkzaamheden tijdens het zaaien, oogsten, transporteren, stockeren en verwerken (Hin, 2001; Reheul et al., 2003, COGEM, 2004; Devos et al., 2004, 2005; Messéan et al., 2006; Van De Wiel en Lotz, 2006).

- (1) Bevat niet-transgeen zaaizaad transgene zaden, dan zijn meteen alle verdere stappen in het productieproces gehypothekeerd, tot het eindproduct toe.
- (2) In bloeiende gewassen is verspreiding van stuifmeel naar omliggende percelen onvermijdelijk. Na bevruchting bevatten de generatieve delen van een gewas dan elkaars genen: de transgenen zitten in de zaden. In een aantal gevallen zitten de zaden in vruchten. De verspreiding van de vruchten betekent dan automatisch de

verspreiding van de zaden.

Bestaan er wilde varianten van een gewas (zoals b.v. het geval is met koolzaad), dan kunnen genen uitgewisseld worden tussen het gewas en de wilde populatie. Het jaar nadien kan de wilde populatie tijdens haar bloei een extra donor zijn van ongewenste genen. Intussen heeft onderzoek uitgewezen dat stuifmeeloverdracht tussen (in omvang beperkte) wilde populaties en gewassen, veel kleiner is dan de stuifmeeloverdracht tussen gewassen onderling.

Uiteraard gebeurt stuifmeeloverdracht zowel tijdens de zaadproductie als tijdens de teelt waardoor het vooral belangrijk is om tijdens de zaadproductie gepaste maatregelen te nemen.

- (3) Zaden of vegetatieve plantendelen (knollen, wortelstokken, uitlopers en bollen) kunnen na de oogst in het veld achterblijven en eventueel gedurende meerdere jaren in de bodem overleven. Als hieruit later planten ontstaan, kunnen ze in de oogst van volggewassen terechtkomen. Bloeit deze opslag, dan ontstaat er weer een nieuwe, extra bron van stuifmeelverspreiding. Professionele, verantwoordelijke landbouwers doen er echter alles aan om opslag zo goed mogelijk te beheersen.
- (4) Er zijn een hele reeks menselijke handelingen die tijdens het productie- en verwerkingsproces onbedoelde vermenging in de hand werken. Landbouwmachines trekken van veld tot veld en nemen zaden en knollen mee (b.v. dorsmachines, rooimachines). Zaden of plantendelen die achterblijven in wagens, vrachtwagens, treincontainers, scheepsruimten, opslagsilo's, opslagruimten, triage- en verwerkingsmachines zijn potentiële bronnen van accidentele vermenging. Tijdens transport kunnen zaden uit hun containers vallen, langs de weg kiemen en een nieuwe stuifmeelbron vormen. Een mooi voorbeeld hiervan is verwilderd koolzaad dat langs autosnelwegen van, en naar havens en langs de wegen in de buurt van verwerkingseenheden voorkomt.

1.3. Tolerantiedrempels

Aangezien transgenen moeilijk “aan de leiband te houden zijn” eens ze gecommmercialiseerd zijn (Marvier en Van Acker, 2005; Demeke et al., 2006), definieerde de verordening EG 1830/2003 ook een tolerantiedrempel voor de onbedoelde en technisch niet te voorkomen vermenging met transgeen materiaal in voedingsmiddelen en diervoeders. Onbedoelde vermenging of sporen van transgeen materiaal mogen per ingrediënt niet meer dan 0,9 % bedragen voor toegestane transgene organismen. Voor niet-toegestane transgene organismen geldt een nultolerantie, terwijl een tijdelijke tolerantiedrempel van 0,5 % van kracht is voor de door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EAVV) gunstig geadviseerde transgene organismen.

Met het politieke akkoord over de nieuwe verordening betreffende de biologische productie en etikettering van biologische producten – bereikt op 12 juni 2007 door EU-landbouwministers – werd de 0,9 % tolerantiedrempel ook van kracht voor biologische producten (IP/07/807). Dit betekent dat een biologisch product met een onbedoelde

transgene inhoud onder 0,9 % nog steeds als biologisch geëtiketteerd mag worden. Omdat transgene organismen om verschillende redenen niet passen binnen de biologische landbouw, blijft de biologische sector pleiten voor een absolute afwezigheid van transgenen in biologische producten.

De accepteerbare onbedoelde vermenging in zaaizaden ligt na jarenlang debatteren nog niet vast, maar zal, afhankelijk van de plantensoort, wellicht schommelen tussen 0,3 en 0,5 % (SCP, 2001). Deze waarden zijn kleiner dan 0,9 %, omdat zaaizaden de eerste schakel zijn in het productieproces. Het is gewenst hier extra streng te zijn, om er voor te zorgen dat nieuwe accidentele vermengingen stroomafwaarts in de productieketen, de totale vermenging niet hoger laten worden dan 0,9 %.

Is de tolerantiedrempel overschreden, dan zal een aanduiding (= etiket) erop wijzen dat het product transgene ingrediënten bevat, wat de productacceptatie en dus de afzetmogelijkheden van het vermengde product kan beïnvloeden. Via etikettering behoudt de consument inzicht en keuze qua 'genetische signatuur' van zijn voedsel (Devos et al., 2006b). De keuzevrijheid van de consument hangt nauw samen met de afzet- en bestaansmogelijkheden van de diverse teelten (COGEM, 2003).

1.4. Aansprakelijkheid

Tolerantiedrempels zijn cruciaal in het co-existentiedebat. De economische schade ten gevolge van accidentele vermenging zal slechts gecompenseerd worden als de Europees vastgelegde grenswaarde overschreven is. Geen enkele verzekeringsmaatschappij denkt er anno 2007 aan om dit risico verzekeraar te maken. Daarom is men op zoek naar alternatieve dekkingen. Landen die al wetgevend werk verricht of voorbereid hebben, gaan uit van het principe dat de nieuwste teeltmethode – die met transgene gewassen – aansprakelijk is voor eventuele schade. Ze willen een fonds oprichten met bijdragen uit de sector die transgene gewassen verbouwt en/of verwerkt. Er zijn voorstellen die alleen een bijdrage van telers voorzien; andere voorstellen doen de hele productie- en verwerkingsketen mee betalen (cf. Nederland). De bijdrage kan forfaitair zijn per oppervlakte (cf. Denemarken) of verschillen van gewas tot gewas in functie van de moeilijkheidsgraad om vermenging te beheersen (cf. Wallonië). In elk geval is er pas sprake van het aanspreken van het fonds indien duidelijk is dat de schade niet te voorzien was, dat het niet mogelijk was aan te tonen wie de schade veroorzaakte, en dat betrokkenen te goeder trouw en met kennis van zaken handelden. Als duidelijk blijkt dat telers van transgene gewassen de co-existentiemaatregelen niet naleefden, dan zijn zij aansprakelijk voor economische schade bij de burelen.

Vlaanderen heeft sinds 25 maart 2007 een nieuw "voorontwerp van decreet houdende de organisatie van co-existentie van transgene gewassen met conventionele en biologische gewassen" (Vlaamse Regering, 2007). Volgens het voorontwerp zal het fonds, waarvoor de teler van transgene gewassen een bijdrage betaalt bij registratie, uitsluitend gebruikt worden om de geleden schade aan te teelten van niet-transgene

gewassen te vergoeden. Onder economische schade wordt de minwaarde van een oogst verstaan die ontstaat door accidentele vermenging. Het fonds zal ook verliezen veroorzaakt door een declassering of schorsing van percelen of producten vergoeden. In de praktijk zal het fonds slechts de schadegevallen opvangen waarvoor de teler van transgene gewassen geen schuld trof, dit wil zeggen wanneer alle nodige maatregelen genomen waren om vermenging te vermijden. In de overige gevallen blijft de teler van transgene gewassen aansprakelijk. De bijdrage aan het fonds zal in Vlaanderen variëren per gewas en is jaarlijks herzienbaar.

Het voorontwerp van co-existentiedecreet biedt ook de mogelijkheid om zelf een schaderegeling uit werken in vrijwillig overleg tussen, en mits uitdrukkelijk akkoord van, alle naburige landbouwers. Een opkoopregeling waarbij de teler van transgene gewassen zich formeel engageert tot de eventuele aankoop van de oogst van omliggende percelen is voorzien. In dit geval zal de teler van transgene gewassen geen bijdrage aan het fonds moeten betalen, maar zullen de omliggende telers van niet-transgene gewassen ook geen schadevergoeding kunnen vragen bij het fonds.

Teelt iemand zowel transgene als niet-transgene rassen van dezelfde soort, dan is het aanspreken van het fonds niet mogelijk. Indien het slachtoffer geen transgene gewassen verbouwt, maar zelf verantwoordelijk is voor de accidentele vermenging, dan is een aanspraak op vergoeding ook niet mogelijk. Evenmin kan een teler van niet-transgene gewassen beroep doen op het fonds voor schade in een perceel dat binnen de isolatieperimeter ligt en waarvoor geen bezwaar ingediend werd bij de kennisgeving van de teler van transgene gewassen via een intentieverklaring. Het Vlaamse voorontwerp decreet voorziet immers dat naburige telers verzet kunnen aantekenen tegen de teelt van transgene gewassen.

1.5. Co-existentiemaatregelen

Tolerantiedrempels bepalen niet alleen wanneer het fonds aangesproken kan worden voor het opvangen van schadegevallen, maar bepalen ook het vereiste niveau van inperking. Aangepaste maatregelen kunnen nodig zijn om eventuele vermenging onder de getolereerde grenswaarden te houden en dus co-existentie mogelijk te maken (= co-existentiemaatregelen).

Gezien de zeer verschillende landbouwkundige, klimatologische en juridische contexten tussen EU-lidstaten, gaat de Europese Commissie (EC) ervan uit dat het efficiënter is dat lidstaten zelf concrete maatregelen op maat uitwerken (= principe van subsidiariteit). Hoewel een zekere graad van flexibiliteit toegestaan is, pleit de EC voor enige uniformiteit. Om te vermijden dat er in verschillende lidstaten te uiteenlopende regels zouden gelden met ongelijke productieomstandigheden als gevolg, vaardigde de EC niet-bindende aanbevelingen uit (EC, 2003a). Hierin staan naast na te streven principes, een aantal richtsnoeren en een inventaris van mogelijk bruikbare maatregelen om co-existentie van zaad tot silo mogelijk te maken. De aanbevelingen vloeiden gedeeltelijk voort uit rondetafelgesprekken die in april 2003 gehouden werden, onder

belanghebbenden uit de landbouw en de industrie, wetenschappers, consumenten, niet-gouvernementele organisaties en andere belanghebbenden.

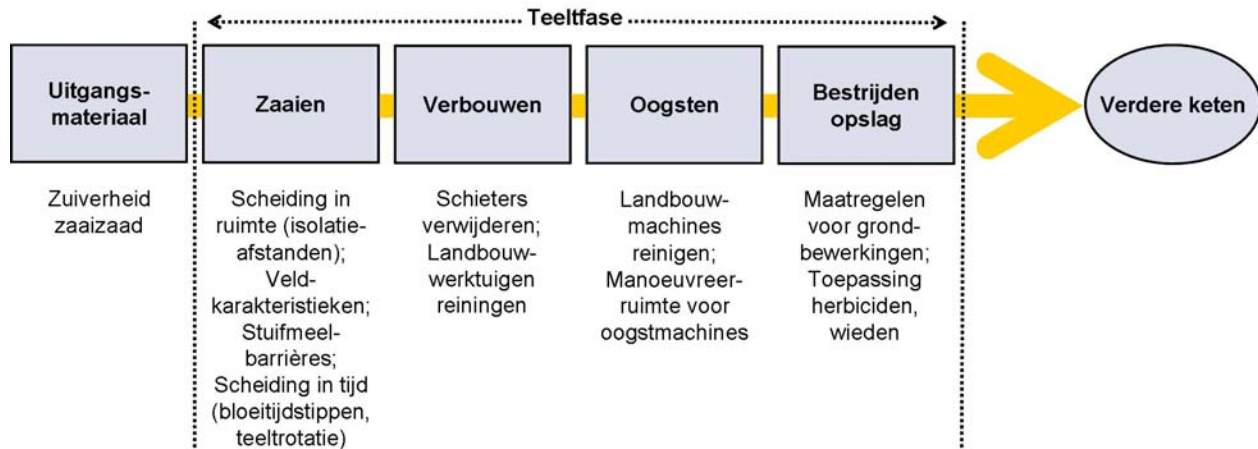
Belangrijke principes zijn dat men:

- nationale strategieën opstelt in overeenstemming met alle relevante belanghebbenden,
- rekening houdt met de meest recente wetenschappelijke onderzoeksresultaten bij het opstellen van co-existentieregels en -maatregelen,
- co-existentiemaatregelen efficiënt en proportioneel (niet meer dan nodig om de accidentele vermenging onder de tolerantiedrempels te houden) maakt,
- bij voorkeur maatregelen neemt op landbouwbedrijfsniveau (maatregelen op subnationaal niveau zoals “zones vrij van transgene gewassen” zijn enkel overweegbaar, als de garantie voor voldoende zuiverheid in een bepaald gewas niet op een andere manier mogelijk is, en als alle telers op vrijwillige basis instemmen om een gebied voor een bepaalde periode voor te behouden voor een specifieke productiewijze),
- ervan uitgaat dat telers van transgene gewassen verantwoordelijk zijn om accidentele vermenging te vermijden; ze moeten bijvoorbeeld collega's op de hoogte brengen van hun plannen,
- rekening houdt met het verschil tussen gewasproductie en zaaizaadproductie, en dat de lidstaten zich eerst toeleggen op gewassen waarvan al transgene rassen op de rassenlijst staan,
- voortbouwt op regels en ervaring die in gebruik zijn in de zaaizaadproductie en in de actuele landbouw.

Aangezien zaaizaden volgens wettelijke voorschriften moeten voldoen aan normen van zuiverheid, is men al decennia lang geconfronteerd met het vraagstuk van potentiële vermenging tussen rassen en soorten. Zo weet men, vertrekkend vanuit kennis en ervaring die beschikbaar is in de wereld van de zaaizaadproductie, dat de kans op kruisbevruchtingen ten gevolge van stuifmeeloverdracht afneemt met de afstand tussen bloeiende velden, dat de stuifmeeloverdracht maximaal is wanneer bloeiende velden in de baan van de overheersende windrichting liggen, dat de vermenging het grootst is bij een volledige overlapping in bloeiperiode en dat fysische barrières (zoals bomenrijen, gebouwen, heuvels, andere simultaan bloeiende gewassen, etc.) de overdracht drastisch verminderen. Men mag de resultaten uit zaaizaadproductievelden niet onvoorwaardelijk overdragen naar velden die geen zaaizaad produceren (Devos et al., 2005). Zaaizaadproductievelden zijn in de regel gevoeliger voor ongewenste vermenging. Ze zijn soms vrij klein, en hoe kleiner een veld, hoe groter de kans dat extern stuifmeel een bevruchting veroorzaakt. Waar hybriden worden geproduceerd, zoals in maïsvelden, produceren de inteeltlijnen minder stuifmeel dan niet-ingeteelde planten: 2/3 van de planten op het veld is ontkiimd en produceert geen stuifmeel. Bovendien is de stuifmeelproductie in inteeltlijnen lager dan in hybriden. Hoe minder stuifmeel een veld produceert, hoe groter de kans dat extern stuifmeel bevruchtingen veroorzaakt. Daardoor is het van cruciaal belang om zaaizaadproductievelden ruimtelijk voldoende te isoleren.

De zuiverheid van zaaizaad is bepalend voor de zuiverheid verder stroomafwaarts in de productieketen. Figuur 1 toont schematisch welke co-existentiemaatregelen eventueel nodig zijn om de hele productieketen zo zuiver mogelijk te houden.

Figuur 1: Co-existentiemaatregelen om een gewas zo zuiver mogelijk te houden tijdens de hele productiecyclus.



Bron: COGEM (2004)

In elk geval betekent co-existentie dat telers en verwerkers van transgene en niet-transgene gewassen van elkaars bedoelingen op de hoogte moeten zijn. Dichte burens moeten van elkaar weten wie transgene gewassen teelt en op welke velden die gewassen gepland zijn. Wie dit weet kan zijn teeltplan eventueel aanpassen. In deze context voorziet het Vlaamse voorontwerp van co-existentiedecreet een meldingsplicht (Vlaamse Regering, 2007). Wie transgene gewassen wil telen in Vlaanderen zal dit moeten melden aan de bevoegde instantie. De bevoegde instantie informeert de teler van transgene gewassen welke landbouwers percelen hebben binnen “de meldingsafstand” rond het perceel waarop het transgene gewas gepland is. Vervolgens brengt de teler van transgene gewassen via intentieverklaringen de betrokken landbouwers (en de grondeigenaars) op de hoogte.

Indien de omliggende telers van niet-transgene gewassen geen bezwaarschrift indienen, registreert de bevoegde instantie het perceel waarop het transgene gewas gepland is, op voorwaarde dat de teler ervan binnen 15 dagen een bijdrage betaalt aan het fonds. Vrezen omliggende landbouwers voor economische schade (b.v. omdat ze hetzelfde – maar niet-transgene – gewas telen), dan kunnen ze bezwaar indienen. Met dit bezwaar kan het twee kanten op:

- (1) Het bezwaar wordt niet ontvankelijk verklaard of als ongegrond bestempeld. De teler van niet-transgene gewassen heeft een maand tijd om in beroep te gaan. De minister neemt een beslissing uiterlijk één maand na het aantekenen van het beroep. Als de minister het beroep ongegrond verklaart, wordt de teelt ingeschreven op het register. De procedure duurt dan maximaal 2 maanden.

- (2) Het bezwaar wordt ontvankelijk en gegrond verklaard. De teler van transgene gewassen heeft een maand tijd om in beroep te gaan. Ten laatste één maand nadien hakt de minister de knoop door. Ook deze procedure duurt maximaal 2 maanden.

Alle personen met wie de landbouwer machines deelt of wiens machines op het erf komen moeten gewaarschuwd worden vóór het installeren van de teelt. Loonwerkers, die tussenkomen in de teelt van transgene gewassen, moeten hiervoor erkend zijn. Wat dit precies betekent, is augustus 2007 nog niet bepaald.

Het voorontwerp van co-existentiedecreet voorziet ook een opleiding voor iedereen die in contact komt met transgene gewassen over o.a. de eigenheden van transgene gewassen, goede landbouwkundige praktijken en over het Vlaamse en Europese co-existentiesysteem.

Men zal publieke registers kunnen raadplegen om te achterhalen of er op een veld ooit transgene gewassen groeiden: dit is van belang om de herkomst van eventuele opslag te kennen. Transgene gewassen moeten gedurende het hele productieproces op een traceerbare wijze gescheiden blijven van niet-transgene.

Uiteraard kosten deze maatregelen extra moeite en geld. Bovendien gaat door co-existentie een deel van de vrijheid in de productie en verwerking verloren.

In navolging van de verordening EG 1830/2003 voor transgene voedingsmiddelen en diervoeders en de richtsnoeren voor co-existentie van de EC zijn verschillende EU-lidstaten bezig een wettelijk kader uit te werken. Denemarken stelde als eerste EU-lidstaat een kaderwet op en verbond er technische regels aan. In Nederland kwam de primaire sector einde 2004 tot een principeakkoord, dat nu als wet geldt. De Duitse regeling is speciaal omwille van de opvallende aansprakelijkheidsregeling (Tabel 1).

Tabel 1: Overzicht van voorgestelde co-existentiemaatregelen in Denemarken, Duitsland en Nederland.

Co-existentie-maatregel	Denemarken	Duitsland	Nederland
Scholing	Betrokkenen moeten in het bezit zijn van een specifiek diploma waaruit blijkt dat ze de wettelijke bepalingen betreffende co-existentie kennen. Enkel erkende instanties mogen de scholing over co-existentie geven, het specifieke diploma toekennen en eventuele scholingskosten aanrekenen.	Betrokkenen moeten kunnen aantonen dat ze de nodige betrouwbaarheid, kennis, bekwaamheid en infrastructuur bezitten.	Kennis van de teelt van transgene gewassen dient onder alle betrokkenen in de primaire sector aanwezig te zijn.

Toelating	Alvorens transgene gewassen te telen of te verhandelen is een toelating van de bevoegde instantie vereist.	Idem.	Niet van toepassing.
Registratie	Betrokkenen en geplande activiteiten moeten geregistreerd zijn.	Idem.	Idem.
Informatie-uitwisseling tussen telers	Telers van transgene gewassen moeten de omliggende telers en landbouwcontractanten informeren over de teelt en over het gebruik van landbouwmachines en opslagruimtes.	Informatie-uitwisseling tussen telers zal via openbare registers verlopen.	Communicatie tussen telers van transgene en niet-transgene gewassen over de afstemming van bouw- en teeltplannen voorafgaand aan zaai staan centraal. Er is een schriftelijke meldingsplicht aan omliggende telers.
Openbare registers	Locaties waar transgene gewassen verbouwd worden zijn publiek toegankelijk via openbare registers.	Het publiek kan via openbare registers informatie verkrijgen over de locaties waar transgene gewassen verbouwd worden. Iedere persoon die een legitieme interesse kan aantonen heeft recht op meer informatie.	Locaties waar transgene gewassen verbouwd worden zijn publiek toegankelijk via openbare registers mits de privacy van individuele landbouwers gewaarborgd wordt.
Goede landbouwkundige praktijken	Maatregelen, die onder goede landbouwpraktijken vallen, dienen nageleefd te worden.	Idem.	Idem.
Co-existentie-maatregelen	Technische bijlagen bepalen de precieze co-existentiemaatregelen.	Idem.	Voor de na te leven isolatieafstanden werden specifieke voorschriften gegeven.

Schade, aansprakelijkheid, vergoeding	Een fonds vergoedt de opgelopen schade. Het schadefonds wordt gevoed door heffingen die betaald worden door telers van transgene gewassen. De vergoeding dekt het verlies in verkoopprijs van de vermengde opbrengst, de bemonstering- en analysekosten en elk verlies traceerbaar tot de vermenging. Compensatie wordt enkel uitgekeerd als de vastgelegde tolerantiedrempels overschreden zijn en de schadelijdende landbouwer niet zelf verantwoordelijk is voor de vermenging.	Telers van transgene gewassen worden aansprakelijk gesteld voor de economische schade van naburige telers van niet-transgene gewassen. Zelfs als er geen oorzakelijk verband gelegd kan worden. In principe geldt een collectieve en gelijkwaardige aansprakelijkheid voor alle omgevende landbouwers die verantwoordelijk kunnen zijn van de waargenomen vermenging. Telers van transgene gewassen die alle coëxistentiemaatregelen correct naleefden kunnen dus aansprakelijk gesteld worden voor schadegevallen.	Betrokkenen die zich niet aan de afspraken houden en aantoonbare schade hebben veroorzaakt, zijn aansprakelijk voor de ontstane schade. Wie schade lijdt kan onder bepaalde voorwaarden (aantoonbaar sprake van schade, naleving afspraken, niet mogelijk aan te tonen wie de schade veroorzaakte) in aanmerking komen voor een schadevergoeding uit het fonds. De schadevergoeding dekt omzetverlies en analysekosten. Het schadefonds wordt per gewas ingesteld. Per gewas dragen de relevant betrokkenen bij aan het fonds. Ook van de overheid wordt in startfase een bijdrage verwacht. In eerste instantie rekent men op een schikking tussen de schadelijder en aansprakelijke.
---------------------------------------	--	---	--

Bron: Danish Act (2004); EC (2006); EC, Technical regulations information system, http://ec.europa.eu/enterprise/tris/index_en.htm; Hoofdproductschap Akkerbouw (2005)

1.6. Transgene gewassen in Vlaanderen

Halverwege september 2004 werden de eerste transgene maïsrassen (17) ingeschreven op de Europese rassenlijst. Het ging om rassen die resistent zijn tegen bepaalde insecten door het inbouwen van een genconstructie bekend als MON810. Deze rassen waren eerder al ingeschreven op de Franse en Spaanse rassenlijst. MON810 levert resistentie tegen de Europese en Mediterrane maïsboorder motten, waarvan de larven tunnels in maïsstengels boren waardoor de stengels knakken. Met de inschrijving op de Europese rassenlijst van de nieuwe en veilig bevonden MON810 maïsrassen werd hun teelt principieel mogelijk over gans het Europese grondgebied. Het areaal van MON810 maïsrassen groeit anno 2007 voornamelijk in landen waar de Europese en Mediterrane maïsboorder schade aanrichten. Na 2004 nam het aantal ingeschreven transgene MON810 maïsrassen in de Europese rassenlijst fors toe waardoor ook het areaal transgene maïs fors toenam (Tabel 2).

Tabel 2: Aantal transgene maïsrassen ingeschreven in nationale rassenlijsten en/of de Europese rassenlijst, en het areaal aan transgene maïs in de EU tussen 2004 en 2007 (tot en met september 2007).

Lidstaat	Transformatie	Aantal ingeschreven (+) rassen // Areaal (ha)							
		2004		2005		2006		2007	
		Aantal rassen	Areaal	Aantal rassen	Areaal	Aantal rassen	Areaal	Aantal rassen	Areaal*
CZ	MON810	0	0	0	270	0	1290	+11	5000
	Totaal	0	0	0	270	0	1290	11	5000
DE	MON810	0	?	+3	340	+2	954	0	2685
	Totaal	0	<100	3	340	5	954	5	2685
ES	MON810	+7	36410	+14	53225	+16	53667	+12	75148
	Totaal	11	36410	25	53225	41	53667	53	75148
FR	MON810	0	15	0	493	0	5028	0	21174
	Totaal	6	15	6	493	6	5028	6	21174
NL	MON810	0	0	0	0	0	<10	0	<10
PL	MON810	0	0	0	0	0	30	0	30
PT	MON810	0	0	0	760	0	1254	+1	4500
	Totaal	0	0	0	760	0	1254	1	4500
SK	MON810	0	0	0	0	0	30	0	900
EU	MON810	+17	36425	+14	55088	+5	62263	+31	109447
	Totaal	17	36425	31	55088	36	62263	67	109447

* Voorlopige gegevens afkomstig van EuropaBio, http://www.europabio.org/ne_GMOfigureslaunch.htm; GMO compass, http://www.gmo-compass.org/eng/agri_biotechnology/gmo_planting/191.eu_growing_area.html; <http://www.fundacion-antama.org/node/206>

Bron: Devos et al., 2006b, 2007

In januari 2007 telde de Europese rassenlijst 67 MON810 maïsrassen. Hiervan is het merendeel van Spaanse afkomst en dus ongeschikt voor Vlaamse teeltcondities. Bovendien is in Vlaanderen de infectiedruk van de Europese maïsboorder te klein of onbestaande om enig voordeel uit de teelt van MON810 maïsrassen te halen. De teelt van herbicide resistente maïsrassen kan theoretisch wel een aantal troeven bieden omdat de onkruidbeheersing in maïs lastig is, maar anno 2007 zijn er geen herbicide resistente maïsrassen die geschikt zijn voor Vlaanderen.

1.7. Biologische bronnen van accidentele vermenging in maïs

Maïs is een windbestuiver en kruisbevruchter. Het stuifmeel wordt vrijgelaten vooraleer de stijlen van de vrouwelijke bloemen receptief zijn wat de kans op zelfbevruchting verkleint. Op het veld is de natuurlijke stuifmeeloverdracht tussen naburige maïspercelen de belangrijkste biologische bron van accidentele vermenging. Maïs heeft geen kruisbare wilde verwanten in de EU. Opslag is ook nauwelijks een probleem, want, als zaden van op de grond gevallen maïskorrels en -kolven al zouden kiemen, dan is er een grote kans dat ze de winterkou niet overleven. Om dezelfde redenen bestaan er van

maïs geen verwilderde populaties die stuifmeel kunnen ontvangen en verspreiden. Zulke verwilderde populaties bestaan b.v. wel voor koolzaad.

Andere bronnen van vermenging zijn het gebruik van onzuiver zaaizaad, vermenging van zaaizaad tijdens het zaaien of vermenging van geoogst materiaal doordat materiaal achterblijft in machines of in opslagplaatsen.

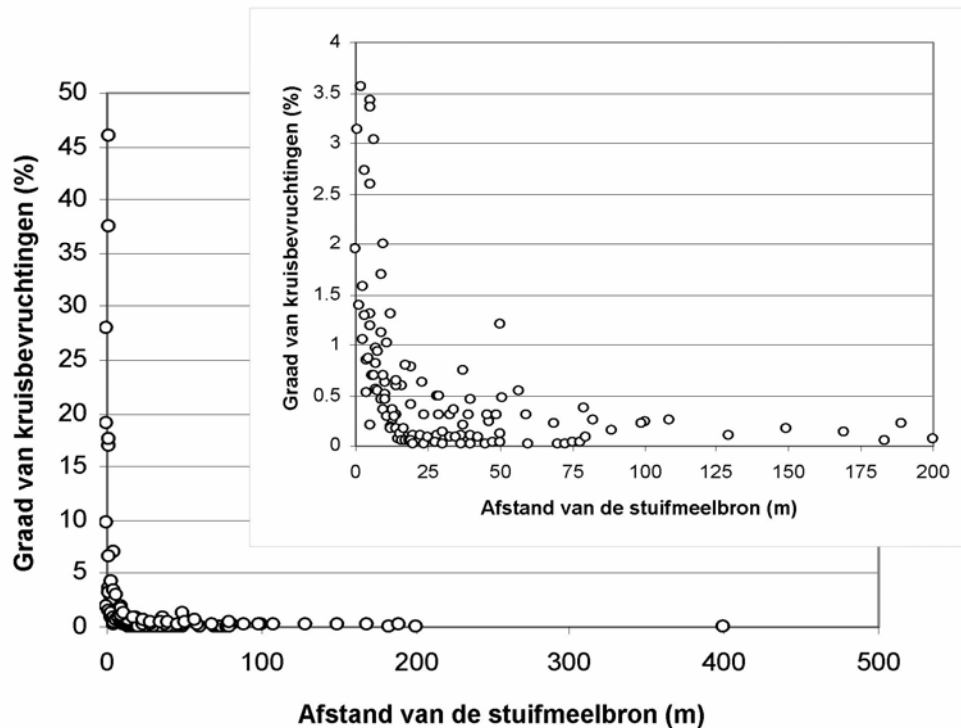
Dit rapport richt zich hoofdzakelijk op de accidentele vermenging ten gevolge van stuifmeeloverdracht.

1.8. Isolatieperimeters in maïs

Vergeleken met andere windbestuivers zijn stuifmeelkorrels van maïs relatief groot (90-125 μm) en zwaar (0,25 μg). Hierdoor slaat maïsstuifmeel snel neer en kent het een beperkte verspreiding (Aylor et al., 2003; Jarosz et al., 2005). Hoewel de meeste kruisbevruchtingen binnen de 50 m van de stuifmeelbron gebeuren, kunnen opwaartse luchtverplaatsingen of windstoten aanleiding geven tot sporadische kruisbevruchtingen over langere afstanden (Bannert en Stamp, 2007). Figuur 2 geeft de leptocurtische verspreiding van kruisbevruchtingen weer: de graad van kruisbevruchting neemt in het begin exponentieel af met de afstand van de stuifmeelbron, waarna afvlakking optreedt. Aangezien het stuifmeeltransport snel afneemt met toenemende afstand van de stuifmeelbron (en dus ook de kruisbevruchting), is het ver uiteen telen van transgene en niet-transgene gewassen een goede strategie om de accidentele vermenging te beperken (Devos et al., 2004, 2005). Gewassen ver van elkaar telen noemt men ruimtelijke isolatie.

Kruisbevruchtingen zijn enkel mogelijk als het inkomende stuifmeel vitaal is. Zeer hoge luchttemperaturen beperken de vitaliteit van het stuifmeel. Zo kon Vanryckeghem (2000) te Melle aantonen dat de bevruchting op 30-31 juli 1999 een kwart lager was dan op 26-27 juli 1999. Op 30-31 juli was de luchttemperatuur op de middag 28 °C tegen 21 °C op 26-27 juli. De bijhorende luchtvochtigheden waren 66 % versus 70 %.

Figuur 2: Percentage kruisbevruchting in functie van de afstand tot een stuifmeelbron. De bovenste grafiek is een vergroting van de onderste grafiek. Omdat kruisbevruchte maïskorrels een andere kleur vertoonden, konden ze duidelijk worden geteld.



Bron: Sanvido et al. (in druk)

Veel studies vonden plaats om te bepalen hoever percelen met transgene maïs moeten liggen van percelen met niet-transgene maïs en wat de invloed kan zijn van eventuele stuifmeelbarrières. Bij het interpreteren en vergelijken van de onderzoeksresultaten, zijn diverse parameters van belang (voor een gedetailleerde analyse zie Devos et al., 2005, 2006a; Van De Wiel en Lotz, 2006; Sanvido et al., in druk):

- (1) **Verschil isolatieperimeter (= isolatieafstand) en stuifmeelbarrière:** Een isolatieperimeter bestaat uit een open ruimte tussen 2 akkers, al dan niet begroeid met een lage vegetatie. Een stuifmeelbarrière bestaat uit een bepaald aantal rijen van een gewas dat rond het stuifmeelontvangend veld of rond het stuifmeelproducerend veld gezaaid of geplant werd. Deze stuifmeelbarrière kan een deel van het ongewenst stuifmeel door zijn hoogte tegenhouden. Bovendien produceren deze planten zelf stuifmeel. Het is goed gekend dat een stuifmeelwolk boven planten extern stuifmeel tegenhoudt. Onderzoek wijst intussen ook uit dat een zelfde breedte van een barrière efficiënter is dan een isolatiebreedte (Della Porta et al., 2006, in druk). In het co-existentiedebat durft men beide termen wel eens onterecht door elkaar gebruiken.

(2) **Methode van kwantificering:** De graad van kruisbevruchting kan in diverse eenheden uitgedrukt worden, namelijk als een percentage van korrels of zaailingen, of als een aandeel van haploïde genomen (Figuur 3-B).

In het eerste geval wordt meestal gebruik gemaakt van kenmerken die aan de hand van het fenotype vast te stellen zijn: men noemt dit fenotypische merkers.

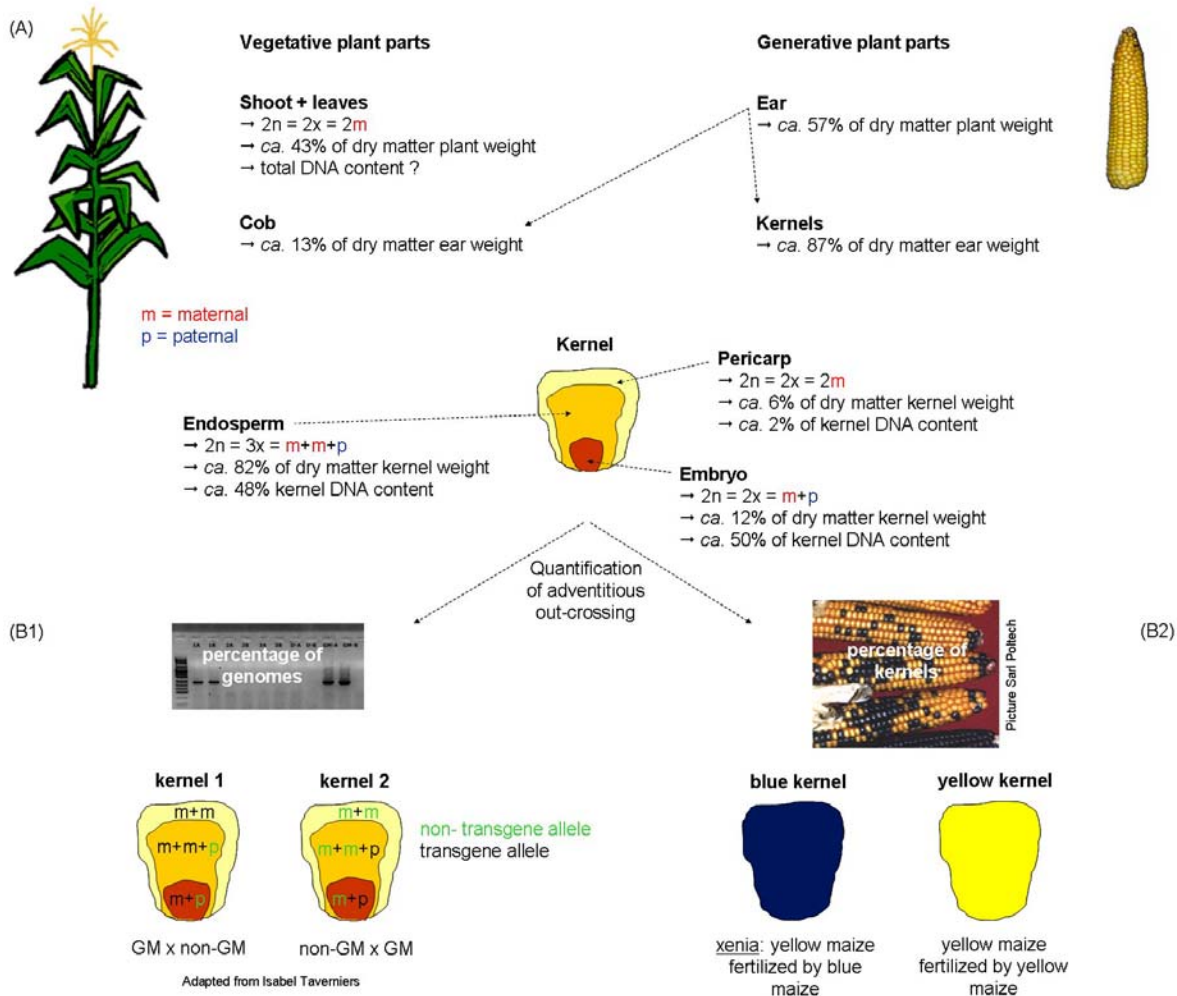
Men maakt in het co-existentieonderzoek veel gebruik van xenie, want studies met xenie zijn vrij goedkoop, vrij eenvoudig uit te voeren en op grote schaal toepasbaar. Xenie is de direct zichtbare invloed van een stuifmeelkorrel op het embryo en endosperm. De gele kleur van het glazig endosperm (triploïd weefsel) van gele maïs is afkomstig van het dominant allel Y, het endosperm van homozygoot recessieve (yyy) korrels is wit. Wanneer een homozygote yy-maïsplant bevrucht wordt door een homozygote YY-maïsplant, dan is het glazig endosperm niet wit maar geel (yyY). Analoog, wanneer een homozygote maïsplant met een gekleurde aleuronlaag (blauw of rood) een plant met een pigmentloze aleuronlaag bevrucht, dan wordt de kleur zichtbaar in de korrels (Figuur 3-B2). Het tellen van gekleurde korrels is dan een maat voor de kruisbevruchting.

Maïszaailingen groeiend uit zaden die ontstonden na ongewenste inkruising van een transgen dat codeert voor herbicide resistentie, kan men makkelijk detecteren door de zaailingen te bespuiten met het betrokken herbicide: de planten met het transgen blijven leven, de rest sterft.

Op Europees niveau werd echter beslist dat de accidentele inhoud aan transgeen materiaal uitgedrukt moet worden in aandeel van haploïde genomen (EC, 2004). Om dit te bepalen zijn laboratoriumtesten nodig zoals RT-PCR (= real time polymerase chain reaction). RT-PCR bepaalt de hoeveelheid van transgeen DNA t.o.v. niet transgeen DNA. Deze verhouding kan variëren afhankelijk van het aantal kopiën van het transgen dat in het transgeen gewas aanwezig is en dit aantal kan verschillen in verschillende plantenweefsels (Figuur 3-B1).

Wie, vertrekkend van transgene hybriden, het percentage kruisbevruchting met de DNA-methode bestudeert, moet weten dat de DNA-methode een andere uitslag geeft dan de methode die gebruikt maakt van xenie (met homozygote ouders) (Holst-Jensen et al., 2006; Weighardt, 2006). Als vuistregel kan men stellen dat het percentage detecteerbare kruisbevruchting veroorzaakt door een hybride met één transgen en bepaald via DNA half zo groot is als het percentage gevonden via xenie, want slechts de helft van de donorstuifmeelkorrels draagt het transgen (voor details en precieze studies zie o.a. Pla et al., 2006 en in punt (3) hieronder).

Figuur 3: (A) Morfologische samenstelling, genetische opbouw, genetische origine en DNA-inhoud van verschillende maïsdelen en -structuren. Weergegeven proporties zijn droge-stof-gewicht-gemiddelden voor rassen verbouwd in België en/of DNA-inhoud-gemiddelden aangepast van Trifa en Zhang (2004) met significante verschillen tussen rassen en groeiomstandigheden. (B) Kruisbevruchtingen in maïskorrels uitgedrukt als aandeel van genomen (B1) of als aandeel van korrels gedetecteerd door fenotypische merkers (B2).



Bron: Devos et al., 2006a

(3) **Hemizygotie:** Anno 2007 zijn de gecommmercialiseerde transgene maïsrassen hybriden. Echte F₁-hybriden ontstaan door 2 homozygote ouders te kruisen. In de actueel geteelde transgene maïshybriden, is slechts 1 van de kruisingsouders homozygoot drager van het transgen. Alle stuifmeelkorrels geproduceerd door deze ouder bevatten het transgen. In de hybride is het transgen slechts aanwezig op één chromosoom van het chromosomenpaar waarop het transgeen locus ligt. In dit geval spreekt men van een hemizygot. Slechts de helft van de stuifmeelkorrels geproduceerd door een hemizygot bevat het transgen.

Er zijn echter maïshybriden met meerdere transgene inserties op komst: de accumulatie van meerdere transgenen levert “stacked events” op. Bevat de hybride 2 transgenen, dan telt de helft van zijn stuifmeelkorrels één transgen, een kwart van de stuifmeelkorrels bevat de 2 transgenen en het laatste kwart bevat geen transgenen. Hoe meer verschillende transgenen een hybride bevat, hoe groter het aandeel stuifmeelkorrels dat transgene constructies draagt. Het onderzoek naar isolatieafstanden gebeurt actueel met hybriden die één transgen bevatten. Het is daarom denkbaar dat bij de komst van rassen met meerdere genconstructen, bredere isolatieperimeters nodig zullen zijn.

- (4) **Geanalyseerd plantenmateriaal:** In Vlaanderen wordt maïs geteeld als korrelmaïs of als kuilmaïs en slechts in zeer beperkte mate als suikermaïs. Bij korrelmaïs oogst men alleen de maïskorrels op de kolven, bij kuilmaïs hakst men de hele plant. Aangezien het transgen door kruisbevruchting alleen terecht komt in de maïskorrels van de plant die wordt bevrucht door transgeen stuifmeel (en niet in haar vegetatieve delen), verwacht men een lagere graad van vermenging in verhakselde kuilmaïs dan in gedorste maïs (indien uitgedrukt in aandeel van haploïde genomen). Omdat de vegetatieve plantendelen ongeveer de helft uitmaken van de hele biomassa, verwacht men een halvering van de vermenging t.o.v. de maïskorrels (Figuur 3-A).

Duitse onderzoekers slaagden er nochtans niet in om significante verschillen in accidentele vermenging tussen korrelmaïs en kuilmaïs aan te tonen (Weber et al., 2007). Ze wijten dit aan de moeilijke DNA extractie uit de vegetatieve delen. Korrelmaïs biedt dus de “slechtst denkbare” situatie. Bovendien telen nogal wat landbouwers “dubbeldoel” maïs, die finaal zowel als korrel- dan als kuilmaïs kan worden gebruikt. Het is dus best uit te gaan van een situatie “korrelmaïs”.

- (5) **Proefopzet en -omstandigheden:** Er is een brede waaier aan mogelijkheden om kruisbestuiving te bestuderen. Veel onderzoekers werken met kleine velden of individuele planten om na te gaan hoe ver stuifmeelkorrels vliegen, maar dergelijke proeven komen niet overeen met de werkelijkheid. Kleine velden of aparte planten zijn veel vatbaarder voor kruisbestuiving dan grote velden. Hierdoor wordt de graad van kruisbevruchting systematisch overschat. Hetzelfde fenomeen doet zich voor bij mannelijk steriele planten die als vangplanten gebruikt kunnen worden, aangezien ze geen concurrerend stuifmeel produceren.

In de context van co-existentie zijn vooral proefopzetten waarbij de onbedoelde vermenging in de totale oogst van naburige maïsvelden gekwantificeerd wordt van belang.

Via klein- en grootschalige veldexperimenten gekoppeld aan rekenmodellen is intensief onderzoek gaande in de EU om stuifmeeloverdracht in functie van lokale omgevingsomstandigheden (reliëf, gewassenpatroon, gewasaandelen, windrichting, aanwezige hindernissen, etc.) te voorspellen (Messéan et al., 2006; Messeguer et al., 2006). Sommige proeven simuleren ook de minst optimale situaties: het veld met transgene maïs (= stuifmeeldonor) wordt helemaal tegen het receptorveld geplaatst of volledig door de receptor omgeven (Della Porta et al., 2006, in druk; Pla et al., 2006; Weber et al., 2007; Weekes et al., 2007). Omdat in

Spanje transgene maïs reeds vrij frequent voorkomt, hebben onderzoekers daar de kruising tussen percelen met transgene en niet-transgene maïs in situ onder reële landbouwkundige condities kunnen bestuderen (Messeguer et al., 2006).

Dergelijke studies tonen aan dat verschillende parameters de graad van kruisbevruchting beïnvloeden zoals de oriëntatie van de stuifmeelbron tegenover stuifmeelreceptor, relatieve oppervlakten van donor- en receptorveld, klimaat, etc. Hieronder staan enkele richtinggevendende resultaten. Meer details in Devos et al. (2005, 2006a).

- Als voor een gegeven oppervlakte van een donorveld de oppervlakte van het receptorveld toeneemt, zal de graad van kruisbevruchtingen afnemen.
- In vergelijking met een vierkant veld, is de kruisbevruchting groter bij een langwerpig receptorveld, mits het met zijn langste zijde naar het donorveld gericht is.
- De overheersende windrichting tijdens de periode van bloei van de mannelijke bloemen speelt een grote rol. Indien de stuifmeeldonor windopwaarts van het receptorveld ligt, valt te verwachten dat de graad van kruisbevruchting groter zal zijn dan wanneer de donor windafwaarts ligt. Indien het regent op het moment dat de mannelijke bloemen bloeien, wordt een deel van het stuifmeel neergeslagen door de regen en verkleint de kruisbevruchting.
- De aanwezigheid van een aantal rijen van hetzelfde gewas of van een ander hoog gewas, een haag, gebouwen, een bomenrij en andere obstakels kunnen een deel van het stuifmeel tegenhouden. Bovendien kunnen ze de windrichting en -snelheid veranderen, waardoor de stuifmeelkorrels een andere baan volgen.

Op het eerste zicht maakt de veelheid aan parameters, waarmee men rekening moet houden, het moeilijk om verschillende onderzoeksresultaten met elkaar te vergelijken. Nochtans zijn een aantal generieke trends vast te stellen die toelaten om éénduidige isolatieperimeters te definiëren. Zo neemt bijvoorbeeld de graad van kruisbevruchtingen af met toenemende afstand tot de stuifmeelbron: veruit de meeste stuifmeelkorrels vallen neer binnen 50 m. Hoe groter het receptorveld, hoe kleiner het aandeel van de kruisbevruchting. Dit komt omdat de stuifmeelwolk die boven een groot veld hangt, binnenkomend stuifmeel tegenhoudt; daardoor gebeurt er relatief weinig kruisbevruchting. Door de grootte van het veld, vertegenwoordigen de ongewenste kruisbevruchtingen sowieso slechts een klein aandeel. Op basis van een gedetailleerde literatuurstudie concludeerden Devos et al. (2005) dat een isolatieperimeter van 50 m in de meeste gevallen ruim voldoende is om de graad van onbedoelde kruisbevruchting tussen naburige maïspercelen onder de tolerantiedrempel van 0,9 % te houden in Vlaanderen:

- (1) Percelen met niet-transgene maïs >5 ha hebben in principe geen nood aan isolatie omdat kruisbevruchting voldoende verdund wordt door de grootte van het receptorveld.
- (2) Percelen met niet-transgene maïs met een oppervlakte tussen 5 en 1 ha hebben nood aan een toenemende isolatieperimeter die toeneemt van 10 tot 50 m naarmate het receptorveld in grootte verkleint.

- (3) Percelen met niet-transgene maïs die kleiner zijn dan 1 ha moeten minstens 50 m ver liggen van een transgene donor, vooral indien de receptor windafwaarts gelegen is van de stuifmeeldonor.

Als weerspiegeling van de bestaande literatuurgegevens geldt bovenstaande beslissingsboom uitsluitend voor situaties waarbij men vertrekt van zuiver zaaizaad en werkt met transgene maïsrasen met slechts één genconstruct en waar slechts een beperkt aantal stuifmeelbronnen in het landschap voorkomen. In werkelijkheid is niet altijd voldaan aan deze voorwaarden. In dergelijke gevallen kan een bredere isolatieperimeter vereist zijn.

2. IMPLEMENTEERBAARHEID VAN ISOLATIEPERIMETERS TUSSEN PERCELEN MET TRANSGENE EN NIET-TRANSGENE MAÏS IN VLAANDEREN

2.1. Inleiding

Veel lopend onderzoek zoekt uit hoe ver maïspcelen van elkaar moeten liggen om de vermenging onder de tolerantiedrempel te houden. Het onderzoek definieert isolatieperimeters als een instrument om co-existentie mogelijk te maken (Devos et al., 2005; Van De Wiel en Lotz, 2006; Sanvido et al., in druk). Hoe bruikbaar deze isolatieperimeters zijn in de praktijk werd echter nauwelijks onderzocht. Het weinige experimentele onderzoek wordt natuurlijk geconfronteerd met een aantal beperkingen: het onderzoek gebeurt op een ruimtelijk beperkte schaal, met een minimaal aantal parallellen; de allocatie van de transgene donorpercelen is meestal toevallig (Perry, 2002; Dolezel et al., 2005; Messéan et al., 2006; Sanvido et al., in druk).

De Vakgroep Plantaardige productie van de Universiteit Gent heeft een scenario-analyse ontwikkeld om veel grootschaliger en gedetailleerder te werken. De scenario's vertrekken van de werkelijke distributie van maïs in een bepaald gebied. Deze informatie is beschikbaar in Geografische Informatie Systeem (GIS) datasets. Monte Carlo simulaties, onderzoeken duizenden mogelijke inplantingen van transgene maïs in zo'n gebied. Combineert men die inplantingen met gesimuleerde isolatieperimeters, dan valt te berekenen hoeveel velden met niet-transgene maïs binnen de gesimuleerde perimeters vallen en of hoe implementeerbaar isolatieperimeters zijn om co-existentie te waarborgen (Devos et al., 2007).

2.2. Materiaal en methode

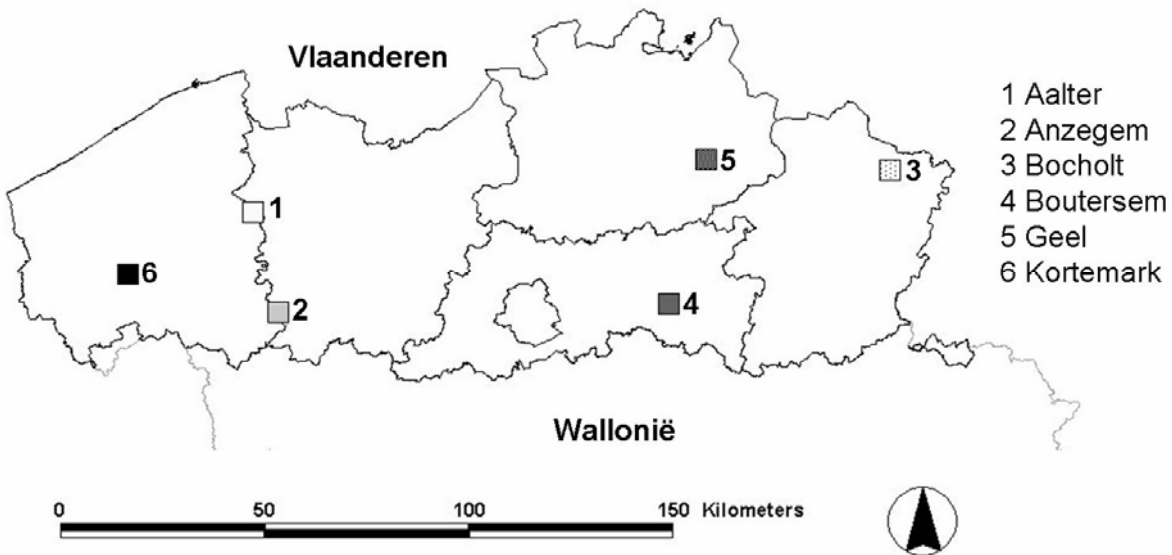
2.2.1. Ruimtelijke analyses

Gebruik makend van de 2004 gegevens van het Nationaal Instituut voor de Statistiek (NIS), werden representatieve maïsgebieden uitgezocht in Vlaanderen. Zes clusters van aaneengrenzende gemeenten met veel, matig of weinig maïs werden geselecteerd, namelijk Aalter, Anzegem, Bocholt, Boutersem, Geel en Kortemark (Figuur 4). De Vlaamse Landmaatschappij (VLM) leverde de digitale kaarten van landbouwpercelen voor de teeltseizoenen 2004, 2005 en 2006 aan. Vertrouwelijkheidsclausules beperkten de bruikbare informatie van elk perceel tot het verbouwde gewas, het identificatienummer van het perceel en het relatienummer, als identiteit van de gebruiker van het perceel. Deze gegevens worden als attribuutwaarden ingevoerd in een computerprogramma.

Om de verschillende gebieden onderling te kunnen vergelijken werd in elke cluster van aaneengrenzende gemeenten een hok van 25 km² afgebakend. Vervolgens werd in ieder hok de grootte van alle maïspcelen, alsook de kortste afstand tussen alle

maïspcelen uitgerekend met een ruimtelijke precisie van ongeveer 0,25 m. De gemeten afstanden tussen maïspcelen werden gerangschikt in een afstandmatrix. Het zijn de afstandmatrix en het bestand met perceelsattributen die het uitgangsmateriaal vormden voor de berekeningen. Ruimtelijke analyses werden uitgevoerd met ArcView 3.1.

Figuur 4: Kaart van Vlaanderen met de zes geselecteerde hokken van 25 km².



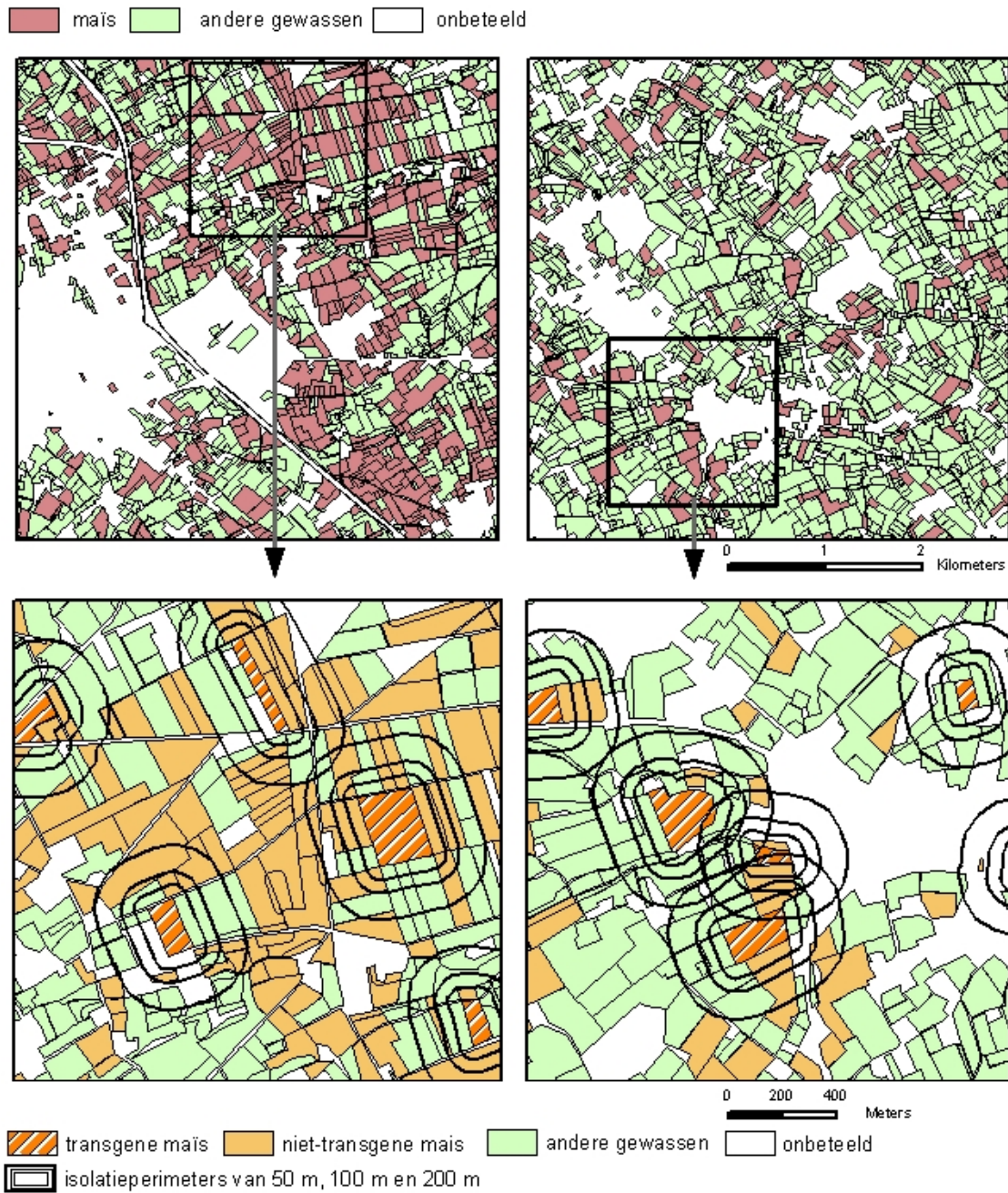
Bron: Devos et al., in druk

2.2.2. Scenario's

Aangezien transgene maïsrassen nog niet commercieel geteeld worden in Vlaanderen, werden verscheidene hypothetische scenario's getest. De scenario's bestaan uit een combinatie van potentiële isolatieperimeters (1) en varianten in ruimtelijke verdeling van transgene maïs binnen een bepaald gebied (2).

(1) Isolatieperimeters van 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 en 300 m werden gekozen op basis van wetenschappelijke feiten en wettelijke voorstellen van omliggende EU-lidstaten. Het implementeren van isolatieperimeters gebeurt concentrisch rond transgene maïspcelen en de isolatieperimeter omvat het areaal gelegen binnen de grens inclusief de grenslijn. Met isolatieperimeter wordt dus de breedte van een strook rondom een perceel bedoeld (Figuur 5).

Figuur 5: Kaart van het geselecteerde gebied van 25 km² in Bocholt (links) en Anzegem (rechts). Bovenaan: aandeel maïspercelen. Onderaan: concentrisch geïmplementeerde isolatieperimeters rond percelen met transgene maïs.



Bron: Devos et al., 2007; herwerkt door het MIRA team

Het rapport van de EC over het implementeren van nationale co-existentiemaatregelen (EC, 2006) illustreert dat nationale/regionale overheden isolatieperimeters voorstellen of opleggen die schommelen tussen de 15 en 800 m. De meest frequent voorgedragen isolatieperimeter bedraagt 200 m (Tabel 3). Momenteel is er in Vlaanderen nog geen officiële isolatieperimeter vastgelegd, maar onderhandelingen hieromtrent zijn tijdens de zomer van 2007 gestart: de opgerichte technische werkgroep van de Vlaamse Regering heeft als concrete taak teeltvoorwaarden per transgeen gewas vast te leggen.

Steunend op wetenschappelijke feiten over stuifmeelverspreiding en kruisbevruchting in maïs (Devos et al., 2005; Van De Wiel en Lotz, 2006; Sanvido et al., in press) en op rekenmodellen op landschapsniveau (Messéan et al., 2006), valt te concluderen dat een isolatieperimeter tussen 10 en 50 m – afhankelijk van de zuiverheidsgraad van het zaaizaad, perceelseigenschappen, maïstypen, verschillen in zaai- en bloeitijdstippen en van meteorologische condities – voldoende is om de onbedoelde vermenging ten gevolge van kruisbevruchting onder de 0,9 % tolerantiedrempel te houden (zie hoofdstuk 1 Inleiding, deel 1.8. Isolatieperimeters in maïs).

Tabel 3: Isolatieperimeters in wetsvoorstellen (1) of aangenomen wetten (2) voor co-existentie in maïs in enkele EU-lidstaten.

Lidstaat	Isolatieperimeter conventioneel (m)	Isolatieperimeter biologisch (m)	Isolatieperimeter zaadproductie (m)	Status maatregel
België (Wallonië)	200	200	-	1
Denemarken	200	200	200	2
Duitsland	150	300	-	1
Frankrijk	50	-	-	1
Hongarije	400	800	800	1
Ierland	50	75	-	1
Luxemburg	800	800	800	1
Nederland	25	250	250	1
Polen	200	300	-	1
Portugal	200	300	-	2
Slowakije	200	300	-	1
Spanje	50	50	300	1
Tsjechië	70	200	-	1
Verenigd Koninkrijk	110 = korrelmaïs 80 = kuilmaïs	-	-	1
Zweden	25 = korrelmaïs* 15 = kuilmaïs*	Idem als conventioneel	-	1

* Afstanden geldig voor transgene maïsrasen met één genconstruct; voor transgene maïsrasen met meerdere genconstructen verdubbelt de afstand

Bron: Co-Extra, http://www.coextra.eu/country_reports/; EC, 2006; EC, Technical regulations information system, http://ec.europa.eu/enterprise/tris/index_en.htm; GMO safety, <http://www.gmo-safety.eu/en/focus/coexistence/513.docu.html>

(2) Transgene maïs werd op verschillende wijzen over het maïsareaal verdeeld. De volgende zeven scenario's werden verrekend:

- **S1**: de 10 % grootste maïstelers in ieder hok planten transgene maïs op hun grootste maïsp perceel,
- **S2**: de 10 % grootste maïstelers planten transgene maïs op al hun maïspcelen,
- **S3**: 10 tot 70 % van de maïspcelen worden lukraak met transgene maïs beplant,
- **S4**: idem als S3, maar de 10 tot 30 % percelen met transgene maïs zijn zoveel mogelijk gegroepeerd in een grote cluster,
- **S5**: 10 tot 30 % van de eigenaars met maïspcelen worden lukraak geselecteerd en planten transgene maïs op al hun maïspcelen,
- **S6**: idem als S3, maar maïspcelen groter dan 5 ha worden niet mee opgenomen in de berekeningen,
- **S7**: 1 tot 10 willekeurig gekozen maïspcelen worden beplant met transgene maïs, waarrond een isolatieperimeter van 1000 m geïmplementeerd wordt.

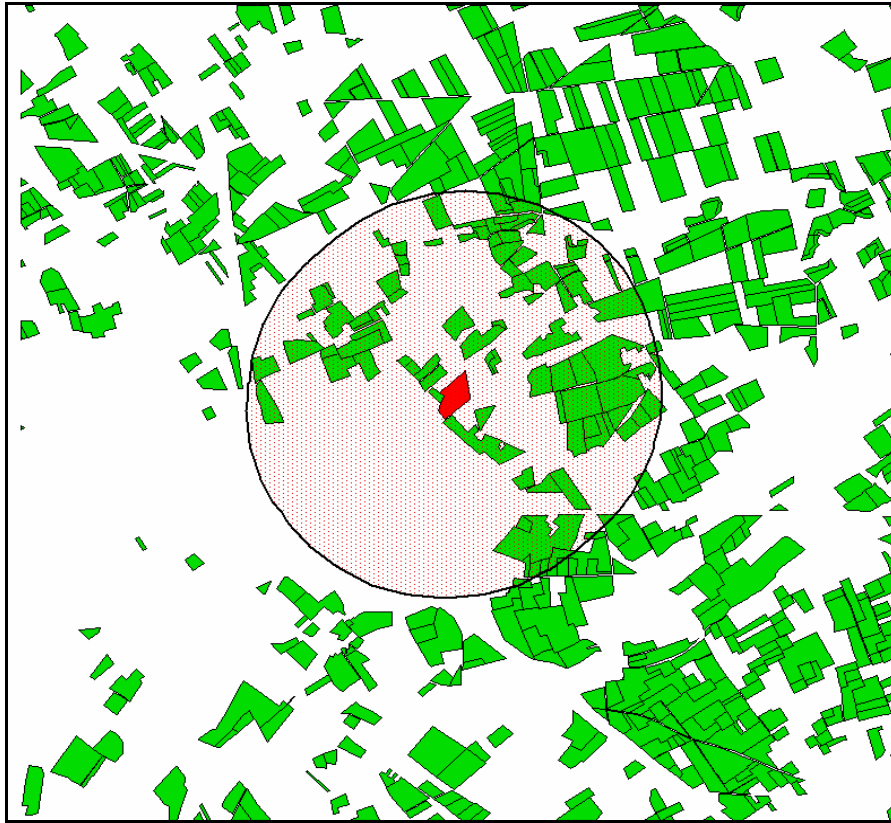
Scenario's **S1** en **S2** weerspiegelen potentiële ontwikkelingen in de startfase van de teelt van transgene maïs: deze scenario's worden verwacht bij de introductie van transgene maïs in Vlaanderen. Meestal zijn het landbouwers die veel maïs verbouwen die het snelst nieuwe technieken uitproberen; ze hebben meteen een potentieel schaalvoordeel om eventuele co-existentiekosten te ondervangen.

S3 is een chaotisch scenario (maar wellicht helemaal niet irrealistisch), aangezien transgene maïs lukraak toegekend wordt over maïspcelen zonder rekening te houden met de eigenheden van de eigenaars. Het staat meteen lijnrecht tegen scenario's die het effect van groeperen van transgene maïs bestuderen. Hierbij werden twee opties uitgewerkt. In **S4** werden transgene percelen gegroepeerd in een grote cluster. **S5** groepeerde maïspcelen op bedrijfsniveau. Daarbij werd aangenomen dat percelen van dezelfde eigenaar min of meer in dezelfde buurt liggen waardoor telers van transgene maïs functioneerden als eilanden in een gebied van niet-transgene maïs.

Aangezien verschillende studies aantoonde dat de totale hoeveelheid kruisbevruchtingen onder de 0,9 % tolerantiedrempel blijft in grote en voldoende diepe receptorvelden (Devos et al., 2005; Messéan et al., 2006; Weber et al., 2007), is er voor dergelijke percelen geen ruimtelijke isolatie nodig. Om die reden werd het voorkomen van percelen met niet-transgene maïs groter dan 5 ha binnen de isolatieperimeters toegestaan in **S6**.

Hoewel de 0,9 % tolerantiedrempel nu ook geldt voor biologische producten, verkiezen sommige biologische telers een nultolerantie (IP/07/807). In dit geval speelt stuifmeeloverdracht over langere afstanden een erg belangrijke rol waardoor bredere isolatieperimeters nodig zijn. Vanuit die optiek pleitte de Belgische koepelorganisatie voor de biologische landbouwsector voor een minimale isolatieperimeter van 1000 m (Bioforum, 2007). **S7** weerspiegelt het verzoek van Bioforum (Figuur 6).

Figuur 6: Isolatieperimeter van 1000 m geïmplementeerd rond een willekeurig gekozen maïsperceel in het hok van 25 km² in Bocholt (groen = percelen met niet-transgene maïs; rood = perceel met transgene maïs).



Bron: Cougnon, 2007

2.2.3. Verwerkingen en statistische analyses

Aan de hand van de afstandsmatrices en de perceelsattributen werden per geselecteerd hok voor ieder scenario de volgende zaken uitgerekend:

- de proportie van percelen begroeid met niet-transgene maïs dat binnen de isolatieperimeter van minstens één perceel met transgene maïs valt (= **proportie percelen**),
- de proportie van telers van niet-transgene maïs die minstens één perceel met niet-transgene maïs hebben binnen de isolatieperimeter van minstens één perceel met transgene maïs (= **proportie eigenaars**).

Percelen met niet-transgene maïs en de overeenkomstige eigenaars voorkomend binnen de isolatieperimeters van meerdere percelen met transgene maïs werden maar één keer meegeteld. Alle calculaties gebeurden met het statistische programma R 2.3.1.

Scenario's **S1** en **S2** zijn deterministisch: telers van transgene maïs en de overeenkomstige percelen zijn duidelijk geïdentificeerd door de scenario's. Per hok is er maar één set percelen die hypothetisch met transgene maïs wordt beplant.

In **S3**, **S4**, **S5**, **S6** en **S7** werd een Monte Carlo analyse uitgevoerd. In **S3** en **S6** werden er 10000 verschillende combinaties van mogelijke lukrake allocaties van transgene maïs uitgetest. Voor iedere simulatie werd de proportie percelen en eigenaars uitgerekend. In **S6** werden de percelen met niet-transgene maïs van minstens 5 ha voorkomend binnen de isolatieperimeter niet meegeteld bij de proportieberekeningen.

In **S4** werd er geen rekening gehouden met de eigenaars van de velden en werden alle percelen met transgene maïs zo dicht mogelijk tegen elkaar geplant. Het eerste perceel met transgene maïs werd lukraak gekozen waarna de dichtst bijgelegen maïspcelen werden gekozen, tot dat het gewenste percentage velden bekomen werd.

In **S5** werd 10 % van de maïstelers lukraak gekozen, ervanuitgaande dat de velden van eenzelfde eigenaar toch min of meer bijeen liggen.

In **S7** werd een vast aantal percelen gaande van 1 tot en met 10 lukraak uitgekozen om beplant te worden met transgene maïs.

S3 werd ook berekend met de GIS datasets van 2005 en 2006, weliswaar beperkt tot Anzegem en Bocholt (de twee extremen qua aandeel maïs in de hokken). Op die manier werden eventuele jaareffecten bestudeerd.

De resultaten zijn per scenario grafisch weergegeven als derdegraadsregressies van proporties van percelen en eigenaars (Y) op isolatieperimeters (X) ($Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3$).

2.3. Resultaten

Eerst worden de landbouwkundige eigenschappen van de geselecteerde hokken besproken. Vervolgens worden kort een aantal resultaten voor de geteste scenario's voor het teeltjaar 2004 voor de hokken Anzegem en Bocholt uiteengezet. Nadien worden de factoren die de resultaten beïnvloeden besproken door verschillende scenario's, aandelen aan transgene maïs, hokken en teeltjaren met elkaar te vergelijken. In de tekst worden alleen resultaten vermeld voor isolatieperimeters van 10, 50 en 200 m. Resultaten voor de overige isolatieperimeters staan in figuren. Slechts een fractie van de berekende waarden zijn weergegeven: meer resultaten en regressiedata zijn te vinden in Devos et al. (2007, in druk).

2.3.1. Eigenschappen van de geselecteerde hokken

De eigenschappen van de geselecteerde hokken bevestigen dat de gekozen regio's representatief zijn voor de teeltgebieden van maïs in Vlaanderen (Tabel 4). Maïsaandelen varieerden sterk tussen de hokken, maar bleven vrij gelijk over de drie opeenvolgende teeltjaren.

Anzegem is een gebied waar maïs geen dominante plaats heeft in het teeltplan; in Bocholt is maïs zeer dominant. Daarom werden Anzegem en Bocholt respectievelijk hernoemd als LOW en HIGH.

De GIS analyse toonde aan dat de maïspcelen klein zijn in Vlaanderen en sterk verspreid liggen over het landbouwareaal. Gemiddeld zijn de meeste percelen (79 %) kleiner dan 2 ha, terwijl grotere percelen (> 4 ha) zeldzaam zijn (5 %). Maïspcelen met een grootte tussen 0,5 en 0,9 ha komen het meest voor (31 %).

Tabel 4: Landbouwkundige eigenschappen van de zes gekozen hokken in Vlaanderen (met gemiddelden \pm standaardafwijkingen voor 2004, 2005 en 2006).

Hokeigenschap	Hok (25 km ² = 2 500 ha)					
	AAL	LOW	HIGH	BOU	GEE	KOR
Landbouwareaal (ha)	1794 \pm 54	1729 \pm 54	1644 \pm 11	1212 \pm 52	1123 \pm 31	2084 \pm 57
Aandeel landbouw (%)	72 \pm 2	69 \pm 2	66 \pm 1	49 \pm 2	45 \pm 1	83 \pm 2
Maï sareaal (ha)	651 \pm 17	280 \pm 16	751 \pm 24	223 \pm 38	512 \pm 30	527 \pm 12
Aandeel maïs in landbouwareaal (%)	36 \pm 2	16 \pm 1	46 \pm 1	18 \pm 2	46 \pm 4	25 \pm 1
Aandeel maïs (%)	26 \pm 1	11 \pm 1	30 \pm 1	9 \pm 2	21 \pm 1	21 \pm 1
Aantal maïspcelen	443 \pm 1	247 \pm 18	626 \pm 19	238 \pm 18	348 \pm 9	409 \pm 23
Gemiddelde oppervlakte maïspcelen (ha)	1,5 \pm 0,0	1,1 \pm 0,0	1,2 \pm 0,0	0,9 \pm 0,1	1,5 \pm 0,1	1,3 \pm 0,1
Aantal maïstelers	155 \pm 4	103 \pm 7	143 \pm 2	72 \pm 2	101 \pm 5	158 \pm 9
Gemiddeld aantal maïspcelen per eigenaar	2,9 \pm 0,1	2,4 \pm 0,0	4,4 \pm 0,2	3,3 \pm 0,2	3,5 \pm 0,1	2,6 \pm 0,0

Afkortingen: AAL = Aalter; LOW = Anzegem; HIGH = Bocholt; BOU = Boutersem; GEE = Geel; KOR = Kortemark

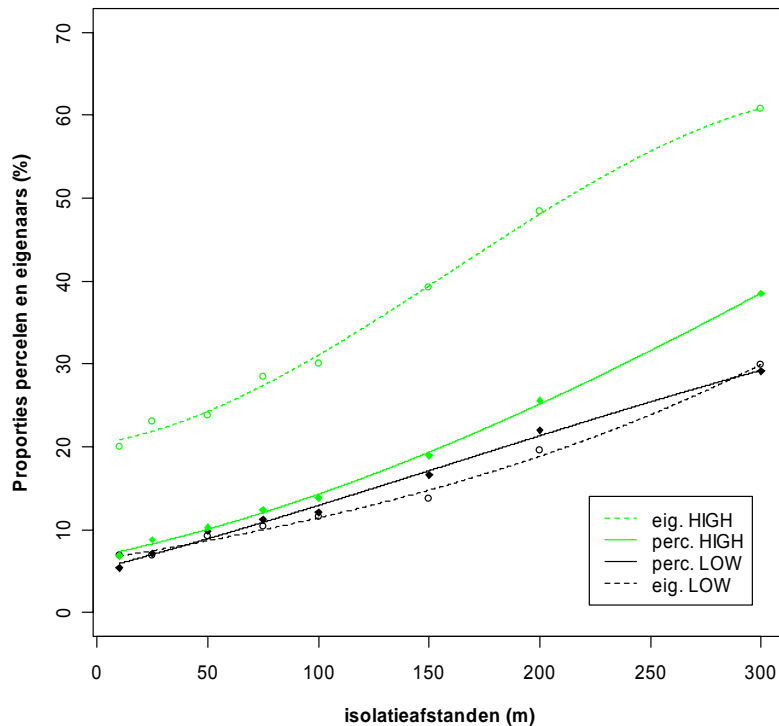
Bron: Devos et al., 2007, in druk

2.3.2. Resultaten voor de zeven scenario's, voor het jaar 2004

Scenario S1

Indien de 10 % grootste eigenaars hun grootste perceel met transgene maïs beplanten in LOW, dan waren de proporties percelen met niet-transgene maïs voorkomend in de isolatieperimeters van 10, 50 en 200 m 5,4, 10,0 en 22,2 %. Voor de overeenkomstige eigenaars waren de proporties respectievelijk 6,9, 9,2 en 19,5 %. Bij isolatieperimeters van 10, 50 en 200 m geïmplementeerd in HIGH waren de proporties respectievelijk 6,9, 10,3 en 25,7 % voor de percelen, en 20,3, 24,2 en 49,2 % voor de eigenaars (Figuur 7).

Figuur 7: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen en de overeenkomstige proporties van eigenaars in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S1; HIGH en LOW; 2004).



Bron: Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk

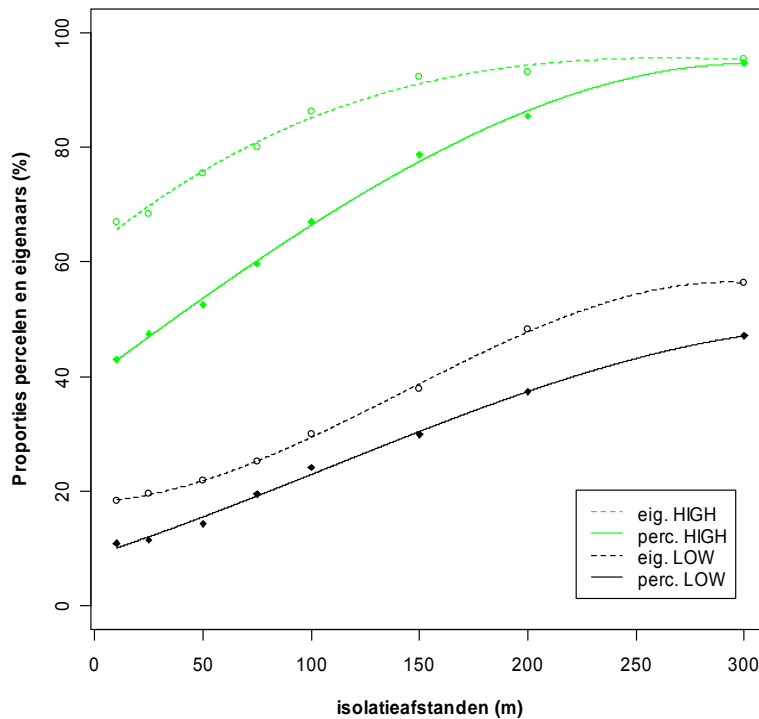
Scenario S2

Indien de 10 % grootste eigenaars al hun percelen beplanten met transgene maïs in LOW, was bij isolatieperimeters van 10, 50 en 200 m de proportie percelen respectievelijk 11,1, 14,5 en 37,8 %. Voor de proportie eigenaars waren deze cijfers respectievelijk 18,4, 21,8 en 48,3 %. In HIGH waren de proporties percelen voorkomend in de isolatieperimeters van 10, 50 en 200 m respectievelijk 43,2, 52,8 en 85,8 % wat 68,0, 76,6 en 94,5 % van alle telers van niet-transgene maïs impliceerde (Figuur 8).

De proporties in **S2** waren systematisch hoger dan die in **S1**. Dit is niet verwonderlijk, daar het areaal aan transgene maïs in **S2** aanzienlijk hoger was dan in **S1**.

Het feit dat maïstelers meerdere percelen gebruiken voor de teelt van maïs, maakte dat de proporties van eigenaars doorgaans hoger zijn dan de proporties van percelen onder identieke omstandigheden.

Figuur 8: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen en de overeenkomstige proporties van eigenaars in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S2; HIGH en LOW; 2004).

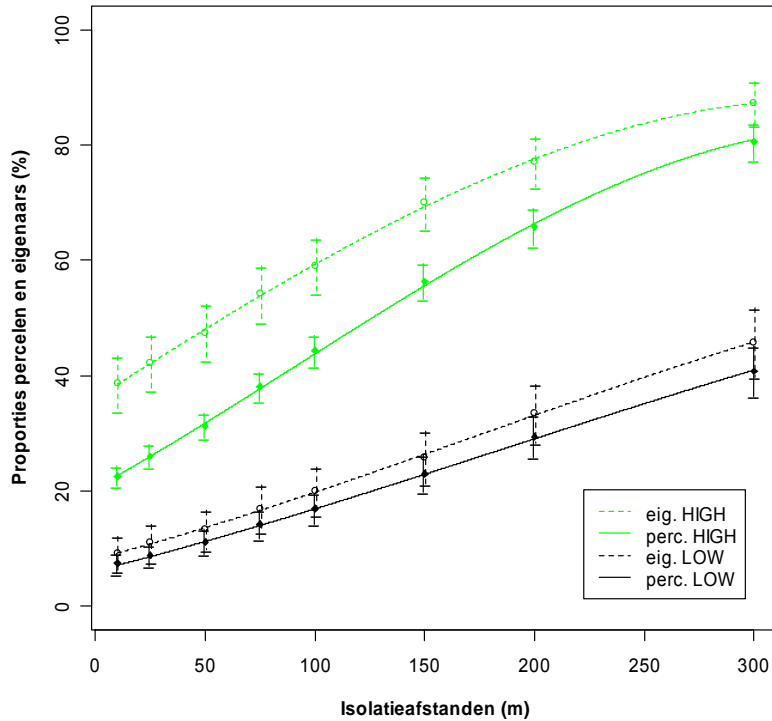


Bron: Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk

Scenario S3

Dit scenario gaat ervan uit dat transgene maïs lukraak over het gebied voorkomt. Beslaan transgene percelen 10 % van het areaal, dan zijn de proporties percelen met niet-transgene maïs binnen perimeters van 10, 50 en 200 m respectievelijk $7,5 \pm 1,7$, $11,2 \pm 2,1$ en $29,4 \pm 3,6$ % in LOW (Figuur 9). In HIGH waren deze cijfers respectievelijk $22,6 \pm 1,8$, $31,3 \pm 2,2$ en $65,8 \pm 3,3$ %.

Figuur 9: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen en de overeenkomstige proporties van eigenaars in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S3; 10 % transgene maïs; HIGH en LOW; 2004).

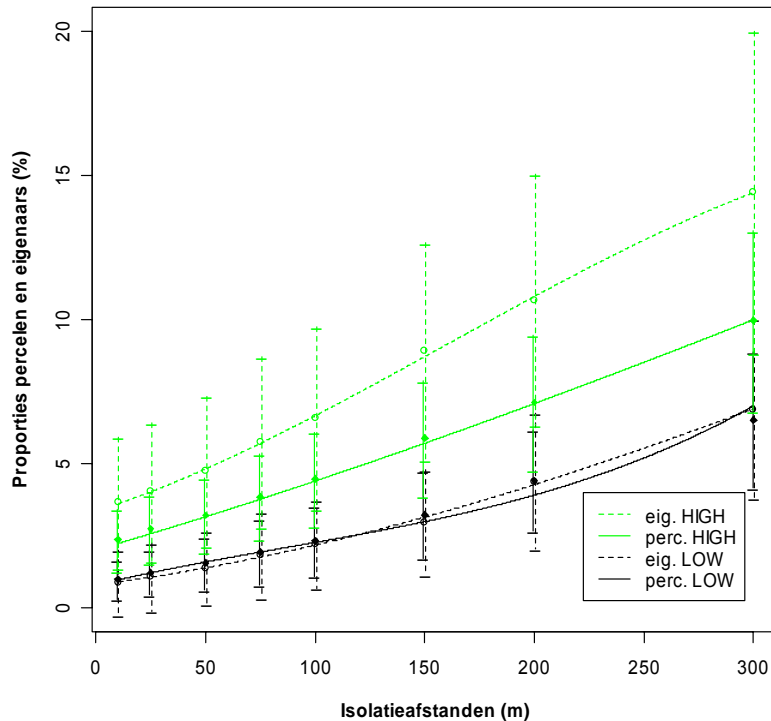


Bron: Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk

Scenario S4

Het groeperen van percelen beperkt de co-existentieproblemen. Het groeperen van een aandeel transgene maïs van 10 %, verkleint het aandeel percelen met niet-transgene maïs binnen perimeters van 10, 50 en 200 m tot respectievelijk $1,0 \pm 0,7$, $1,6 \pm 0,9$ en $4,4 \pm 1,8$ % in LOW en tot $2,4 \pm 1,1$, $3,2 \pm 1,3$ en $7,3 \pm 2,3$ % in HIGH (Figuur 10). In vergelijking met **S3** zijn deze aandelen zowat 10 keer kleiner.

Figuur 10: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen en de overeenkomstige proporties van eigenaars in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S4; 10 % transgene maïs; HIGH en LOW; 2004).

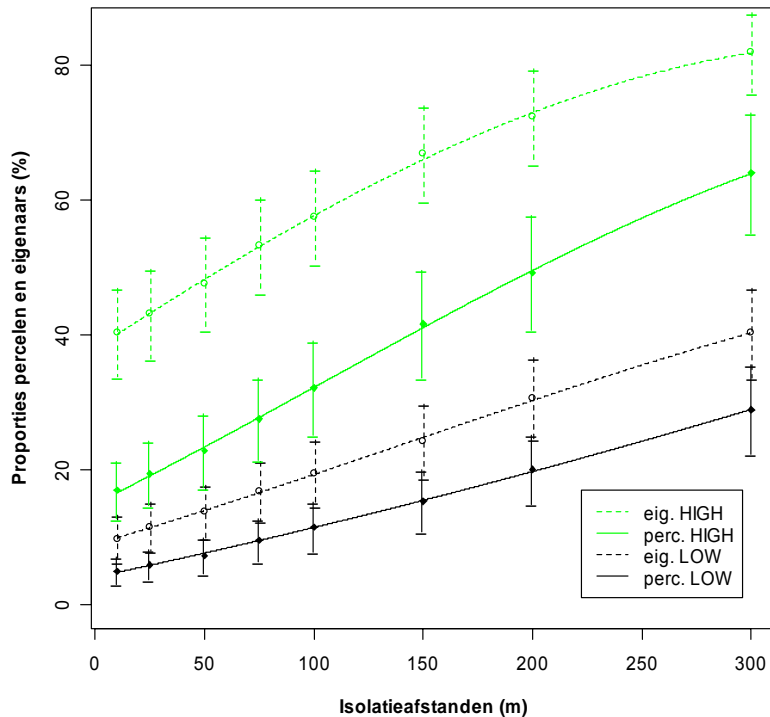


Bron: Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk

Scenario S5

Wanneer 10 % van de landbouwers (lukraak geselecteerd) op al hun maïspercelen transgene maïs planten in LOW, dan lag respectievelijk $5,1 \pm 2,1$, $7,4 \pm 2,6$ en $20,1 \pm 5,1$ % van alle percelen met niet-transgene maïs binnen de isolatieperimeters van 10, 50 en 200 m. In dit geval had $10,0 \pm 3,5$, $13,8 \pm 3,9$ en $30,7 \pm 5,9$ % van alle telers van niet-transgene maïs minstens één perceel met niet-transgene maïs voorkomend in de isolatieperimeters. In HIGH waren deze proporties voor de percelen $17,1 \pm 4,3$, $22,9 \pm 5,4$ en $49,3 \pm 8,4$ %, en voor de eigenaars $40,5 \pm 6,7$, $47,7 \pm 6,9$ en $72,4 \pm 6,9$ % (Figuur 11).

Figuur 11: Proporties percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen en de overeenkomstige proporties van eigenaars in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S5; 10 % transgene maïs; HIGH en LOW; 2004).



Bron: Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk

Scenario S6

Wanneer 10 % van de percelen in LOW willekeurig beplant wordt met transgene maïs, dan was de proportie van percelen met een oppervlakte kleiner dan 5 ha, die binnen de isolatieperimeters van 10, 50 en 200 m van de geselecteerde percelen viel respectievelijk $7,4 \pm 1,7$, $11,2 \pm 2,1$ en $29,4 \pm 3,7$ %. De proportie eigenaars die hiermee overeenstemde, was respectievelijk $9,1 \pm 2,9$, $13,2 \pm 3,5$ en $33,1 \pm 5,2$ %. Voor HIGH waren de proporties voor de percelen gelijk aan $21,9 \pm 1,7$, $30,4 \pm 2,2$ en $64,2 \pm 3,1$ %, en voor de eigenaars $36,9 \pm 4,6$, $45,2 \pm 4,7$ en $74,3 \pm 4,3$ %.

Scenario S7

Met een isolatieperimeter van 1000 m liggen heel veel percelen met niet-transgene maïs binnen de perimeter van een veld met transgene maïs (Tabel 6). Zelfs als in HIGH maar één perceel met transgene maïs voorkomt (op een gebied van 2500 ha), dan nog ligt gemiddeld 15,5 % van de percelen binnen de perimeter. Zijn er 10 percelen met transgene maïs, dan loopt dit percentage op tot quasi 80 % en worden bijna 90 % van de eigenaars in het gebied geraakt.

In LOW zorgde de aanwezigheid van één perceel met transgene maïs ervoor dat 13 % van de percelen met niet-transgene maïs binnen de isolatieperimeter lag, wat overeenstemde met 16 % van alle telers van niet-transgene maïs. Bij 10 maïspercelen die lukraak beplant worden met transgene maïs, viel 72 % van alle percelen met niet-transgene maïs binnen de isolatieperimeter wat 76 % van alle telers van niet-transgene maïs impliceerde (Tabel 6).

Tabel 6: Resultaten voor S6, waarbij 1 tot 10 lukraak gekozen maïspercelen voor de teelt van transgene maïs omgeven worden door een isolatieperimeter van 1000 m (situatie: HIGH en LOW; 2004).

Hok	Aantal percelen	Aandeel transgene maïs (%)	Perceel			Eigenaar		
			Gemiddelde proportie (%)	Minimale proportie (%)	Maximale proportie (%)	Gemiddelde proportie (%)	Minimale proportie (%)	Maximale proportie (%)
LOW	1	0,4	12,5 ± 3,8	3,0	20,2	15,8 ± 4,0	4,2	23,9
	2	0,7	23,5 ± 5,4	4,8	40,2	28,4 ± 5,9	6,3	46,3
	3	1,1	32,9 ± 6,4	9,1	53,5	38,6 ± 7,0	11,7	61,7
	4	1,7	41,2 ± 7,1	10,5	63,3	47,1 ± 7,7	13,9	70,9
	5	2,0	48,3 ± 7,5	14,9	71,1	54,0 ± 7,9	21,7	81,5
	6	2,5	54,5 ± 7,9	22,9	78,4	59,9 ± 8,3	26,1	83,5
	7	3,0	59,8 ± 7,9	28,8	84,5	64,8 ± 8,2	26,4	90,0
	8	3,4	64,7 ± 7,8	32,0	90,7	69,1 ± 8,0	35,9	93,3
	9	3,8	68,8 ± 7,8	33,9	92,9	72,9 ± 8,0	36,4	95,5
	10	4,2	72,2 ± 7,6	26,9	92,8	75,7 ± 7,9	27,5	95,5
HIGH	1	0,1	15,5 ± 4,9	1,6	26,5	26,3 ± 6,7	3,5	40,6
	2	0,3	28,5 ± 6,9	4,3	48,3	43,7 ± 8,9	9,2	68,3
	3	0,4	39,1 ± 8,2	5,6	66,5	55,6 ± 9,5	12,7	80,8
	4	0,6	48,2 ± 8,7	16,7	74,3	64,6 ± 9,1	22,9	88,6
	5	0,8	55,6 ± 8,9	22,6	79,7	70,9 ± 8,7	28,8	93,5
	6	0,9	61,9 ± 9,1	28,9	88,2	76,1 ± 8,1	40,6	97,1
	7	1,1	67,1 ± 9,0	25,1	90,9	79,9 ± 7,7	28,9	97,8
	8	1,2	71,6 ± 8,7	24,1	93,5	83,0 ± 7,2	36,9	98,5
	9	1,4	75,4 ± 8,3	40,6	94,8	85,7 ± 6,6	47,1	100,0
	10	1,6	78,7 ± 7,8	40,5	96,4	87,9 ± 5,9	54,4	100,0

Bron: Cougnon, 2007

2.3.2. Invloedsfactoren op resultaten

Breedte van de isolatieperimeter

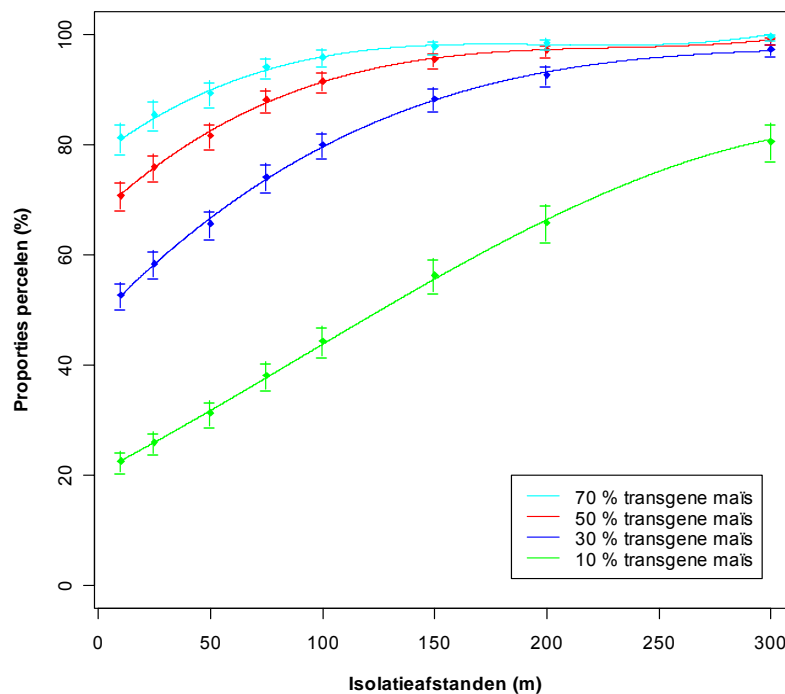
Welk scenario ook werd getest, de proporties van percelen met niet-transgene maïs en de overeenkomstige eigenaars voorkomend in isolatieperimeters nemen steeds toe bij bredere isolatieperimeters, wat niet verwonderlijk is. Voorbeeld. Gebied LOW, S5, 10 %

van de eigenaars zaaien transgene maïs op al hun percelen. In vergelijking met een perimeter van 10 m, is de proportie percelen binnen de perimeter 1,4 keer groter bij een perimeter van 50 m en 4 keer groter bij een perimeter van 200 m.

Aandeel transgene maïs

Hoe groter het aandeel transgene maïs in een hok, hoe hoger de proportie van percelen die gemiddeld binnen de isolatieperimeter van een geselecteerd perceel lag. Het effect van het aandeel transgene maïs verkleint naarmate de isolatieperimeter verbreedt: de curve vlakt af (Figuur 12). Dezelfde trend werd vastgesteld voor de proporties van eigenaars.

Figuur 12: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S3; 10, 30, 50 en 70 % transgene maïs; HIGH; 2004).

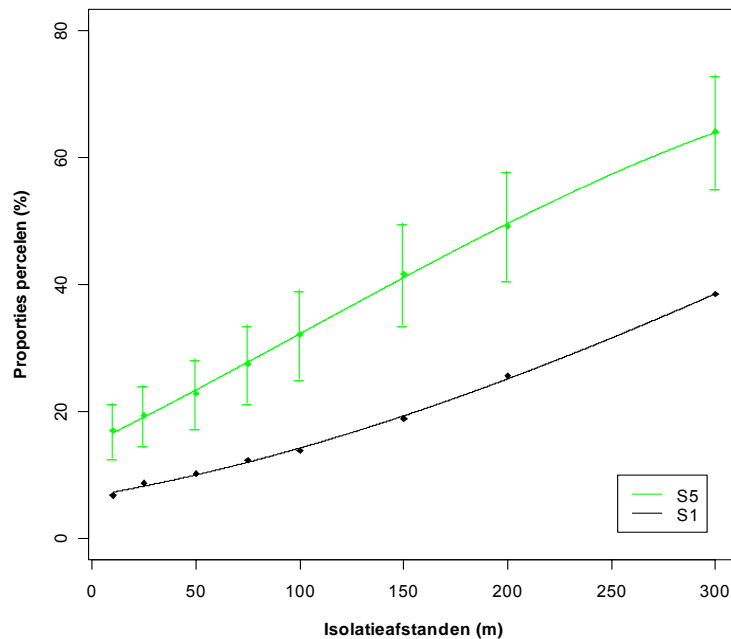


Bron: Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk

Grootte van transgene maïspcellen

Voor een gelijkaardig areaal transgene maïs zijn er meer ruimtelijke co-existentproblemen als het maïsareaal verdeeld is over een groot aantal kleine percelen dan over een klein aantal grote percelen. Deze vaststelling vloeit voort uit de vergelijking van **S1** met **S5** (Figuur 13).

Figuur 13: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S1 en S5; HIGH; 2004).

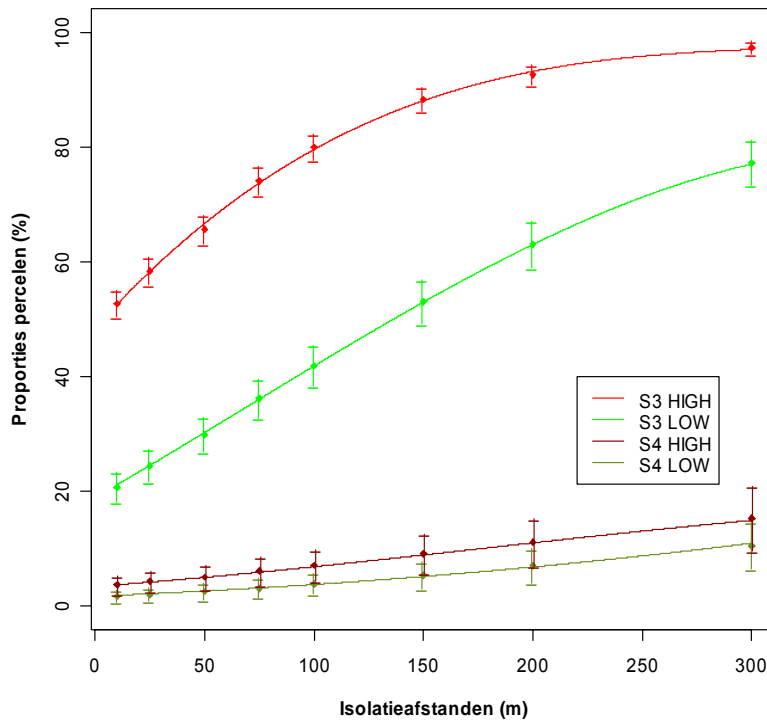


Bron: Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk

Het groeperen van transgene maïs in een grote cluster per hok

Wanneer percelen met transgene maïs ruimtelijk gegroepeerd worden in een grote cluster per hok (**S4**), dan zijn de proporties van percelen met niet-transgene maïs en de overeenkomstige gebruikers binnen isolatieperimeters 5 tot 10 maal lager, vergeleken met een gelijkaardige situatie waarbij percelen met transgene maïs lukraak verdeeld worden (**S3**) (Figuur 14).

Figuur 14: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S3 en S4; 30 % transgene maïs; HIGH en LOW; 2004).

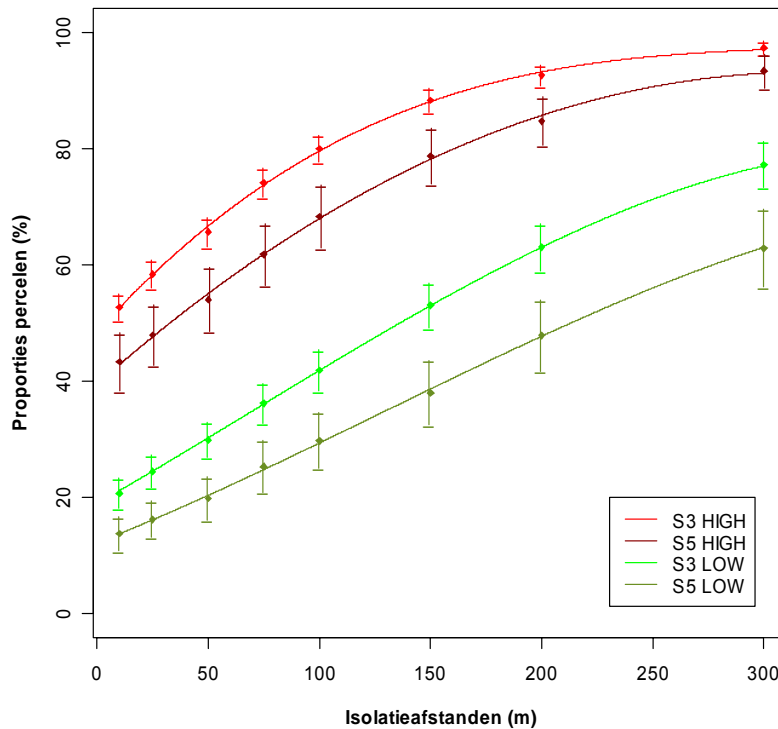


Bron: Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk

Het groeperen van transgene maïs in kleine clusters per landbouwbedrijf

Wanneer 30 % van de landbouwers (lukraak geselecteerd) op al hun maïspercelen transgene maïs planten, dan vallen $43,3 \pm 5,0$ % van alle percelen met niet-transgene maïs binnen de isolatieperimeter van 10 m in HIGH (**S5**). De proporties in **S5** zijn lager dan de proporties gemeten in **S3** (Figuur 15), maar hoger dan de proporties vastgesteld in **S4**, steeds bij vergelijkbare arealen.

Figuur 15: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S3 en S5; 30 % transgene maïs; HIGH en LOW; 2004).



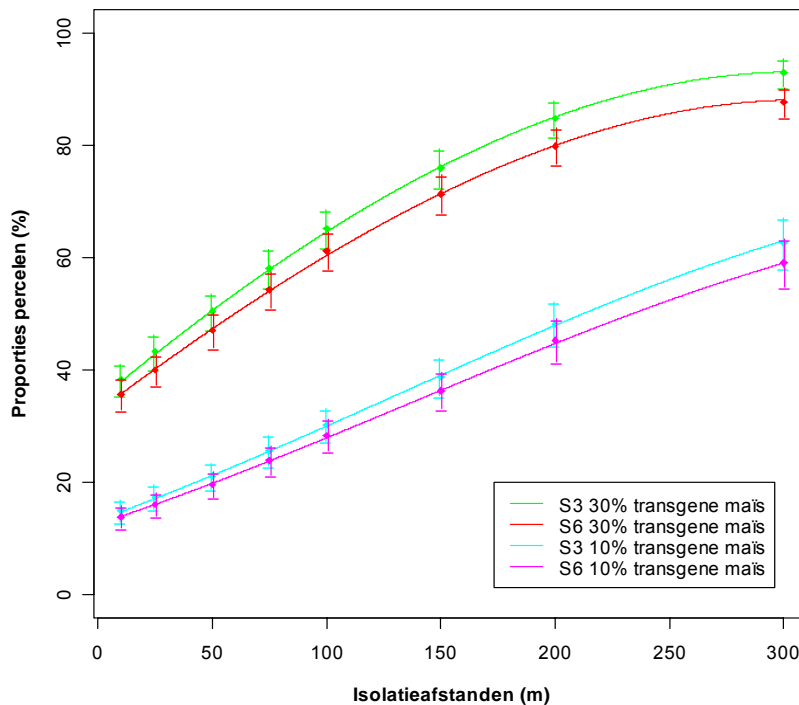
Bron: Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk

Het weglaten van grote percelen met niet-transgene maïs

Van de zes onderzochte hokken is Geel de regio waar het aandeel van maïspcelen, groter dan 5 ha, het grootst was, namelijk 5,7 % van de maïspcelen. Om die reden werd **S6** uitsluitend in Geel getest daar het weglaten van grote percelen hier het meeste effect heeft. Het effect van deze maatregel werd er vergeleken voor 10 en 30 % lukraak gekozen maïspcelen. Zoals verwacht, zijn in beide gevallen de proporties percelen en hun overeenkomstige eigenaars voor **S6** lager dan voor **S3** (Figuur 16).

Het effect was vrij beperkt in het onderzochte hok, maar in andere, meer uitgestrekte en minder versnipperde landbouwgebieden dan Vlaanderen kan het effect ongetwijfeld groter zijn.

Figuur 16: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S3 en S6; 10 en 30 % transgene maïs; Geel; 2004).

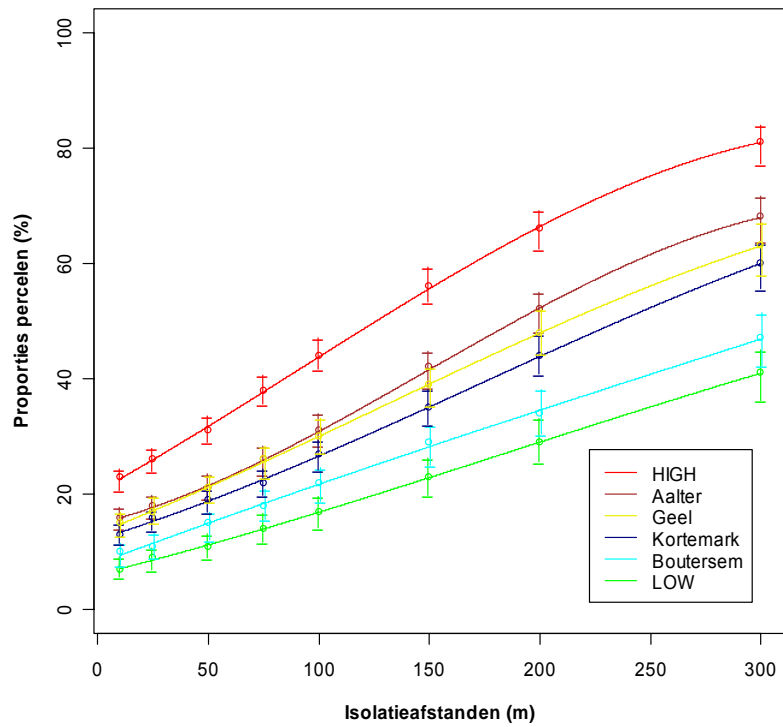


Bron: Cougnon, 2007

Regionale variabiliteit in maïsaandeel

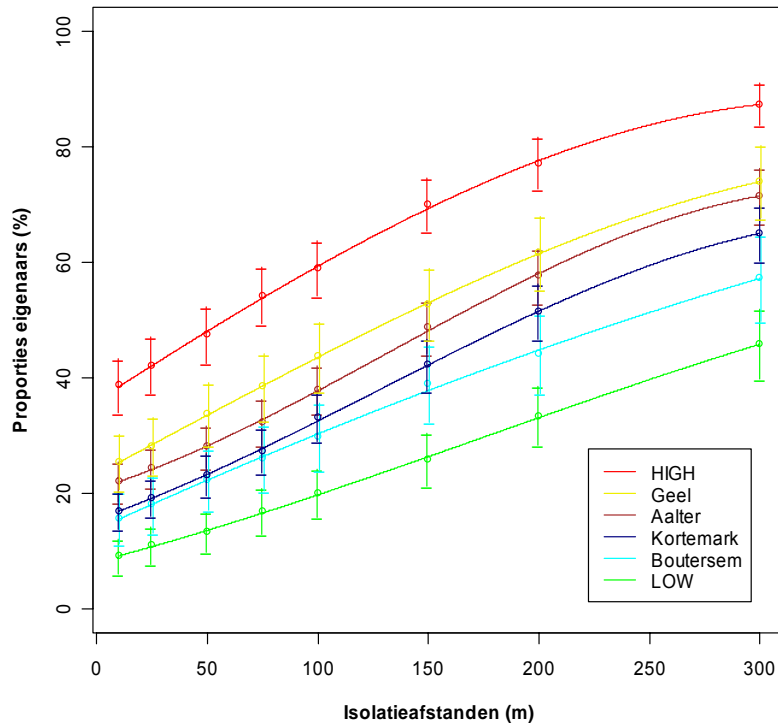
Welk scenario ook werd getest, de proporties van percelen met niet-transgene maïs en de overeenkomstige eigenaars binnen isolatieperimeters zijn altijd 2 tot 8 maal hoger in het hok met het hoogste maïsaandeel (HIGH) dan in het hok met het laagste maïsaandeel (LOW) (Figuren 17 en 18).

Figuur 17: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S3; 10 % transgene maïs; Aalter, LOW, HIGH, Boutersem, Kortemark en Geel; 2004).



Bron: Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk

Figuur 18: Proporties van telers van niet-transgene maïs waarvan minstens één maïsperceel binnen een bepaalde isolatieperimeter valt in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S3; 10 % transgene maïs; Aalter, LOW, HIGH, Boutersem, Kortemark en Geel; 2004).

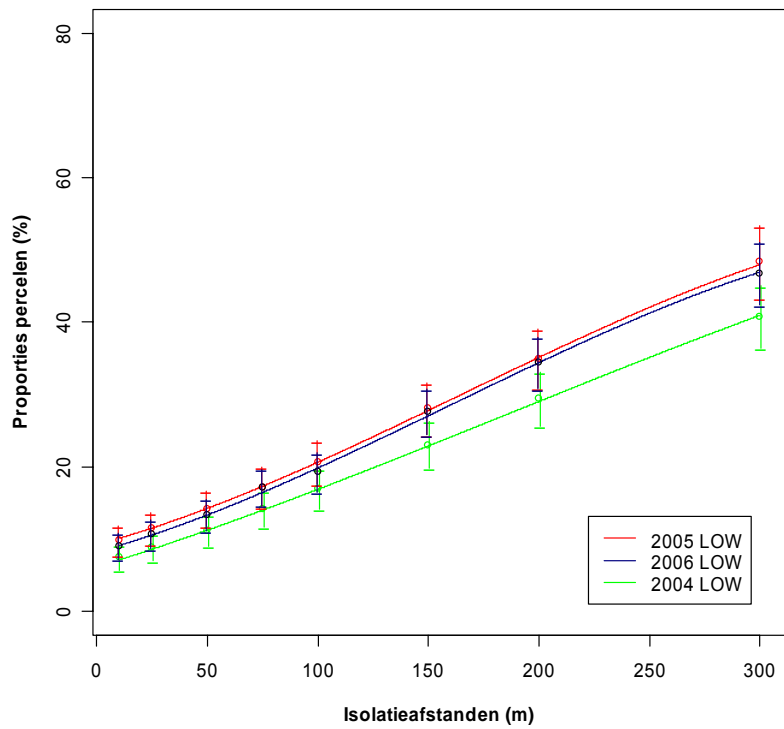


Bron: Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk

Temporele variabiliteit in maïsaandeel

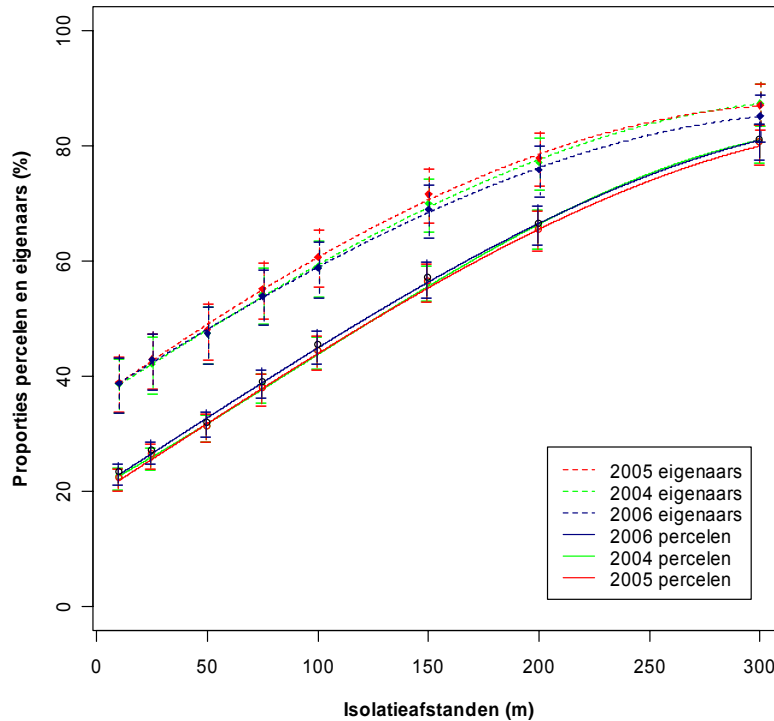
Analyses uitgevoerd op de GIS datasets van 2004 werden herhaald voor de datasets van 2005 en 2006 in de hokken HIGH en LOW. Vermits niet ieder jaar evenveel maïs werd geplant, trad er variatie op in de proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen de isolatieperimeters van een transgeen maïsperceel vallen. Over het algemeen bleven de effecten echter erg vergelijkbaar over de jaren heen (Figuren 19 en 20).

Figuur 19: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S3; 10 % transgene maïs; LOW; 2004, 2005 en 2006).



Bron: Cougnon, 2007

Figuur 20: Proporties van percelen met niet-transgene maïs die binnen een bepaalde isolatieperimeter liggen en de overeenkomstige proporties van eigenaars in relatie tot de breedte van de isolatieperimeter (situatie: S3; 10 % transgene maïs; HIGH; 2004, 2005 en 2006).



Bron: Cougnon, 2007

2.4. Discussie en conclusie

Het combineren van GIS datasets en Monte Carlo simulaties levert een waardevolle aanpak om de implementeerbaarheid van isolatieperimeters te voorspellen. De methode laat toe te becijferen hoeveel percelen met niet-transgene maïs binnen een perimeter rond een perceel transgene maïs liggen. Aangezien het afgeraden is om niet-transgene maïs te verbouwen rond een perceel met transgene maïs, of transgene maïs te verbouwen als hij niet ver genoeg van niet-transgene maïs kan blijven, verliezen een aantal telers de keuzevrijheid op hun landgebruik. Als burens instemmen met elkaars teeltsysteem, dan vormt co-existentie geen breekpunt.

De meeste EU-lidstaten voorzien dat telers van transgene gewassen een financiële bijdrage moeten storten in een fonds dat de administratiekosten en potentiële economische schade, als gevolg van accidentele vermenging, kan vergoeden.

De ontwikkelde methode laat toe de beheerslast van co-existentie te begroten, zowel wat betreft administratieve handelingen, controles en analyses.

De implementeerbaarheid van isolatieperimeters rond percelen met transgene maïs wordt aanzienlijk beïnvloed door (1) de breedte van de isolatieperimeter, (2) het aandeel transgene maïs, (3) de grootte van percelen met transgene maïs, (4) de ruimtelijke distributie van percelen met transgene maïs, en (5) het maïsaandeel in het onderzochte gebied (zie ook Cougnon, 2007; Devos et al., 2007, in druk).

Het implementeren van brede isolatieperimeters blijkt moeilijk in Vlaanderen, in het bijzonder in gebieden waar maïs een belangrijk deel uitmaakt van het teeltplan. Doordat vele kleine maïspcelen erg dicht op elkaar liggen, interfereert elk perceel met vele andere percelen en gebruikers ervan. Enerzijds valt het te verwachten dat de potentiële voordelen van de teelt van transgene maïs het grootst zullen zijn in regio's waar maïs intensief verbouwd wordt. Anderzijds is een brede isolatieperimeter een enorme hinder voor het telen van transgene maïs.

In dergelijke gevallen kan het telen van transgene maïs over een klein aantal grote percelen een optie zijn. De vergelijking van S1 met S5 toont aan, dat er voor een gegeven maïsareaal veel minder ruimtelijke co-existentieproblemen zijn als de maïs verbouwd wordt over een klein aantal grote velden dan over een groot aantal kleine percelen.

Het groeperen van transgene maïs (en niet-transgene maïs) biedt een theoretisch waardevolle oplossing (S4): 5 tot 10 maal minder ruimtelijke co-existentieproblemen doen zich voor vergeleken met een willekeurige verdeling van transgene maïs (S3). Het groeperen vraagt een vrijwillig engagement van telers en versterkt wellicht nog de monocultuur, die niet past in een duurzame landbouw.

In gebieden waar niet veel maïs voorkomt, is alles makkelijker. De idee om daar transgene maïs te concentreren is theoretisch een goede oplossing, maar in de praktijk lijkt een dergelijk scenario weinig levensvatbaar.

Het toelaten van grotere percelen met niet-transgene maïs binnen isolatieperimeters zal in Vlaanderen nauwelijks het implementeren van brede isolatieperimeters vergemakkelijken (S6). Dit is te wijten aan het feit dat de meeste maïspcelen klein zijn. Te verwachten is dat in meer uitgestrekte en minder versnipperde landbouwgebieden dan Vlaanderen deze maatregel een gunstiger effect zal hebben.

Het inkorten van de isolatieperimeterbreedte verkleint ruimtelijke co-existentieproblemen, zelfs in gebieden met veel maïs. Wetenschappelijk onderzoek toont aan dat in de meeste gevallen een isolatieperimeter van 50 m voldoende is om ongewenste kruisbevruchting zodanig te beperken dat de onbedoelde aanwezigheid van transgeen materiaal in de oogst van korrelmaïs onder de 0,9 % tolerantiedrempel blijft (Devos et al., 2005; Messéan et al., 2006; Messeguer et al., 2006; Pla et al., 2006; Van De Wiel and Lotz, 2006; Sanvido et al., in druk). Dit zou nog meer waar moeten zijn voor kuilmaïs omdat de korrelfractie slechts ongeveer de helft uitmaakt van de geogste biomassa.

Indien een isolatieperimeter van 50 m niet mogelijk is, dan kan de perimeterbreedte ingekort worden, mits bijkomende co-existentiemaatregelen.

De combinatie van korte isolatieperimeters met het telen van maïsrassen met verschillende zaai- en bloeitijdstippen of met het installeren van stuifmeelbarrières biedt identieke inperkingsgaranties als bredere isolatieperimeters. In de praktijk blijkt het telen van maïsrassen met verschillende zaai- en bloeitijdstippen weinig effectief in een groot deel van de EU waaronder Vlaanderen (Della Porta et al., 2006, in druk; Messeguer et

al., 2006; Weber et al., 2007).

Het installeren van een bufferstrook rond de pollenbron of rond het receptorveld bieden theoretische alternatieven. De EC schrijft voor dat de telers van transgene maïs maatregelen moeten nemen en niet de andere telers. Daarom is het wellicht moeilijk te verlangen dat telers van niet-transgene maïs, de buitenste rijen van hun veld als bufferzone opofferen. Nochtans toonde verschillende onderzoeksresultaten aan dat de buitenste plantenrijen van een receptorveld functioneren als een zone die de kern van het receptorveld efficiënt afschermt voor kruisbevruchten (Gustafson et al., 2006; Messeguer et al., 2006; Weber et al., 2007; Weekes et al., 2007). Het merendeel van kruisbevruchting vindt immers plaats in de buitenste rijen van het receptorveld. Volgens Della Porta et al. (2006, in druk) zijn 2 maïsrijen rond een receptorveld even efficiënt als 12 maïsrijen rond de stuifmeelbron. Zou men een buffer rond de bron installeren dan moet die wellicht ook anders worden behandeld. Denk aan herbicide resistente maïs: de bufferzone zou dan met andere herbiciden of mechanisch onkruidvrij moeten worden gehouden, wat in een gemechaniseerde landbouw niet voor de hand ligt.

In alle gevallen beslaan de buitenste rijen natuurlijk een vrij groot oppervlaktaandeel van een veld, dat des te groter is naarmate een veld kleiner is.

Afhankelijk van het maïsaandeel in een gebied, zullen meer of minder telers van niet-transgene maïs geraakt worden door isolatieperimeters. Hierdoor zal de keuzevrijheid om welke maïs dan ook te verbouwen verschillend beïnvloed worden tussen gebieden (vergelijk LOW met HIGH), wat een belangrijke parameter van ongelijkheid is. Men zou dus eigenlijk geen rigide co-existentiemaatregelen kunnen uitvaardigen, maar proportionele maatregelen op maat van een gebied. Bovendien blijkt het uitvaardigen van rigide co-existentiemaatregelen bijkomende kosten met zich mee te brengen (voor meer details zie Demont et al., in druk). Het per gebied uitvaardigen van co-existentiemaatregelen stelt natuurlijk de vraag waar een gebied begint en eindigt en hoe flexibiliteit administratief beheersbaar blijft.

3. ZOEKTOCHT NAAR OPTIMALE VELDALLOCATIES VOOR TRANSGENE MAÏS

3.1. Inleiding

Hoe creatief kunnen landbouwers omgaan met opgelegde isolatieperimeters om de co-existentieproblemen tot een minimum te beperken? Dit werd aan de hand van een speciale casus uitgewerkt. De idee is dat landbouwers al hun akkers die kunnen dienen om maïs te verbouwen bijeenbrengen. Om transgene maïs te zaaien kiest men die akkers in wiens perimeter het minst andere (maïs)akkers liggen.

De keuze van de akkers is niet gemakkelijk. Stel dat 7 boeren samen 35 akkers groeperen en dat er gemiddeld 17 akkers nodig zijn om in hun behoefte aan maïs te voldoen, dan zijn er ongeveer:

$$\frac{n!}{k!(n-k)!} = \frac{35!}{17!(35-17)!} = 4.537.567.650$$

mogelijke combinaties van 17 akkers. Uit deze veelheid aan mogelijke combinaties wordt actief gezocht naar de combinaties die het minst andere maïsakkers in hun perimeter hebben.

3.2. Materiaal en methode

3.2.1. Berekeningen

De gebruikte data zijn dezelfde als voordien: een digitale kaart met hierop alle landbouwpercelen voor zes clusters van aaneengrenzende gemeenten in de jaren 2004, 2005 en 2006 (zie hoofdstuk 2 Implementeerbaarheid van isolatieperimeters tussen percelen met transgene en niet-transgene maïs in Vlaanderen, deel 2.2.1. Ruimtelijke analyses). Berekeningen werden enkel gedaan voor het hok van 25 km² in Anzegem voor het jaar 2004. Al de percelen van de eigenaars die zich verenigd hebben om samen transgene maïs te telen worden geselecteerd en gegroepeerd. Uit deze set worden lukraak percelen geselecteerd, totdat de benodigde oppervlakte maïs bereikt is. Vervolgens wordt berekend hoeveel (maïs)percelen (uitgedrukt als een proportie van percelen) binnen de isolatieperimeters van alle geselecteerde percelen vallen. Deze bewerking wordt een zeer groot aantal keren herhaald, telkens met nieuwe combinaties van percelen.

Bij iedere nieuwe iteratie wordt de bekomen proportie vergeleken met de tot dan toe laagst gevonden proporties. Is de nieuwe proportie lager dan de voorlopig drie laagste proporties, dan wordt de bijhorende set percelen door de computer opgeslagen. De iteratie gaat voort tot er gedurende lange tijd geen nieuwe lagere proporties meer worden gevonden. De finale output is drie sets percelen geschikt voor het verbouwen van transgene maïs omdat er een minimum aantal andere percelen binnen hun perimeters liggen.

3.2.2. Scenario's

De telers die wensen samen te werken om transgene maïs te verbouwen, kunnen op verschillende manieren bepaald worden. Men kan een bepaald aandeel van de telers lukraak kiezen uit al de maïstelers, of men kan de telers met de grootste oppervlakte maïs kiezen. In het doorgerekende scenario (**S8**) werd 10 % van de eigenaars lukraak gekozen om samen transgene maïs te telen bij isolatieperimeters van 10, 25, 50 en 100 m.

Het scenario werd vergeleken met een referentie (**S8controle**) die 10000 lukraak gekozen percelencombinaties voor eenzelfde oppervlakte behelst.

3.3. Resultaten

Er werden lukraak 9 eigenaars geselecteerd die samen 35,5 ha maïs telen. Deze eigenaars beschikken over 57 (82,2 ha) akkers die in aanmerking kunnen komen voor maïsteelt: deze akkers worden bijeengebracht. De gemiddelde oppervlakte van de gegroepeerde percelen bedroeg 1,4 ha, dus gemiddeld waren er 24 percelen nodig om het vereiste areaal in te vullen. Het aantal mogelijke combinaties is $(57)! / ((24)! * (57! - 24!)) = 9,929472e+15$, veronderstellend dat alle percelen van de groep even groot zijn (wat in realiteit niet het geval is, maar dit heeft geen grote invloed op de resultaten).

Voor een isolatieperimeter van 10 m werd een combinatie van 18 percelen gevonden die voldoende transgene maïs kan leveren voor de 9 telers waarbij de proportie percelen van niet-transgene maïs binnen de isolatieperimeter beperkt bleef tot één perceel op een totaal van 210 percelen!

De gemiddelde oppervlakte van de aanbevolen percelen voor teelt van transgene maïs bedroeg 2,0 ha, wat groter was dan het gemiddelde van de bijeengebrachte percelen. Dit is niet onverwacht: immers, hoe groter de percelen, hoe minder percelen nodig zijn om aan de nodige oppervlakte te komen en hoe kleiner de proportie percelen die in hun nabijheid liggen.

Voor een isolatieperimeter van 100 m werd een combinatie van 14 percelen gevonden, waarbij slechts 4,3 % percelen met niet-transgene maïs binnen de perimeters liggen; het aantal betrokken eigenaars blijft rond de 10 %.

De gemiddelde oppervlakte van de aanbevolen percelen bedroeg in dit geval 2,5 ha.

Tabel 7 toont dat het actief kiezen van de "beste" percelen grote gevolgen heeft: bij een perimeter van 10 m vallen er 10 keer minder percelen binnen hun perimeters dan in een situatie van lukraak telen van transgene maïs. Hoe groter de perimeter, hoe kleiner het voordeel, maar bij 100 m gebeurt de reductie nog steeds met een factor 2.

Tabel 7: Resultaten van S8, waar 10 % van de eigenaars samenwerken om transgene maïs te telen met een minimum aan co-existentieproblemen, en van S8controle, waar dezelfde eigenaars hun percelen willekeurig met transgene maïs beplanten, voor isolatieperimeters van 10, 25, 50 en 100 m.

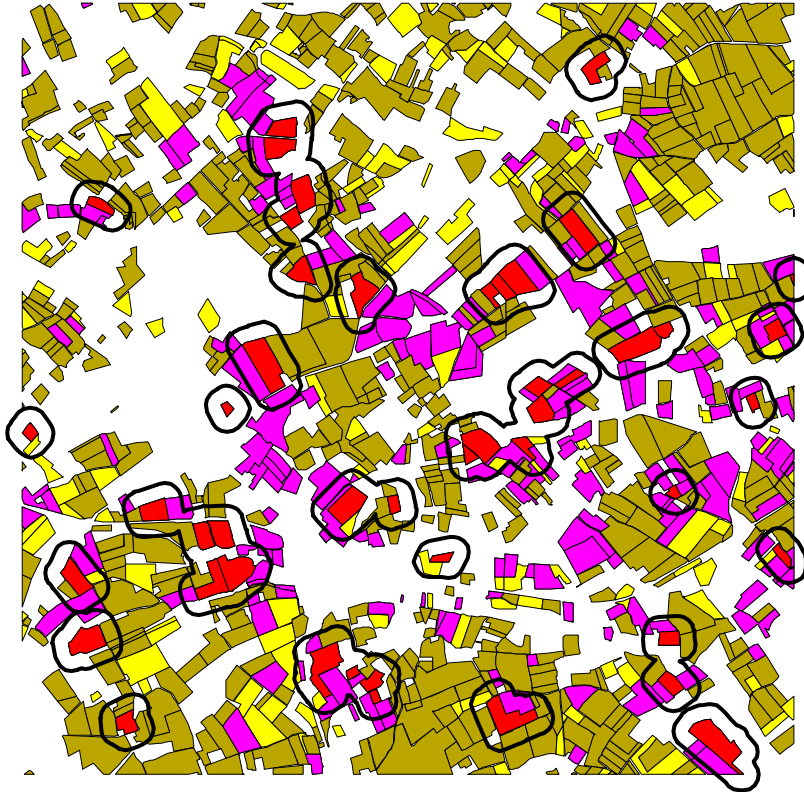
IP (m)	S8				S8controle		S8/S8controle	
	Laagste proportie percelen (%)	Laagste proportie eigenaars (%)	Aantal percelen met transgene maïs	Areaal transgene maïs (ha)	Proportie percelen (%)	Proportie eigenaars (%)	RF percelen	RF eigenaars
10	0,48	1,14	18	35,93	4,78	10,68	10,04	9,40
	0,95	2,27	15	36,16				
	0,95	2,27	19	35,93				
25	1,90	4,55	22	35,58	6,07	13,37	3,19	3,00
	1,90	4,55	18	36,20				
	1,90	4,55	18	35,61				
50	1,90	4,55	18	36,05	6,83	14,44	3,59	3,18
	2,38	5,68	17	37,94				
	2,38	5,68	20	38,69				
100	4,29	10,23	15	37,56	9,15	18,18	2,13	1,78
	4,29	10,23	14	35,77				
	4,29	10,23	14	35,64				

Afkorting: IP = isolatieperimeter; RF = reductiefactor

Bron: Cougnon, 2007

Figuur 21 toont visueel een analoog scenario, waarbij 30 % van de landbouwers hun akkers, geschikt voor de maïsteelt, bijeenbrengen.

Figuur 21: Situatie wanneer 30 % van de landbouwers samenwerken om percelen met transgene maïs optimaal te verdelen over hun akkers ten einde ruimtelijke co-existentieproblemen tot een minimum te beperken bij het implementeren van een isolatieperimeter van 100 m (situatie: S8; 30 % telers van transgene maïs; LOW; 2004; kakibruine percelen = percelen van eigenaars waarop geen maïs staat; gele percelen = niet-transgene maïs; purpere en rode percelen = percelen uit de de gemeenschappelijke pot; rode percelen = percelen waar het best transgene maïs wordt op geteeld; zwart = isolatieperimeters rond percelen met transgene maïs).



Bron: Cougnon, 2007

3.4. Discussie en conclusie

Bovenstaande methodologie kan landbouwers die transgene maïs wensen te telen helpen bij een perceelskeuze die minimale co-existentieproblemen oplevert. Randvoorwaarden en verfijningen van deze methodologie dringen zich op om de methode goed werkbaar te maken. Deelnemende landbouwers moeten tijdig met elkaar spreken. Bovendien moeten de deelnemende telers op voorhand weten op welke percelen de telers van niet-transgene maïs, hun maïs zullen telen. De deelnemende landbouwers moeten ook bereid zijn de maïs te telen op de percelen die de computer kiest. Hoewel de voorgestelde methode ruimtelijke co-existentieproblemen drastisch kan verminderen, zal ze de teelt van maïs in monocultuur wellicht versterken. Het is te

verwachten dat jaar na jaar grotere en meer geïsoleerde percelen frequenter uitgekozen zullen worden voor de teelt van transgene maïs. In de verfijning moet de methode ook teeltrotatie inbrengen.

Uit vorig hoofdstuk bleek het groeperen van alle percelen met transgene maïs de efficiëntste aanpak om ruimtelijke co-existentieproblemen te minimaliseren. Het nadeel van deze aanpak is dat ze de keuzevrijheid in landgebruik belemmert en dat ze wellicht monocultuur stimuleert. De methode die actief zoekt naar de beste percelen, reduceert co-existentieproblemen aanzienlijk zonder landbouwers de vrijheid in landgebruik volledig te ontnemen.

4. DE CO-EXISTENTIEPARADOX

Met co-existentie wordt in principe het naast elkaar bestaan van verschillende productiesystemen bedoeld. Enerzijds moet elke vorm van landbouw mogelijk blijven zonder andere landbouwwormen uit te sluiten. Anderzijds moeten landbouwers de keuzevrijheid behouden om gelijk welke typen van gewassen te telen.

Het feit dat lidstaten zelf co-existentie mogen uitwerken, biedt hen de autonomie om wetenschappelijk onderbouwde maatregelen op punt te stellen die aangepast zijn aan regionale landbouwcondities. Het resultaat is blijkbaar een heel variabele waaier aan isolatieperimeters. Vanuit een wetenschappelijk uitgangspunt lijken sommige van deze voorgestelde of opgelegde isolatieperimeters een bredere veiligheidsmarge in te bouwen dan nodig om de onbedoelde vermenging ten gevolge van kruisbevruchting in de oogst van naburige maïspancelen onder de vastgelegde Europese tolerantiedrempel te houden.

Neemt men een breder maatschappelijk uitgangspunt in, dan blijkt de keuze van isolatieperimeters niet onschuldig. De gigantische discrepantie tussen voorgestelde of opgelegde isolatieperimeters weerspiegelt conflicterende beleidsobjectieven tussen EU-lidstaten. Sommige lidstaten streven braaf een 0,9 % tolerantiedrempel na; andere lidstaten ervaren zelfs de kleinste kans op kruisbevruchting door stuifmeeloverdracht als onaanvaardbaar, en kiezen daarom zeer brede isolatieperimeters.

De conflicterende beleidsobjectieven zijn te wijten aan verschillen in normatieve uitgangspunten over de toekomstige samenleving, de plaats van de landbouw hierin en over de mogelijke ruimte voor transgene gewassen in de landbouw (Devos et al., 2006b, 2008; Levidow en Boschert, in druk). Door brede isolatieperimeters op te leggen wordt de potentiële teelt van transgene maïs in werkelijkheid onmogelijk gemaakt. Onrechtstreeks is deze keuze ook een expressie van het verwerpen van transgene gewassen, verpakt als een uiting van een grote aandacht voor ecologische aspecten van de landbouw. Het denkpatroon is immers dat transgene gewassen niet bijdragen tot een ecologische verbetering omdat ze hooguit een substitutie betekenen van b.v. plantenbeschermingsmiddelen.

Tegenstanders van genetische modificatie percipiëren de potentiële komst van transgene gewassen als een gevaar voor andere productietypen en in sommige gevallen ook voor ecologisch gevoelige zones. Ze accepteren niet dat veilig bevonden transgene gewassen effectief ook veilig zijn en streven daarom een nultolerantie na. De “zones vrij van transgene gewassen”, die over gans het Europese grondgebied als paddenstoelen uit de grond schieten en het gevestigde netwerk van “zones vrij van transgene gewassen”, bevestigen dat sommige actoren minstens een status quo zonder transgene gewassen nastreven. Ze verzetten zich ook tegen de pragmatische gedachte die stelt dat de macht van het overgewicht het recht geeft om een minderheidssysteem onmogelijk te maken.

Voorstanders van transgene gewassen zijn echter van oordeel dat co-existentie mogelijk is (en dus geen enkel landbouwsysteem uitsluit), mits het maken van goede afspraken tussen betrokkenen en het naleven van goede landbouwkundige praktijken

en wetenschappelijk onderbouwde co-existentiemaatregelen. In hun ogen wordt co-existentie misbruikt om de potentiële komst van de veilig bevonden transgene gewassen te verhinderen. Ze draaien de redenering van hierboven gewoon om en stellen in vraag of bestaande systemen het recht hebben om nieuwe systemen te gijzelen.

De conclusie is dat transgene gewassen controversieel en gestigmatiseerd blijven. In de praktijk spelen bredere kwesties en argumenten in het co-existentiedebat die veel verder reiken dan een nauw ingevuld socio-economisch co-existentiebeleid. Hierdoor is er soms verwarring tussen het breder maatschappelijke debat rond genetische modificatie en de co-existentie tussen transgene en niet-transgene gewassen.

In de EU is co-existentie – net als andere aangelegenheden rond transgene organismen – snel uitgegroeid tot een arena waarin conflicterende waarden, visies en belangen over genetische modificatie, transgene gewassen, duurzame landbouw en over toekomstperspectieven van de landbouw worden bekampt. Het valt af te wachten of het Europese co-existentiebeleid er ooit in zal slagen om de conflicterende normatieve uitgangspunten over landbouw (en de te spelen rol voor transgene gewassen hierin) te verzoenen, laat staan “vreedzaam” naast elkaar te laten bestaan.

5. REFERENTIES

- Aylor DE, Schultes NP, Shields EJ (2003) An aerobiological framework for assessing cross-pollination in maize. *Agric. For. Meteorol.* 119, 111-129
- Bannert M, Stamp P (2007) Cross-pollination of maize at long distance. *Eur. J. Agron.* 27, 44-51
- Bioforum (2007) Biologische landbouw is en moet ggo-vrij. De biotheek, http://bioforum.combell.net/biotheekbe_www/artikel.aspx?artikelID=630
- COGEM (2003) Co-existentie in de landbouw. COGEM signalering: CGM/031126-01
- COGEM (2004) Co-existentie in de landbouw: vermenging, uitkruising en isolatieafstanden. COGEM signalering: CGM/0041023-01
- Cougnon M (2007) Ruimtelijke isolatie tussen transgene en niet-transgene maïs. Scriptie voorgedragen tot het behalen van de graad van Bio-ingenieur in de landbouwkunde, Universiteit Gent, Gent, België
- Della Porta G, Ederle D, Bucchini L, Prandi M, Pozzi C, Verderio A (2006) Gene flow between neighboring maize fields in the Po Valley: a fact-finding investigation regarding coexistence between conventional and non-conventional maize farming in the region of Lombardy, Italy. Report, Centro Documentazione Agrobiotechnologie, Milan, Italy
- Della Porta G, Ederle D, Bucchini L, Prandi M, Verderio A, Pozzi C (in druk) Maize pollen mediated gene flow in the Po valley (Italy): source-recipient distance and effect of flowering time. *Eur. J. Agron.* DOI:10.1016/j.eja.2007.07.009
- Danish Act (2004) Act No. 436 on the growing etc. of genetically modified crops
- Demeke T, Perry DJ, Scowcroft WR (2006) Adventitious presence of GMOs: scientific overview for Canadian grains. *Can. J. Plant Sci.* 86, 1-23
- Demont M, Daems W, Dillen K, Mathijs E, Sausse C, Tollens E (in druk) Regulating coexistence in Europe: beware of the domino-effect. *Ecol. Econ.* DOI:10.1016/j.ecolecon.2007.10.016
- Devos Y, Reheul D, De Schrijver A, Cors F, Moens W (2004) Management of herbicide-tolerant oilseed rape in Europe: a case study on minimizing vertical gene flow. *Environ. Biosafety Res.* 3, 135-148
- Devos Y, Reheul D, De Schrijver A (2005) The co-existence between transgenic and non-transgenic maize in the European Union: a focus on pollen flow and cross-fertilization. *Environ. Biosafety Res.* 4, 71-87
- Devos Y, Reheul D, De Schrijver A (2006a) Considerations of cross-fertilization between GM and non-GM maize. *Information Systems for Biotechnology*, March issue, 6-9
- Devos Y, Reheul D, De Waele D, Van Speybroeck L (2006b) The interplay between societal concerns and the regulatory frame on GM crops in the European Union. *Environ. Biosafety Res.* 5, 127-149
- Devos Y, Reheul D, Thas O, De Clercq EM, Cougnon M, Cordemans K (2007) Implementing isolation perimeters around genetically modified maize fields. *Agron. Sustain. Dev.* 27, 155-165
- Devos Y, Maesele P, Reheul D, Van Speybroeck L, De Waele D (2008) Ethics in the societal debate on genetically modified organisms: a (re)quest for *Sense and Sensibility*. *J. Agric. Environ. Ethic.* 21, 29-61
- Devos Y, Thas O, Cougnon M, De Clercq EM, Cordemans K, Reheul D (in druk)

- Feasibility of isolation perimeters for genetically modified maize. *Agron. Sustain. Dev.* DOI:10.1051/agro:2007031
- Dolezel M, Pascher K, Grabherr G (2005) Regionality as a key parameter for co-existence of genetically modified maize with conventional and organic maize, in: Messéan A (Ed), *Proceedings of the 2nd International Conference on Co-existence between GM and non-GM based agricultural supply chains*, Agropolis Productions, Montpellier, pp. 203-206
- EC (2003a) Commission Recommendation of 23 July 2003 on guidelines for the development of national strategies and best practices to ensure the coexistence of genetically modified crops with conventional and organic farming. *Official J. European Comm.* L189, 36-47
- EC (2003b) Regulation (EC) 1829/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on genetically modified food and feed. *Official J. European Comm.* L268, 1-23
- EC (2004) Commission Recommendation of 4 October 2004 on technical guidance for sampling and detection of genetically modified organisms and material produced from genetically modified organisms as or in products in the context of Regulation (EC) No 1830/2003. *Official J. European Comm.* L348, 18-26
- EC (2006) Report on the implementation of national measures on the co-existence of genetically modified crops with conventional and organic farming
- Gustafson DI, Brants IO, Horak MJ, Remund KM, Rosenbaum EW, Soteris JK (2006) Empirical modeling of genetically modified maize grain production practices to achieve European Union labeling thresholds. *Crop Sci.* 46, 2133-2140
- Hin C (2001) Landbouwkundige risico's van uitkruising van GGO gewassen. Rapport van het Centrum voor Landbouw en Milieu, <http://www.clm.nl/publicaties/data/511.pdf>
- Holst-Jensen A, De Loose M, van den Eede G (2006) Coherence between legal requirements and approaches for detection of genetically modified organisms (GMOs) and their derived products. *J. Agric. Food Chem.* 54, 2799-2809
- Hoofdproductschap Akkerbouw (2005) Verordening van het Hoofdproductschap Akkerbouw van 10 november 2005 houdende regels over de teelt van toegelaten gg-gewassen naast de teelt van biologische en gangbare gewassen (verordening HPA co-existentie teelt 2005)
- Jarosz N, Loubet B, Durand B, Foueillassar X, Huber L (2005) Variations in maize pollen emission and deposition in relation to microclimate. *Environ. Sci. Technol.* 39, 4377-4384
- Levidow L, Boschert K (in druk) Coexistence or contradiction? GM crops versus alternative agricultures in Europe. *Geoforum* DOI:10.1016/j.geoforum.2007.01.001
- Marvier M, Van Acker RC (2005) Can crop transgenes be kept on a leash? *Front. Ecol. Environ.* 3, 99-106
- Messéan A, Angevin F, Gómez-Barbero M, Menrad K, Rodríguez-Cerezo E (2006) New case studies on the coexistence of GM and non-GM crops in European agriculture. Report, Joint Research Centre and Institute for Prospective Technological Studies, Seville, Spain
- Messeguer J, Peñas G, Ballester J, Bas M, Serra J, Salvia J, Palau delmàs M, Melé E (2006) Pollen-mediated gene flow in maize in real situations of coexistence. *Plant Biotechnology J.* 4, 633-645

- Perry JN (2002) Sensitive dependencies and separation distances for genetically modified herbicide-tolerant crops. Proc. R. Soc. Lon. B 269, 1173-1176
- Pla M, La Paz J-L, Peñas G, García N, Palaudelmàs M, Esteve T, Messeguer J, Melé E (2006) Assessment of real-time PCR based methods for quantification of pollen-mediated gene flow from GM to conventional maize in a field study. Transgenic Res. 15, 219-228
- Reheul D, Christiaens V, Devos Y, Custers R, Overloop S (2003) Gebruik van genetisch gemodificeerde organismen. MIRA-T 2003: Milieu- en natuurrapport Vlaanderen: Thema's, Hoofdstuk 2.22. Vlaamse Milieumaatschappij, Leuven, ISBN 90-209-5440-7, p. 367-378
- Sanvido O, Widmer F, Winzeler M, Streit B, Szerencsits E, Bigler F (in druk) Definition and feasibility of isolation distance for transgenic maize. Transgenic Res. DOI:10.1007/s11248-007-9103-1
- SCP (2001) Opinion of the Scientific Committee on Plants concerning the adventitious presence of GM seeds in conventional seeds, http://ec.europa.eu/comm/food/fs/sc/scp/out93_gmo_en.pdf
- Trifa Y, Zhang D (2004) DNA content in embryo and endosperm of maize kernel (*Zea mays* L.): impact on GMO quantification. J. Agric. Food Chem. 52, 1044-1048
- Van De Wiel CCM., Lotz LAP (2006) Outcrossing and coexistence of genetically modified with (genetically) unmodified crops: a case study of the situation in the Netherlands. Neth. J. Agr. Sci. 54, 17-35
- Vanryckeghem A (2000) Maïsveredeling: bevruchting van inteeltlijnen en heritabiliteit van agronomische belangrijke kenmerken. Scriptie voorgedragen tot het behalen van de graad van Bio-ingenieur in de landbouwkunde, Universiteit Gent, Gent, België
- Vlaamse Regering (2007) Voorontwerp van decreet houdende de organisatie van co-existentie van genetisch gemodificeerde gewassen met conventionele gewassen en biologische gewassen
- Weber WE, Bringezu T, Broer I, Holz F, Eder J (2007) Coexistence between GM and non-GM maize crops – tested in 2004 at the field scale level (Erprobungsanbau 2004). J. Agron. Crop Sci. 193, 79-92
- Weekes R, Allnut T, Boffey C, Morgan S, Bilton M, Daniels R, Henry C (2007) A study of crop-to-crop gene flow using farm scale sites of fodder maize (*Zea mays* L.) in the UK. Transgenic Res. 16, 203-211
- Weighardt F (2006) European GMO labeling thresholds impractical and unscientific. Nat. Biotechnol. 24, 23-25