

# Agro-ecologische analyse van ggo's in mondiale landbouw- en voedselsystemen

*Wouter Vanhove*

Even terug naar 29 mei 2011. Een groep actievoerders, verenigd onder het collectief *Field Liberation Movement* en hun sympathisanten, ondernam toen een protestactie tegen een veldproef met schimmelresistente ggo-aardappelen van het Vlaams Instituut voor Biotechnologie (VIB), het Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek (ILVO), Universiteit Gent en Hogeschool Gent, op de terreinen van het ILVO in Wetteren. De protestactie kreeg vooraf veel weerklank in de media, waardoor een heuse politiemacht de actievoerders stond op te wachten en de actie zelf al snel uit de hand liep. Nadien nam de stellingenoorlog tussen ggo-voorstanders en -tegenstanders ongeziene proporties aan, waarbij voorstanders de actievoerders onwetendheid, gewelddadigheid, en ideologische starheid werden verweten, terwijl de tegenstanders wezen op monopolisering, machtscentralisering, en risico's voor gezondheid en milieu bij een verdere ontwikkeling en verspreiding van genetisch gemodificeerde landbouwgewassen.

Nu het stof wat is gaan liggen, is er wellicht ruimte voor een poging tot een analyse van biotechnologie in de landbouw die vertrekt vanuit het beoogde doel: haar inzet in de verduurzaming van ons landbouw- en voedselsysteem. In deze bijdrage worden eerst en vooral de uitdagingen geschetst waarvoor ons landbouw- en voedselsysteem de komende decennia staat. Vervolgens wordt heel kort gekeken naar duurzame antwoorden op die complexe problematiek. Hoewel vele boeken aan dit onderwerp kunnen worden gewijd, zal snel worden overgegaan naar de problematiek om ggo's in dat plaatje te passen. Die moeilijkheden situeren zich rond een viertal assen: eenzijdige biologische innovatie in een complex agro-ecologisch systeem, agrobiodiversiteit, gezondheid en milieu en soevereiniteit van voedselproducenten en -consumenten.

## **Eenzijdige biologische innovatie in een complex agro-ecologisch systeem**

Hoewel de mens als soort al een kwart miljoen jaar op de planeet vertoeft, is de landbouw – het in cultuur brengen van planten en dieren – pas een slordige 10.000 jaar oud. In die periode is het landbouw- en voedselsysteem ingrijpend gewijzigd. Van seminomadische landbouw, en latere braaklandsystemen als het twee- en drieslagstelsel, kwam de (Europese) landbouw in de zestiende eeuw in een permanent bebouwd systeem terecht waarin graanteelt (gerst, tarwe, haver) werd afgewisseld met grasland, wortelgewassen (o.a. de uit de Nieuwe Wereld afkomstige aardappelen) en klaverteelt. Een van de belangrijkste productiefactoren in de landbouw, namelijk grond, werd dus steeds intenser gebruikt. Dit was ook nodig, want de voedselproductie moest een exponentieel stijgende bevolking kunnen bijbenen. De zogenaamde Malthusiaanse catastrofe, waarbij de landbouwproductiegroei uiteindelijk door de bevolkingsgroei zou worden overtroffen, werd de voorbije eeuwen steeds afgewend door via wetenschappelijke

inzichten verkregen innovaties in de landbouwproductie: het ontdekken van het belang van plantenvoeding, de productie van de eerste kunstmatige stikstof- (1915) en fosfor- (1927) meststoffen, en de introductie van veredelde, nieuwe gewasvariëteiten met verhoogde opbrengst. Die nieuwe variëteiten, in combinatie met aangepaste, intensieve bemesting speelden een belangrijke rol in de Groene Revolutie (1960-1980) die in Azië zorgde voor een verdrievoudiging van de tarwe-opbrengsten en een vertienvoudiging van de rijstopbrengsten. Hierdoor werd aan het begin van de jaren '60 in India een grote hongersnood voorkomen. De veredeling en verspreiding van dergelijke hoge-opbrengstvariëteiten heeft zich ondertussen over de hele planeet doorgezet. De combinatie van monocultuur met meststoffen en chemische bestrijdingsmiddelen deed de mondiale voedselproductie stijgen tot boven het niveau dat nodig is om de wereldbevolking te voeden. Hoewel honger moeilijk meetbaar is, kan worden gesteld dat sinds 1960 het aandeel chronisch ondervoeden op de wereld geleidelijk aan is gedaald en dat sedert 1990 zowel het aandeel als het absolute aantal chronisch ondervoeden gestaag is afgenomen.

Tot zover het goede nieuws. Men kan moeilijk ontkennen dat de intensivering van de mondiale landbouwproductie grote nadelige ecologische en socio-economische gevolgen met zich mee heeft gebracht. Landbouw veroorzaakt 17% van de CO<sub>2</sub>-, 60% van de methaan-, en 50% van de N<sub>2</sub>O-emissies op de planeet. De steeds stijgende vraag naar voedsel werd ook niet enkel met hoge-opbrengstgewassen beantwoord. Grote delen (tropisch) bos werden en worden gekapt en omgevormd tot landbouwgronden. Nog steeds wordt op Aarde elk jaar maar liefst 13 miljoen ha bos (een oppervlakte gelijk aan die van Griekenland) gekapt (FAO, 2013). Bovendien heeft intensieve landbouw een onomkeerbare aantasting van de landbouwbodems teweeg gebracht. De afgelopen 150 jaar erodeerde wereldwijd de vruchtbare toplaag van de helft van alle landbouwbodems (Utuk & Daniel, 2015). Maar liefst 70% van alle zoetwater op aarde wordt vandaag de dag voor de landbouw ingezet (Pimentel *et al.*, 2014). Er wordt verwacht dat in vele – vooral tropische – landbouwgebieden klimaatverandering een substantiële neerslagvermindering met zich zal meebrengen (Easterling *et al.*, 2004; Kang, 2009). Het hoge waterverbruik maakt intensieve landbouwsystemen dan ook extra kwetsbaar voor klimaatverandering. Intensieve landbouwsystemen maken gebruik van grote hoeveelheden pesticiden en meststoffen, die niet door het systeem zelf kunnen worden geabsorbeerd en daardoor een groot aandeel hebben in watervervuiling (Conway & Pretty, 2013). Door haar omvang, intensiteit en afhankelijkheid van één enkel gewas of gewasvariëteit, veroorzaakt de industriële landbouw tenslotte een groot verlies aan (agro)biodiversiteit.

De intensivering van de landbouw ging hand in hand met een heel sterke mondialisering die gepaard ging met een grote horizontale en verticale integratie en concentratie zowel in de toeleverende als in de afnemende landbouw- en voedselindustrie. Meststoffen, zaden en bestrijdingsmiddelen zitten vaak in één pakket, beheerd door grote multinationale concerns. Agrochemische, biotechnologische en zaaigoedbedrijven zijn vandaag de dag steeds vaker geïntegreerde sectoren. Die mondialisering zorgt dan wel voor een groei in de wereldwijde landbouwproductie, maar helaas ook in een toenemende inkomstenongelijkheid tussen boeren: in industrielanden zorgen boeren vandaag voor 70 keer meer toegevoegde waarde dan in Sub-Sahara Afrika (World Bank, 2015).

Klimaatverandering versterkt bovendien de bestaande ongelijkheid tussen landbouwers in het Noorden en het Zuiden. Wie het minst verantwoordelijk is voor klimaatverandering, zal ironisch genoeg er de zwaarste gevolgen van ondervinden. Onder alle klimaatscenario's van het *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) wordt een sterker negatief effect verwacht van de temperatuurstijging op de landbouwproductie in het Zuiden in vergelijking met het Noorden (Schmidhuber & Tubiello, 2007). Bovendien zal West- en Zuidwest-Afrika het tegen 2050 jaarlijks met 100 tot 200 mm minder neerslag moeten stellen in vergelijking met het jaar 2000 en zal de neerslag een veel onregelmatiger patroon vertonen (Easterling *et al.*, 2007; Kang *et al.*, 2009). Dat is bijzonder slecht nieuws voor de landbouw in Sub-Sahara Afrika die grotendeels van regen afhankelijk is en waar irrigatiemogelijkheden beperkt zijn. Er wordt dan ook verwacht dat tegen 2080 Sub-Sahara Afrika vermoedelijk de rol van Azië zal overnemen als meest voedselonzekere regio ter wereld (Easterling *et al.*, 2007).

Hoewel industriële landbouw voor een aanzienlijke globale productiestijging heeft gezorgd, heeft het opmerkelijk genoeg het hongerprobleem nog niet uit de wereld geholpen. Vandaag lijden nog steeds zo'n 800 miljoen mensen chronisch honger (FAO, 2016). Tijdens de financiële crisis van 2008/09 verdubbelden tot verdriedubbelden de voedselprijzen, waardoor het aantal chronisch ondervoeden steeg tot meer dan 1 miljard. De helft van de hongerslijdenden zijn kleine boeren, 75% leeft op het platteland en 60% zijn vrouwen. Bovendien lijden meer dan 1 miljard mensen aan zogenaamde 'verborgen honger' (Muthayya *et al.*, 2013): een chronisch gebrek aan (micro-)nutriënten (vitamines en mineralen) met allerlei (chronische) ziektes tot gevolg. Paradoxaal genoeg kan dit soort ondervoeding gepaard gaan met obesitas en andere aandoeningen zoals diabetes en hart- en vaatziekten, die eerder aan een welvend dieet worden gelinkt (Prentice, 2006). Verborgen honger en welvaartsziekten in het Zuiden zijn grotendeels uitwassen van een industrieel landbouw- en voedselsysteem dat vezel- en vitaminerijke gewassen heeft vervangen door energierijke graan- en oliegewassen en daarvan afgeleide voedingsmiddelen.

Volgens het meest gangbare demografische model dat door de Verenigde Naties (VN) wordt gehanteerd, zal de wereldbevolking in 2050 ongeveer 9 miljard mensen tellen. De voedsel- en landbouworganisatie FAO van de VN, schat dat om te voldoen aan de stijgende vraag naar voedsel (en daarbij de meer dan proportioneel stijgende vraag naar vlees) en biobrandstoffen, de landbouwproductie wereldwijd zal moeten stijgen met 75% tot 100% (FAO, 2009). Men kan ernstige vragen stellen bij deze noodzaak, vooral omdat de schatting uitgaat van de huidige organisatie van voedselsystemen en dan vooral van de voortzetting van weinig duurzame voedselpatronen zoals een hoge vleesconsumptie. Tropische en subtropische, kleinschalige landbouwsystemen functioneren nu echter onder het potentieel. Een duurzame productiviteitsstijging in die systemen kan wellicht veel effectiever mogelijks toekomstige Malthusiaanse crisissen afwenden (UNCTAD, 2013). Dé grote uitdaging waar we de mondiale landbouw dan ook vandaag voor staat, is haar productie in de toekomst effectiever en duurzamer af te stemmen op reële voedselnoten.

Het is duidelijk dat gezien de complexiteit van het mondiale landbouw- en voedselweb, en de ecologische en socio-economische problemen die de ingeslagen weg van intensivering en mondialisering met zich meebrengt, het antwoord op die uitdaging een heuse transitie van het landbouw- en voedselsysteem vergt. Vandaar de keuze voor

een agro-ecologische analyse van het probleem en van ggo's als (deel van de) oplossing. Hoewel agro-ecologie oorspronkelijk vooral bedoeld was als *de toepassing van ecologische concepten en principes op het ontwerp en beheer van duurzame landbouwsystemen* (Altieri, 1987), richt zij zich tegenwoordig op het hele voedselsysteem: van gewasecologie naar de studie van alle sociale, economische en politieke interacties tussen plant, dier, mens en fysische omgeving (Francis *et al.*, 2003; Wezel *et al.*, 2009).

Het uiteenzetten van een agro-ecologische visie op een duurzaam planetair landbouw- en voedselmodel is een essay op zich waard. Een goede en gedetailleerde analyse wordt gegeven door Visser (2012). We beperken ons hier tot een opsomming van enkele essentiële elementen van een agro-ecologische transitie. Op individueel landbouwbedrijfs- en veldniveau omvatten die i) een verschuiving naar productie die minder (of geen) externe inputs vergt, meerjarige gewassen (bomen) integreert (zgn. *agroforestry*), rotatiesystemen in plaats van permanente bebouwing hanteert, mengteelten van verschillende gewassen in plaats van monoculturen bevat, en gebruik maakt van gemengde, grondgebonden veeteelt- en gewassystemen; ii) verhoogd gebruik en conservatie van (agro) biodiversiteit op de landbouwbedrijven; iii) opwaardering voor ecosysteemdiensten in de landbouw (bijvoorbeeld de bescherming van bodems tegen erosie door permanente bebouwing); en iv) geïntegreerde bestrijding van ziektes en plagen. Op macroniveau is er absoluut nood aan aanpassingsinitiatieven voor de 500 miljoen kleinschalige telers die vandaag de dag om en bij de 2,5 miljard mensen voeden. Voor hen is een betere integratie in lokale voedselmarkten een absolute noodzaak. Voedselsoevereiniteit (Debel, 2011) staat centraal in die integratie. Kleinschalige boeren, en meer algemeen rurale gemeenschappen in het Zuiden, zijn nu al te veel afhankelijk van mondiale markten met een eenzijdig, voedingsarm aanbod en onvoorspelbaar sterk schommelende marktprijzen. Om die soevereiniteit te bereiken zijn grote wijzigingen noodzakelijk in de mondiale architectuur van het landbouwbeleid (subsidies, prijsinterventies, eigendomsrechten van landbouwgronden, sociale bescherming voor familiale landbouw, etc.) en in handelsbeleidsmaatregelen zoals importheffingen en standaarden. Verder is er nood aan de uitbouw van gedecentraliseerde, lokale zaaigoedsysteem waarin de conservatie van agrobiodiversiteit wordt gewaarborgd.

### Ggo's

Met ggo's worden in deze bijdrage specifiek genetisch gemodificeerde landbouwgewassen bedoeld. Het gaat daarbij om biotechnologische toepassingen in de landbouw, waarbij bewust wijzigingen aan het genetisch materiaal van de plant worden aangebracht met het oog op specifieke veranderingen in een eigenschap van die plant. Hoewel de techniek al meer dan 30 jaar geleden werd ontdekt, zijn wereldwijd slechts een tweetal concrete toepassingen massaal in gebruik die zijn gebaseerd op het inbrengen van een stuk bacterieel DNA in de plantengenen: 1) herbicidetolerante gewassen, waarbij het gewas resistent wordt gemaakt tegen een onkruidverdelger zodat die alle planten op een veld doodt behalve het gewas zelf; en 2) insectenresistente gewassen waarbij een gen wordt ingebouwd dat er voor zorgt dat de plant een bio-insecticide (Cry-proteïnes) produceert zodat het gewas resistent wordt tegen insectenplagen (de zogenaamde Bt-gewassen). Daarnaast zijn

er een aantal toepassingen van ggo's rond virusresistentie (bijvoorbeeld papaja's resistent tegen het Papaya Ringspot Virus of cassave resistent tegen Cassava Mosaic Virus en de Brown Streak Disease), ggo's met gewijzigde voedingseigenschappen (biofortification) waaronder de veelbesproken met een precursor van Vitamine A verrijkte Gouden Rijst) en de vaak aangekondigde, maar tot op heden nog niet gerealiseerde ontwikkeling van droogte- of zouttolerante gewassen. Wereldwijd werden in 2014 182 miljoen hectare (2,5% van het globale areaal en 10% van akkerbouw) ggo's verbouwd in 28 landen. Vier vijfde van het ggo-areaal bevindt zich in de VS, Brazilië en Argentinië. De top vier (samen goed voor 84%) van het totale ggo-areaal bestaan uit herbicidentolerante soja (47%), Bt-maïs (23%), Bt-katoen (9%) en herbicidentolerant koolzaad (5%). In Europa gebeurt de goedkeuring voor ggo-teelt en -consumptie na een initiële veiligheidsevaluatie door het Europese Voedselveiligheidsagentschap (EFSA) via een gekwalificeerde meerderheid door de lidstaten die zich laten vertegenwoordigen in een zogenaamd 'permanent comité'. Die gekwalificeerde meerderheid wordt in Europa – door terughoudendheid van de lidstaten – echter zelden gevonden. In april 2015 voerde de Europese Commissie een nieuwe regeling in (op-out) waarbij lidstaten op basis van uiteenlopende criteria zelf kunnen beslissen een ggo al dan niet toe te laten voor de teelt. Momenteel hebben reeds 19 van de 28 lidstaten voor een volledige opt-out gekozen op tenminste een deel van hun grondgebied. Een en ander heeft ervoor gezorgd dat het ggo-areaal in de EU is beperkt tot slechts 0,1 miljoen ha. Momenteel is Bt-maïs MON810 het enige ggo dat in Europa (vooral in Spanje) wordt geteeld omwille van zijn resistentie tegen de maïsstengelboorder. Een veel bredere waaier aan ggo's is toegelaten in de EU als veevoeder. De EU voert jaarlijks zo'n 40 miljoen ton soja in als veevoeder, waarvan naar schatting > 90% ggo-soja.

Ggo's (zie kaderstuk) kunnen in een duurzame landbouwtransitie dan ook hoogstens een marginale rol spelen. Dat komt omdat ggo's intrinsiek niet de agro-ecologische complexiteit van landbouw- en voedselsystemen erkennen maar ingrijpen op eenzijdige biologische kenmerken waar systeemveranderingen zijn vereist. Bovendien gaan ggo's uit van een productiviteitsparadigma (Visser, 2012): meer produceren met minder, daar waar een agro-ecologische innovatie ook de aard en de hoeveelheid, en dus ook de vraag naar landbouw-output in vraag moet stellen. Recent schuiven zogenaamde eco-modernisten (Asafu-Adjaye *et al.*, 2015) ggo's samen met kernenergie prominent naar voren als technologische oplossingen die het huidige groeipad in landbouw- en voedselproductie kan voortzetten en het bovendien kan loskoppelen van de negatieve milieueffecten die een verdere intensivering met zich dreigt mee te brengen (Holemans, 2015). Ggo's zijn daarbij een emanentie van het eco-modernistisch beginsel dat in het Anthropocene de natuur zich kan aanpassen aan de mens. We zullen verder zien dat dit niet alleen niet klopt, maar dat bovendien ggo's (en eigenlijk het hele eco-modernistisch discours) op maat zijn

***Ggo's kunnen in een duurzame landbouwtransitie hoogstens een marginale rol spelen, omdat ze intrinsiek niet de agro-ecologische complexiteit van landbouw- en voedselsystemen erkennen, maar ingrijpen op eenzijdige biologische kenmerken waar systeemveranderingen zijn vereist.***

gemaakt van multinationale, centralistische bedrijven die momenteel verantwoordelijk zijn voor de grootste uitwassen in de mondiale landbouw, daardoor feitelijk het huidige grotendeels onduurzame model bestendigen, en dus een echte duurzame landbouw- en voedseltransitie in de weg staan.

Zelfs als we enkel de beloofde opbrengstverhogingen van ggo's beschouwen, is de 'oogst' mager. Een studie (Gurian-Sherman, 2009) naar de impact van 20 jaar ggo-mais en -soja in de VS stelde een marginale tot een negatieve opbrengststijging vast (-5% voor herbicidentolerante soja) in vergelijking met dezelfde niet-ggo-teelten in de EU. Klassieke veredeling en verbeterde landbouwtechnieken zorgden de afgelopen 20 jaar voor 1% opbrengststijging. In India brengt de wijd verspreide insectenresistente *Bt*-katoen enkel effectief meer op indien hij wordt geproduceerd in een intensief geïrrigeerd systeem met bijpassende meststoffen en waarbij bestrijdingsmiddelen noodzakelijk blijven (Gutierrez *et al.*, 2015).

***Zelfs als we enkel de beloofde opbrengstverhogingen van ggo's beschouwen, is de 'oogst' mager.***

---

**Agrobiodiversiteit**

Agro- of landbouwbiodiversiteit omvat de volledige variatie van planten, dieren en micro-organismen die direct of indirect worden gebruikt voor de productie van voedsel in een landbouwsysteem. Agrobiodiversiteit kan dus beschouwd worden als een deelverzameling van de globale biodiversiteit. Ongeveer 250.000 van de geschatte 2 miljoen verschillende plantensoorten op Aarde, zijn botanisch beschreven; 30.000 daarvan zijn eetbaar; terwijl slechts een 120 daarvan als gewas worden geteeld; 75% van onze voedselvoorziening hangt af van slechts 9 plantensoorten (tarwe, rijst, maïs, gerst, gierst, soja, aardappelen, yamswortel en suikerriet), waarvan de eerste 3 soorten voor de helft van ons voedsel instaan (FAO, 2012). Vele eetbare en vaak nutritionele planten worden dus onderbenut (Padulosi & Giuliani, 2004). Maar ook binnen plantensoorten is de zogenaamde genetische diversiteit bijzonder groot. Het gaat daarbij om alle variëteiten die in de geschiedenis van het gewas wereldwijd via selectie, aanpassing aan lokale omgevingsomstandigheden en veredeling zijn ontstaan. We besteden hier bijzondere aandacht aan agrobiodiversiteit omdat de variatie tussen en binnen soorten van cruciaal belang is in een duurzaam landbouwsysteem. Voor gewasveredelaars vormt agrobiodiversiteit een brede basis voor ontwikkeling van nieuwe variëteiten, aangepast aan lokale (en vaak veranderende) omstandigheden. Agrobiodiversiteit kan worden beschouwd als een reservoir van genen met huidig en toekomstig nut (bijvoorbeeld tolerantie tegen een nog op te duiken ziekte). Voor boeren zorgt agrobiodiversiteit o.a. voor meer veerkracht tegen ziektes, plagen en droogte waardoor op lange termijn landouwsystemen met grotere gewasdiversiteit (binnen en tussen soorten) minder kwetsbaar zijn, risico's kunnen spreiden en dus inkomsten- en voedselzekerheid voor de boeren verhogen. Helaas staat agrobiodiversiteit door landbouwintensivering de voorbije eeuw heel sterk onder druk. Gewasveredeling op basis van een aantal (vaak eenzijdig opbrengstgerichte) kenmerken heeft hun introductie en verspreiding versneld ten koste van lokale gewassoorten en/of -variëteiten. De voorbije 50 jaar ging maar liefst 70% van alle traditionele rijstvariëteiten verloren (Kuyek, 2000). In China worden vandaag slechts 1.000 van de oorspronkelijke 10.000 tarwevariëteiten gebruikt. In de VS wordt

momenteel 75% van alle aardappelen door slechts 4 variëteiten, en 50% van alle soja door slechts 6 variëteiten geproduceerd. De groentendiversiteit in de VS is de voorbije eeuw met 90% afgenomen (Thrupp, 2000). In Midden-Amerika – het diversiteitscentrum van maïs – gaan elk jaar per boerderij 0,04 maïsvariëteiten verloren (Dyer *et al.*, 2014).

Er is dus een duidelijke correlatie tussen het verlies aan agrobiodiversiteit en de intensivering van het landbouwsysteem. De mechanismen daarachter worden goed uiteengezet door de Amerikaanse onderzoeker Howard (2009). Bij technologische innovatie treedt een zogenaamd ‘loopbandeffect’ op. Technologische landbouwinnovaties zoals ggo’s geven vaak, zo niet productieverhoging, dan wel vaak een betere markttoegang voor het gewas in kwestie (door doelbewuste introductie met promotie en/of subsidie). Aanbodstijging zorgt voor een algemene prijsdaling van het gewas waardoor andere boeren worden gedwongen om zelf de nieuwe variëteiten te planten ten koste van traditionele variëteiten om zo een leefbare prijs te krijgen. Ze moeten als het ware ‘meehollen’ op de loopband om er niet af te vallen. Gewasinnovaties zoals hybriden (niet-ggo-veredelde variëteiten die enkel kunnen verkregen worden door kruising van twee andere variëteiten) en ggo’s, versnellen de loopband. De ontwikkeling en productie van hybriden en ggo’s zijn bovendien niet meer in handen van de boeren. Hierdoor is selectie, bewaring en herinzaai van de traditionele gewassen en hun diversiteit niet meer mogelijk voor lokale gemeenschappen en vormt het een belangrijke oorzaak van de erosie van agrobiodiversiteit.

***Agrobiodiversiteit, door landbouw-intensivering de voorbije eeuw heel sterk onder druk, verdient bijzondere aandacht, omdat de variatie tussen en binnen soorten van cruciaal belang is in een duurzaam landbouwsysteem. Zo gebruikt China vandaag nog 1.000 van de oorspronkelijke 10.000 tarwevariëteiten; de groentendiversiteit in de VS is de voorbije eeuw met 90% afgenomen.***

Aangezien ggo-kenmerken in slechts enkele – niet altijd de meeste aangepaste – variëteiten worden geïntroduceerd en eigendomsrechten op het inbrengen van die kenmerken in handen zijn van grote agro-industriële bedrijven (zie verder) wordt de boeren dus een belangrijke bron voor lokaal gebruik en veredeling van hun eigen gewassen ontnomen. Dit opent een grote valkuil: het veranderen van één kenmerk geeft vandaag eventueel een (kortstondige) meeropbrengst, maar tegen de ggo-kenmerken resistent wordende ziektes en plagen en nieuwe socio-economische of milieumomstandigheden (klimaatverandering) vergen een brede basis voor veredeling die momenteel sterk onder druk staat. Hoewel die bedreiging niet enkel uitgaat van ggo’s, maar ook van reeds vele decennia opgang makende hybride variëteiten, zorgen ggo’s voor een versnelling van het loopbandeffect. Ggo’s zijn daar bij een typische *lock-in* technologie (Stirling, 2007) die de landbouw verder op weg zet in de richting van intensivering, met besteding van de kenmerkende sociale en milieuproblemen, en dus met afnemende mogelijkheden om een grondige omslag naar een werkelijk duurzaam systeem te maken.

### Milieu en gezondheid

Wellicht de grootste controverse rond ggo’s is het debat over hun effecten op milieu en gezondheid. Door een aantal onhandige en vaak slecht onderbouwde claims van sommige actiegroepen rond de negatieve gezondheidseffecten van ggo’s, wordt ggo-sceptis

de laatste jaren vaak bestempeld als ‘hysterisch’ en ‘onwetenschappelijk’. Toch is er reden tot bezorgdheid. Een aantal onderzoeken op zoogdieren die met ggo’s worden gevoerd wijzen bijvoorbeeld op mogelijke negatieve gezondheidseffecten. Die studies worden veelal aangevallen door ggo-proponenten, wat in vele gevallen tot heftige polemische discussies leidt. Een gekend voorbeeld is de beruchte toxicologische studie van Séralini *et al.* (2012) naar het effect van herbicidentolerante maïs (NK603) al dan niet in combinatie met onkruidverdelger glyfosaat, getest op ratten. De resultaten (orgaan-schade, mortaliteit en carcinogeniteit van alle behandelingen) werden sterk bekritiseerd: de gebruikte ratten produceren makkelijk tumoren, de studie bevatte een aantal statistische fouten, er werd een te klein aantal ratten gebruikt, etc. Na een ongeziene storm van protest (niet het minst vanuit de industrie, die overigens dezelfde ratten ook gebruikt bij routine veiligheidstesten voor ggo’s) werd de oorspronkelijke publicatie van het onderzoek teruggetrokken door het tijdschrift *Food and Chemical Toxicology*. Belangrijk is dat dit officieel niet gebeurde wegens onjuistheid in de gegevens, wel omdat uit het onderzoek geen harde conclusies konden getrokken worden (*‘study is inconclusive’*). Hoewel deze terugtrekking door ggo-voorstanders als een grote overwinning wordt gezien, zijn er een pak vraagtekens bij de terugtrekking te zetten. Publicaties zijn zelden helemaal ‘beslist’. Wetenschappelijke inzichten zijn immers altijd sociale constructies (Deblonde, 2014). Op basis van bepaalde resultaten kunnen conclusies worden getrokken die richting kunnen geven aan een maatschappelijke of politieke bijsturing, maar die wetenschappelijk bekritiseerd kunnen worden en meestal aanleiding geven tot verder onderzoek. De ploeg van Séralini heeft dit overigens zelf gedaan, in een publicatie (Séralini *et al.*, 2013) als antwoord op de geformuleerde kritieken, die helaas heel wat minder aandacht kreeg. De terugtrekking, de polemiek en de uitgevoerde druk op het wetenschappelijk tijdschrift duiden op een zorgwekkende politisering van wetenschappelijke publicaties (Portier *et al.*, 2014).

Op basis van een metastudie die 1.700 publicaties screende over 10 jaar onderzoek naar de veiligheid van ggo’s (Nicolia *et al.*, 2013), wordt soms geclaimd dat er een ‘consensus bestaat over de veiligheid van ggo’s’. De metastudie van Nicolìa *et al.* (2013) negeert echter een aantal studies die wel degelijk op risico wijzen - vooral met betrekking tot negatieve milieueffecten - en besteedt disproportioneel veel aandacht aan opiniërende publicaties en door de biotech-industrie zelf uitgevoerde studies. Het artikel is een schoolvoorbeeld van hoe het ideaal van *evidence based policy* in de regulering van ggo’s onmogelijk wordt gemaakt door *policy based evidence* (Deblonde, 2014): meta-studies gaan bijna altijd uit van een bepaalde (door economische of politieke motieven bepaalde) hypothese waarna een reeks literatuurbronnen wordt geselecteerd en weergegeven op een manier die maximaal het uitgangspunt bevestigt (in het geval van Nicolìa *et al.* (2013): ‘ggo’s zijn veilig’). Over de veiligheid van ggo’s kunnen echter geen absolute uitspraken worden gedaan. Onbedoelde wijzigingen in metabolische ‘pathways’ van genetisch gewijzigde organismen vallen theoretisch gewoonweg niet uit te sluiten. Hierdoor kunnen onbedoeld stoffen worden geproduceerd met nadelige gezondheidseffecten (bijvoorbeeld allergenen). Om die grondig te onderzoeken, is veel meer lange-termijnonderzoek nodig. Toxicologische studies op ggo’s duren nu meestal 90 dagen. Séralini *et al.* (2012) voerden het eerste toxicologisch onderzoek op ggo’s uit met een duur van twee jaar. Bovendien wordt bij ggo-veiligheidsonderzoek uitgegaan van zogenaamd *substantial equivalence* waarbij een beperkte set aan (anti-)nutriënten en toxines wordt getest en vergeleken met hun aanwezigheid in een niet ggo-gewas. Als de verschillen niet significant zijn, wordt verondersteld dat het ggo ‘substantieel



gelijkwaardig' is aan de niet-ggo-plant, wat dus niet noodzakelijk zo is. Verder zijn sommige onderzoeksresultaten tegenstrijdig (o.a. door verschillende methodologieën), is er weinig geld voor echt onafhankelijk veiligheidsonderzoek en wordt onderzoeksmateriaal niet altijd vrijgegeven door de bedrijven die de tests uitvoeren (Hilbeck *et al.*, 2015).

Een vaak gebruikt argument ter ondersteuning van ggo's is de bewering dat ze het pesticidegebruik doen dalen (Klümper & Qaim, 2014). In de VS (het enige land met min of meer duidelijke, beschikbare cijfers) bracht de toepassing van *Bt*-gewassen op het eerste zicht inderdaad een lichte daling van het insecticidegebruik met zich mee. Er wordt echter zelden rekening gehouden met insecticiden (en dan vooral de voor bijen vermoedelijk zeer schadelijke neonicotinoïden) die door *coating* preventief op het zaad worden aangebracht. Bij vele ggo's – bijvoorbeeld bij > 80% van alle (*Bt*-)maïs in de VS – is dit een standaard praktijk (Douglas & Tooker, 2015). Bovendien zorgden herbicidentolerante ggo's de voorbije 10 jaar voor een aanzienlijke stijging in herbicidegebruik (+ 21% in de VS) (Benbrook, 2012). Die herbicides worden ook steeds eenzijdiger beperkt tot glyfosaat (beter bekend onder de merknaam Roundup © van Monsanto) omdat dit het product is waarvoor de meeste herbicidetolerante ggo's werden ontwikkeld. Dat is problematisch omdat glyfosaat met vliegtuigen massaal wordt gespreid op soja-plantages (bijvoorbeeld in Paraguay en Brazilië) en dus ook op de arbeiders die zich erin bevinden. Hoewel glyfosaat lang als ongevaarlijk werd beschouwd, classificeerde de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) het onlangs als waarschijnlijk kankerverwekkend (Guyton *et al.*, 2015). Bovendien zorgt het toenemend eenzijdig gebruik van glyfosaat voor een stijgend aantal glyfosaat-resistente onkruiden. In een systeem waarin het middel massaal wordt toegepast overleven immers enkel de toevallig ontstane resistente mutanten. In de VS alleen al zijn momenteel 14 onkruiden resistent tegen glyfosaat (Gilbert, 2013). Onkruidresistentie illustreert hoe ggo's slechts een deelprobleem (herbicidegebruik) van een bredere landbouwproblematiek aanpakken en slechts een kortstondige oplossing bieden.

*Bt*-toxines in insectenresistente gewassen, tenslotte, zijn niet steeds selectief. De impact op terugvallende populaties van de monarchvlinder (*Danaus plexippus*) (Sears *et al.*, 2001; Hartzler, 2010) en het tweestippelig lieveheersbeestje (*Adalia bipunctata*) (Schmidt *et al.*, 2009; Hilbeck *et al.*, 2012) zijn daarbij uitgegroeid tot heuse symbooldossiers. Ook treedt er hier en daar bij *Bt*-gewassen resistentie op tegen de plaaginsecten: bijvoorbeeld resistentie van maïswortelkever (*Diabrotica virgifera*) bij *Bt*-maïs in de VS (Devos *et al.*, 2012) of van de *pink bollworm* (*Pectinophora gossypiella*) bij *Bt*-katoen in India (Dhurua & Gujar, 2011).

In de afweging van de risico's van ggo's voor mens en milieu, en dan vooral in de politieke en regelgevende gevolgen die eraan worden gegeven, speelt het voorzorgsprincipe (Vanhove, 2015) een cruciale rol: als er een (ongekend) risico op schade bestaat, mag een gebrek aan wetenschappelijke zekerheid geen maatregelen beletten die de schade kan beperken of tegengaan (MacKenzie, 2012). Het voorzorgsprincipe is juridisch verankerd in de EU-regelgeving terwijl in de VS producenten de volle verantwoordelijkheid dragen en schade vergoed wordt, eens ze is opgetreden. Het hoeft dan ook niet te verwonderen dat gezien de vele wetenschappelijke controverses rond ggo's, de EU alsnog nauwelijks ggo's toelaat, terwijl ze in de VS blijvend opmars maken. Maar wereldwijd ligt onder andere een verschillende houding ten aanzien van het voorzorgsprincipe aan

de basis van de kloof en het onbegrip tussen ggo-voorstanders en technologische optimisten enerzijds, en ggo-sceptici en ecologische systeemdenkers anderzijds.

### Landbouw- en voedselsoevereiniteit

Vandaag de dag hebben wereldwijd slechts 10 bedrijven  $\frac{3}{4}$  van de zaadmarkt in handen en produceren slechts 10 bedrijven 84% van alle agro-chemicaliën (o.m. bestrijdingsmiddelen). Die concentratietrend is eigenlijk vrij nieuw (vanaf jaren '90). Behalve concentratie is er een gelijklopende en verregaande integratie tussen enerzijds farmaceutische (bijvoorbeeld Bayer) en (agro-)chemische (bijvoorbeeld BASF, Dow Chemical) bedrijven, en de zaaigoedsector anderzijds. Die integratie faciliteerde de opmars van biotechnologische toepassingen in de landbouw (Howard, 2009). In 2014 controleerden 5 bedrijven (Monsanto, Syngenta, Dow, Bayer en DuPont) samen maar liefst 60% van de wereldzadenmarkt. In dezelfde periode deed zich een vergelijkbare concentratietrend voor in de distributiesector.

De concentratie van de zaaigoedsector impliceert de facto een concentratie van de macht over welke zaden boeren wel en niet kunnen gebruiken (zie ook hoger in het stuk over agrobiodiversiteit). Hoewel de zaadsector zich millennia-lang zonder eigendomsrechten heeft kunnen ontwikkelen en in die tijd informeel een heel omvangrijke diversiteit aan landbouwgewassen heeft voortgebracht, wordt zaaigoed vandaag niet meer als een common beschouwd (Peeters, 2014). In de twintigste eeuw kregen veredelaars gaandeweg bescherming als beloning voor, en aanmoediging van innovatie. Dit werd in 1961 – aanvankelijk enkel in de EU, maar momenteel wereldwijd – geconsolideerd in de *Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales* (UPOV) ([www.upov.int](http://www.upov.int)), een intergouvernementele organisatie die toeziet op de eigendomsrechten van plantenvariëteiten in de aangesloten landen. De veredelaars ontvingen royalty's bij de verkoop van nieuwe variëteiten, maar andere veredelaars kregen vrij toegang tot het materiaal voor eigen veredeling (*breeder's exemption*) en landbouwers mochten de oogst zelf hergebruiken als zaaigoed op het eigen bedrijf (*farmer's privilege*).

Vanaf de jaren '80 kwam er echter grote druk van uit de biotechnologie/zaaigoed-sector om echte patenen toe te laten in de plantenveredeling. Dit leidde in 1991 tot een hervorming van de UPOV-regels waarbij de veredelaars meer macht kregen: een langere bescherming (tot 25 i.p.v. 18 jaar) en een uitgeholde *farmer's privilege*. Boeren mogen voortaan enkel bij uitzondering en vaak mits royalty's zaaigoed hergebruiken. Bovendien is nu ook een 'dubbele bescherming' (royalty's op variëteiten + patenen op het inbrengen van ggo-kenmerken) mogelijk. Tussen 2008 en 2010 alleen al werden 1.663 patenen op het inbrengen van genoomsequenties aangevraagd bij het Europees Patentenbureau (EPA). Met de dubbele bescherming nam de agrobiotechsector een ware machtsgreep op wereldwijd zaaigoed. In 1994 bereikte de Wereldhandelsorganisatie (WTO) een internationale overeenkomst over intellectuele eigendomsrechten (*Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights* of TRIPS) waardoor alle WTO-leden verplicht werden een systeem op te zetten voor de bescherming van intellectuele eigendomsrechten op plantenvariëteiten. Dit zorgde voor een feitelijke uitbreiding van UPOV naar alle WTO-leden en een globale verankering van de privatisering van zaaigoed. Voor de biotechnologische zaaigoedbedrijven staat er heel wat op het spel. GRAIN, een NGO die zich inzet voor landbouwsoevereiniteit van kleinschalige boeren, becijferde dat indien

de zaaigoedsector alle momenteel vrij hergebruikt zaad wereldwijd zou privatiseren, hen dat € 6 miljard per jaar extra inkomsten kan opbrengen (GRAIN, 2007). Via handelsakkoorden en gelobby worden ggo's dan ook zoveel mogelijk opgedrongen aan ontwikkelingslanden. Hoewel Europees commissievoorzitter Jean-Claude Juncker en Europees commissaris voor Handel Cecilia Malström ontkennen dat het momenteel onderhandelde vrijhandelsakkoord met de VS (TTIP) Europese sociale en ecologische standaarden zal aantasten, bestaat de vrees dat TTIP de poort voor ggo's in de EU zal openen. Amerikaanse handelsvertegenwoordigers laten niet na de Europese terughoudendheid ten aanzien van ggo's als 'lastig', 'onnodig' en 'handelsbelemmerend' te beschouwen (Marantis, 2013).

In ontwikkelingslanden versnelt de introductie van ggo's de trend waarbij boeren van agro-industriële bedrijven afhankelijk worden voor de aankoop van duur zaaigoed, die in het geval van ggo's vaak neerkomen op een koppelverkoop van zaad + een pakket aan herbiciden/pesticiden en meststoffen. Dit verhoogt de schuldengraad bij boeren, waardoor kleine boeren over de kop gaan of zelfs overgaan tot zelfdoding (zie de veelbesproken zelfdodingen bij katoenboeren in India) (Gruère & Sengupta, 2011; Gutierrez *et al.*, 2015) en grond vaak wordt opgekocht door grootgrondbezitters.

De claim van sommige ggo-onderzoekers en -ontwikkelaars dat ggo's even inzetbaar zijn in kleinschalige, familiale landbouwsystemen als in grootschalige monoculturen (Van Montagu, 2013), klopt dus niet. Ggo's dragen onvermijdelijk bij tot schaalvergroting en een technologische 'loopband' (cfr. supra) waarbij boeren in een opwaartse technologische spiraal worden gedwongen om te overleven. Dit gaat regelecht in tegen een agro-ecologische visie op landbouwsoevereiniteit waarin boeren o.a. vrije toegang hebben tot decentrale, *in situ* ontwikkelde en gebruikte zaaigoedssystemen met zaadvaste, op populatieniveau veredelde gewasvariëteiten (Lambrecht, 2013).

***Ggo's dragen onvermijdelijk bij tot schaalvergroting en een technologische 'loopband' waarbij boeren in een opwaartse technologische spiraal worden gedwongen om te overleven. Dit gaat regelecht in tegen een agro-ecologische visie op de landbouwsoevereiniteit van boeren.***

Hoewel er uiteraard grote verschillen zijn tussen individuele ggo's, kan ruwweg gesteld worden dat momenteel de ontwikkeling en introductie van één enkel ggo € 100 miljoen kost, waarvan een kwart voor veiligheidstesten en registratie (McDougall, 2011). Die kosten kunnen enkel worden teruggewonnen door royalty's, wat ggo's zo duur maakt in vergelijking met vrije zaadsystemen. Het zou van de publieke sector gigantische investeringen vragen om zowel onderzoek als ontwikkeling van ggo's uit handen te houden van de privésector. Initiatieven als het *African Biofortified Sorghum Project* (introductie van met vitamine A versterkte sorghum), het *Improved Maize for African Soils Projects* (introductie van maïs met efficiëntere nutriëntenopname op arme bodems) en de *Golden Rice Humanitarian Board* (voor de veelbesproken met vitamine A versterkte Gouden Rijst), zijn publiek-private samenwerkingen die de schijn ophouden om ggo's samen met lokale gemeenschappen voor kleinschalige telers te ontwikkelen. In werkelijkheid houdt de biotechnologische industrie er een stevige stok achter de deur en bestaat de vrees dat dergelijke samenwerkingen als Trojaans paard worden gebruikt voor de introductie van andere ggo's in bepaalde landen of regio's. Zo werden de aanvankelijk door een overheidsinstelling bekomen patenten voor Gouden Rijst in handen

gegeven van Syngenta op voorwaarde dat de *Golden Rice Humanitarian Board* gratis sub-licenties mag uitgeven aan veredelaars in het Zuiden. De voorwaarden daarvoor zijn echter onduidelijk en Syngenta kan ten allen tijde haar intellectuele eigendomsrechten weer invoeren (GRAIN, 2001).

Het geval van Gouden Rijst is een treffende illustratie van hoe ggo's via een eenzijdige biologische verandering in één soort (verhoogd vitamine A-gehalte in rijst) een antwoord bieden op een specifiek probleem (blindheid door vitamine A-gebrek) dat kadert in een veel grotere systeemcrisis: de Groene Revolutie die hoog-opbrengende rijstvariëteiten introduceerde, de daarop volgende intensivering van (voornamelijk Zuid- en Zuidoost-Aziatische) landbouwsystemen die zich ten koste van andere gewassen eenzijdig op rijst gingen richten, en de daaruit voortvloeiende micronutriënttekorten bij de gemeenschappen die zich eenzijdig met rijst gingen voeden. Een echt duurzame oplossing voor dat probleem bestaat in het opnieuw diversifiëren van de teeltsystemen met introductie van vitamine- en mineraalrijke groenten (mango, bladgroenten, zoete aardappel of pompoen zijn bijvoorbeeld uitstekende bronnen van vitamine A). Gouden Rijst kan in die zin worden aangezien als niet meer dan een doekje voor het bloeden.

Gezien de maatschappelijke controverses rond ggo's is het ten slotte belangrijk dat ggo- en niet-ggo-voeding duidelijk kan onderscheiden worden (het zgn. principe van co-existentie). De EU tolereert bijvoorbeeld contaminatie in niet-ggo-zaden tot een drempel van 0,9% (arbitraire grens). Ook de lastenboeken voor biologische teelt zijn bijzonder streng voor ggo's (nultolerantie). Co-existentie blijkt in de praktijk bijzonder moeilijk. Het organiseren van aparte voedselketens is complex, duur en moeilijk te beheren. Bij maïs bijvoorbeeld spelen de afstand tussen de velden, barrières, veldgrootte, bloeitijden, regenval, windrichting, etc. een rol in de verspreiding van ggo- (*Bt*)-stuifmeel naar niet-ggo-maïs (Devos *et al.*, 2005). Het kan bijgevolg niet worden uitgesloten dat in regio's met zowel ggo- als traditionele maïs, enige 'contaminatie' optreedt. Dat is opnieuw een bedreiging voor het intact houden van de agrobiodiversiteit. Zo werden bijvoorbeeld transgene sequenties uit *Bt*-maïs aangetroffen in traditionele maïsrassen op 3 van 23 bezochte locaties in Mexico (Sierra Juarez in Oaxaca) (Quist & Chapela, 2001; Piñeyro-Nelson *et al.*, 2009). Mexico is het oorsprongsgebied én het diversiteitsgebied van maïs en omvat bijgevolg een schat aan genetische maïsdiversiteit waarbinnen mogelijk ongewenste ggo-kenmerken metertijd komen binnensluipen.

## Besluit

Mondiale landbouw- en voedselproductie zijn aan een grondige duurzaamheidsstransitie toe. Die kan slechts slagen als ze alle ecologische, socio-economische en politieke componenten van het mondiale landbouw- en voedselsysteem in rekening brengt. Technologie kan daar zeker een nuttige plaats in hebben, maar de introductie van ggo's vormt eerder een bedreiging voor, dan een bijdrage aan de verduurzaming van de mondiale landbouw- en voedselproductie. Ze bestendigen de oorzaken van de crisis van de huidige mondiale landbouw- en voedselsystemen; ze erkennen intrinsiek niet de agro-ecologische complexiteit van landbouw- en voedselsystemen maar grijpen in op eenzijdige biologische kenmerken daar waar systeemingenrepen zijn vereist; ze hebben een onvoldoende duidelijke impact op dier, mens en milieu waardoor een politieke regelgeving voor ggo's noodzakelijk is waarin het voorzorgsprincipe wordt

gehanteerd; ze versterken de volop aan de gang zijnde consolidering en concentratie in de zaaigoed- en agrochemische sector en ontnemen zo de boeren vrij gebruik en ontwikkeling van agrobiodiversiteit, in sé een *global common*; en ze versterken om die reden ook de globalisering van voedselsystemen en bedreigen, eerder dan versterken de mondiale voedselzekerheid.

Het verzet tegen ggo's is geen anti-moderne houding ten aanzien van landbouw en voedsel, en mag niet worden geïnterpreteerd als een aversie tegen technologie *an sich* (in de medische en industriële wereld bijvoorbeeld vinden bijzonder interessante biotechnologische ontwikkelingen plaats). Integendeel: ggo-scepsis wil het pad effenen voor een echte duurzaamheidstransitie, vrij van industriële belangen, op export gerichte teelten en ingeperkte keuzevrijheden van boeren. Het moet dan ook aangezien worden als een positieve, hoopgevende strijd voor effectieve maatregelen richting duurzame landbouw- en voedselproductie.

## Bio

Wouter Vanhove is post-doctoraal onderzoeker aan het Labo Tropische en Subtropische Landbouw en Etnobotanie van de vakgroep Plantaardige Productie van de Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen van de Universiteit Gent. Hij bestudeert er de duurzaamheid mondiale landbouw- en voedselsystemen en het gebruik en de conservatie van agrobiodiversiteit in tropische teeltsystemen. Hij is eveneens voorzitter van Groen Gent.

## Referenties

- Altieri, M.A. (1987). *Agroecology: the scientific basis of alternative agriculture*. Westview Press, Boulder, CO, USA
- Asafu-Adjaye, J., Blomqvist, L., Brand, S., Brook, B., De Fries, R. Ellis, R. Ellis, E., Foreman, C., Keith, D., Lewis, M., Lynas, M., Nordhaus, T., Pielke, R., Pritzker, R., Roy, R., Sagoff, M., Shellenberger, M., Stone, R. & Teague, P. (2015). *An Ecomodernist Manifesto*. www.ecomodernism.org
- Benbrook, C.M. (2012). Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. -- the first sixteen years. *Environmental Sciences Europe*, 24,24 doi:10.1186/2190-4715-24-24
- Conway, G.R. & Pretty, J.N. (2013). *Unwelcome Harvest: Agriculture and Pollution*. Natural Resource Management Set. Routledge, London, UK
- Debel, K. (2011). Het recht op voedsel waarborgen binnen een context van crisissen? Voedselsoevereiniteit als basisprincipe, agro-ecologie als duurzaam landbouwmodel. *Oikos*, 58(3), 43-46
- Deblonde, M. (2014). Duurzame ontwikkeling? Transitie van innovatiepraktijken! Deel 1: Over de dubieuze maatschappelijke rol van kennis. *Oikos*, 71(4), 61-68
- 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. *Environmental Biosafety Research*, 4(2), 71-87.
- Devos, Y., Meihls, L.N., Kiss, J., Hibbard, B.E. (2012). Resistance evolution to the first generation of genetically modified *Diabrotica*-active Bt-maize events by western corn rootworm: management and monitoring considerations. *Transgenic Research*, 22(2), 269-299
- Dhuruva, S. & Gujar, G.T. (2011). Field-evolved resistance to Bt toxin Cry1Ac in the pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (Saunders) (Lepidoptera: Gelechiidae), from India. *Pest Management Science*, 67(8), 898–903. doi: 10.1002/ps.2127
- Douglas, M.R. & Tooker, J.F. (2015). Large-Scale Deployment of Seed Treatments Has Driven Rapid Increase in Use of Neonicotinoid Insecticides and Preemptive Pest Management in U.S. Field Crops. *Environmental Science & Technology*, 49 (8), 5088–5097 doi: 10.1021/es506141g
- Dyer, G.A., López-Feldman, A., Yúnez-Naudeb, A., Taylore, J.E. (2014). Genetic erosion in maize's center of origin. *Proceedings of the National Academy of Science*, 111(39), 14094–14099 doi: 10.1073/pnas.1407033111
- Easterling, W.E., Aggarwal, P.K., Batima, P., Brander, K.M., Erda, L., Howden, S.M., Kirilenko, A., Morton, J., Soussana, J.F., Schmidhuber, J. and Tubiello, F.N. (2007). Food, Fibre and Forest Products. In: Parry, O.F., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. (Eds.) *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 273-313
- FAO (2009). *How to Feed the World in 2050*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy
- FAO (2013). *FAO Forestry Fact Sheet*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy
- FAO (2014). *Smallholders and Family Farmers*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy
- FAO (2016). *The State of Food Insecurity in the World 2015*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy
- Francis, C., Lieblein, G., Gliessman, S., Breland, T.A., Creamer, N., Harwood, S.L., Helenius, J., Rickerl, D., Salvador, R., Wiedenhoef, M., Simmons, S., Allen, P., Altieri, M., Flora, C. & Poincelot, R. (2003). *Agroecology: the ecology of food systems*. *Journal of Sustainable Agriculture*, 22, 99–118
- Gilbert, N. (2013). Superweeds? Suicides? Stealthy genes? The true, the false and the still unknown about transgenic crops. *Nature*, 497(2), 24-26
- GRAIN (2001). *Grains of Delusion*. Golden rice seen from the ground. GRAIN, Report February 2001, Los Baños, Philippines
- GRAIN (2007). *The end of farm-saved seed? Industry's wish list for the next revision of UPOV*.

- GRAIN Briefing February 2007, Barcelona, Spain
- Grùere, G. & Sengupta, D. (2011). Bt Cotton and Farmer Suicides in India: An Evidence-based Assessment. *Journal of Development Studies*, 47(2), 316-337
- Gurian-Sherman, D. (2009). Failure To Yield. Evaluating the Performance of Genetically Engineered Crops. Union of Concerned Scientists, Cambridge, MA, USA
- Gutierrez, A.P, Ponti, L., Herren, H., Baumgärtner, J. & Kenmore, P.E. (2015). Deconstructing Indian cotton: weather, yields, and suicides. *Environmental Sciences Europe*, 27,12
- Guyton, K.Z., Loomis, D., Grosse, Y., El Ghissassi, F., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Scoccianti, C., Mattock, H., Straif, K. (2015). Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. *The Lancet Oncology*, 16(5), 490–491 doi: 10.1016/S1470-2045(15)70134-8
- Hartzler, R.G. (2010). Reduction in common milkweed (*Asclepias syriaca*) occurrence in Iowa cropland from 1999 to 2009. *Crop Protection*, 29, 1542-1544
- Hilbeck, A., McMillan, J.M., Meier, M., Humbel, A., Schläpfer-Miller, J. & Trtikova, M. (2012). A controversy re-visited: Is the coccinellid *Adalia bipunctata* adversely affected by Bt toxins? *Environmental Science Europe*, 24, 10
- Hilbeck, A., Binimelis, R., Defarge, N., Steinbrecher, R., Székács, A., Wickson, F., Antoniou, M., Bereano, P.L., Clark, E.A., Hansen, M., Novotny, E., Heinemann, J., Meyer, H., Shiva, V. & Wynne, B. (2015). No scientific consensus on GMO safety. *Environmental Sciences Europe*, 27(4), 1-6
- Holemans, D. (2015). Ecomodernen, de nieuwe schaapvacht van big industry. *Oikos*, 75(4), 57-59
- Howard, P. (2009). Visualizing Consolidation in the Global Seed Industry: 1996–2008. *Sustainability*, 1, 1266-1287. doi:10.3390/su1041266
- Kang, Y., Khan, S. and Ma, X. (2009). Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security - A review. *Progress in Natural Science* 19, 1665-1674
- Klümper, W. & Qaim, M. (2014). A Meta-Analysis of the Impacts of Genetically Modified Crops. *PLOS ONE*, 9(11), e111629 doi: 10.1371/journal.pone.0111629
- Kuyek, D. (2000). Hybrid Rice in Asia. An Unfolding Threat. GRAIN, Barcelona, Spain.
- Lambrecht, G. (2013). Zaden voor een landbouw met veerkracht. *Plantenveredeling met oog voor genetische diversiteit: een verhaal in al zijn eenvoud en natuurlijkheid*. *Oikos*, 64(1), 23-30
- MacKenzie, C. (2012). The Application of the Precautionary Principle in Practice. *Cambridge Law Journal*, 71(3), 719
- Marantis, D. (2013). Report on Sanitary and Phytosanitary Measures. Office of the United States Trade Representative (USTR), Washington, DC, USA
- McDougall, P. (2011). The cost and time involved in the discovery, development and authorisation of a new plant biotechnology derived trait. A Consultancy Study for Crop Life International, Midlothian, UK
- Muthayya, S., Rah, J.H., Sugimoto, J.D., Roos, J.F., Kraemer, K. Black, R.E. (2013). The Global Hidden Hunger Indices and Maps: An Advocacy Tool for Action. *PlosONE*, 8(6), e67860. doi: 10.1371/journal.pone.0067860
- Nicolia, A., Manzo, A., Veronesi, F. & Rosellini, D. (2013). An overview of the last 10 years of genetically engineered crop safety research. *Critical Reviews in Biotechnology*, 34(1), 77-88
- Padulosi, S. & Giuliani, A. (2004). Enhancing the Use of Underutilized Plant Species: Strategies, Approaches and Experiences at IPGRI; pp. 197-215 in: *Genetic Improvement of Underutilized and Neglected Crops in Low-income Food Deficit Countries through Irradiation and Related Techniques*. Proceedings of a final Research Coordination Meeting organized by the joint FAO/IAEA division of Nuclear Techniques in food and Agriculture, Pretoria, South Africa
- Peeters, J. (2014). De commons. Een beperkte gids naar recente literatuur. *Oikos*, 71(4), 41-49
- Pimentel, D., Berger, B., Filiberto, D., Newton, M., Wolfe, B., Karabinakis, E., Clarke, S., Poon, E., Abbett, E. & Nandagopal, S. (2004). Water Resources: Agricultural and Environmental Issues. *BioScience*, 54(10), 909-918
- Piñeyro-Nelson, A., Van Heerwaarden, J., Perales, H.R., Serratos-Hernandez, J.A., Rangel, A., Hufford, H.B., GEPTS, P., Garay-Arroyo, A., Rivera-Bustamante, A. & Álvarez-Buylla, E.R. (2009). Transgenes in Mexican maize: molecular evidence and methodological

- considerations for GMO detection in landrace populations. *Molecular Ecology*, 18(4), 750–761. doi: 10.1111/j.1365-294X.2008.03993.x
- Portier, C.J., Goldman, L.R. & Goldstein, B.D. (2014). Inconclusive findings: Now You See Them, Now You Don't. *Environmental Health Perspectives*, 122(2), A36
- Prentice, A.M. (2006). The emerging epidemic of obesity in developing countries. *International Journal of Epidemiology*, 35, 93–99. doi:10.1093/ije/dyi272
- Quist, D. & Chapela, I.H. (2001). Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature*, 414, 541–543. doi:10.1038/35107068
- Schmidhuber, J. & Tubiello, F.N. (2007). Global food security under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(50), 19703–19708
- Schmidt, J.E.U., Braun, C.U., Whitehouse, L.P. & Hilbeck, A. (2009). Effects of activated Bt Transgene Products (Cry1Ab, Cry3Bb) on Immature Stages of the Ladybird *Adalia bipunctata* in laboratory ecotoxicity testing. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 56(3), 221–228
- Sears, M.K., Hellmich, R.L., Stanley-Horn, D.E., Oberhauser, K.S., Pleasants, J.M., Mattila, H.R., Siegfried, B.D. & Dively, G.P. (2001). Impact of Bt corn on monarch butterfly populations: A risk assessment. *PNAS*, 98(21), 11937–11942
- Séralini G.E., Clair, E., Mesnage, R., Gress, S., Defarge, N., Malatesta, M., Hennequin, D. & de Vendômois, J.S. (2012). Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Food & Chemical Toxicology*, 50, 4221–4231
- Séralini G.E., Clair, E., Mesnage, R., Gress, S., Defarge, N., Malatesta, M., Hennequin, D. & de Vendômois, J.S. (2013). Answers to critics: Why there is a long term toxicity due to a Roundup-tolerant genetically modified maize and to a Roundup herbicide. *Food and Chemical Toxicology*, 53, 476–483
- Stirling, A. (2007). Deliberate futures: precaution and progress in social choice of sustainable technology. *Sustainable Development*, 15(5), 286–295
- Thrupp, L.A. (2000). Linking agricultural biodiversity and food security: the valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *International Affairs* 76, 265–281
- UNCTAD (2013). *Trade and Environment Review 2013: Wake Up Before it is Too Late*. United Nations Conference on Trade and Development, New York and Geneva
- Utuk, I.O. & Daniel, E.E. (2015). Land Degradation: A Threat to Food Security: A Global Assessment. *Journal of Environment and Earth Science*, 5(8), 13–21
- Vanhove, W. (2015). Better safe than sorry. *Handels- en investeringsonderhandelingen met de VS zetten het voorzorgsprincipe onder druk*. *Oikos*, 72(1), 62–67
- Van Montagu, M. (2013). *Verwar GGO-technologie niet met big business*. Vlaams Instituut voor Biotechnologie, Gent, België
- Visser, M. (2012). Agro-ecologie in een notendop. *Oikos*, 60(1), 20–31
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D. & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 503–515
- World Bank (2015). *Agriculture value added per worker (constant 2005 US\$)*. <http://data.worldbank.org/indicator/EA.PRD.AGRI.KD>