

Duurzame landbouwproductie en de maatschappelijke uitdagingen

Visietekst door een Metaforum-werkgroep,
voorgesteld op 30 september 2024

Samenstelling van de werkgroep:

Coördinator: Wannes Keulemans, plantenbiotechniek

Tessa Avermaete, bio-economie
Barbara De Coninck, plantenbiotechniek
Johan De Tavernier, bio-ethiek
Annemie Elsen, bodemkunde
Gerard Govers, geografie
Olivier Honnay, ecologie
Charlotte Janssens, bio-economie
Filip Rolland, moleculaire biotechnologie
Wouter Saeys, precisielandbouw
Geertrui Van Overwalle, intellectueel recht

Metaforum KU Leuven
www.kuleuven.be/metaforum



METAFORUM-VISIETEKSTEN

Metaforum, de interdisciplinaire denktank van de KU Leuven, wil de deelname van de universiteit aan het maatschappelijk debat versterken door multidisciplinaire werkgroepen te ondersteunen. Onderzoekers vanuit verschillende disciplines brengen hun wetenschappelijke expertise samen en denken na over relevante maatschappelijke problemen. In het voorbije decennium heeft Metaforum drie soorten teksten gepubliceerd: visieteksten, reflecties over de identiteit van de universiteit en boeken. De volgende visieteksten zijn beschikbaar op onze website:

1. Het toenemend gebruik van psychofarmaca (2010)
2. Biodiversiteit: basisproduct of luxegoed? (2010)
3. Socio-economische verschillen in overgewicht (2010)
4. Personenmobiliteit in Vlaanderen (2011)
5. Behoud en beheer van bossen voor duurzame ontwikkeling: waar wetenschap en beleid elkaar ontmoeten (2011)
6. Totale genoomanalyse bij de mens (2011)
7. Hervormingen in het secundair onderwijs (2012)
8. Naar een nieuwe gemeenschappelijkheid voor Brussel (2012)
9. Studium generale: voorstel voor een interdisciplinair bachelorvak (2013)
10. Publieke middelen voor de kunstensector: waarom investeren in kunstproductie de moeite loont (2013)
11. Euthanasie en menselijke kwetsbaarheid (2013)
12. Ggo's in onze voedselproductie: bijdrage tot een genuanceerd debat (2013)
13. Gezondheid en gezondheidszorg: iedereen expert? (2015)
14. Voedselproductie en voedselzekerheid: de onvolmaakte waarheid (2015)
15. Circulaire economie (2016)
16. Tijd voor een nieuw Belgisch cannabisbeleid? Evaluaties, opties en aanbevelingen (2018)
17. De *mobile health*-revolutie in de gezondheidszorg: zijn we er klaar voor? (2019)
18. Een duurzame energievoorziening voor België (2020)
19. *Pandemic preparedness* (2021)
20. Gezondheids- en zorgberoepen van de toekomst (2023)
21. De toekomst van het leraarschap (m/v/x): een perspectief voorbij de tekorten (2023)

METAFORUM-BIJDRAGEN TOT HET INTERN DEBAT

Wanneer de universiteit wil bijdragen tot het maatschappelijk debat, moet ze ook zelf haar eigen verantwoordelijkheid opnemen. Daarom ondersteunt Metaforum ook werkgroepen die reflecteren over de eigen identiteit en de eigen actiemogelijkheden van de KU Leuven. De volgende bijdragen tot het intern debat zijn beschikbaar op onze website:

1. Universiteit, kerk en samenleving (2010)
2. KU Leuven klimaatneutraal 2030 (2013)
3. Laat universiteiten multiregionaal zijn: KU Leuven als gevalsstudie (2021)

METAFORUM-BOEKEN

Een aantal visieteksten en bijdragen tot het intern debat hebben geleid tot boeken voor een breed publiek. Ook hebben speciale gelegenheden zoals stadsfestivals bijkomende boeken geïnspireerd. In al deze boeken werken onderzoekers een wetenschappelijke en interdisciplinaire visie uit over maatschappelijke uitdagingen. Ze leggen deze kwesties uit op een toegankelijke manier en brengen zo nuance aan in vaak gepolariseerde publieke debatten.

In het Nederlands:

1. *Wat met de verkeersknoop?* Leuven: LannooCampus, 2013
2. *Wat met genetica?* Leuven: LannooCampus, 2013
3. *Wat met psyche en pillen?* Leuven: LannooCampus, 2014
4. *Wat met Brussel?* Leuven: LannooCampus, 2014
5. *Wat met kunst en geld?* Leuven: LannooCampus, 2014
6. *Wat met ggo's?* Leuven: LannooCampus, 2014
7. *Wat met de mondige patiënt?* Leuven: LannooCampus, 2016
8. *Wat met ons voedsel?* Leuven: LannooCampus, 2017
9. *Wat met recyclage?* Leuven: LannooCampus, 2017
-
10. *Hoe word ik Einstein of Da Vinci? Een inleiding tot wetenschappen vandaag voor de homo universalis van morgen*, Leuven: LannooCampus, 2015
11. *Lutopia, stad van de toekomst*, Antwerpen: Polis, 2016
12. *De cannabiskwestie*, Oud-Turnhout: Gompel&Svacina, 2018
13. *Voor sociale vooruitgang: Professoren op de barricade*, Leuven: LannooCampus, 2019
14. *Samen leven met dementie: Omgaan met een ziekte die iedereen treft*, Leuven: LannooCampus, 2024

In het Engels:

- A. *'A Truly Golden Handbook': The Scholarly Quest for Utopia*, Leuven: Leuven University Press, 2016
- B. *A European Social Union after the Crisis*, Cambridge: Cambridge UP, 2017
- C. *Dementia and Society*, Cambridge: Cambridge UP, 2022

COLOFON

D/2024/14.403/1 – ISBN 9789082807059

Keulemans W., Avermaete T., De Coninck B., De Tavernier J., Elsen A., Govers G., Honnay O., Janssens C., Rolland F., Saeys W., Van Overwalle G. (2024). 'Duurzame landbouwproductie en de maatschappelijke uitdagingen'. *Metaforum visietekst* 22, 1-140. Leuven: Werkgroep Metaforum

INHOUDSOPGAVE

Metaforum	2
Inleiding	6
Conclusies en aanbevelingen voor een coherent beleid in de voedselketen.....	7
1. Voedselzekerheid blijft mondiaal een grote uitdaging	12
Voedselconsumptie	12
Voedselproductie en de druk op de omgeving.....	13
Voedselzekerheid: een enorme uitdaging.....	16
Voldoende voedsel binnen de planetaire grenzen.....	17
Klimaatverandering heeft een effect op de landbouwproductie	21
Deelconclusie.....	21
2. De productiekloof dichtent wereldwijd.....	23
Productiepotentieel versus inefficiëntie	23
Deelconclusie.....	26
3. Geschiedenis en socio-economische kenmerken van landbouw bij ons	27
Geschiedenis van de Vlaamse (Belgische) landbouw en het landbouwbeleid	27
De huidige situatie van Vlaamse landbouwers.....	32
Landbouwers in Vlaanderen: enkele cijfers.....	33
Subsidies	34
Verdienmodellen	35
Deelconclusie en aanbevelingen	36
4. De eiwitshift	38
De eiwitshift op het bord.....	38
De eiwitshift op het veld.....	40
De eiwitshift in Vlaanderen	43
Stuurt de markt of het beleid de eiwittransitie?	49
Implicaties voor de internationale markt en het 'koolstoflekkage'-probleem.....	51
Deelconclusie.....	52
5. Bodem en water.....	53
Bodemkwaliteit en bodemgebruik	53
Duurzaam waterbeheer.....	56
Deelconclusie.....	58
6. Problematiek van overbemesting in Vlaanderen.....	59
Deelconclusie.....	63
7. Een duurzame transitie in gewasbescherming	64
Deelconclusie.....	70

8.	Technische en technologische innovaties voor meer duurzaamheid	71
	Precisielandbouw	71
	Biotechnologie.....	74
	Alternatieve eiwitbronnen	77
	Deelconclusie.....	78
9.	Agro-ecologie en biologische principes.....	79
	Deelconclusie.....	83
10.	Verandering in landgebruik voor biodiversiteitsherstel in landbouwlandschappen	84
	Deelconclusie.....	87
11.	Circulaire bio-gebaseerde economie	88
	Duurzame keuzes in de bio-gebaseerde economie.....	89
	Duurzame ruimte voor de bio-gebaseerde economie in de voedselketen?	91
	Deelconclusie.....	92
12.	Opportunitetskosten en externe kosten in het voedselsysteem	93
	Deelconclusie.....	96
13.	De wereldwijde voedselmarkt	97
	Deelconclusie.....	102
14.	Voedsel- en landbouwbeleid.....	104
	Het Europese kompas voor de landbouwsector	104
	Het Vlaamse landbouwbeleid.....	106
	En de boer, hij ploegde voort	110
	Deelconclusie.....	110
15.	<i>Evidence-based</i> beleid.....	111
	Een advies voor het beleid en overleg in de landbouw.....	112
	Kennislacunes moeten worden aangepakt	113
	Deelconclusie.....	113
	Bijlagen	114
	Verklarende woordenlijst	122
	Referenties	134

DANKWOORD

De leden van de werkgroep bedanken collega's Nadia Everaert (dierproductie), Anne Gobin (bodem- en waterbeheer) en Yves Segers (agrarische geschiedenis) voor hun tekstbijdragen.

Een eerste versie van deze tekst werd besproken met Justine Arkens (Groene Kring), Stijn Avermaete (biolandbouw), Dany Bylemans (pcfruit), Wouter Devarrewaere (Bayer), Annemie Geeraerd Ameryckx, Xavier Gellynck (UGent), Jelle Goossens (Rikolto), Peter Jaeken (Belplant/BELFertil/BIOPLUS-PROBIOS), Jan Paeshuyse, Marijn Raeven (WePlanet), Joris Relaes (ILVO), Luc Vanoirbeek (VBT), Pieter Verhelst (Boerenbond), en met een delegatie van het Agentschap Landbouw en Zeevisserij en het Departement Omgeving: Isabelle Magnus, Joris Aertsens, Griet Baert, Belinda Cloet, Sylvie Danckaert, Evelien Decuypere, Marleen Delanoy, Jan De Samber, Lieve De Smit, Eline De Regt, Evelyne Goemaere, Sara Gomand, Leen Guffens (VLAM), Lise Gyssels, Koenraad Holmstock, Ruth Huybrechts, Tuur Jena, Eewoud Lievens, Julie Vanderstraeten, Dirk Van Gijseghem, Bram Van Nevel, Sam Van Vlierberghe, Lieven Van Waes, Michael Van Zeebroeck, Dirk Vervloet. Wij danken hen hartelijk voor de vele nuttige opmerkingen die de tekst substantieel hebben verbeterd, maar zij zijn natuurlijk op geen enkele wijze mee verantwoordelijk voor deze aangepaste versie.

INLEIDING

Deze visietekst is het resultaat van de reflectie van een interdisciplinaire werkgroep waarin wetenschappers vanuit verschillende disciplines hun expertise en kennis rond duurzame landbouw en de gerelateerde maatschappelijke uitdagingen hebben samengelegd. Het doel was om gezamenlijke aanbevelingen te formuleren voor beleid, landbouwers en wetenschappers en om wetenschappelijke informatie te verschaffen aan iedereen die betrokkenen is bij of geïnteresseerd is in duurzame landbouw. Deze tekst bouwt gedeeltelijk voort op eerdere visieteksten, maar biedt ook nieuwe inzichten en perspectieven die essentieel zijn voor het vormgeven van een toekomstbestendig landbouwsysteem.¹

De werkgroep die deze visietekst heeft opgesteld, bestond uit experts uit een breed scala aan disciplines, waaronder gewasproductie, dierproductie, bemesting, bodemkunde, gewasbescherming, waterbeheer, ecologie, bio-economie, biotechnologie, precisielandbouw, intellectueel recht, bio-ethiek en agrarische geschiedenis. Het samenbrengen van deze expertises maakte een holistisch beeld mogelijk van de complexe uitdagingen en mogelijkheden binnen de duurzame landbouw.

Deze visietekst bestaat uit vijftien hoofdstukken, elk gewijd aan een specifieke kernboodschap over een duurzaam voedselsysteem. Er is bewust gekozen om informatie soms te herhalen, zodat elk hoofdstuk ook afzonderlijk gelezen en begrepen kan worden. De kernboodschappen worden uitgebreid toegelicht, in hun context geplaatst en wetenschappelijk onderbouwd met gegevens uit de literatuur. In bepaalde gevallen zijn theoretische denkoefeningen toegevoegd om de impact van specifieke situaties of ingrepen te verkennen.

De focus van deze visietekst ligt voornamelijk op de primaire productie, niet op het volledige voedselsysteem (bv. voedselverwerking, kleinhandel, enz. worden niet behandeld). De nadruk ligt op de fundamenteën van landbouw en hoe die op een duurzame manier kunnen worden hervormd. De visietekst behandelt daarbij verschillende niveaus, met aandacht voor de mondiale, Europese en Vlaamse context. Dit maakt het mogelijk om de aanbevelingen zowel mondiaal als regionaal te plaatsen, weliswaar met specifieke aandacht voor Vlaanderen, dat een model vertegenwoordigt van (zeer) intensieve voedselproductie met een sterke afhankelijkheid van export en import van voedsel- en voederproducten.

Deze visietekst is bedoeld voor een breed publiek, waaronder de landbouwsector, wetenschappers, beleidsmakers en geïnteresseerde burgers. De aanbevelingen die hier worden gepresenteerd, vormen echter geen definitief antwoord, maar een startpunt voor verdere discussie en actie. We willen met deze visietekst niet alleen een bron van informatie bieden, maar ook een uitnodiging tot samenwerking en dialoog. We nodigen beleidsmakers uit om deze aanbevelingen in vervolgtrajec-ten verder uit te werken en om samen te werken aan de ontwikkeling van een duurzaam en veerkrachtig voedselsysteem.

¹ De eerdere visieteksten over *Biodiversiteit: basisproduct of luxegoed?* (2010) en *Voedselproductie en voedselzekerheid: de onvolmaakte waarheid* (2015) blijven online raadpleegbaar op <https://www.kuleuven.be/metaforum/visie-en-debatteksten>.

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR EEN COHERENT BELEID IN DE VOEDSELKETEN

Het mondiale voedselsysteem wordt geconfronteerd met ernstige problemen. De vraag naar voedsel zal deze eeuw drastisch stijgen. Dat komt enerzijds door de toenemende wereldbevolking en anderzijds doordat dierlijke producten een grotere plaats innemen in ons dieet. Door de stijgende vraag naar voedsel zullen de **druk op het beschikbare land** en de uitstoot van **broeikasgassen** toenemen en zal de **biodiversiteit** verder afnemen. De **klimaatverandering** zorgt voor extra druk op het mondiale voedselsysteem door de algemeen negatieve impact op landbouwproductiviteit. Het **waterbeheer** wordt meer en meer problematisch. Bovendien is de huidige landbouwpraktijk in vele regio's niet duurzaam. Overbemesting en ammoniakuitstoot veroorzaken **eutrofiëring van bodem en water**, een overmatige ophoping van voedingsstoffen die de balans in ecosystemen verstoort. Het soms onoordeelkundige gebruik van **gewasbeschermingsmiddelen** vormt daarenboven een bedreiging voor zowel de biodiversiteit als voor de menselijke gezondheid. Ten slotte zijn de problemen met het voedselsysteem **geografisch ongelijk verdeeld**. Zo zijn de druk op natuurlijke ecosystemen en het daaruit resulterende verlies van biodiversiteit en koolstofopslag groter in het Mondiale Zuiden, terwijl overbemesting vooral in het Mondiale Noorden problematisch is.

Een combinatie van verschillende maatregelen dringt zich op als we tegen 2050 ongeveer 10 miljard mensen willen voeden zonder het klimaat en de omgeving extra te belasten. In de eerste plaats kan de landbouw **duurzaam intensifiëren in regio's waar er vandaag een kloof gaapt tussen gerealiseerde en potentiële productiviteit**: er kan meer voedsel geproduceerd worden op dezelfde of op een kleinere oppervlakte. Een dergelijke productiviteitsverhoging vereist een betere bemesting en een geoptimaliseerde inzet van gewasbeschermingsmiddelen. Hier tegenover staat dat de landbouw sterk kan **verduurzamen in regio's waar de kloof tussen gerealiseerde en potentiële productiviteit klein is**, door de impact op het milieu te beperken. Daarnaast is het noodzakelijk om de **overconsumptie van dierlijke eiwitten**, in vele regio's van de wereld, terug te dringen en maatregelen te treffen om **voedselverlies en -verspilling** effectiever te voorkomen. Bovendien blijft **ondervoeding** een urgent probleem in de wereld, verergerd door conflicten en klimaatverandering. Tot slot is het aangewezen om de productie van gewassen voor de aanmaak van **biobrandstoffen** af te bouwen.

De belangrijkste doelstelling van al deze maatregelen is het voorkomen van verdere expansie van het mondiale landbouwareaal ten koste van natuurlijke ecosystemen. Als deze combinatie van maatregelen leidt tot extra beschikbaar land, kan dat worden ingezet voor het herstel van natuurlijke ecosystemen, wat de biodiversiteit en koolstofopslag ten goede komt. Binnen het landbouwproductiesysteem kunnen agro-ecologische toepassingen ook verbeteringen realiseren.

1. De regionaal nog sterk aanwezige **landbouwproductiekloof dicht**, kan de expansie van landbouwland ten koste van natuurlijke ecosystemen afremmen (zie ook hoofdstuk 2). In regio's met een grote productiekloof is belangrijk dat de landbouwproductiviteit (de opbrengst per ha) naar omhoog gaat. Dat is vooral van groot belang in **Sub-Sahara-Afrika en delen van Zuidoost-Azië**, waar de bevolkingsgroei hoog is. Om dit doel te bereiken is er nood aan intensievere bemesting en een efficiënter gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Ook in Europa, met name in **Oost- en Centraal-Europa**, bestaat er een productiviteitskloof. Als die kloof in Europa voor de helft gedicht zou worden, kan er in principe 35 miljoen ha land vrijgemaakt worden voor het herstel van natuurlijke ecosystemen. Het volledig dichtmaken van de productiekloof in Centraal-Europa zou echter ten koste kunnen gaan van de daar nog aanwezige typische landbouwnatuur.

2. Vroeger hingen veranderingen in de landbouw vooral samen met voedselcrisissen (zie ook hoofdstuk 3). De **productiviteitsstijging** ging aanvankelijk zeer traag, maar versnelde aanzienlijk door de toenemende mechanisering en de Groene Revolutie. Minder bedrijven gingen steeds meer voedsel produceren, met overproductie tot gevolg. De huidige **Vlaamse landbouw** wordt in sterke mate bepaald door het beleid en vooral door het **Europese beleid**. Waar vroeger de productiviteit en het prijsbeleid centraal stonden, ligt de nadruk vandaag meer op milieu, omgeving en duurzaamheid. De **socio-economische toestand** van de Vlaamse landbouw brengt vele uitdagingen met zich mee, waarvoor er dringend een **strategisch plan** nodig is dat zich buigt over de structurele problemen in verband met prijsvorming en het inkomen van de landbouwers. Ook de zware administratieve belasting en de soms onrealistische regelgeving baren zorgen en ondermijnen het welzijn van de landbouwer. Een duurzame productie moet doordacht gebeuren en beter beloond worden.

3. **Minder dierlijke eiwitten consumeren en produceren** (zie ook hoofdstuk 4) komt zowel de gezondheid als het klimaat en de milieukwaliteit ten goede. Dit is vooral relevant in het Mondiale Noorden, maar ook in grote delen van Zuid-Amerika en Oceanië. In regio's met een lage vleesconsumptie en een lage landbouwproductiviteit, zoals Sub-Sahara-Afrika, ligt de nadruk beter op het **verhogen van de veeteeltproductiviteit** door optimale teelttechnieken, waaronder verbeterd voeder en betere diergeneeskundige zorg. Zo verminderen zowel de druk op het beschikbare land als de broeikasgasemissies per geproduceerde kg eindproduct.

4. Hoewel **zeer productieve veeteeltregio's zoals Vlaanderen** gekenmerkt worden door efficiënt landgebruik en lage broeikasgasemissies per geproduceerde kg dierlijk product, resulteert het hoge aantal landbouwdieren in aanzienlijke milieuvervuiling in de vorm van stikstofemissies en draagt het bij tot een belangrijke broeikasgasuitstoot. Bovendien neemt de teelt van veevoeder wereldwijd bijna driekwart van het landbouwareaal in. **Afbouw van de veestapel** (zie ook hoofdstuk 4) is onvermijdelijk om deze problemen aan te pakken. Maar ook technische en technologische oplossingen kunnen de druk van de veeteelt op het milieu verminderen. De gevolgen voor de stikstof- en broeikasgasemissies werden berekend in een theoretisch scenario waarin de veeteelt in Vlaanderen met 25% wordt verminderd: een daling van 6.918 ton NH₃ en 1.610 kiloton CO₂e per jaar. In dit scenario zou ook in totaal 311.943 ha land vrijkomen dat nu voor veevoederproductie wordt gebruikt, waarvan 115.420 ha in Vlaanderen en 196.523 ha buiten Vlaanderen. Om te voorkomen dat de winst voor klimaat en milieu verloren gaat doordat de productie naar andere regio's verplaatst wordt, zou het aandeel dierlijke producten in ons dieet moeten verminderen. De reductie van de veestapel moet dus zowel langs de aanbodkant als de vraagkant aanpak worden, wat een **verminderde vleesconsumptie** betekent. Ook zijn internationale handelsakkoorden nodig.

5. Voor een duurzame landbouw is een **goede bodemkwaliteit** (zie ook hoofdstuk 5) enorm belangrijk. De verschillende componenten van een goede bodemkwaliteit (goede nutriëntensamenstelling, hoog koolstofgehalte, waterbergend vermogen, bodemstructuur, goede bodemfauna) zijn met elkaar verbonden, waarbij het **koolstofgehalte** in landbouwgronden de sleutelfactor is. De bodemkoolstof opdrijven is een traag en complex proces, waarbij alle **organische (rest)stromen** beter gevaloriseerd moeten worden. Bovendien spelen de gewaskeuze (zowel hoofdteelt als vanggewassen en groenbemesters) en de vruchtafwisseling een belangrijke

rol voor de bodemkoolstof. Bodemkwaliteit is contextgebonden en ook afhankelijk van een goed **bodembeleid**, dat een plan vereist dat gecoördineerd is tussen de verschillende beleidsdomeinen. **Waterbeschikbaarheid** vormt een steeds belangrijker probleem, zowel in Vlaanderen als wereldwijd. Een doordacht waterbeleid kan een oplossing bieden.

6. De **overbemesting in Vlaanderen** (zie ook hoofdstuk 6) wegwerken is een belangrijk aandachtspunt. De overbemesting met fosfor is redelijk onder controle, al blijft de historische overbemesting nog wel een oorzaak van te veel fosfor in ons oppervlaktewater, wegens de trage afbouw van dit nutriënt in landbouwbodems. De overbemesting met **stikstof** blijft wel een probleem. We produceren te veel dierlijke mest en het overschot moet verwerkt worden. Daarnaast is er een overconsumptie van synthetische stikstofmeststoffen. Sommige stikstofinputs van de stikstofbalans worden onvoldoende in rekening gebracht, waardoor overbemesting met stikstof wellicht zal blijven bestaan. Bovendien tonen analyses aan dat de **voedingstoestand** van de meeste landbouwbodems sterk voor verbetering vatbaar is, waardoor bemesting op basis van een **bemestingsadvies** een absolute noodzaak is, samen met een balans op bedrijfsniveau van alle gebruikte meststoffen.
7. Het gebruik van **gewasbeschermingsmiddelen** (zie ook hoofdstuk 7) blijft noodzakelijk maar moet **verduurzamen**. De Europese wetgeving inzake de toelating en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen is zeer streng en doet het gebruik, maar ook de productie door de fyto-industrie verschuiven naar **meer milieuvriendelijke en minder toxische middelen**, waaronder biopesticiden. Om een vermindering in het gebruik en risico van gewasbeschermingsmiddelen te realiseren, zal er sterk moeten worden ingezet op het ontwikkelen en toepassen van **alternatieve ziekte- en plaagbeheersingsstrategieën** zoals o.a. het ontwikkelen van resistente gewassen via verschillende technologieën en biopesticiden met een verbeterde kosten-batenratio, het toepassen van agro-ecologische principes en precisiebestrijding. Daarentegen zal in regio's met een grote productiekloof het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen eerder moeten toenemen dan afnemen.
8. Technologie kan een belangrijke bijdrage leveren aan een meer duurzame landbouw (zie ook hoofdstuk 8). De **precisielandbouw** heeft ook in de Vlaamse landbouw zijn intrede gedaan. Tegenwoordig wordt er gebruikgemaakt van precisie-zaaimachines, is irrigatie op basis van plantbehoefte een courante praktijk in de fruitteelt, de aardappelteelt, de groententeelt en de sierteelt, en is een grotere precisie in de gewasbescherming en andere teeltwerkzaamheden niet meer veraf. Precisiebemesting vraagt nog verder onderzoek naar efficiënte methoden om de bemesting af te stemmen op de actuele en lokale noden van de plant. Precisielandbouw zal in de toekomst dan ook bijdragen tot duurzaamheid. Op basis van de traditionele veredeling worden er grote verwachtingen gekoesterd voor het verbeteren van de duurzaamheid en vooral in de **precisieveredeling** (met *gene editing*-technologieën zoals CRISPR-Cas) zullen toepassingen op het gebied van ziekteresistentie en droogtetolerantie duurzaamheidsgrenzen kunnen verleggen. **Alternatieve productiemethoden van eiwitten**, zoals kweekvlees of microbiële fermentatie, zijn technisch mogelijk maar nog (te) duur en hun duurzaamheid is nog onderwerp van discussie. Meer nadruk op de teelt van eiwitrijke gewassen kan de eiwitshift helpen realiseren.

9. Er bestaat **geen landbouwproductiesysteem dat maximaal scoort op alle duurzaamheidsparameters** (zie ook hoofdstuk 9). Alternatieve productiesystemen zoals de biologische of regeneratieve landbouw bieden geen algemene oplossing, vooral door problemen met de opschaalbaarheid, die verband houden met de lagere productiviteit en het daarmee gepaard gaande hogere landgebruik. Hoewel de milieu-impact per oppervlakte-eenheid meestal lager is in dergelijke systemen, is de impact op klimaat en milieu per eenheid geproduceerd product daarom doorgaans hoger. Toch kunnen agro-ecologische en biologische principes helpen om de landbouw duurzamer te maken en hebben alternatieve productiesystemen hun plaats in een divers landbouwproductiesysteem.
10. In Noordwest-Europa is de **biodiversiteit** die eigen was aan landbouwlandschappen sterk afgenomen of zelfs helemaal verdwenen. De huidige beleidsinstrumenten volstaan niet om dat biodiversiteitsverlies een halt toe te roepen, laat staan om de biodiversiteit te herstellen. De noodzakelijke maatregelen zullen nochtans een enorme impact hebben op de bedrijfsvoering en de productie en rentabiliteit. Een **driecompartimentenmodel** (zie ook hoofdstuk 10) lijkt daarom het meest aangewezen model van landinrichting: naast een compartiment met meer duurzame hoogproductieve landbouw en een natuurcompartiment wordt er een derde compartiment ontwikkeld met laagproductieve en natuurinclusieve landbouw, waarin de biodiversiteit die historisch kenmerkend was voor extensieve landbouwlandschappen zich kan herstellen. Dergelijke laagproductieve landbouwgebieden worden bij voorkeur op een doordachte manier en met ondersteuning van experts aangelegd in een bufferzone rond natuurgebieden. Het ontwikkelen van verdienmodellen voor boeren die extensief willen of moeten gaan boeren is een belangrijk aandachtspunt.
11. Circulariteit wordt een steeds belangrijker doel, ook in de landbouwproductie (zie ook hoofdstuk 11). **Bio-economie** in de landbouw heeft vele facetten, zoals energiegewassen voor biobrandstoffen, agrochemicaliën, houtproductie, vezels, cosmetica, polymeren voor plastics, farmaceutica en vele andere. Vele van deze toepassingen staan nog in hun kinderschoenen en vergen verder onderzoek. Voor de overheid is het belangrijk om prioriteiten voor een duurzaam beleid te stellen op basis van haalbaarheidsstudies, duurzaamheidsoverwegingen en de concurrentie met voedsel en voedselnevenstromen.
12. Landbouwproducten hebben milieu- en gezondheidskosten, die niet worden doorgerekend in hun prijs. De externe kosten zouden zelfs dubbel zo hoog kunnen zijn als de huidige productiekosten. Deze **externe duurzaamheidskosten** zouden gedeeltelijk kunnen worden **doorgerekend in de voedselprijs** (zie ook hoofdstuk 12). Door het aanrekenen van de externe kosten kan er een interessant **verdienmodel** ontstaan voor boeren die duurzamer te werk gaan. De externe kosten zouden moeten worden berekend op basis van een correcte analyse van de omgevings-, sociale en gezondheidsimpact. Of en welk deel van deze meerprijs best volledig op de consument afgewenteld wordt, dan wel via subsidies aan de boer of via een gemengd systeem vergoed wordt, moet nog verder worden onderzocht. Duurzaam voedsel moet in ieder geval voor iedereen betaalbaar blijven.
13. De Belgische en Europese landbouwer opereert in een mondiaal voedselsysteem (zie ook hoofdstuk 13). De **milieukosten** van de internationale handel zijn vooral afhankelijk van de productiemethoden in het land van herkomst, terwijl het **aandeel van transport** eerder beperkt

is. Internationalisatie kan bijdragen tot **meer voedselzekerheid** in ruimte en tijd, meer dan een puur lokaal voedselsysteem. Producten kunnen geteeld worden in de regio's waar ze het beste presteren, waardoor er op mondiaal niveau land gespaard kan worden en de milieudruk kan afnemen. Tegelijkertijd creëert landbouwproductie voor de internationale markt in sommige gevallen belangrijke lokale negatieve milieueffecten en is een hoge afhankelijkheid van voedselimport niet zonder risico's, vooral in lage-inkomenslanden. Het Europese landbouw- en handelsbeleid moet streven naar coherentie en duurzaamheid in voedselsystemen zowel binnen als buiten de EU.

14. De **Europese doelstellingen** voor een duurzamer voedselsysteem (de *Farm to Fork*-strategie) zijn lovenswaardig, maar onevenwichtig (zie ook hoofdstuk 14). Zeer precieze en bijzonder ambitieuze doelstellingen aan de productiezijde (bv. met betrekking tot het gewenste areaal biolandbouw en de reductie in bemesting en gebruik van gewasbeschermingsmiddelen) staan in contrast met vage ambities rond een dieet met minder dierlijke producten en de afbouw van de veestapel. Ambitieuze beleidsvoorstellen formuleren zonder voorafgaande grondige impactanalyse en overleg met de sector kan het nodige draagvlak voor de verduurzaming van het voedselsysteem ondermijnen.
15. Het **Vlaamse beleid** is voor verbetering vatbaar op het gebied van **analyse, visie, onderbouwing, coherentie, transparantie, evaluatie en besluitvaardigheid** (zie ook hoofdstuk 14). De EU vindt het **Vlaams Energie- en Klimaatplan** voor landbouw immers onvoldoende en bovendien niet realistisch of onderbouwd. Hetzelfde geldt voor de **bemestings- en stikstofproblematiek**, waarbij de voorgestelde maatregelen zowel juridisch als praktisch heel moeilijk haalbaar zullen zijn. Ook de **Vlaamse eiwitstrategie** zal de doelstellingen moeilijk kunnen realiseren, voornamelijk omwille van een gebrek aan grond. Beleidsverklaringen blijven vaag en zijn vaak een kopie van vroegere documenten die weinig verandering hebben gebracht. Het is van essentieel belang dat beleidsvoorstellen worden ondersteund door grondige **impactanalyses en strategieën met evalueerbare mijlpalen**. Mogelijk kan de Vlaamse voedselstrategie verbetering brengen, maar het is belangrijk om op te merken dat deze strategie nog moet worden gelanceerd en dat er te weinig rekening wordt gehouden met de relatie voedsel-gezondheid.
16. **Goede, objectieve en op wetenschappelijke gegevens gebaseerde informatie** is absoluut essentieel voor een duurzaam voedselbeleid (zie ook hoofdstuk 15). De consequenties van beleidsintenties en -beslissingen worden niet altijd grondig geanalyseerd op basis van feiten en gegevens. Soms worden beleidsdoelstellingen gestuurd door lobbywerk en vooringenomen beeldvorming. Ook in de berichtgeving in de media worden feiten wel eens selectief gebruikt of uit de context gehaald om een narratief te ondersteunen. Onjuiste informatie en een gebrek aan kennis gecombineerd met verschillende opvattingen van diverse belangengroepen voeren de druk op op zowel de media als beleidsmakers. Dit staat een goed beleid in de weg. In deze visietekst doen we enkele suggesties om hieraan tegemoet te komen.

1. VOEDSELZEKERHEID BLIJFT MONDIAAL EEN GROTE UITDAGING

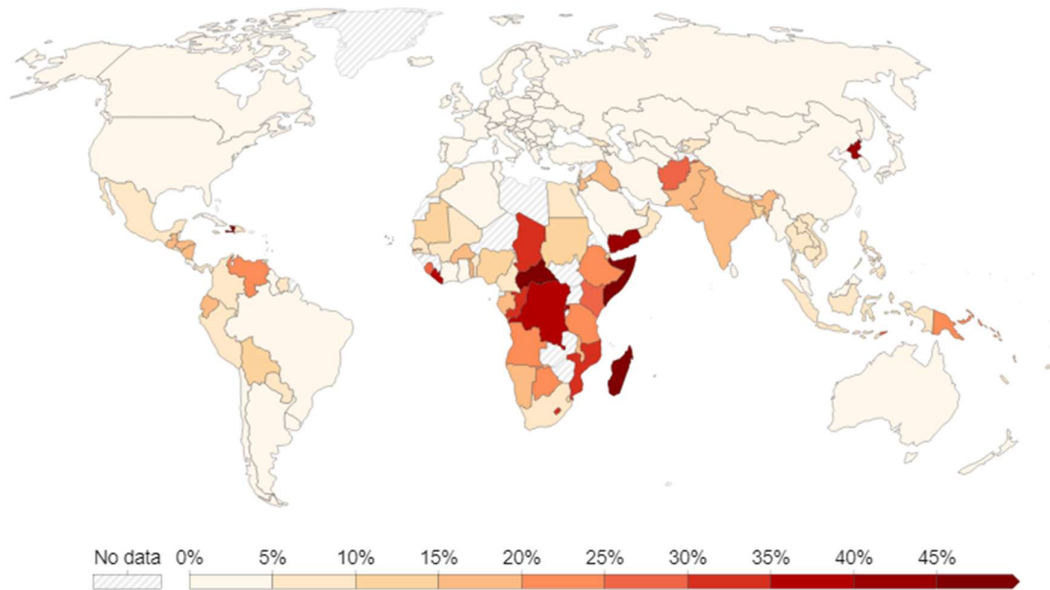
Kernboodschap: De productie van gezond voedsel voor 11 miljard mensen tegen 2100 binnen de duurzame grenzen van onze planeet zal een van de grootste uitdagingen van deze eeuw zijn. Om deze uitdaging aan te pakken, zal er meer voedsel geproduceerd moeten worden, waarbij de nadruk zal moeten liggen op duurzamere en klimaatbestendige productiesystemen, op het behoud en herstel van natuurlijke ecosystemen en op een dieetverandering. Een gemiddelde mondiale temperatuurstijging van 1 °C zal in het noordelijk halfrond soms aanleiding geven tot beperkte productiestijgingen, maar in het zuidelijk halfrond tot aanzienlijke productiedalingen.

VOEDSELCONSUMPTIE

De wereldbevolking is in de afgelopen 50 jaar verdubbeld tot ongeveer 8 miljard personen in 2023. Tegelijk is de voedselconsumptie per capita wereldwijd gestegen van gemiddeld 2.250 kcal (kilocalorieën) per persoon per dag tot bijna 2.900 kcal, wat meer is dan de dagelijkse behoefte van ongeveer 2.400 kcal (World Resources Institute – WRI, 2018). Dat is op zich dus een groot succes: er is nu globaal genomen meer dan voldoende voedsel op de wereld. Dat was tot 50 jaar geleden nooit het geval: zelfs in veel Europese landen was de voedselvoorziening slecht tot het begin van de 20^{ste} eeuw. Er zijn echter zeer grote regionale verschillen in voedselbeschikbaarheid. In België en Noord-Amerika is er een gemiddelde inname van respectievelijk 3.800 kcal en 3.500 kcal per persoon per dag: dat is dus (veel) te hoog. In Zambia moet de bevolking het gemiddeld stellen met minder dan 2.000 kcal per persoon per dag: dat is minder dan een volwassene nodig heeft om normaal te kunnen functioneren (WRI, 2018).

Volgens de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO) zijn er vandaag nog steeds ongeveer 800 miljoen mensen ondervoed, wat betekent dat ze te weinig energieopname hebben om een normaal leven te kunnen leiden. Vooral in Sub-Sahara-Afrika flirt de voedselconsumptie per persoon soms met de minimumgrens (2.400 kcal per jaar, Figuur 1). De gemiddelde voedselconsumptie stijgt er weliswaar nog steeds, maar deze stijging zwakt af. Dat is verontrustend, aangezien het bevolkingsaantal in Afrika veel sterker stijgt dan de voedselproductie. Volgens sommige prognoses zou de bevolking in Afrika tegen het einde van de eeuw verdubbelen tot meer dan 3 miljard mensen. Dat zet de toekomstige gemiddelde voedselconsumptie verder onder druk. Tegelijk is wereldwijd het aantal personen met overgewicht nog groter dan het aantal ondervoede mensen.

Bovendien zien we aanzienlijke verschillen in voedingspatronen. In lage-inkomenslanden consumeert een persoon gemiddeld 60 gram eiwitten per dag, waarvan ongeveer 20% een dierlijke oorsprong heeft. Dat is ook wat mensen nodig hebben om gezond gevoed te zijn. Een gemiddelde persoon in de VS daarentegen verbruikt dagelijks 111 gram eiwitten, waarvan bijna 65% afkomstig is van dierlijke bronnen. In België liggen deze cijfers iets lager, met een gemiddelde inname van 76 gram eiwitten per dag, waarvan 75% dierlijke eiwitten zijn (GloAgri WWR-model gebaseerd op bronnen van de FAO).



Figuur 1: Percentage ondervoede mensen per land in 2020. Aandeel van individuen met een dagelijkse voedselconsumptie die niet voldoende energie oplevert om een normaal actief en gezond leven te leiden (FAO op basis van gegevens van de Wereldbank).

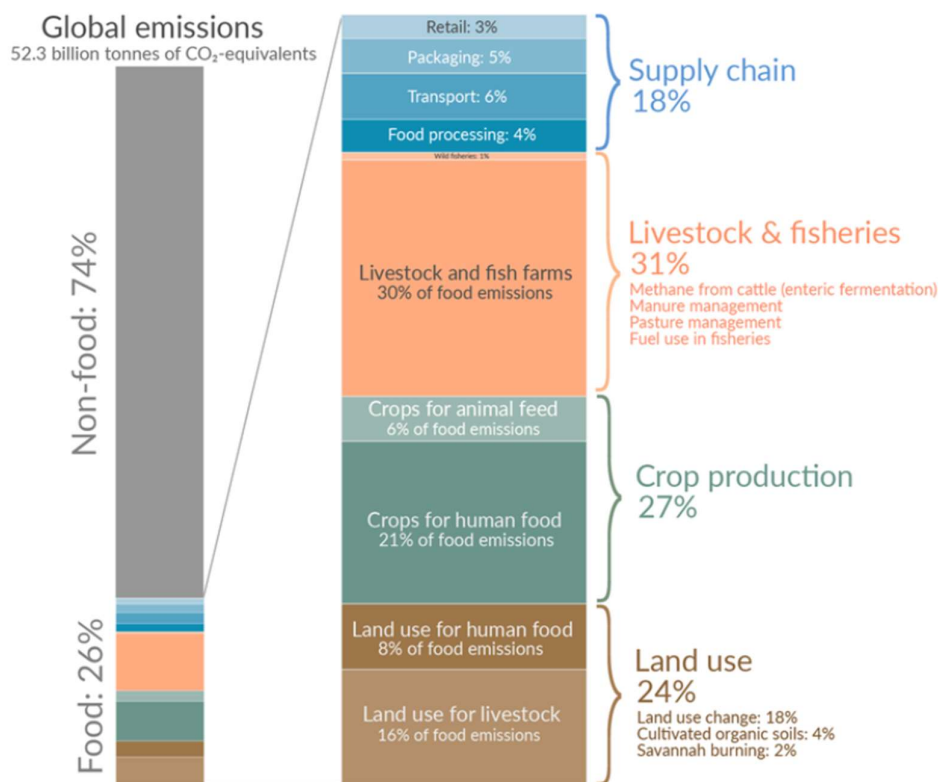
VOEDSELPRODUCTIE EN DE DRUK OP DE OMGEVING

Ongeveer 70% van de landmassa op aarde is bewoonbaar en ongeveer de helft van deze bewoonbare oppervlakte (ca. 5,1 miljard ha (hectare) of 51 miljoen km²) wordt vandaag gebruikt voor landbouw. Daarvan is ca. 1,6 miljard ha (31%) akkerland en ca. 3,5 miljard ha (69%) grasland. Ongeveer een derde van dat akkerland wordt gebruikt voor de teelt van voedergrassen (vooral maïs en soja) voor landbouwdieren. Wanneer weiden en grasland worden meegeteld betekent dit dat ongeveer 80% van het totale landbouwareaal gebruikt wordt voor de productie van veevoeder. Zo is per kcal rundsvlees mondiaal bijna 100 keer meer land nodig dan voor de productie van 1 kcal tarwe of rijst. Uitgedrukt in kg product zijn er binnen de dierlijke voeding nog aanzienlijke verschillen: per kg product heeft een kip 12 m² nodig, een varken 17 m² en voor rundsvlees is maar liefst 236 m² nodig voor eenzelfde energiewaarde als 1 kg kippenvlees. Deze verschillen illustreren onmiddellijk dat de impact van landbouw niet alleen bepaald wordt door hoeveel we eten: wat we eten is minstens zo belangrijk. Een vleesrijk dieet zal meer land, water en meststoffen vergen dan een vegetarisch dieet. Bovendien maakt het ook uit welk soort vlees je eet.

Het landgebruik voor veeteelt verschilt sterk van regio tot regio en van land tot land. Maar ook de productiviteit (de opbrengst per eenheid van oppervlakte) van het land is een erg belangrijke factor. Zelfs in hoge-inkomenslanden bestaan grote verschillen: zo produceert Vlaanderen ruim tien keer meer rundsvlees per ha dan de VS. Die hoge productiviteit is maar mogelijk door hoge gewasopbrengsten. Verschillen in gewasopbrengsten hangen ten dele samen met bodem en klimaat. Maar in de meeste landen, en vooral in lage-inkomenslanden, zou beduidend meer geproduceerd kunnen worden dan wat op dit ogenblik geproduceerd wordt. Dat wordt verklaard door een veelheid van factoren. In veel gevallen worden gewassen onvoldoende of verkeerd bemest, maar ook onvoldoende irrigatie en het gebruik van suboptimale gewasvariëteiten en onvoldoende

gewasbescherming spelen een rol. Het verschil tussen wat mogelijk en wat werkelijk geproduceerd wordt, noemen we de productiekloof.

Bij landbouwproductie komen verschillende broeikasgassen vrij: het gebruik van landbouwmachines leidt tot de uitstoot van CO₂. Veeteelt leidt tot een hoge uitstoot van lachgas (N₂O), dat o.a. vrijkomt uit dierlijke mest, en methaan (CH₄), dat wordt geproduceerd in de magen van herkauwers. Om de totale impact van verschillende broeikasgassen weer te geven wordt gebruikgemaakt van CO₂-equivalenten (CO₂e). Een CO₂e drukt de hoeveelheid CO₂ of de hoeveelheid van een ander broeikasgas uit in termen van de equivalente hoeveelheid CO₂, op basis van het verwachte opwarmende effect van dat gas.



Figuur 2: Broeikasgasemissies van het wereldvoedselsysteem (Our World in Data²).

Landbouw en voedselproductie hebben een sterk effect op het klimaat (Figuur 2). Vele studies schatten dat het voedselsysteem verantwoordelijk is voor ca. 25% van de antropogene broeikasgasuitstoot in de wereld, ongeveer 13 gigaton CO₂e per jaar. Volgens meer recente berekeningen bedraagt de jaarlijkse uitstoot zelfs 18 gigaton CO₂e, wat overeenkomt met 34% van alle door menselijke activiteiten veroorzaakte emissies (Crippa et al., 2021). De belangrijkste bronnen zijn (i) de omzetting van natuurlijke ecosystemen (bos) naar landbouwgrond (5,7 gigaton CO₂e per jaar), (ii) het energieverbruik bij de verwerking en het transport van landbouwproducten, bij de voedselbereiding en bij de productie van landbouwchemicaliën (4 gigaton CO₂e per jaar), (iii) de methaanproductie door herkauwers zoals runderen en schapen (2,9 gigaton CO₂e per jaar), (iv) de uitstoot van lachgas bij stikstofbemesting, zowel afkomstig van dierlijke mest als van kunstmest (1,4

² <https://ourworldindata.org/food-ghg-emissions>

gigaton CO₂e per jaar), (v) de methaanproductie door vergisting van organisch afval (1,2 gigaton CO₂e per jaar), en de methaanproductie bij rijstteelt (1 gigaton CO₂e per jaar). De grote verschillen tussen de data van Crippa et al. en de data die in Figuur 2 worden getoond, worden veroorzaakt door de beduidend hogere cijfers voor landgebruikverandering (2,6 gigaton CO₂e per jaar), voor energieverbruik in de naoogstketen (1,7 gigaton CO₂e per jaar) en de methaanvrijzetting bij de vergisting van organisch afval (1,2 gigaton CO₂e per jaar). De uitbreiding van landbouwgrond is vandaag dus de belangrijkste oorzaak van broeikasgasemissies van het voedselsysteem. Er bestaan grote verschillen tussen geïndustrialiseerde landen en niet-geïndustrialiseerde landen, inclusief China en India (Crippa et al., 2021). Broeikasgasuitstoot door ontbossing is vooral gesitueerd in ontwikkelingslanden en in het bijzonder in Sub-Sahara-Afrika en Zuid-Amerika, zoals dit vroeger in de westerse wereld ook het geval was. In de geïndustrialiseerde wereld is er beduidend meer uitstoot door voedselafval en energieverbruik voor voedselverwerking (Crippa et al., 2021).

Per kilogram product veroorzaakt rundsvlees de grootste uitstoot van broeikasgas: 99 kg CO₂e, waarvan 23 kg CO₂e door ontbossing voor veeteelt. De productie van een kg varkensvlees en kippenvlees scoort met respectievelijk 12 kg CO₂e en 10 kg CO₂e het laagste van alle vleesproducten. In het algemeen veroorzaken vlees en verwerkte melkproducten een veel hogere broeikasgasuitstoot dan plantaardige producten. Zo zorgt een kg tomaten slechts voor 2,1 kg CO₂e en een kg erwten voor 0,98 kg CO₂e. Uitzonderingen hierop zijn de opvallend hoge CO₂e die worden uitgestoten bij de productie van chocolade (47 kg CO₂e, voornamelijk omwille van ontbossing voor cacaoplantages) en koffie (29 kg CO₂e, door veel voedselverlies en ontbossing). Ook rijst scoort relatief slecht voor een plantaardig product (4,5 kg CO₂e), vooral omwille van de methaanuitstoot bij de productie.³ Omdat eenzelfde hoeveel voedingsproduct verschillende calorieën bevat, is het aangewezen om de broeikasgasuitstoot per kcal uit te drukken. Wanneer we de broeikasgasuitstoot per 1.000 kilocalorieën bekijken, wijzigen deze waarden, maar staat rundsvlees nog steeds bovenaan (rundsvlees: 36,44 kg CO₂e, tomaten 11 kg CO₂e, erwten 0,28 kg CO₂e). De broeikasgasuitstoot per 100 g eiwitten van verschillende voedingsproducten wordt weergegeven in Figuur 7 (zie hoofdstuk 3). Er bestaan grote verschillen in de geciteerde waarden, afhankelijk van standplaatsfactoren zoals bodem en klimaat en van teelttechnische maatregelen zoals bemesting en ziektebestrijding.

Naast de broeikasgasuitstoot is ook de impact van landbouw op de kwaliteit van bodem en water (zie ook hoofdstuk 5) een belangrijke bron van bezorgdheid. Bemesting (zie ook hoofdstuk 6) veroorzaakt bij excessief gebruik verontreiniging van oppervlakte- en grondwater en eutrofiëring, een overmatige ophoping van voedingsstoffen die ecosystemen verstoort. Dit alles gaat ten koste van de biodiversiteit. Het mondiale gebruik van kunstmeststoffen is na Wereldoorlog II sterk gestegen: van 33 megaton (miljoen ton) in 1960 tot 210 megaton in 2020, waarvan 123 megaton stikstof (N), 45 megaton fosfor (P) en 45 megaton kalium (K). Vooral de stikstofbemesting is sterk toegenomen. Dat was noodzakelijk om de snel groeiende wereldbevolking te kunnen blijven voeden: een ruwe schatting is dat de landbouwproductie zonder kunstmest maar half zo groot zou zijn. De toename is echter erg ongelijk verdeeld: in volledig Afrika wordt slechts 12 megaton kunstmest gebruikt. Dat is te weinig om de nutriënten die de bodem verliest via de oogst van landbouwgewassen te compenseren: het gevolg is dat de bodemvruchtbaarheid er in veel gebieden in Afrika op achteruitgaat. In China, met een beduidend kleinere landbouwoppervlakte dan Afrika, is er dan weer sprake van overbemesting: hier wordt de laatste jaren 51 megaton kunstmest gebruikt per jaar, nadat het gebruik piekte op 65

³ <https://ourworldindata.org/grapher/ghg-per-kg-poore>

megaton in 2015.⁴ Een mondiale herverdeling van de bemesting zou dus zowel het milieu als de landbouwproductie ten goede komen. De potentiële winsten die hier geboekt zouden kunnen worden zijn enorm: in een theoretische denkoefening toonden Folberth et al. (2020) aan dat de mondiale landbouwproductie op dezelfde oppervlakte zou kunnen verdubbelen als de keuze van de gewassen en de bemesting wereldwijd zou worden geoptimaliseerd, of, met andere woorden, we zouden de hele wereldbevolking kunnen voeden met een landbouwoppervlakte die maar half zo groot is.

Gewasbeschermingsmiddelen maken ook deel uit van de meeste landbouwsystemen. Het pesticidegebruik steeg wereldwijd na 1990, maar blijft nu al een aantal jaren constant. Meer dan de helft van de gewasbeschermingsmiddelen zijn onkruidbestrijdingsmiddelen, de rest bestaat voornamelijk uit schimmelbestrijdingsmiddelen en insecticiden, met elk een gelijkwaardig aandeel. Maar ook hier bestaan er grote verschillen tussen regio's: in lage-inkomenslanden worden heel weinig gewasbeschermingsmiddelen gebruikt (wat mede de oorzaak is van de lage productiviteit), terwijl in landen met een hoge productiviteit veel gewasbeschermingsmiddelen worden gebruikt⁵ (zie ook hoofdstuk 7).

Een ander aandachtspunt is het verlies van biodiversiteit: landbouw vormt de grootste bedreiging voor de biodiversiteit. De grootste actuele bedreiging komt door de ontbossing en de conversie van natuurlijk grasland naar graasland in de tropen en de subtropen. Deze bodemgebruikersveranderingen bedreigen naar schatting meer dan 13.000 soorten. Nog eens 3.000 soorten worden bedreigd door landbouwverontreiniging (eutrofiëring, gewasbeschermingsmiddelen, stikstofneerslag, ...). Dat is ongeveer evenveel als er worden bedreigd door overbejaging en -bevissing (Tilman & Williams, 2021). Ongeveer 30% van de bedreigde soorten wereldwijd komt hiermee op conto van de landbouw.

Het plaatje van de Vlaamse landbouw (en van de landbouw in Noordwest-Europa) verschilt van het mondiale plaatje. De Vlaamse landbouw is veel intensiever en heeft een bijzonder hoge productie per ha. Landbouw in Vlaanderen wordt ook gekenmerkt door meer veeteelt, meer druk op het milieu (overbemesting, stikstofvervuiling, veel gewasbeschermingsmiddelen, lage biodiversiteit) en meer broeikasgasuitstoot per capita. Wanneer we de negatieve impact uitdrukken per kg landbouwproduct, dan is de Vlaamse landbouw echter een van de meest efficiënte ter wereld. In verschillende hoofdstukken gaan we dan ook dieper in op de Vlaamse landbouw als *case study*. De cijfers voor de andere Europese regio's liggen zowat tussen de Vlaamse cijfers en de wereldcijfers in. Vooral in Centraal- en Oost-Europa ligt de productie evenals de milieuefficiëntie lager, terwijl er ook een beduidende productiekloof bestaat, weliswaar niet zo groot als het wereldgemiddelde.

VOEDSELZEKERHEID: EEN ENORME UITDAGING

Het mondiale voedselsysteem wordt geconfronteerd met ernstige problemen. De vraag naar voedsel zal deze eeuw drastisch stijgen door de toenemende wereldbevolking en het groter wordende aandeel van dierlijke producten in het dieet. Op mondiale schaal is er dan ook een reëel risico dat de druk op het beschikbare land en de uitstoot van broeikasgassen nog verder zullen toenemen en dat de biodiversiteit verder onder druk zal komen te staan. Bovendien is zoals gezegd de huidige landbouwpraktijk in vele regio's niet duurzaam. Overbemesting en ammoniakuitstoot veroorzaken

⁴ <https://ourworldindata.org/fertilizer>

⁵ <https://ourworldindata.org/pesticides>

eutrofiëring en het onoordeelkundig gebruik van gewasbeschermingsmiddelen vormt een bedreiging voor zowel de biodiversiteit als de menselijke gezondheid. Ten slotte zijn de problemen met het voedselsysteem geografisch ongelijk verdeeld. Zo is de druk op natuurlijke ecosystemen en het daaruit voortvloeiende verlies van biodiversiteit en koolstofopslag groter in het Mondiale Zuiden, terwijl overbemesting vooral in het Mondiale Noorden problematisch is. Daar komt nog de impact van de klimaatopwarming bovenop.

Verschillende maatregelen dringen zich op als we de groeiende wereldbevolking willen voeden zonder het klimaat en de omgeving extra te belasten. De voornaamste krachtlijnen om landbouw *future-proof* te maken zijn relatief eenvoudig te omschrijven, maar verschillen van regio tot regio. (i) In de eerste plaats moet de landbouw duurzaam geïntensiveerd worden in die regio's waar er vandaag een grote kloof gaapt tussen de gerealiseerde en de potentiële productiviteit: daardoor kan meer voedsel geproduceerd worden op dezelfde of op een kleinere oppervlakte. Dat leidt niet enkel tot een lager ruimtegebruik door de landbouw (en dus meer ruimte voor biodiversiteit) maar ook tot een lagere milieu-impact per hoeveelheid product (zie ook hoofdstuk 2). (ii) In regio's waar er vandaag geen of nauwelijks een productiekloof is, moet landbouw verduurzamen: optimalisatie mag niet enkel rekening houden met het optimaliseren van de productie, maar moet ook de impact op het lokale en mondiale niveau in rekening brengen (zie ook hoofdstukken 5, 6, 7, 8, 9 en 10). (iii) We moeten evolueren naar een ander dieet, waarbij (over)consumptie van vlees wordt vermeden. Vanuit milieustandpunt is een reductie van rundvlees prioritair, maar de eenvoudige vervanging van rundvlees door varkens- of kippenvlees heeft een negatieve impact op dierenwelzijn, omdat er dan véél meer dieren geslacht zouden moeten worden (zie ook hoofdstuk 4). (iv) Voedselverspilling moet efficiënter tegengegaan worden: nu is het zo dat ongeveer een derde van het geproduceerde voedsel niet wordt opgegeten (zie verder hoofdstuk 1). (v) De teelt van gewassen voor biobrandstof-productie moet geleidelijk afgebouwd worden. Brandstofproductie uit landbouwgewassen is doorgaans erg inefficiënt en het is op zijn minst twijfelachtig of het gebruik van biobrandstoffen daadwerkelijk tot een verminderde uitstoot van broeikasgassen leidt (zie ook hoofdstuk 11). (vi) Ten slotte zullen we voor bepaalde voedingsstoffen alternatieve productiemethoden moeten verkennen: wellicht kunnen in de toekomst een aantal basiscomponenten van ons voedsel (eiwitten, vetten, ...) efficiënter en met minder milieu-impact kunstmatig geproduceerd worden (zie ook hoofdstuk 8).

Een geoptimaliseerd landbouw- en voedselsysteem kan de broeikasgasuitstoot die met landbouwproductie samenhangt sterk laten dalen door de verminderde consumptie van vlees en zuivel en een einde aan de verdere uitbreiding van het landbouwareaal. Als we (relatief) minder dierlijke producten consumeren, zal ook het ruimtebeslag kleiner zijn. Maar een geoptimaliseerde landbouw zou ook minder land nodig hebben omdat de productiekloof gedicht wordt. Het land dat vrijkomt door deze gecombineerde maatregelen kan benut worden voor het herstel van natuurlijke ecosystemen (zie ook hoofdstuk 10). Dit zou niet alleen de biodiversiteit ten goede komen, maar ook bijdragen aan de opslag van koolstof op het land en meer ruimte creëren voor andere menselijke activiteiten.

VOLDOENDE VOEDSEL BINNEN DE PLANETAIRE GRENZEN

Kunnen we op aarde voldoende voedsel duurzaam produceren voor 10 à 11 miljard mensen? Het lijkt geen twijfel dat er daarvoor zowel aan productie- als consumptiezijde een grondige ombuiging van de huidige tendensen, het *business as usual*-scenario, nodig is. Met andere woorden, voortdoen zoals we vandaag bezig zijn, is geen optie. We moeten ons echter ook de vraag stellen of veranderingen in de

voedselproductie een significante impact zouden hebben. Is het met andere woorden de moeite waard om bepaalde maatregelen te implementeren?

Om de mogelijke gevolgen van de twee meest impactvolle maatregelen (verhogen van de productiviteit en afbouwen van de veestapel) te illustreren, lieten we in een eerste scenario de bevolking stijgen tot 11 miljard mensen (Figuur 3). We veronderstelden in deze simulatie dat de huidige mondiale productiviteitsstijging ook in de toekomst aanhoudt. Dit is een globale veronderstelling; in vele EU-landen is er eerder een stagnatie van de productiviteit. Als alle andere factoren (dieet, verliezen, enz.) constant zouden blijven, zouden we tegen het einde van de 21^{ste} eeuw 7.000 miljoen ha landbouwgrond nodig hebben om de verwachte 11 miljard mensen te voeden. Het huidige landbouwareaal bedraagt 5.100 miljoen ha. De berekening van de toename van het landbouwareaal met bijna 2.000 miljoen ha is conservatief, want ze houdt geen rekening met de verwachte stijging van de vleesconsumptie per persoon, die zich, onder *business as usual*-condities, vooral in China en India zal voordoen. Door een stijging van de voedselproductie en door ontbossing zou de broeikasgasuitstoot van de landbouw ongeveer verdrievoudigen. Voedselproductie wordt daarmee met voorsprong de belangrijkste bron van broeikasgasuitstoot in de wereld (bijna de helft van de huidige broeikasgasuitstoot wereldwijd) en van de klimaatverandering. Hierbij moet ook nog de uitstoot door andere actoren in de voedselketen opgeteld worden, zoals de verwerkende industrie en het transport. Het voedselsysteem alleen zou zo in 2100 op klimaatvlak verantwoordelijk zijn voor een temperatuurstijging van ongeveer 2 °C. Bovendien leidt ontbossing onherroepelijk tot een verlies aan biodiversiteit. In dit scenario hebben we met 11 miljard mensen de draagkracht van de aarde duidelijk overschreden.

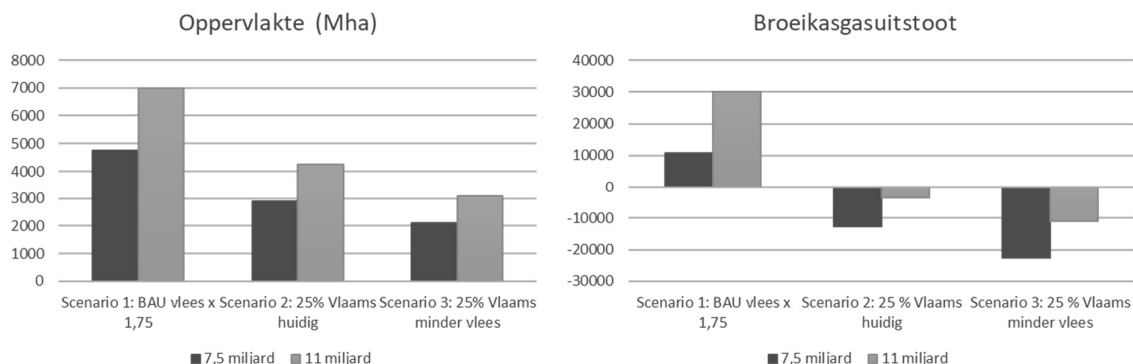
In een tweede scenario wordt de mondiale landbouwproductiviteit verhoogd tot minimaal 25% van de huidige productiviteit in Vlaanderen. Voor melk betekent dit dat een koe dan gemiddeld 2.500 l melk per jaar moet produceren (in Vlaanderen is dat momenteel 10.000 l). In dit scenario hebben we wereldwijd ongeveer 4.000 miljoen ha nodig om 11 miljard mensen te voeden. Ten opzichte van het eerste scenario komt er dus ca. 1.000 miljoen ha land vrij. Als dat vrijgekomen land bebost zou worden, zou er zelfs een licht negatieve broeikasgasuitstoot ontstaan, omdat bossen CO₂ aan de atmosfeer onttrekken.

In scenario 3 wordt er bovenop de situatie van scenario 2 wereldwijd een vleesconsumptie aangehouden die overeenkomt met een aanpassing van de vleesconsumptie tot de helft van de Vlaamse vleesconsumptie. Voor de Vlaming betekent dat dus een halvering van de huidige vleesconsumptie, zoals wordt aangeraden door de Hoge Gezondheidsraad.⁶ Hierdoor zou de noodzakelijke mondiale landbouwoppervlakte nog verder dalen tot 3.000 miljoen ha, wat zou resulteren in een negatieve broeikasgasuitstoot van ongeveer 10 gigaton CO₂e per jaar.

Een drastische verandering van ons consumptiepatroon keert terug in zowat alle adviezen voor het verduurzamen van ons voedselsysteem. Zo gaat het EAT-Lancet-rapport uit van een nog grotere reductie van de vleesconsumptie met 70% (Willett et al., 2019), terwijl andere bronnen vinden dat deze reductie en de bijhorende klimaatimpact te groot en onvoldoende onderbouwd zijn (Stanton, 2024). Uiteraard is de impact op klimaat en diversiteit nog groter bij een reductie van 70% dan bij 50%. Volgen we wereldwijd de aanbeveling van het EAT-Lancet-rapport dan komen we tot een reductie van 33 gigaton CO₂e per jaar. Passen we dit vleesarme dieet enkel toe in het VK en in de EU, dan komt er een oppervlakte ter grootte van Frankrijk vrij. Deze berekeningen illustreren een aantal kernboodschappen voor het verduurzamen van het voedselsysteem: wereldwijd moeten de

⁶ <https://www.gezondleven.be/themas/voeding/voedingsdriehoek/aanbevelingen-hgr>

veehouderij en de consumptie van dierlijke producten drastisch teruggedrongen worden. Daarnaast moet de productiviteit van de landbouw omhoog in de gebieden waar ze vandaag erg laag is.



Figuur 3: Oppervlakte (links, in Mha) en broeikasgasuitstoot (rechts, in Mton CO₂e) nodig in 2022 (8 miljard mensen) en in 2100 (11 miljard mensen) voor voedselvoorziening in verschillende scenario's van productiviteit en vleesconsumptie. Eigen berekeningen.

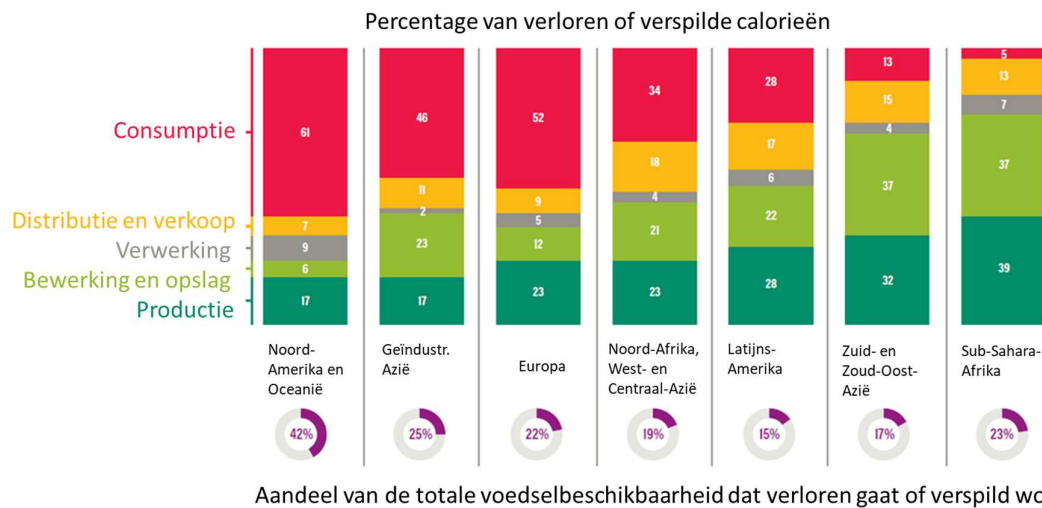
We onderscheiden drie scenario's:

1. *Business as usual* (BAU) scenario vlees x 1,75: *business as usual* met een stijging van de vleesconsumptie met 75% en met een beperkte historische productiviteitsstijging van 15%.
2. Productiviteit stijgt tot 25% van Vlaamse productiviteit en met huidige Vlaamse consumptiepatroon (vleesconsumptie komt dan overeen met *business as usual*-scenario vlees x 1,75).
3. Productiviteitsstijging tot 25% van de Vlaamse productiviteit met minder vleesconsumptie (halvering tot ongeveer het advies van de Hoge Gezondheidsraad).

Een andere sleutel tot een duurzamer voedselsysteem ligt in het terugdringen van voedselverspilling en het beperken van voedselverliezen. Verspilling gaat over vermijdbaar voedselverlies bij de distributie, de verkoop en de consumptie. Denk maar aan voedsel dat niet geconsumeerd wordt maar weggegooid, hoewel het perfect geconsumeerd zou kunnen worden. Voedselverlies heeft betrekking op verliezen tijdens de productie, bewaring en verwerking. In sommige statistieken worden voedselverspilling en voedselverlies door elkaar gebruikt, andere bronnen maken het onderscheid tussen voedselverlies en voedselverspilling niet en spreken alleen over voedselverlies. Volgens het FAO zou in totaal ongeveer 30% van ons voedsel verloren gaan. Volgens recent onderzoek wordt er wereldwijd ongeveer 14% van het voedsel verspild (WRI, 2018). Dit percentage ligt veel lager in lage-inkomenslanden, waar het voedselverlies nochtans aanzienlijk kan zijn; in hoge-inkomenslanden of goedkope voedselprijzen is de verspilling veel hoger. Intussen de 15 en de 23 kg per persoon en per jaar, wat minder is dan het Europese gemiddelde van 95 kg per persoon en per jaar (Platteau et al., 2016).

Een belangrijk deel van de voedselverspilling en in sommige gevallen van het voedselverlies (bv. verlies tijdens de bewaring na oogst in Sub-Sahara-Afrika) zou gerecupereerd kunnen worden om bv. ondervoeding aan te pakken. Dit zou gepaard gaan met een daling van de broeikasgasuitstoot. Er zijn echter een aantal heikele punten. Als er minder verspild wordt, is er meer voedsel op de markt, waardoor de prijzen dalen en de landbouwers een lager inkomen genereren. Verder rijst de vraag hoe we het gerecupereerde voedsel op tijd kunnen transporteren naar de plaats waar er een voedseltekort is. Voedselverspilling is immers moeilijk te voorspellen. Het tegengaan van voedselverspilling is dus een complexe zaak, die ook complexe oplossingen zal vragen. Bovendien kan waarschijnlijk slechts een beperkt gedeelte van de verspilling gerecupereerd worden (Hegwood et al., 2023). Het lijkt

daarom een betere strategie om verspilling gewoon te vermijden. Op dit vlak zijn er wel degelijk mogelijkheden: als we erin zouden slagen om overal ter wereld het voedselverlies te beperken tot het minimum dat voor een bepaald gewas wordt gehaald (als *best practice*), dan zouden voedselverliezen al tot ongeveer de helft gereduceerd worden (Kummu et al., 2012). Er zijn natuurlijk ook andere mogelijkheden, zoals het doorrekenen van externe kosten (bv. een deel van de milieukost) aan de consument. Voedsel zou dan duurder worden en mensen zouden dan wellicht minder geneigd zijn om voedsel te verspillen. Dit zou echter betekenen dat ook minder koopkrachtige consumenten meer zouden moeten betalen voor hun voedsel – het is de vraag of dat wel wenselijk is. Verspilling tegengaan zonder prijsstijging verdient dus de voorkeur.

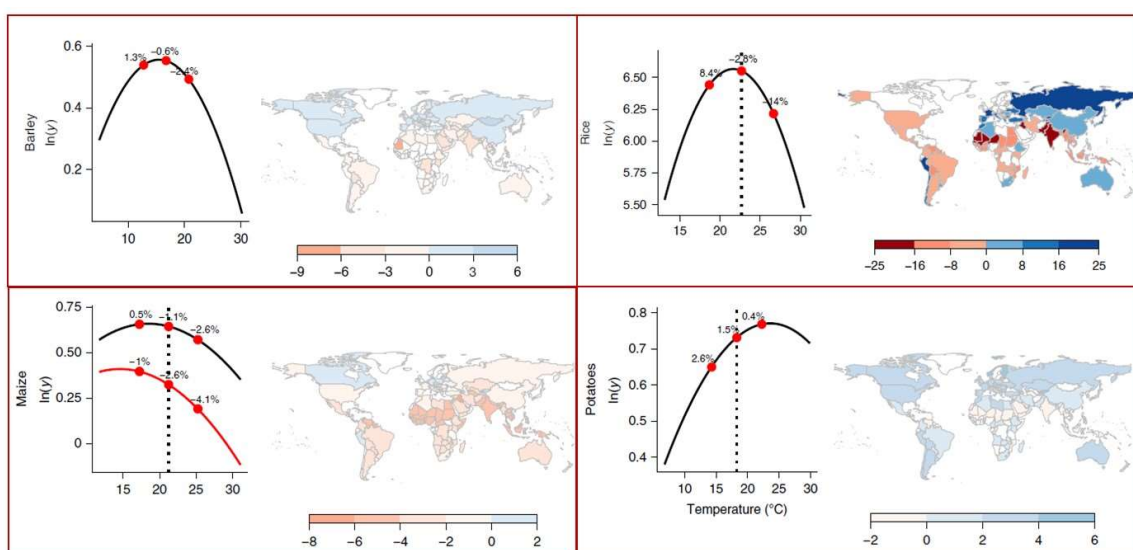


Figuur 4: Voedselverlies en voedselverspilling per regio. Voedselverlies situeert zich op het niveau van de productie, de bewaring en de verwerking. Voedselverspilling heeft betrekking op de distributie, de verkoop en de consumptie. In ontwikkelingslanden is er vooral sprake van voedselverlies bij de productie en de bewaring (76% in Sub-Sahara-Afrika). In Noord-Amerika, Oceanië en Europa gaat het vooral om voedselverspilling in de consumptiefase (61% resp. 52%) (aangepast volgens WRI en FAO, 2019).

Ten slotte kan er ook landbouwgrond gespaard worden door af te stappen van het doelgericht telen van landbouwgewassen om er biobrandstoffen mee te produceren (zie ook hoofdstuk 11). Daar zijn verschillende goede redenen voor: de productie van energie uit energiegewassen is relatief duur. In de meeste gevallen is de energiewinst heel beperkt, in sommige gevallen zelfs onbestaande. Voorstanders van energiegewassen vergeten soms belangrijke energiekosten in te calculeren: de toelevering van hulpmiddelen zoals gewasbeschermingsmiddelen en bemesting, het zaaien, het onderhoud van het veld, het oogsten, het transport, het omzetten van de energiedrager (bv. koolhydraten) in bruikbare energie (bv. bio-ethanol). Al deze energiekosten hebben een CO₂-kost die meestal veel groter is dan de CO₂-winst door bebossing van de oppervlakte die nodig is om het energiegewas te telen (Searchinger et al., 2018). In sommige gevallen is fossiele brandstof zelfs een beter alternatief. De boodschap is dus: ban de energiegewassen.

KLIMAATVERANDERING HEEFT EEN EFFECT OP DE LANDBOUWPRODUCTIE

Agnolucci en medewerkers (2020) hebben een overzichtelijk artikel geschreven over het effect van temperatuurverandering op de opbrengst van 18 landbouwgewassen wereldwijd (Figuur 5). Hieruit leren we dat vele landbouwgewassen niet bij de optimale temperatuur geteeld worden. Een temperatuurstijging met 1 °C betekent over het algemeen minder opbrengst, al is er in het noordelijk halfrond soms een – meestal beperkte – productiestijging mogelijk (blauw in de figuur); terwijl in het zuidelijk halfrond er grote productiedalingen vastgesteld kunnen worden (rood in de figuur). Vooral in Sub-Sahara-Afrika zal de voedselzekerheid hierdoor nog meer gehypothekeerd worden. Het globale plaatje van de temperatuurstijging is eerder negatief, zeker wanneer de temperatuur met meer dan 1 °C zou stijgen, zoals verwacht wordt. Omdat landbouw vandaag een grote uitstoter is van broeikasgassen, draagt landbouw zelf bij tot mondiale opbrengstdalingen. Wat Vlaanderen betreft is ook de onvoorspelbaarheid van het weer een extra probleem, met perioden met veel neerslag en met lange droogteperioden.



Figuur 5. Effect van temperatuursverandering bij gerst (links boven), rijst (rechtsboven), mais (linksonder) en aardappelen (rechtsonder). Bij elk gewas wordt de productieverandering in functie van de temperatuur links weergegeven. De middelste rode stip geeft de productie bij de huidige mondiale temperatuur weer, de linkse stip en de rechtse stip geven de productie weer bij een temperatuurdaling, respectievelijk temperatuurstijging van 4 °C. Het rechtse deel van elke figuur geeft de productiviteitsverandering geografisch weer als de wereldtemperatuur met 1 °C zou stijgen. Blauw = productiestijging; rood = productiedaling (Agnolucci et al., 2020).

DEELCONCLUSIE

Het voedselsysteem was de afgelopen vijftig jaar erg performant: ondanks de sterke bevolkingsgroei is er nu potentieel meer dan genoeg voedsel voor iedereen. De milieukost van voedsel is echter zeer hoog door (i) de enorme broeikasgasuitstoot met een groot negatief effect op de klimaatopwarming; (ii) de zware milieuvervuiling als gevolg van eutrofiëring en onoordeelkundig gebruik van gewasbeschermingsmiddelen; (iii) de druk op de biodiversiteit, vooral door de veranderingen op het gebied van landgebruik.

De denkoefeningen in de bovenstaande analyse tonen echter aan dat het zeker mogelijk is om de milieu-impact van de landbouw en ons voedselsysteem sterk te verminderen. Een essentiële doelstelling moet zijn om de productiviteit in laagproductieve gebieden te verhogen. In hoogproductieve gebieden is er vooral nood aan een lagere belasting van het leefmilieu door een oordeelkundig gebruik van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. Minder intensief produceren op zich biedt echter geen oplossing (zie ook hoofdstukken 2 en 9). Een gelijktijdige verbetering schuilt in een dieetverandering (bv. minder vlees). Het doorrekenen van externaliteiten, zoals de milieukost, de klimaatkost of de biodiversiteitskost, is hierbij een goede en noodzakelijke stap, aangevuld met de nodige begeleidende maatregelen en sensibilisering (zie ook hoofdstuk 12). Hierop wordt teruggekomen in de kernboodschap over de eiwitshift (zie hoofdstuk 4).

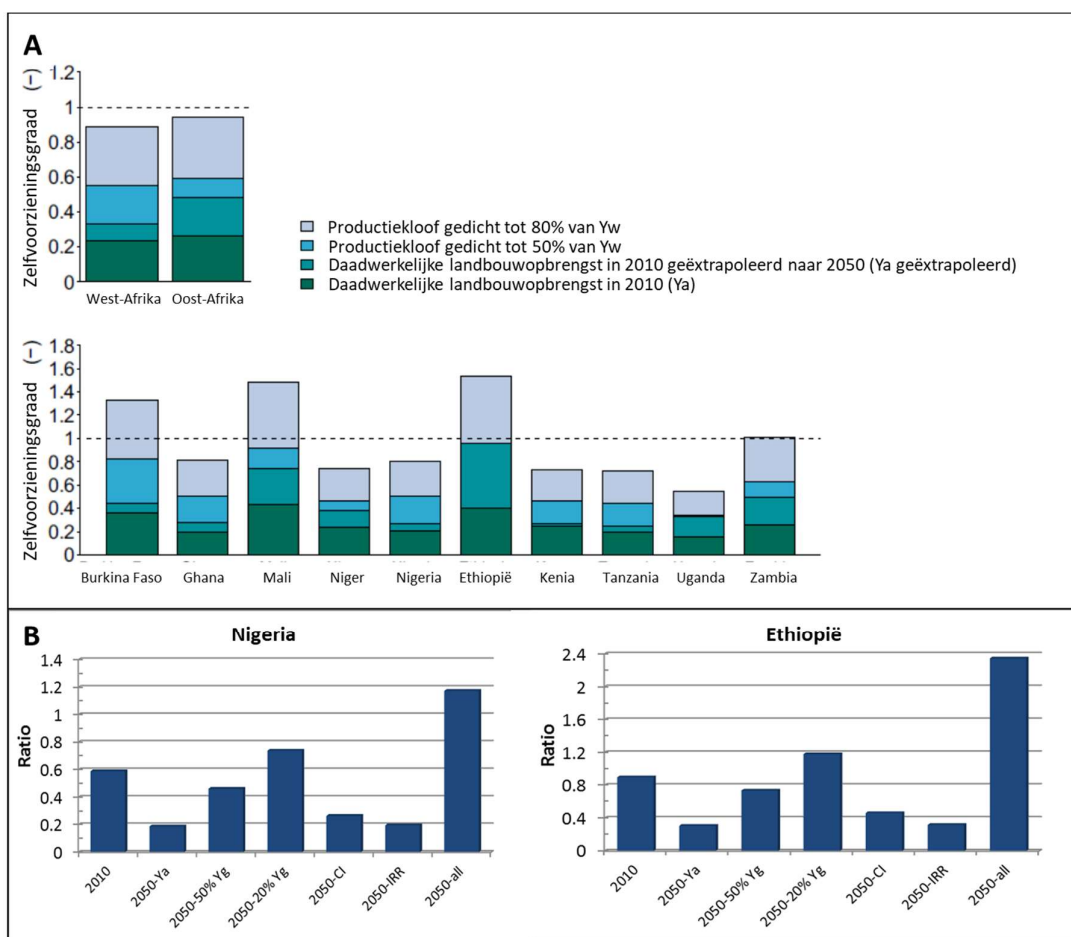
2. DE PRODUCTIEKLOOF DICHEN WERELDWIJD

Kernboodschap: De regionaal nog aanwezige productiekloof moet zoveel mogelijk gedicht worden, wat impliceert dat we de landbouw in die regio's duurzaam moeten intensiveren. Hiervoor moeten we de bemesting en de gewasbescherming optimaliseren, de gewaskeuze aanpassen en de teelttechniek verbeteren. Ook ondersteunende activiteiten zoals voorlichting en toegang tot markten moeten verbeteren.

PRODUCTIEPOTENTIEEL VERSUS INEFFICIËNTIE

Veel van de mondiale negatieve milieueffecten van de landbouw hangen samen met het grote ruimtebeslag dat met landbouw gepaard gaat. Expansie van landbouwland is de belangrijkste oorzaak van biodiversiteitsverlies, bovendien kan er minder koolstof worden opgeslagen op landbouwland dan in natuurlijke ecosystemen (Ritchie, 2021). Het is dus essentieel om op mondiale schaal het ruimtebeslag van de landbouw zoveel mogelijk te beperken. Dit betekent dat de noodzakelijke productietoename zoveel mogelijk gerealiseerd moet worden op het al bestaande landbouwland en dat de productiviteit van de landbouw dus omhoog moet in die regio's waar die achterophinkt (zoals al aangegeven in hoofdstuk 1). Dat probleem is het grootste in lage-inkomenslanden, met name in delen van Zuidoost-Azië en voornamelijk in Sub-Sahara-Afrika. In Sub-Sahara-Afrika blijft de bevolking sterk groeien, terwijl de landbouwproductie zeer laag is en nauwelijks toeneemt. De landbouw is er meestal zeer extensief. Vaak wordt er nauwelijks bemest en gaat de bodemvruchtbaarheid er drastisch achteruit. Een ha landbouwgrond in Sub-Sahara-Afrika krijgt gemiddeld slechts 15 kg stikstof (N) toegediend per jaar (veelal uit organische bronnen). Een goede opbrengst zou zowat het tienvoudige vereisen (Elrys et al., 2020). De bodems in Afrika hebben dus een veel hoger productiepotentieel dan wat op dit ogenblik gerealiseerd wordt. Er is dus sprake van een productiekloof, met alle gerelateerde negatieve gevolgen: er is een groot landbouwareaal nodig voor een beperkte opbrengst en de milieu-impact per eenheid product is veel groter dan nodig. De voornaamste redenen voor deze productiekloof zijn onvoldoende bemesting en ziektebestrijding, onvoldoende irrigatie, gebrek aan landbouwtechnologie, niet-aangepaste gewassen, weinig landbouwvoorlichting, weinig financiële middelen, gebrek aan infrastructuur en socio-culturele obstakels. In veel Afrikaanse landen is er een belangrijke (maar inefficiënte) veehouderij. Men zou dus intuïtief verwachten dat de dierlijke mest voor voldoende bemesting kan zorgen. Deze intuïtie berust ten dele op een misverstand: vee produceert namelijk geen nutriënten. Koeien, geiten en schapen nemen nutriënten op via hun plantaardig voedsel en concentreren die nutriënten in hun mest. Vee transporteert nutriënten dus van de graaslanden waar het zelf zijn voedsel verzamelt naar de stal, van waaruit de nutriënten vervolgens op een akker terechtkomen. Daarbij komt nog dat de plaatselijke bevolking (gedroogde) dierlijke mest vaak gebruikt als brandstof om te koken en zich te verwarmen. Bovendien krijgt het vee te weinig (nutriëntenrijk) voeder, waardoor er vrij weinig mest geproduceerd wordt, die bovendien van lage kwaliteit is. Het probleem kan dan ook niet opgelost worden door meer vee te houden. Hiervoor is de productiviteit van de graaslanden te laag (ook al, onder andere, door bodemnutriëntentekorten daar). De enige oplossing is om het tekort aan nutriënten te compenseren met *inputs* van buitenaf, kunstmest dus. Het potentieel van vlinderbloemigen om stikstof te fixeren is immers te beperkt, en vlinderbloemigen lossen het nijpende bodemfosfaattekort niet op. De productiviteit kan ook verhoogd worden door meer gewasbeschermingsmiddelen op een meer oordeelkundige manier te gebruiken. Zo werd in het rapport 'Farming

without plant protection products' (Keulemans et al., 2019a) op basis van internationale gegevens berekend dat de winst door toepassing van gewasbeschermingsmiddelen tussen de 20% en 40% zou liggen. Een belangrijke bedenking bij bemesting en toepassing van gewasbeschermingsmiddelen is dat de toepassing op een duurzame wijze moet gebeuren, dus met een minimale impact op mens en omgeving (zie ook hoofdstukken 6 en 7).



Figuur 6: A) Zelfvoorziening in Sub-Sahara-Afrikaanse landen in 2010 en in 2050 (geëxtrapoleerd op basis van de historische productiestijging) na dichten van de productiekloof tot 50% en 80% van de potentiële productie (exclusief meerdere teelten/jaar en irrigatie) (Van Ittersum et al., 2016).

B) Zelfvoorzieningsgraad in Nigeria en Ethiopië. Ya: huidige productiviteit; Yg: productiekloof dichten tot 50% resp. 80%; CI: meerdere gewassen telen per jaar; IRR: irrigatie optimaliseren; all: alle voorgaande maatregelen samen.

Van Ittersum et al. (2016) berekenden voor een aantal Afrikaanse landen hoe groot de hogervermelde productiekloof precies is voor enkele basisgewassen: gemiddeld wordt slechts 20% tot 30% bereikt van wat er op dezelfde oppervlakte (met een vergelijkbare bodem en klimaat) geproduceerd zou kunnen worden. Figuur 6 geeft aan wat de zelfvoorzieningsgraad van een aantal Afrikaanse landen zou zijn in 2050 bij het verkleinen van de productiekloof door het verhogen van de feitelijke productie tot 50% of 80% van de potentiële productie, rekening houdend met de bevolkingsstijging (gemiddeld +250%). Door aangepaste teeltmaatregelen kan de zelfvoorzieningsgraad aanzienlijk toenemen in de bestudeerde landen. In drie van de tien bestudeerde landen – Burkina Faso, Mali en Ethiopië – zou er

zelfs een overschot zijn als de productiekloof gedicht zou worden tot 80% van de potentiële productie (dus een productiekloof van nog slechts 20%, i.p.v. de huidige 70% tot 80%). Berekeningen voor Nigeria en Ethiopië leren dat door bijkomende maatregelen zoals meerdere teelten per jaar en (betere) irrigatie de zelfvoorzieningsgraad zou oplopen tot 1,2 in Nigeria en tot 2,4 in Ethiopië. Afrika kan dus grotendeels zelfvoorzienend worden op het vlak van voedsel als de productiekloof gedicht wordt en er bijkomende maatregelen genomen worden. Daarnaast zouden er ook structurele maatregelen genomen moeten worden die verder gaan dan de loutere verhoging van de landbouwproductiviteit, zoals het verbeteren van de transportmogelijkheden, toegang tot markten, prijsbeleid, koopkrachtverhoging (die zal leiden tot het wegwerken van extreme armoede), landbouwvoorlichting en kredietverschaffing.

De productiekloof wegwerken is essentieel om toekomstige voedseltekorten te verminderen. De manier waarop dit gebeurt, is echter even belangrijk als het verhogen van de landbouwproductiviteit zelf. Een eerste aspect daarbij is technieken gebruiken die de impact op milieu en biodiversiteit minimaliseren. Een tweede is dat de veerkracht van de productie gehandhaafd moet worden in een scenario van klimaatverandering waarbij (i) periodes van droogte in veel regio's frequenter zullen worden en (ii) er nieuwe landbouwplagen en -ziekten zullen opduiken. Met deze twee belangrijke randvoorwaarden (milieu-impact en veerkracht) valt streven naar productiviteitsverhogingen onder duurzame intensivering of *sustainable intensification*.

Een productiekloof kan zich ook voordoen in hoge-inkomenslanden die zelfvoorzienend zijn, zoals door Schils et al. (2018) in een theoretische denkoefening werd aangetoond voor de voornaamste graansoorten in Europa. Gemiddeld bedraagt de productiekloof in Europa 40% (dus een productie van 60% van het potentieel). Mocht deze productiekloof gehalveerd worden tot 20%, dan zou er in theorie een oppervlakte kunnen vrijkomen van 23 miljoen ha, waardoor er bij herbebossing een jaarlijks potentieel van ongeveer 170 megaton CO₂ opgevangen zou kunnen worden. Dat komt overeen met ongeveer 40% van de broeikasgasuitstoot van de Europese landbouw. Om deze productiekloof te dichten is er wel extra bemesting nodig. De auteurs berekenden voor drie graangewassen (tarwe, gerst en maïs) dat er voor stikstofbemesting ongeveer 3,3 miljoen ton stikstof zou nodig zijn. Een deel hiervan zou ingevuld kunnen worden vanuit landen waar er nu sprake is van overbemesting. Bovendien zal de keuze van variëteiten aangepast moeten worden om de productiekloof effectief tot 20% te beperken. Er is een gelijkaardige productiekloof voor andere gewassen en voor het grasland en de grasteelt. Die productiekloof ontstaat deels ook doordat ziekten, plagen en onkruid te weinig of niet efficiënt bestreden worden. Een voorzichtige schatting op basis van een extrapolatie van de gegevens van Oerke (2006) geeft aan dat een verdere reductie van de productiekloof met 10% voor Europa realistisch is als de gewasbescherming geoptimaliseerd wordt. Hierdoor zou er nog eens 11,5 miljoen ha landbouwgrond vrijkomen, equivalent aan een CO₂-winst van ongeveer 85 megaton CO₂e. Als we die maatregel combineren met een betere bemesting, zouden we de CO₂-uitstoot in de EU met ongeveer 60% kunnen verminderen. Anderzijds houdt deze denkoefening geen rekening met het feit dat de landbouwlandschappen met een grote productiekloof in Centraal-Europa nog vaak gekenmerkt worden door een hoge biodiversiteit aan de typische soorten van landbouwland. Mocht het al mogelijk zijn om het vrijgekomen landbouwland effectief te bebossen, dan is er dus een duidelijke *trade-off* tussen koolstofopslag en biodiversiteitsbehoud. In veel andere hoge-inkomenslanden is de productiekloof overigens nog groter dan in de EU. Dat geldt bv. voor de VS, waar grote oppervlakten extensief bewerkt of begraasd worden. Ook in exporterende landen zoals Brazilië, Australië en Argentinië, waar grote oppervlaktes voor extensieve veeteelt en gewasteelt gebruikt worden, is er sprake van een enorme productiekloof.

Ten slotte kan de toepassing van genetisch gewijzigde gewassen (ggo's) bijdragen tot het dichtten van de productiekloof (zie ook hoofdstuk 8). De eerste-generatie ggo's (vooral soja, maïs, koolzaad en katoen met herbicidenresistentie en/of insectenresistentie) geven niet alleen een hogere productie dan ggo-vrije gewassen, ze leiden vaak ook tot een substantiële vermindering van de input aan gewasbeschermingsmiddelen, minder broeikasgasuitstoot tijdens de productiefase en een hogere koolstofopslag in de bodem omwille van minder bodembewerking in geval van herbicidenresistentie (Brooks & Barloot, 2018). Wel zijn *off-target*-effecten en het ontwikkelen van resistentie (van zowel onkruiden als insecten) hier ook een bezorgdheid en aandachtspunt.⁷

DEELCONCLUSIE

Wanneer de regionaal nog sterk aanwezige landbouwproductiekloof deels gedicht wordt, kan de vraag naar landbouwland afnemen en kan er in theorie zelfs land vrijkomen voor het herstel van natuurlijke ecosystemen. Vooral in Sub-Sahara-Afrika, maar ook in delen van Zuidoost-Azië, regio's waar de bevolking nog sterk toeneemt, is dit een prioriteit. Om dit te realiseren moet er meer bemest worden en moeten gewasbeschermingsmiddelen optimaal en op een duurzame wijze ingezet worden. Hierbij kunnen ook ggo's een rol spelen (zie ook hoofdstuk 8). Ook in Europa, meer bepaald in Oost- en Centraal-Europa, maar ook in Zuid-Europa, kan er nog winst geboekt worden: als de Europese productiekloof gehalveerd wordt, kan er in theorie bijna 23 miljoen ha land vrijkomen voor het herstel van natuurlijke ecosystemen of andere doelstellingen zoals bv. een betere zelfvoorziening van plantaardige eiwitten en de uitbouw van een bio-gebaseerde economie (zie ook hoofdstukken 4, 8 en 11).

⁷ Zie ook de eerdere Metaforum-visietekst *Ggo's in onze voedselproductie: bijdrage tot een genuanceerd debat* via <https://www.kuleuven.be/metaforum/visie-en-debatteksten>.

3. GESCHIEDENIS EN SOCIO-ECONOMISCHE KENMERKEN VAN LANDBOUW BIJ ONS

Kernboodschap: Tot Wereldoorlog II werden de Belgische en de Vlaamse landbouw vooral bepaald door voedselcrisissen, sindsdien hebben mechanisatie en de Groene Revolutie geleid tot schaalvergroting en tot een sterke toename van de productiviteit. Daarnaast heeft ook het beleid, vooral het Europese beleid, het huidige uitzicht van de Vlaamse landbouw bepaald, waarbij de laatste decennia de milieuproblematiek en meer recent het duurzaamheidsprincipe de grootste impact hadden.

De Vlaamse landbouw wordt vandaag gekenmerkt door een ver doorgedreven specialisatie, maar ook door grote verschillen in bedrijfsinkomen tussen de verschillende sectoren. De zeer diverse subsidies, die vandaag vooral op duurzaamheid gericht zijn, blijken onvoldoende om in de sterk grondgebonden sectoren een competitief bedrijfsinkomen te garanderen. Landbouwers zoeken daarom vandaag naar alternatieve bedrijfs- en verdienmodellen.

GESCHIEDENIS VAN DE VLAAMSE (BELGISCHE) LANDBOUW EN HET LANDBOUWBELEID⁸

EVOLUTIE VAN DE BELGISCHE/VLAAMSE LANDBOUW IN CIJFERS

In 1830 bedroeg het totale landbouwareaal 1.540.000 ha. Dit groeide tot ongeveer 2.000.000 ha in het begin van de jaren 1930, door de groeiende bevolking maar ook omwille van voedselcrisissen. De nadruk lag op zelfvoorziening. Na Wereldoorlog II begon het areaal weer drastisch te dalen, mede dankzij de Groene Revolutie (Tabel 13, bijlage 4). Het Vlaamse landbouwareaal bedraagt vandaag ongeveer 750.000 ha, zowat de helft van de oppervlakte van Vlaanderen (inclusief paardenweiden, grote tuinen en hobbytuinen).

Op basis van het referentiejaar 1910 (Tabel 14 in bijlage 4) is de waarde van de landbouwproductie sinds het begin van de 19^{de} eeuw met een factor 10 gestegen. Dit lijkt veel, maar ook het productievolume is toegenomen en de waarde van de andere, niet-landbouwproductie is in veel grotere mate gestegen. De Vlaamse landbouw heeft zich in de loop van de geschiedenis toegespitst op 'duurdere' producten zoals vlees, melk en tuinbouwproducten. Voor de landbouwproductie is steeds minder arbeid nodig: die is over de hogervermelde periode met een factor 10,4 gedaald, vooral omwille van mechanisatie en schaalvergroting. Dit betekent dat over dezelfde periode de arbeidsproductiviteit, uitgedrukt in waarde per arbeidskracht, met een factor 117 gestegen is. Vooral de Groene Revolutie (bemesting, verbeterde rassen, gewasbescherming, dierenvoeding en mechanisatie) heeft bij deze veranderingen een grote rol gespeeld (Tabel 14 in bijlage 4). Vanaf 1960 zien we ook hogere prijzen, wat mede te maken heeft met een verschuiving in de teelten.

De productiewaarde is gestegen bij tuinbouw en veeteelt en verminderd bij akkerbouw (van respectievelijk 3%, 57% en 40% in 1850 naar respectievelijk 17%, 66% en 17% in 2000). In verhouding tot de initiële waarde zijn de toename van de tuinbouw en de daling van de akkerbouwwaarde opvallend. De verandering in productiewaarde vinden we ook terug in de evolutie van het aandeel in het grondgebruik van gewassen (Tabel 15 in bijlage 4). Opvallend is bv. de toename van het aandeel grasland van 12% in 1760 tot 45% in 2000. Dit is te verklaren door de toename van de veeteelt, met melkvee en vooral vleesrunderen. De import van goedkope granen van een betere kwaliteit leidde tot een

⁸ Gebaseerd op Segers et al., 2013; Segers en Karel, 2015; Segers en Van Molle, 2004.

drastische daling van de teelt van graangewassen. Het aandeel van tuinbouwgewassen is niet toegenomen (wel de productiewaarde ervan). De teelt van industriegroenten is wel toegenomen in oppervlakte, zoals bv. de teelt van suikerbiet en groenten voor de inmaakindustrie. De toename van de teelt van voedergewassen hangt samen met het groeiend belang van de veeteelt. De verschuiving in teelten hangt samen met de toegevoegde waarde ervan.

De productiviteit van de landbouwgewassen is enorm toegenomen (Tabel 16 in bijlage 4). Vooral graangewassen zijn sterk gestegen in productie, met name tarwe (stijging met een factor van bijna 6), bij aardappel is de stijging minder prominent (factor 3) en bij suikerbiet is de productie zelfs niet verdubbeld. Bij dit laatste gewas is het suikergehalte wel drastisch gestegen, de laatste decennia stijgt dit suikergehalte zelfs jaarlijks met bijna 2%. Het effect van de Groene Revolutie (na 1950) is opvallend. Daarbinnen heeft de veredeling een voorname rol gespeeld.

In de veeteelt is de melkproductie sinds 1850 gestegen van 1.577 l per koe per jaar tot 5.547 l in 2000. Vandaag is door verder doorgedreven veredeling en selectie de melkproductie zelfs opgelopen tot bijna 10.000 l per koe per jaar. Ook is er een sterke stijging van vleesproductie per dier dankzij de introductie van het Belgisch witblauw rund na Wereldoorlog II. Wegens een overschot aan melkproductie is er een duidelijke omschakeling naar vleesrunderen (zie ook Tabel 17 in bijlage 4). Ook voor varkens en pluimvee is er een gevoelige productiviteitsstijging. Samen met het aantal plaatsen voor de teelt van varkens en pluimvee (Tabel 17 in bijlage 4) en mede door een verkorte teeltcyclus is de productie van vlees van varkens en pluimvee jaarlijks enorm toegenomen.

Het aantal arbeidskrachten in de tuinbouw nam van 1760 tot 1846 toe met meer dan 300.000, tot meer dan 1 miljoen, vooral omwille van areaaluitbreiding door de voedselcrisis. Daarmee werkte toen ongeveer 40% van de beroepsactieve bevolking in de landbouw, die dus vooral op zelfvoorziening gericht was. Tot Wereldoorlog I verminderde het aantal arbeidskrachten, wat samenhangt met de beperkte toename van de productiviteit en de geleidelijke vermindering van het areaal. Deze tendens zette zich vanaf dan versterkt verder tot het begin van de 21^{ste} eeuw, ondanks de enorme toename van de productie en de productiviteit sinds de jaren 1960 door de Groene Revolutie (Tabel 18 in bijlage 4).

De productiviteitsstijging werd mede mogelijk gemaakt door de toename van de bemesting, zowel met dierlijk mest (door de groei van de veestapel, initieel vooral van melkkoeien als vleesrunderen die veel mest produceren) als met kunstmeststoffen, vooral stikstof (een vertienvoudiging tussen 1895 en 1980) en kalium (een toename met ongeveer een factor 45).

Tot aan het begin van de Groene Revolutie bleef de oppervlakte per bedrijf min of meer constant (terwijl de productie steeg), maar sinds 1960 is de bedrijfsoppervlakte bijna verviervoudigd (Tabel 20 in bijlage 4). Boeren moeten steeds meer grond bewerken om een aanvaardbaar inkomen te verwerven. Voor de evolutie van het aantal dieren per bedrijf kunnen we gelijkaardige vaststellingen maken. Het aantal stuks rundvee per bedrijf is tussen 1950 en 2001 toegenomen met een factor 8 en voor varkens en vleeskippen is dit nog veel meer, zeker wanneer we rekening houden met de verkorte groeicyclus van varkens (2 teelten per stalplaatsen per jaar) en kippen (bijna 6 teelten per plaatsen per jaar) (Tabel 21 in bijlage 4).

Tabel 22 in bijlage 4 geeft een overzicht van de toename van het aantal landbouwmachines in de beginperiode van de mechanisatie. Na 1930 blijft dit aantal verder toenemen, maar die cijfers zijn niet weergegeven omdat het aantal bedrijven tegelijk ook drastisch is afgenomen, wat het beeld vertekent. De laatste decennia werden landbouwmachines sterk geperfectioneerd, zoals graanoogstmachines die tijdens het oogsten de kwaliteit van het graan kunnen bepalen. Ook nieuwe machines doen

hun intrede, zoals mechanische onkruidbestrijders die het gebruik van herbiciden kunnen verminderen. Vandaag hebben veel melkveebedrijven bv. een melkrobot, waardoor de melkkoeien frequenter en op eigen initiatief gemolken worden, wat de melkproductie per koe verhoogt. Elke melkkoe krijgt ook aangepaste voeding die afgestemd wordt op de melkproductie en de kwaliteit van de melk.

DRIVERS VAN DE EVOLUTIE VAN DE LANDBOUW

In de 19^{de} en het eerste deel van de 20^{ste} eeuw was de landbouw vooral gericht op zelfvoorziening. Veranderingen kwamen voort uit wijzigingen in de binnenlandse vraag, door bevolkingsaan-groei, verandering in welvaart en voedselcrisissen omwille van oogstmislukkingen.

Veranderingen in de internationale handel hebben het uitzicht van de landbouw sterk veranderd: de import van granen heeft de Belgische graanteelt sterk verminderd, ten voordele van de groei van duurdere producten die ook geëxporteerd konden worden: tuinbouwproducten, vlees en melk. Zij zijn de aanleiding van een steeds toenemende specialisatie van de landbouwbedrijven: vooral de niet-grondgebonden landbouw neemt een hoge vlucht dankzij de import van voedselgewassen (bv. soja).

Omwille van de steeds grotere prijsdruk was niet alleen nodig dat bedrijven zouden groeien, maar ook de productiviteit moest opgedreven worden: hiervoor waren de geleidelijke toename en verbetering van de mechanisatie en de Groene Revolutie zeer belangrijk. Vooral die laatste gaf een enorme impuls dankzij de kunstmeststoffen, gewasbeschermingsmiddelen en vooral de veredeling, die sterk verbeterde gewassen en veerassen ontwikkelde.

Onderzoek, mede door de overheid georganiseerd en financieel gesteund, speelde een belangrijke rol, en de laatste jaren hebben voorlichting en onderwijs de kennis ook naar de praktijk helpen brengen.

Een ander belangrijke *driver* voor de veranderingen in de landbouw is de agro-industrie. De voedselverwerkende nijverheid heeft de teelt van o.a. diepvriesgroenten, aardappelen, suikerbieten en koolzaad gevoelig doen uitbreiden. In de veeteelt spelen stallenbouwers en veevoederbedrijven en melkverwerking een belangrijke rol.

Deze *drivers* van de evolutie van de landbouw werden gaandeweg steeds meer in een beleidskader geïntegreerd en gestimuleerd, en gaven soms aanleiding tot een zeer dirigistisch beleid. Sinds het midden van de jaren 1950 wordt het uitzicht van de landbouw vooral door het Europese beleid bepaald.

EVOLUTIE VAN BELEID EN RELATIE MET UITDAGINGEN EN SOCIALE CONTEXT

Tot het midden van de 19^{de} eeuw is er geen echt landbouwbeleid in België en kunnen we spreken van een eerder 'organische' groei met vooral reacties op *ad hoc* problemen, zoals het *post factum* opdrijven van de productie in het geval van voedselcrisissen en hongernood na oogstmislukkingen. Er worden wel landbouwgenootschappen opgericht, maar die hebben weinig impact, omwille van de eerder theoretische benadering van de landbouwproblemen en het gebrek aan voeling met de praktijk. Beleidsorganen zoals de Hoge Landbouwwraad komen alleen in actie bij crisissen en voeren geen echt beleid op de langere termijn. De aandacht gaat vooral naar de consument, minder naar de landbouwer en naar structurele oplossingen in de primaire sector.

Voedselcrisissen in het midden van de 19^{de} eeuw leiden tot het schuchtere begin van een voedselpolitiek: een verbod op de uitvoer van aardappelen en de vrije invoer van granen om de hongersnood in te dijken. Ook de uitbreiding van de landbouwooppervlakte wordt gestimuleerd om de groeiende bevolking te voeden, wat ook meer tewerkstelling met zich meebrengt. De eerste subsidies voor landbouwnijverheid (bv. voor de vlasindustrie) worden gerealiseerd, er komt aandacht voor onderwijs (landbouwscholen), er worden veeprijskampen georganiseerd, die de basis vormen voor rasverbetering en verdeling, en het Institut Agronomique de l'Etat (Gembloux) wordt opgericht, de voorloper van de latere Rijksstations. Al deze initiatieven brengen wel tijdelijke veranderingen teweeg in de landbouwsector, maar hebben een weinig duurzame impact op de evolutie in de landbouw. Bovendien verslapt de aandacht eens de voedselcrisis voorbij is.

De laatste decennia van de 19^{de} eeuw worden gekenmerkt door goedkope voedingsprijzen omwille van een vrije internationale handel, die voor onze boeren een grote crisis veroorzaken. De Belgische overheid kiest voor goedkoop basisvoedsel en industriële ontwikkeling op basis van lage lonen. In 1884 kennen we voor de eerste maal een ministerie dat ook expliciet landbouw als bevoegdheid krijgt. De overheid investeert vooral in onderzoek en ontwikkeling, voorlichting en onderwijs en legt de nadruk op toekomstgerichte en innovatieve sectoren: veeteelt, tuinbouw en verwerkende nijverheid (bv. melkerijen, conserven, suikerraffinaderijen), tot op vandaag de speerpunten van de Vlaamse landbouw. De eerste samenwerking van de overheid met boerenorganisaties, voornamelijk de Belgische Boerenbond, opgericht in 1890, komt tot stand. Hierdoor ontstaat een verwevenheid van het landbouwbeleid met de katholieke zuil, op dat moment ook als buffer bedoeld tegen het liberale en socialistische gedachtengoed. Het gevolg is een beperkte verbetering in de agrarische sector: verandering in teelten, verbetering van de productiviteit, mede dankzij het eerste eerder beperkte gebruik van kunstmeststoffen en de opkomst van de landbouwindustrie.

In het begin van de 20^{ste} eeuw is er een voor die tijd performante landbouwsector, ook in vergelijking met buurlanden. De sector blijft wel afhankelijk van de import van bv. voedergrassen, granen, meststoffen. Deze importafhankelijkheid maakt de sector dan ook kwetsbaar.

Een volgende grote crisis in de landbouwsector doet zich voor tijdens de Duitse bezetting gedurende Wereldoorlog I. Veel van het geproduceerde voedsel wordt door de bezetter opgeëist. De ondervoeding wordt deels opgevangen door voedselhulp en ook het promoten van volkstuintjes helpt om de voedselcrisis het hoofd te bieden. Tijdens Wereldoorlog II zijn er ook voedseltekorten, ondanks een sterk dirigistische landbouwpolitiek via bv. verplichte teeltplannen, een proces dat reeds gestart was halverwege de jaren 1930. Wat deze en vroegere voedselcrisissen wel duidelijk aantonen, is dat een performante landbouw een absolute vereiste is voor ontwikkeling.

Na de hongersnood tijdens Wereldoorlog I stijgt de vraag naar voedingsproducten opnieuw, wat een nieuw elan geeft aan de landbouw. De kwaliteit van de producten verbetert, de mechanisatie doet haar intrede en stuwt de productiviteit omhoog, wat op termijn resulteert in een vermindering van de arbeidsbehoefte. Door de economische crisis in het begin van de jaren 1930 storten de prijzen in elkaar en onder druk van de boerenorganisaties kiest de overheid voor prijsstabilisatie en meer protectionisme. Net zoals in voorgaande crisissen wordt veel heil verwacht van modernisering en innovatie, wat resulteert in stijgende investeringen in onderzoek (rijksstations, IWONL), bedrijfsmodernisering en promotie van de Belgische landbouwproducten (NDALTP, later VLAM).

Al deze beleidsinitiatieven zijn erop gericht een kader te scheppen om het inkomen van de landbouwer te verbeteren, vooral door productiviteitsstijgingen, die mogelijk worden gemaakt door innovatie, bemesting en gewasbescherming en veredeling van vee en gewassen. Het zijn vooral deze

drivers, dankzij het door de overheid gecreëerde beleidskader, die de grote omwentelingen in de landbouw hebben veroorzaakt.

Hoge productiviteit en lage prijzen, doordat het aanbod op de internationale markt groter wordt dan de vraag, doen kort na Wereldoorlog II het landbouwincome echter dalen, waardoor veel boeren ermee stoppen. Het landbouwareaal blijft echter wel ongeveer hetzelfde, wat de overblijvende boeren nog enig inkomen oplevert via vergroting van het bedrijf. Een oplossing komt er ook via internationale samenwerking: Benelux, de EEG en later de EU. De nadruk van deze samenwerking ligt in het begin van de jaren 1950 op voldoende en goedkoop voedsel en op het inkomen en de levensstandaard van de boeren. Dit geeft spanning op de prijzen, wat de prijs die de boer krijgt neerwaarts drukt.

In 1962 lanceert Sicco Mansholt het eerste Europese plan voor een Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) dat vanaf dan de agrarische ontwikkelingen in de lidstaten sterk zal bepalen. Lage prijzen en een sterk protectionistisch beleid maken dat innovatie en ontwikkeling en allerhande overheidsondersteuning noodzakelijk zijn voor de sector om te overleven. Ook ruilverkaveling speelt hierbij een rol, met grotere en meer eenvormige percelen, dikwijls ten nadele van agrobiodiversiteit. Nog meer bedrijven verdwijnen, vooral kleinere. Overheidssubsidies gaan in mindere mate naar de tuinbouw en de niet-grondgebonden veeteelt (varkens en pluimvee). Door het beschermende Europese en overheidsklimaat en vooral door de interventiepolitiek gaat de productie omhoog. Nieuwe technologische ontwikkelingen maken teelttechnische verbeteringen mogelijk, die sneller dan vroeger in de praktijk worden geïmplementeerd: de Groene Revolutie van de jaren 1960, gebaseerd op nieuwe rassen door veredeling, kunstmeststoffen, gewasbeschermingsmiddelen en mechanisatie. De productiviteit neemt op korte termijn significant toe. Deze ontwikkelingen uiten zich al eind de jaren 1960 in groeiende boterbergen, melkplassen en wijnmeren. Omdat er veel protest komt tegen de subsidiepolitiek lanceert Mansholt een nieuw plan, waardoor het areaal met 5 miljoen ha moet verminderen, het aantal boeren eveneens met 5 miljoen, en waardoor de overblijvende bedrijven groter moeten worden. Een aangepast prijsbeleid moet vraag en aanbod beter op elkaar afstemmen en de afzet stimuleren. Dit plan wordt onder druk van de sector afgezwakt, zodat er nog aanzienlijke (en dure) overschotten blijven bestaan.

MacSharry luidt in 1992 een nieuwe Europese landbouwpolitiek in met afbouw van de prijs-ondersteuning, meer directe inkomenssteun van de boeren en met meer nadruk op extensievere landbouw. Het landbouwersinkomen wordt losgekoppeld van de prijs en van het productievolume, de landbouwer wordt ook meer een beheerder van landschap en milieu. Subsidies voor deze laatste activiteit worden sinds 1999 ondergebracht in de zogenaamde tweede pijler: de plattelandsontwikkeling.

Sinds de regionalisatie van landbouw komt vanaf het begin van de 21^{ste} eeuw in Vlaanderen de nadruk meer op milieuaspecten te liggen, vooral onder druk van het Europese beleid. De problematiek van de intensieve veeteelt noopt tot een mestactieplan (MAP) om de overbemesting onder controle te krijgen. Voedselcrisissen (zoals de dioxinecrisis) maken van de landbouwproblematiek een echt maatschappelijk thema. Er worden tal van maatregelen genomen op het vlak van voedselveiligheid, milieu en biodiversiteit, energiebesparing en dierenwelzijn.

Nadat jarenlang was ingezet op productiebeperkingen via allerhande quotasystemen, koopregelingen en braakleggingsverplichtingen, gooit de Europese Commissie in 2008 het roer om. Nagenoeg al die beperkingen worden overboord gegooit. De aanleiding is de wereldwijde prijspiek van landbouwproducten in 2007-2008 en de vrees voor wereldwijde voedseltekorten. Na een aantal jaarlijkse versoepelingen wordt in 2015 het melkquotasysteem na 31 jaar definitief opgeheven. Voor

heel wat melkveehouders in Vlaanderen is dit een bevrijding uit een strak economisch keurslijf. Het leidt tot de opmerkelijke (en onverwachte) groei van de Vlaamse melkveestapel van de afgelopen jaren.

Vandaag ligt naast de Green Deal het *Farm to Fork*-plan van (voormalig) Europees landbouw-commissaris Frans Timmermans voor. Boeren moeten met steeds meer verschillende belangen en aandachtspunten rekening houden, zoals voedselveiligheid, biodiversiteit en dierenwelzijn. Daarnaast wordt hen ook gevraagd om het gebruik van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen te verminderen en het antibioticagebruik in de veehouderij terug te dringen (zie ook hoofdstuk 14). De *Farm to Fork*-strategie gaat echter verder dan de landbouwsector alleen. Er worden ook maatregelen aangekondigd inzake de verwerking, distributie en consumptie van voedsel. De uiteindelijke ambitie is om het hele voedselsysteem, van boer tot bord, te verduurzamen.

Het is duidelijk dat al deze beleidsmaatregelen, en vooral de Europese, in sterke mate de evolutie en het uitzicht van de Vlaamse landbouw in de voorbije 60 jaar hebben bepaald.

DE HUIDIGE SITUATIE VAN VLAAMSE LANDBOUWERS

Landbouw wordt geconfronteerd met vele problemen op het vlak van milieu (stikstofuitstoot, vervuiling van oppervlakte- en grondwater), klimaat (de broeikasgasuitstoot moet verminderen), de achteruitgang van de bodemkwaliteit (verminderd koolstofgehalte) en verlies aan biodiversiteit. Bovendien neemt de internationale concurrentie steeds meer toe en is er in bepaalde sectoren overproductie: dit zet druk op de prijzen, vooral in de akkerbouw en de veeteelt.

Deze problemen vertalen zich door op het niveau van de individuele landbouwer. Die wordt geconfronteerd met soms zeer beperkende regelgeving, zoals op het gebied van bemesting en de daaraan gerelateerde regels, de verwerking van mestoverschotten, de beperking van ammoniakuitstoot (en de kosten hieraan verbonden), en het verminderd gebruik van gewasbeschermingsmiddelen met een reductie van het aantal toegelaten middelen (zodat gewasbescherming een uitdaging wordt). De regelgeving omtrent deze zaken verandert voortdurend, wat de bedrijfszekerheid in het gedrang brengt. Bovendien verzwaart de administratieve last voortdurend om controle op de toepassing van de regelgeving toe te laten, zonder dat dit op het veld tot belangrijke verbetering leidt. Daarnaast wordt in de media de landbouw en de landbouwer regelmatig in een slecht daglicht geplaatst. Het gevolg is dat er steeds meer boeren ontmoedigd geraken, ontevreden zijn, de toekomst somber inzien en mentale problemen ervaren.

Desondanks is de gemiddelde landbouwer over het algemeen toch nog relatief tevreden over het leven als landbouwer. Op basis van een jaarlijkse enquête bij landbouwers die deelnemen aan het Landbouw Monitoring Netwerk is de algemene tevredenheid vandaag 6,5 op een schaal van 10 (Platteau & Van Bogaert, 2024). Maar de algemene tevredenheid neemt sterk af: 10 jaar geleden was dit cijfer nog 7,5. Tussen de sectoren binnen de landbouw is er weinig verschil, daar schommelt het cijfer tussen 6,2 en 6,8. Dat landbouwers zich niet altijd goed voelen in hun vel, blijkt uit het toenemend aantal meldingen bij Boeren op een Kruispunt, een organisatie die landbouwers begeleidt bij financiële, economische, psychologische, technische of sociale problemen.⁹ Vooral binnen de dierlijke sector en de akkerbouw zijn er veel meldingen, deze sectoren staan dan ook onder grote druk (inkomen, ouderdom bedrijfsleiders, hoog aantal uittredende bedrijfsleiders).

⁹ <https://www.boerenopeenkruispunt.be/>

LANDBOUWERS IN VLAANDEREN: ENKELE CIJFERS

De totale landbouwoppervlakte van de Vlaamse beroepslandbouw bedraagt in 2022 619.806 ha (Platteau & Van Bogaert, 2024). Het grootste gedeelte wordt gebruikt voor veevoedergewassen (343.793 ha, waarvan 2/3^{de} weiden), naast 215.800 ha akkerland, 50.987 ha tuinbouw en '9.225 ha andere'. De oppervlakte bestemd voor landbouwdoeleinden in het gewestplan is een stuk groter: 750.000 ha. Het verschil, meer dan 130.000 ha, wordt ingenomen door paardenweiden, hobbylandbouw en grote tuinen, die niet voor beroepslandbouw gebruikt worden.

Het aantal landbouwbedrijven blijft afnemen, van 25.000 in 2012 tot 22.500 in 2022: dit zijn 16.500 beroepsbedrijven en 6.000 bedrijven waarvan het hoofdkomen niet uit de landbouw afkomstig is. Van die 22.500 bedrijven gaat het om 46% veeteeltbedrijven, hoofdzakelijk rundvee, 33% akkerbouwbedrijven, 12% tuinbouwbedrijven en 9% gemengde bedrijven.

De gemiddelde bedrijfsgrootte neemt toe: vandaag is het gemiddelde landbouwbedrijf 10% groter dan 10 jaar geleden, met 27,6 ha landbouwgrond. Een kleiner aantal bedrijven gebruikt dus ongeveer dezelfde totale landbouwoppervlakte als 10 jaar geleden. Naast de oppervlakte per bedrijf is ook het aantal dieren per bedrijf toegenomen. De bedrijven met de grootste output (in waarde) bevinden zich in West-Vlaanderen, Oost-Vlaanderen en de Noorderkempen, waar zich ook de intensieve veeteelt situeert (Platteau & Van Bogaert, 2024).

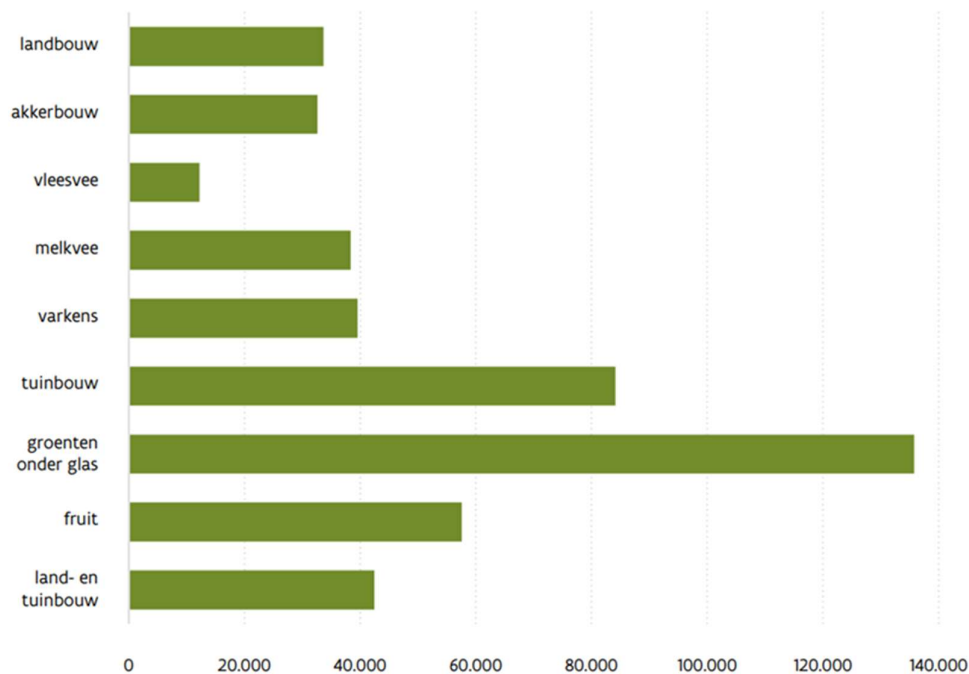
In 2022 was de gemiddelde leeftijd van de mannelijke bedrijfsleiders 56 jaar, bij vrouwelijke bedrijfsleiders lag die zelfs iets hoger. Het aandeel 65-plussers bedraagt 25%, wat impliceert dat vele bedrijfsleiders in de nabije toekomst zullen afvloeien. Er zijn zelfs meer dan 5% 80-plussers. Bedrijven met een landbouwactiviteit kennen meer 'stoppers' dan starters, bij particulieren (die landbouw niet als hoofdactiviteit hebben) is dit omgekeerd. Positief is dat het aantal jonge boeren (< 40 jaar) na een forse achteruitgang sinds 2017 gestabiliseerd is (Platteau & Van Bogaert, 2024).

De veroudering in de sector manifesteert zich ook in de bedrijfsopvolging. Gemiddeld heeft ongeveer 13% van de bedrijfsleiders ouder dan 50 jaar een bedrijfsopvolger. Bij bedrijven met een grote omzet is dit bijna 25%, bedrijven met een lage omzet komen nauwelijks boven de 5%.

De veroudering van de bedrijfsleiders doet zich voornamelijk voor bij akkerbouwbedrijven, vleesveebedrijven en 'overige graasdieren' met respectievelijk 38%, 36% en 35% van de bedrijfsleiders die subsidies van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid krijgen en ouder zijn dan 65 jaar. De gemiddelde leeftijd van de bedrijfsleiders is in deze sectoren dan ook duidelijk hoger dan de gemiddelde leeftijd in het algemeen. Vooral in deze sectoren is daarom veel verandering mogelijk, omdat vrij veel bedrijfsleiders in de nabije toekomst zullen stoppen. De gemiddelde leeftijd van de bedrijfsleiders met steun van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid ligt beduidend lager (minder dan 50 jaar) in de tuinbouw en bij melkveehouders.

Het gemiddelde inkomen per familiale arbeidskracht in de land- en tuinbouw bedraagt 44.705 euro, maar er zijn zeer grote verschillen tussen sectoren (Platteau & Van Bogaert, 2024). Het gemiddelde inkomen in de sectoren akkerbouw en veeteelt ligt ongeveer 20% lager dan het gemiddelde van de landbouw, vooral omwille van de vleesveesector, die ongeveer 70% lager scoort. Ook de andere veesectoren scoren lager dan het gemiddelde voor de landbouw. De tuinbouw scoort veel hoger (gemiddeld 100% meer), vooral omwille van de groenteteelt onder glas (220% hoger), ook de fruitteelt scoort hoger (35%) (Figuur 7). Vooral in de tuinbouw stijgt het gemiddelde arbeidsinkomen per familiale arbeidskracht, in de veeteelt varieert dit inkomen sterk van jaar tot jaar. In de tuinbouw (>100.000

euro) ligt het inkomen veel hoger dan dat van een gemiddelde loontrekkende (45.000 euro), maar in de akkerbouw (26.000 euro) en de veeteelt (26.000 euro) ligt dit een stuk lager.



Bron: Agentschap Landbouw en Zeevisserij op basis van LMN

Figuur 7: Familiaal arbeidsinkomen per familiale arbeidskracht (gemiddelde 2017-2021) (Platteau & Van Bogaert, 2024).

SUBSIDIES

De subsidies in de landbouw komen vooral van de EU (op basis van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid) en Vlaanderen (bv. via het Landbouwinvesteringsfonds, VLIF). De EU betaalt Europese landbouwers ongeveer 35 miljard euro aan subsidies, 0,35% van het Europese bruto nationaal product. De subsidie van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid voor Vlaanderen voor de gehele periode 2023-2027 bedraagt voor het markt- en inkomensbeleid (pijler 1) in totaal 1,05 miljard euro. Hiervan gaat 784,3 miljoen euro naar inkomenssteun (564,6 miljoen euro voor basisinkomen, 104,5 miljoen euro voor herverdelende betalingen, 31,4 miljoen euro voor subsidies voor jonge landbouwers en 83,5 miljoen euro voor zoekkoeienpremie) en 261,3 miljoen euro naar ecoregelingen (Platteau & Van Bogaert, 2024). De inkomenssteun is wel gekoppeld aan bepaalde prestaties op het gebied van milieu- en andere randvoorwaarden. Daarnaast is er voor het plattelandsontwikkelingsbeleid (pijler 2) voor de gehele periode 2023-2027 625,92 miljoen euro beschikbaar, waarvan 286,2 miljoen euro wordt betaald door Vlaanderen. Hiervan is 133,71 miljoen voor agromilieumaatregelen en 308,4 miljoen voor investeringen. Andere subsidies hebben betrekking op vestiging van jonge landbouwers, samenwerking en uitwisseling van kennis, en investeringen in natuurgebieden. Het totaalbedrag van de steun is niet sterk veranderd gedurende de laatste jaren, maar gezien het dalende aantal landbouwers dat steun ontvangt (ongeveer 19.500), is het bedrag per landbouwer gestegen. Voor steeds meer landbouwers weegt de subsidie immers niet op tegenover het oogst- en inkomensverlies. De meeste subsidies voor

rechtstreekse steun aan landbouwers, die areaal-gebonden is, gaan naar de akkerbouw, de rundveeteelt of naar gemengde bedrijven. De tuinbouw, pluimveeteelt en varkensteelt ontvangen weinig subsidie. De laagste subsidie per bedrijf betreft de groententeelt en sierteelt onder glas (gemiddeld 3.351 euro), de hoogste vindt men terug in de gemengde rundveeteelt (gemiddeld 23.524 euro). Meer dan 70% van het bedrijfsinkomen in de vleesveeteelt bestaat uit rechtstreekse steun (subsidies), veel meer dan bij de niet-grondgebonden varkens en pluimveeteelt. In de tuinbouw is dit ongeveer 2%. Daarnaast is er nog de onrechtstreekse steun (bv. voor agromilieumaatregelen of investeringen) aan landbouwers (Platteau & Van Bogaert, 2024).

VERDIENMODELLEN

Bij nieuwe verdienmodellen staan ondernemerschap, marktgerichtheid en innovatie centraal. Een verdienmodel wordt beschouwd als nieuw wanneer het voor de eerste keer op een bedrijf wordt toegepast. Een nieuw verdienmodel is dus bedrijfsgebonden.

Een verdienmodel is een businessmodel waarbij op een gestructureerde wijze de bedrijfsactiviteiten klantgericht georganiseerd worden, waarbij gefocust wordt op waar en hoe producten op de markt gebracht worden, wat deze producten zijn en hoe deze producten geteeld worden. Verdienmodellen kunnen het gevolg zijn van een bepaald beleid: zo hecht de *Farm to Fork*-strategie van de EU veel belang aan duurzaam telen en aan de biologische teelt; in het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid zijn bv. ecoregelingen en agromilieumaatregelen belangrijk. Voor dergelijke keuzes kan de landbouwer vergoed worden, zodat hij zijn verdienmodel hierop kan oriënteren. Verdienmodellen kunnen ook gebaseerd zijn op Vlaamse beleidsintenties, zoals de eiwitstrategie of de Vlaamse voedselstrategie (zie ook hoofdstuk 14). In Figuur 27 achteraan de bijlagen bij deze tekst wordt een overzicht gegeven van verschillende vormen van verdienmodellen zoals die door de Strategische Adviesraad voor Landbouw en Visserij worden beschreven (De Graeve, 2020).

Een voorbeeld van een nieuw verdienmodel kan de omschakeling zijn van conventionele teelt naar alternatieve vormen zoals regeneratieve landbouw, agro-ecologische productie en biologische landbouw¹⁰ (zie ook hoofdstuk 9). Men kijkt hierbij vooral naar de biologische landbouw, die in Vlaanderen al bij al zeer bescheiden blijft. De groei is de laatste jaren duidelijk verminderd (Timmermans & Van Bellegem, 2022), niet alleen omwille van teelttechnische problemen, maar vooral omwille van onzekere prijsvorming en vragen omtrent duurzaamheid (zie ook hoofdstuk 2). Dit illustreert dat ook nieuwe verdienmodellen hun beperkingen kunnen hebben en kritisch moeten worden benaderd, een te drastische omschakeling kan de bedrijfszekerheid zelfs hypothekeren. Een ander voorbeeld is de introductie van nieuwe teelten en van een doorgedreven vruchtafwisseling. Hierdoor kan het inkomensrisico gespreid worden en kan de duurzaamheid toenemen (meer organische bodemkoolstof, toename van biodiversiteit, minder opbouw van ziekten en plagen, enz.). De circulaire (bio)economie (zie ook hoofdstuk 11) kan eveneens nieuwe verdienmodellen creëren, zoals de productie van gewassen met een hoog gehalte aan hoogwaardige koolwaterstoffen ter vervanging van fossiele grondstoffen, maar deze toepassingen zijn eerder beperkt in Vlaanderen. Een ander bekend voorbeeld van nieuwe verdienmodellen zijn clubbrassen in de fruitteelt en de uitbreiding van het rassenassortiment in de tomatenteelt.

¹⁰ <https://ilvo.vlaanderen.be/nl/dossiers/verdienmodellen>

Verdienmodellen zijn ook dikwijls gebaseerd op verbredingsactiviteiten, die regelmatig gecombineerd worden met de normale landbouwactiviteiten. Het aantal bedrijven met verbredingsactiviteiten was in 2022 als volgt: korte keten 4.329, loonwerk 1.019, zorgboerderijen/educatie 870, verwerking van landbouwproducten 733, hoevetoerisme 564, productie van energie voor verkoop 435, bosbouw 122, 'andere verbredingsactiviteiten' 1.749. Vooral korte keten, hoevetoerisme en zorgboerderijen nemen sterk in aantal toe (Platteau & Van Bogaert, 2024). Veel bedrijven in de landbouw hebben dus een of meerdere verbredingsactiviteiten. Wat de impact daarvan is op het bedrijfsinkomen is nog onduidelijk.

Nieuwe verdienen modellen worden sterk gestimuleerd via het landbouwbeleid (het Europees energiebeleid, het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid dat prioriteiten van de *Farm to Fork*-strategie financieel ondersteunt, en in Vlaanderen de beleidsbrief landbouw, de eiwitstrategie en de Vlaamse voedselstrategie Go4Food; zie ook hoofdstuk 14). Via Europees en Vlaams onderzoek worden niet alleen innovatie gesteund maar ook duurzame ontwikkelingen.

De vraag is of deze nieuwe verdienen modellen een substantiële financiële impact hebben op het bedrijfsinkomen. Hierover zijn er weinig concrete cijfers voor Vlaanderen, tenzij onrechtstreeks voor de korte keten, waarover landbouwers verklaren tevreden te zijn en zich gewaardeerd te voelen. Meer dan de helft van de landbouwers heeft dankzij de korte keten (incl. overheidssubsidies) een hoger inkomen en voor ongeveer 29% is het inkomensvoordeel onduidelijk. Het grote aandeel deelnemers aan de verbredingsactiviteiten wijst er alleszins op dat landbouwers zoeken naar nieuwe bedrijfsinkomsten en openstaan voor nieuwe verdienen modellen.

De vraag rijst hoe duurzaam deze evoluties zijn. Het feit dat het aantal boeren dat hierop ingaat blijft toenemen stemt tot optimisme. Maar hoever men hierin kan gaan is nog onduidelijk, gezien de soms grote onzekerheid (Berkhout et al., 2023). De stagnerende evolutie in de biologische landbouw geeft aan dat er een verschil is tussen het doel (de EU mikt op 25%) en wat realistisch haalbaar is. Daarom is een grondige en holistische analyse nodig, anders is een duurzaam beleid niet verzekerd. De EU stimuleert boeren bv. om zelf energie te produceren en op de markt te brengen, maar tegelijkertijd bouwt Vlaanderen de subsidies voor warmtekrachtkoppelingen (WKK) in de serreteelt af, ondanks het feit dat die meer verkoopbare 'groene' energie opleveren dan voor de serreteelt vereist is. Er zijn alternatieven voor 'groene' WKK-energie, zoals windenergie, agrovoltais en kleinschalige vergisting, maar in welke mate die alternatieve verdienen modellen kunnen bieden, is vandaag nog onduidelijk.

DEELCONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

De huidige Vlaamse landbouw is het resultaat van voedselcrisisen, mechanisatie, de Groene Revolutie en het (vooral Europese) landbouwbeleid.

De sociaaleconomische situatie van Vlaamse landbouwers moet verbeteren, binnen een breder kader van duurzame landbouw. Daarvoor doen we de volgende aanbevelingen:

- Vergoed boeren voor de extra kosten die samenhangen met een meer duurzame productie, zoals beter aangepaste bemesting en ziektebestrijding, koolstofopslag, enz. Andere externe kosten zoals verminderde broeikasgasuitstoot zijn een publiek-private verantwoordelijkheid.
- Subsidieer boeren die aan extensieve landbouw/natuurinclusieve landbouw/natuurbeheer willen doen in het derde compartiment (zie ook hoofdstuk 10).

- Voorzie subsidies voor een biodiversiteitsbeleid vooral voor maatregelen in grotere gebieden in plaats van voor individuele landbouwers.
- Maak een plan op voor de afbouw van de veestapel ter bevordering van duurzaamheid. Dit kan de sector structureel gezond maken en kan bovendien positief zijn voor prijsvorming (en de afbouw van subsidies).
- Steun de ontwikkeling en uitbreiding van nieuwe verdienmodellen via
 - o innovatie en onderzoek,
 - o samenwerking (horizontaal en verticaal),
 - o kennisopbouw, kennisuitwisseling en voorlichting,
 - o communicatie (intern, met beleid, met maatschappij).
- Neem administratieve beperkingen en overdreven regelgeving weg.

4. DE EIWITSHIFT

Kernboodschap: Wereldwijd, en zeker ook in Vlaanderen, worden er te veel dierlijke eiwitten geproduceerd en geconsumeerd. De productie van dierlijke eiwitten vergt veel land en dit landgebruik vormt een bedreiging voor het natuurlijke ecosysteem. Omwille van de klimaatimpact, het verlies aan biodiversiteit en de impact op de menselijke gezondheid zou de productie van dierlijk eiwit moeten verminderen en de consumptie van andere eiwitvormen toenemen. Deze verschuiving kan worden gestimuleerd, zowel langs de vraagzijde als langs de aanbodzijde. Daarnaast kunnen teelttechnische maatregelen de milieu-impact van de veeteelt verminderen.

De term 'eiwitshift' verwijst naar de verschuiving van dierlijke naar plantaardige en andere eiwitvormen (bv. kweekvlees), zowel wat productie als wat consumptie betreft. In België zien we de laatste jaren een licht dalende tendens van het gebruik van dierlijke eiwitten,¹¹ zoals ook in Nederland het geval is.¹² Er worden wereldwijd overigens te veel eiwitten geconsumeerd in het algemeen.

Een gezonde voeding bevat macronutriënten (koolhydraten, vetten en eiwitten), micronutriënten (vitaminen), sporenelementen (zoals calcium, ijzer, natrium en vele anderen) en voedingsvezels.¹³ Hoe een evenwichtige en gezonde voeding eruitziet, wordt weergegeven in de voedingsdriehoek,¹⁴ die is gebaseerd op de voedingsadviezen van de Hoge Gezondheidsraad. Die geven aan dat er een grondige dieetverandering nodig is. Een gelijkaardige dieetverandering wordt ook op wereldniveau aanbevolen, niet alleen vanuit gezondheidsoverwegingen, maar ook omwille van ruimtegebruik en de milieu-impact van het huidige dieet. Dit heeft uiteraard gevolgen voor de landbouwproductie, ook in Vlaanderen.

DE EIWITSHIFT OP HET BORD

De EAT-Lancet-commissie, bestaande uit 37 wereldwijd toonaangevende wetenschappers uit 16 landen en uit verschillende wetenschappelijke disciplines, had enkele jaren geleden de taak om een wetenschappelijke consensus te bereiken in het definiëren van doelstellingen voor gezonde voeding en duurzame voedselproductie. Ze berekenden het optimale dieet in de verschillende continenten, rekening houdend met de draagkracht van de aarde (Willett et al., 2019). Die draagkracht wordt onder meer bepaald door landgebruik, klimaat, milieu en biodiversiteit.

De commissie vergeleek het optimale dieet met het huidige dieet. Figuur 88 illustreert de uitkomst van deze studie. Wat opvalt is het grote verschil tussen de huidige en optimale consumptie van rood vlees, en dierlijke vleesproducten in het algemeen. Verder consumeren we te veel koolhydraten en te weinig vis, melk (maar alleen als aan de calciumbehoefte voldaan wordt via melk en niet via andere voedingsvormen), groenten, fruit, peulvruchten, volle granen en noten. Daarbij zijn

¹¹ <https://statbel.fgov.be/nl/themas/landbouw-visserij/bevoorradingbalansen>

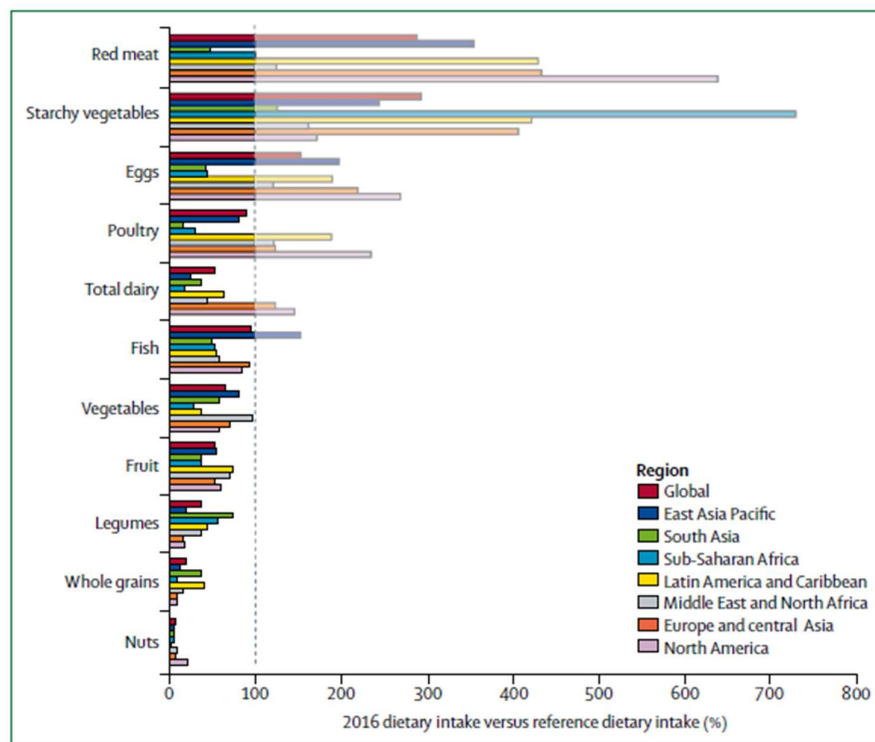
¹² <https://research.wur.nl/en/publications/vleesconsumptie-per-hoofd-van-de-bevolking-in-nederland-2005-2021>

¹³ Specifieke informatie vindt je op de websites van Gezond Leven: <https://www.gezondleven.be/themas/voeding/focus-op-voeding-niet-voedingsstoffen/voedingsstoffen#:~:text=Een%20voedingsmiddel%20is%20sa-mengesteld%20uit,komen%20in%20kleine%20hoeveelheden%20voor>, <https://www.gezondleven.be/themas/voeding/focus-op-voeding-niet-voedingsstoffen/voedingsstoffen/vitaminen>, <https://www.gezondleven.be/themas/voeding/focus-op-voeding-niet-voedingsstoffen/voedingsstoffen/vitaminen>

¹⁴ <https://www.gezondleven.be/themas/voeding/voedingsdriehoek>

er wel belangrijke verschillen tussen de werelddelen. De overconsumptie van rood vlees (vlees afkomstig van spieren en organen van zoogdieren, bv. runderen en varkens) geldt voor Noord-Amerika, Europa en Latijns-Amerika. Ook de consumptie van vetten ligt er hoger, terwijl de consumptie van plantaardige eiwitten in deze regio's heel wat lager ligt.

Bovendien is de totale calorie-inhoud van het dieet veel te hoog, bijna 3.500 kcal per persoon per dag in hoge-inkomenslanden. In landen met een gemiddeld inkomen gaat het om ongeveer 2.660 kcal en in lage-inkomenslanden om 2.250 kcal (zie ook hoofdstuk 1). Ongeveer 1.800 kcal is de absolute ondergrens (ernstige ondervoeding), over het algemeen wordt 2.000 kcal vooropgesteld als een minimum (ondervoeding). In alle werelddelen en inkomenscategorieën is de voedselconsumptie uitgedrukt in kilocalorieën dus te hoog. De boodschap is duidelijk: wereldwijd moet de vleesconsumptie verminderen ten voordele van plantaardige eiwitten, moeten er meer groenten en fruit gegeten worden en minder dierlijke vetten.



Figuur 8: Aanbevolen verandering in voedselproductie tussen 2016 en het EAT-Lancet-referentiedieet (100% in de figuur) voor verschillende voedingsproducten en in verschillende regio's in de wereld (Willett et al., 2019, Eat Lancet Commission).

Het dieet dat de EAT-Lancet-commissie voorschrijft, is erg streng voor dierlijke eiwitten uit vlees: slechts 14 gram rood vlees, 29 gram gevogelte en 13 gram eieren per dag. In totaal is dit goed voor ongeveer 110 kcal. Het wereldgemiddelde voor rood vlees ligt vandaag drie keer hoger, voor gevogelte benadert het ongeveer het referentiedieet, terwijl de consumptie van eieren 50% te hoog is. De dagelijkse consumptie van melk en melkproducten zou 250 g mogen bedragen (150 kcal). De normen van de EAT-Lancet-commissie zijn bijzonder streng, omdat ze naast gezondheidsaspecten ook rekening houden met de draagkracht van de aarde. De criteria die hiervoor aangehaald worden, lijken de lat wel erg hoog te leggen en soms wat arbitrair te zijn, onder meer op het gebied van bemesting en de impact op biodiversiteit. Ondanks wat kritiek vanuit wetenschappelijke hoek op de

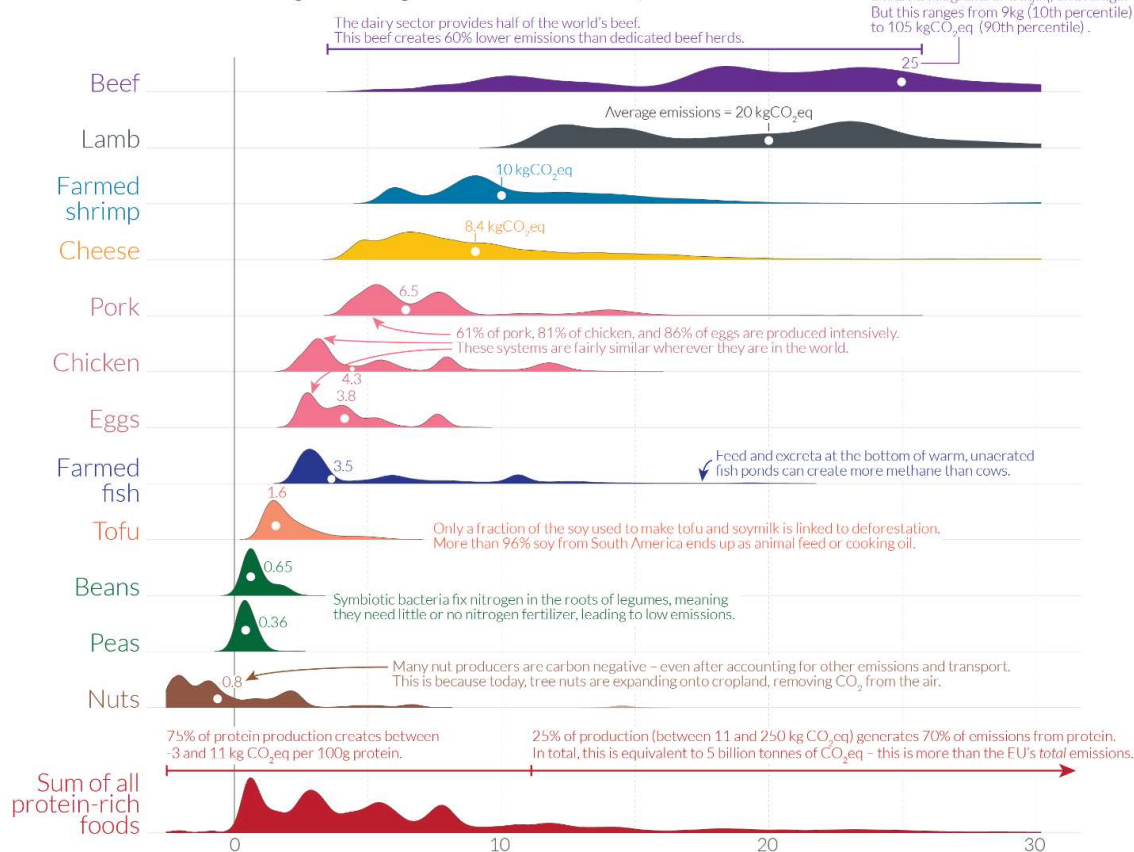
Er zijn grote verschillen in broeikasgasuitstoot bij de productie van eiwitten (Figuur 99). Rundvlees heeft een broeikasgasuitstoot van 25 kg CO₂e per 100 g eiwitten, voor kaas (en melkproducten) is dat 8 kg CO₂e, voor varkensvlees 6 kg CO₂e, voor kip 4 kg CO₂e, voor bonen 0,65 kg CO₂e en voor erwten 0,36 kg CO₂e. Vlees, vooral rundvlees, eten is dus een bijzonder inefficiënte manier om aan onze eiwitbehoeften te voldoen. Figuur 99 leert ook dat er belangrijke verschillen bestaan binnen een veetype op het gebied van broeikasgasuitstoot. Dat heeft te maken met de efficiëntie van de teelt. Zo is de impact van de Vlaamse veeteelt vele malen kleiner dan het wereldgemiddelde (zie Tabel 1) en van die in bv. de VS of Australië, waar de teelt veel extensiever is.

Verschillen zoals met betrekking tot de broeikasgasuitstoot zijn er ook wanneer we naar het landgebruik kijken. Per 100 gram eiwitten is er voor rundvlees (vleesvee, geen melkkoeien) ongeveer 164 m² land nodig, voor varkensvlees 11 m², voor gevogelte 7 m², voor melk 27 m², voor granen 5 m² en voor erwten (peulvruchten) 3 m².

Greenhouse gas emissions from protein-rich foods are shown per 100 grams of protein across a global sample of 38,700 commercially viable farms in 119 countries.

The height of the curve represents the amount of production globally with that specific footprint. The white dot marks the median greenhouse gas emissions for each food product.

Producing 100 grams of protein from beef emits 25 kilograms of CO₂eq, on average. But this ranges from 9 kg (10th percentile) to 105 kg CO₂eq (90th percentile).



Figuur 9: Koolstof-voetafdruk van de productie (dus zonder opportunitetskosten) van verschillende typen van eiwitrijke voedingsproducten, uitgedrukt in kg CO₂e per 100 g eiwit (Our World in Data¹⁹).

Ook door teelttechnische maatregelen (bv. de keuze van de rassen, het type veevoeder of de huisvesting van het vee) kan de wereldwijde broeikasgasuitstoot aanzienlijk beperkt worden. Gerber et al.

¹⁹ <https://ourworldindata.org/less-meat-or-sustainable-meat>

(2023) hebben in opdracht van de FAO mitigatieberekeningen voor broeikasgassen uitgevoerd. Reducties zijn mogelijk tot 38% bij vleesrunderen, 24% bij varkens en 17% bij pluimvee.

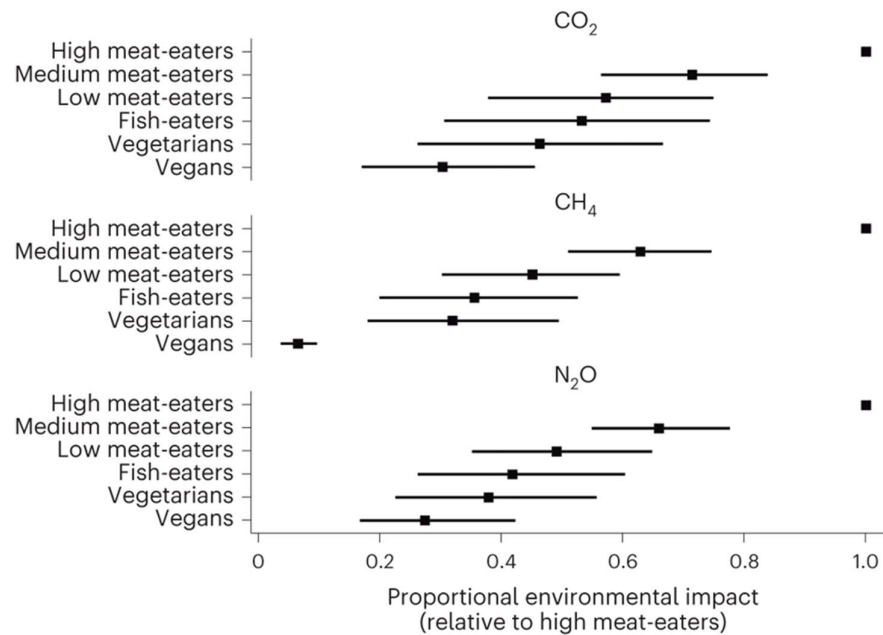
Omwille van het hoge landgebruik heeft vlees ook hoge CO₂-opportunitetskosten in vergelijking met plantaardige eiwitten. De CO₂-opportunitetskosten hebben betrekking op de hoeveelheid koolstof die zou worden opgenomen door de natuurlijke vegetatie en bos op de oppervlakte die in plaats daarvan voor voedselproductie gebruikt wordt. Veelal worden deze opportunitetskosten niet meegeteld in de broeikasgasuitstoot van een bepaald voedingsproduct. Deze opportunitetskosten zijn vaak veel hoger dan de rechtstreekse broeikasgasuitstoot van de productie zelf. Per kg product bedragen deze opportunitetskosten voor rundsvlees 144 kg CO₂e, voor varken 14 kg CO₂e, voor gevogelte 11 kg CO₂e, voor melk 6 kg CO₂e, voor soja 6 kg CO₂e, voor kikkererwten (peulvruchten) 4 kg CO₂e en voor granen 2 kg CO₂e.

Veeteelt is echter ook belangrijk als producent van dierlijke mest: die vormt immers een noodzakelijke bron van koolstofaanrijking in landbouwgrond, naast o.a. groenbemesters en gewasresten. In gebieden met een zeer intensieve veeteelt is te hoge bemesting met dierlijke mest echter een bron van verontreiniging van oppervlakte- en grondwater. Het zorgt voor eutrofiëring door het uitspoelen van stikstof en fosfor. De grote hoeveelheden dierlijke mest in gebieden met intensieve veeteelt hangen samen met de hoge import van veevoeder zoals soja. De productie van soja ligt bovendien nog steeds aan de basis van verdere ontbossing in Latijns-Amerika. De intensieve veeteelt heeft dus opportunitetskosten die zich ook elders situeren dan in de regio waar het vee geproduceerd wordt. Dit betekent een verschuiving van de problematiek, die onder meer leidt tot een daling van de biodiversiteit in landen waar massaal veevoeder wordt geproduceerd en nutriëntenimport (o.a. stikstof, fosfor) in die landen waar het veevoeder gebruikt wordt.

Voor alle hierboven beschreven parameters zijn dierlijke eiwitten dus slechter dan plantaardige: gezondheid, landgebruik, biodiversiteit, broeikasgasuitstoot en milieu. Dat versterkt het pleidooi voor een verschuiving naar meer plantaardige eiwitten. Wat de veeteelt betreft, dringen de volgende veranderingen zich op, voor een betere gezondheid en een verminderde milieudruk op wereldniveau:

- de vleesconsumptie verminderen en de veeteelt sterk reduceren;
- een verschuiving in type vee, met een grotere nadruk op pluimvee, mits er beter rekening gehouden wordt met het dierenwelzijn;
- inzetten op meer intensieve veeteelt in regio's met extensieve veeteelt;
- de teelttechniek verbeteren;
- dierlijke melk deels vervangen door plantaardige melkproducten (bv. op basis van soja, rijst of amandel).

Uiteraard kunnen andere dieetvormen ook de eiwitshift ondersteunen. Zo vergeleken Scarborough al. (2023) de omgevingsimpact van veganisten, vegetariërs, viseters en vleeseters in het VK. De volgorde van de milieu-impact is voor alle omgevingsparameters vergelijkbaar (Figuur 10): hoge vleesconsumptie > gemiddelde vleesconsumptie > lage vleesconsumptie > viseters > vegetariërs > veganisten. De laatste scoren uitzonderlijk laag op het vlak van methaanuitstoot omdat ze geen dierlijke eiwitten consumeren.



Figuur 10: Vergelijking van de omgevingsimpact (CO₂, CH₄-methaan en N₂O-lachgas) van verschillende diëten in het VK. Hoge vleesconsumptie werd gelijkgesteld aan 1,0 (Scarborough et al., 2023).

DE EIWITSHIFT IN VLAANDEREN

Hieronder behandelen we twee benaderingen: enerzijds presenteren we een denkoefening over de afbouw van de veestapel en anderzijds bekijken we hoe via technische en technologische ingrepen het omgevingseffect kan verminderen. De eerste benadering zet in op meerdere doelstellingen: de milieu-impact van de veeteelt verminderen, de gezondheid van de consumenten verbeteren en ruimte creëren voor natuur, biodiversiteit en recreatie. De tweede benadering speelt enkel in op de milieu-impact. De eiwitshift kan gerealiseerd worden door enerzijds het aanbod te beperken, maar anderzijds spelen ook maatregelen die de vraag beïnvloeden een rol.

DENKOEFFENING: AFBOW VAN DE VLAAMSE VEESTAPEL

De Vlaamse veeteelt is zeer intensief en een van de meest efficiënte ter wereld, zowel op het gebied van productiviteit als impact op het milieu (bijlage 1 geeft de cijfers voor de Vlaamse veeteelt). We produceren echter veel meer vlees en melk dan nodig voor eigen consumptie (bijlage 3). Dit zorgt niet alleen in Vlaanderen, maar ook elders (bv. in landen die veevoeder naar Vlaanderen exporteren) voor een hoge milieukost. Per jaar kweken we ongeveer 12 miljoen varkens, 230 miljoen kippen en meer dan een miljoen stuks rundvee, waarvan ongeveer de helft jongvee. We hebben dubbel zoveel melk-koeien (melkrunderen) als zoogkoeien (vleesrunderen) (Keulemans et al., 2022). Volgens het advies van de Hoge Gezondheidsraad moet de Vlaamse vleesconsumptie gehalveerd worden. Als we die halvering van de vleesconsumptie doorvoeren en tegelijk de huidige productie aanhouden, dan produceren we in Vlaanderen vlees voor meer dan 30 miljoen mensen. Die hoge productie is maar mogelijk omdat we enorm veel veevoeder invoeren voor de huidige Vlaamse veestapel: in totaal wordt ongeveer 1,25 miljoen ha gebruikt voor de teelt van ons veevoeder. Meer dan 60% hiervan is gelegen in het buitenland en dient vooral voor de teelt van krachtvoeder, meestal soja (Keulemans et al., 2022).

Deze buitenlandse oppervlakte heeft zeer grote opportuniteitskosten (zie ook hoofdstuk 2). We hebben dan ook een aanzienlijk dierlijk mestoverschot, omdat de dierlijke mest ook een deel van de stikstof bevat die in Brazilië aan de soja werd toegediend: er is een overschot van bijna 30% voor stikstof en bijna 35% voor fosfor (Keulemans et al., 2022). Dit overschot zal na mestactieplan 7 (zie ook hoofdstuk 6) nog groter worden, omdat dit plan de bemestingsnormen verder verstrengt. Het mestoverschot wordt via de mestverwerking afgevoerd en gerecupereerd, veelal voor de productie van bio-brandstof. Dierlijke mest, en vooral de stalmest van runderen, heeft ook positieve aspecten: het is een belangrijke en essentiële bron om de hoeveelheid organische stof in de bodem aan te vullen. Zo bemesten we binnen de opgelegde bemestingsnormen met dierlijke mest jaarlijks ongeveer 350 ton stabiele koolstof (koolstof die langer dan 1 jaar in de bodem achterblijft), wat ongeveer gelijk is aan 1.300 ton CO₂ die in de bodem wordt vastgelegd. Tegelijk is de hoge ammoniakuitstoot die met veeteelt gepaard gaat de hoofdoorzaak van een stikstofdepositie van gemiddeld meer dan 20 kg stikstof per ha. In gebieden met intensieve veeteelt kan dit zelfs oplopen tot meer dan 40 kg stikstof per ha. Deze hoge stikstofdepositie vormt een bedreiging in de meeste natuurgebieden, met verlies van biodiversiteit tot gevolg.

Ongeveer 80% van de broeikasgasuitstoot van de Vlaamse landbouw is afkomstig van de veeteelt (Keulemans et al., 2022; bijlage 1). Melkkoeien stoten de meeste broeikasgassen uit, namelijk 40% van de totale broeikasgasuitstoot van de landbouw. Dit is het dubbele van wat zoogkoeien uitstoten, die 10% minder uitstoten dan varkens. Tegelijk is de Vlaamse veeteelt een van de meest efficiënte ter wereld wat broeikasgasuitstoot betreft (Tabel 1). De broeikasgasuitstoot per eenheid product is namelijk laag: de uitstoot bedraagt ongeveer een derde van het wereldgemiddelde, voor pluimvee is dit ongeveer 40%. Dit is een gevolg van het (indirect) fokken op rassen met een lagere methaanuitstoot en van het toedienen van krachtvoeder dat voor minder methaanuitstoot zorgt dan ruwvoeder (kuilmaïs of gras). Daarnaast is vooral bij de Vlaamse runderteelt het landgebruik vele malen kleiner dan het wereldgemiddelde per eenheid product. Ook de varkens- en kippenteelt hebben in Vlaanderen een veel efficiënter landgebruik.

Tabel 1: Impact van verschillende veeteelttypen op de broeikasgasuitstoot (kg CO₂e/kg vlees) in Vlaanderen. Ook het percentage van de Vlaamse broeikasgasuitstoot en het Vlaamse landgebruik ten opzichte van het wereldgemiddelde wordt weergegeven. (Vlaamse cijfers: eigen berekeningen; wereldgemiddelde: Our World in Data²⁰).

Bron van vlees	Vlaamse broeikasgasuitstoot	
	Kg CO ₂ e/kg product	% t.o.v. de wereld
Vleesrund	27,61	33,7%
Melkrund	104,6	-
Varken	2,40	32,2%
Kip	2,96	42,9%
Melk	0,90	31,0%

Door de milieu-efficiëntie van de Vlaamse veeteelt in vergelijking met het wereldgemiddelde is het verantwoord om in Vlaanderen meer vee te telen dan we zelf consumeren, zonder hierdoor voedselafhankelijkheid te creëren (bijlage 3). Naar analogie met wat Folberth et al. (2020) aantoonde voor gewassen lijkt het ook voor veeteelt de juiste keuze om rassen voornamelijk te kweken in de regio's waar ze de hoogste productiviteit behalen. Dit zorgt niet alleen voor efficiënter landgebruik,

²⁰ <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>

maar ook voor een lagere broeikasgasuitstoot per eenheid product. Desondanks heeft de huidige Vlaamse veeteelt een veel te hoge omgevingsimpact (bijlage 1). De broeikasgasuitstoot is te hoog om de klimaatdoelstellingen te halen en hetzelfde geldt voor de ammoniakemissies. Het lijkt daarom nodig om een compromis na te streven en de Vlaamse veestapel toch in zekere mate af te bouwen.

Tabel 2 geeft de resultaten weer van een theoretische denkoefening waarin de Vlaamse veeteelt 25% gereduceerd wordt voor alle veetypes. Op basis van deze tabel kunnen ook andere reductiescenario's berekend worden. Zo kan er bv. meer gefocust worden op de afbouw van vleesrunderen (zoogkoeien) omdat die zeer milieubelastend zijn en veel grond gebruiken, die voor andere doeleinden zou kunnen worden gebruikt. Bovendien is overconsumptie van rood vlees slecht voor de gezondheid. De pluimveestapel zou juist minder afgebouwd kunnen worden omwille van de lagere impact op gezondheid, landbeslag en milieu. In totaal wordt in het voorgestelde reductiescenario een oppervlakte bespaard van meer dan 300.000 ha, waarvan ongeveer 115.000 ha gelegen is in Vlaanderen. De hierdoor vrijgekomen Vlaamse oppervlakte zou bv. gebruikt kunnen worden voor extensieve landbouw, voor het telen van gewassen in het kader van een bio-gebaseerde economie (zie ook hoofdstuk 11), voor recreatie en vooral voor het verhogen van de leefbaarheid rond bestaande Natura 2000-gebieden door die met meer natuur te omringen (zie ook hoofdstuk 10). Te kleine en versnipperde natuurgebieden zouden het beste bij grotere gebieden gevoegd worden, naast bijkomende natuur voor meer groen dat evenwichtig verspreid is over Vlaanderen. Zo heeft iedereen ook groen in de buurt voor ontspanning en recreatie. Te kleine natuurgebieden kunnen ook gedeeltelijk vervangen worden door velden voor gewasproductie voor veevoeder om de import van deze gewassen te reduceren. Andere interessante pistes zijn landbouw-inclusieve natuur of natuur-inclusieve landbouw (zie ook hoofdstuk 10). Hiermee zou ook tegemoetgekomen kunnen worden aan de biodiversiteits- en natuurdoelstellingen van de Green Deal. Veranderingen in landgebruik dienen evenwel te gebeuren na een doordacht ruimtelijk beleidsplan (zie ook hoofdstuk 10).

Tabel 2: Reductie van omgevingsparameters bij een theoretische afbouw van 25% van de veestapel (alle veetypes). Melkkoeien en zoogkoeien zijn inclusief kleinvee (kalveren, vaarzen, vervangvee, slachtrunderen enz.). Ce = effectieve koolstof. Gebaseerd op Keulemans et al., 2022 (achtergronden: zie bijlage 1 achteraan deze visietekst).

	Varkens	Pluimvee (vlees)	Melkkoeien	Zoogkoeien	Totale reductie
Reductie aantal dieren	25%	25%	25%	25%	25%
Totale oppervlakte veeteelt (ha)	- 120.864	- 74.943	- 90.309	- 26.328	- 311.943 (- 115.420 ha in Vlaanderen)
N-nutriënten uit dierlijk mest (ton)	- 14.061	- 4.848	- 10.156	- 3.090	- 32.065
P ₂ O ₅ -nutriënten uit dierlijke mest (ton)	- 5.200	- 2.600	- 4.725	- 2.300	- 14.825
Ce uit dierlijk mest (ton)	- 9.975	- 1.000	- 52.000	- 25.250	- 88.225
CO ₂ captatie voor Ce (ton)	- 36.708	- 3.680	- 191.360	- 101.200	- 332.948
NH ₃ -uitstoot (ton)	- 4.005	- 820	- 2.728	- 1.365	- 6.918
Totale broeikasgasuitstoot Vlaamse veeteelt (ton CO ₂ e)	- 481.794	- 147.333	- 671.736	- 309.890	- 1.610.753

Ook de milieuvoordelen van een afbouw van de veestapel met 25% zijn duidelijk. Een kwart reductie van de intensieve veeteelt zal helpen om de stikstofproblematiek (overbemesting en ammoniakuitstoot) op te lossen en de broeikasgasuitstoot van de landbouw in z'n geheel te verminderen met ongeveer 22% (1.610 kiloton CO₂e) (bijlage 1). Daar komt de extra koolstofopslag op het vrijgekomen land nog bovenop. Als we er hierbij vanuit gaan dat de helft van de vrijgekomen

grond als natuur gebruikt wordt en dat op de andere helft extensieve veeteelt of extensieve gewasteelt gebeurt (natuurinclusieve landbouw), dan schatten we de extra CO₂e-winst op minimaal 500 kiloton. Samen betekent dit een CO₂e-winst van ongeveer 2.100 kiloton, dit is ongeveer 27% van de totale broeikasgasuitstoot van de Vlaamse landbouw (de huidige broeikasgasuitstoot bedraagt 7.800 kton). Met deze maatregelen en de andere uit het Vlaams Klimaat en Energieplan²¹ (VKEP) kan de Vlaamse doelstelling (ongeveer 30% reductie tegen 2030) gemakkelijk behaald worden.

Maar hoe realistisch is die doelstelling? Er zijn een aantal elementen die deze reductie met 25% minder pijnlijk zouden kunnen maken. De Vlaamse veeteeltsector, en vooral de rundveeteelt, heeft veel oudere bedrijfsleiders die op korte termijn uit de sector zullen stappen (zie ook hoofdstuk 3): de gemiddelde Vlaamse landbouwer is ongeveer 56 jaar (Plateau & Van Bogaert, 2024). Deze afvloeiingsgolf kan gebruikt worden om een aantal bedrijven te sluiten: het gemiddeld aantal bedrijven met een bedrijfsopvolger ligt lager dan 15% (Plateau et al., 2018). Een ander belangrijk gegeven is dat de rundveesector sterk gesubsidieerd wordt door de EU. Voor vleesvee is in sommige jaren zelfs bijna 60% van het bedrijfsinkomen afkomstig van subsidies. Deze toestand is op termijn onhoudbaar, niet alleen omwille van de hoge kostprijs, maar ook omdat hiermee de milieuonvriendelijke productie in stand gehouden wordt (Jansson et al., 2021). Subsidies die vrijkomen bij een afbouw van de Vlaamse veeteelt zouden gedeeltelijk gebruikt kunnen worden voor begeleidende maatregelen om de afbouw vlot te laten verlopen. Naast de onhoudbaarheid van de hoge subsidies omwille van verlieslatendheid en te hoge omgevingsimpact zijn er nog redenen om de veestapel af te bouwen. We zullen namelijk hoe dan ook landbouwgrond moeten vrijmaken in het kader van de Europese biodiversiteitsdoelstellingen en natuurherstelwetten.²²

Ook vanuit gezondheidsoogpunt moeten we de vleesconsumptie verminderen: een correct prijsbeleid, waarbij externaliteiten (externe kosten die door anderen gedragen worden) mee worden opgenomen in de prijs van landbouwgoederen, kan helpen om de vraag naar vleesproducten te drukken. Ook de EU wil de consumptie van (voornamelijk rood) vlees afbouwen. Funke et al. (2021) pleiten daarom voor een taks van 20% tot 60% op de huidige vleesprijs. De vermindering van de veestapel zou relatief weinig consequenties hebben voor onze export (Keulemans et al., 2022), omdat die vooral gaat naar (omliggende) EU-landen waarvan ook verwacht wordt dat de vleesconsumptie, vooral van rood vlees, er zal dalen. Er is wel een vergoeding nodig voor de vrijgekomen grond. Een voorstel is om de eigen grond het eigendom te laten van de boer en er een redelijke gebruikersprijs voor te betalen in het kader van een beheersovereenkomst. Een theoretische vergoeding van 500 euro per ha (een zeer hoge inschatting in vergelijking met de gemiddelde pachtprijs voor akkerland, ongeveer 320 euro/ha, en voor grasland, 280 euro/ha, verschillend per streek) zou bv. voor de geschatte vrijgekomen 115.000 hectare, die trouwens niet helemaal aan de landbouw hoeft te worden onttrokken, een kostprijs betekenen van 57,5 miljoen euro per jaar. Dit is veel minder dan de huidige jaarlijkse EU-steunmaatregelen.

We moeten ook de vraag durven stellen of de biologische veeteelt beter is dan de conventionele veeteelt wanneer de effecten op landgebruik, klimaat en milieu in rekening gebracht worden, en of we al dan niet moeten inzetten op biologische veeteelt. Rekening houdend met de richtlijnen waaraan biologische veeteelt moet voldoen, duiden onze berekeningen voor Vlaanderen aan dat het effect op landgebruik, klimaat en milieu per eenheid product dat per jaar geproduceerd wordt duidelijk

²¹ https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1683894247/Vlaams_Energie- en Klimaatplan_actualisatie_12_mei_2023_tpletf.pdf

²² <https://www.consilium.europa.eu/nl/policies/biodiversity/>

slechter is. Bovendien mogen er in het biologische voeder geen synthetische aminozuren gebruikt worden, wat een reductie van het ruweiwit-gehalte in het voeder bemoeilijkt. De grotere aandacht voor dierenwelzijn is dan weer een pluspunt. Biologische veeteelt is wat milieu en biodiversiteit betreft dus geen goed alternatief, met als hoofdredenen dat er bij biolandbouw meer land nodig is en dat het meer tijd vraagt om dezelfde hoeveelheid te produceren, zodat er uiteindelijk meer *inputs* nodig zijn. Deze laatste vaststelling wordt ook gemaakt door Clark en Tilman (2017). Er zijn wel specifieke gevallen waarbij extensieve veeteelt meer aangewezen kan zijn, bv. op een deel van het land dat is vrijgekomen na reductie van de veestapel en dit in de vorm van natuurinclusieve landbouw of landbouwinclusieve natuur, gebaseerd op het driecompartimentensysteem van Finch (zie ook hoofdstuk 10). Biolandbouw beperkt immers in zekere mate de milieudruk: per oppervlakte-eenheid is de hoeveelheid stikstof (N) en fosfor (P) uit dierlijke mest van biologisch geteeld vee veel gunstiger. De milieudruk met ammoniak (NH₃) en methaan (CH₄) blijft problematisch, omdat die minder respectievelijk niet oppervlakte-gebonden zijn. Omdat in de biologische teelt geen kunstmeststoffen mogen worden gebruikt, moet de bemesting aangevuld worden met dierlijke mest vanuit de conventionele landbouw. Dierlijke mest heeft echter een te lage stikstof/fosfor-verhouding. Een adequate stikstofbemesting met dierlijke mest leidt daarom automatisch tot een overbemesting van fosfor. De biolandbouwer heeft daarom een officiële toelating (derogatie) nodig om meer dierlijke mest per ha te gebruiken dan in de conventionele landbouw normaal wordt toegestaan. Het logische gevolg is dan een overbemesting met fosfor. Dit verklaart de soms onverwacht hoge fosforwaarden in de grond in de biologische landbouw. Het derogatiebeleid moet dan ook in vraag gesteld worden als we biolandbouw willen positioneren als een landbouwsysteem dat bij uitstek geschikt is voor de buffergebieden rond natuurgebieden: daar moet overbemesting immers vermeden worden.

Tabel 3: Verhouding omgevingsimpact biologische ten opzichte van conventionele landbouw (in %) op basis van Tabellen 10 en 11 in bijlage 2.²³

	Landgebruik (m ² /kg vlees/jaar)	Emissies							
		N-productie (kg N/jaar)		P-productie (kg P/jaar)		NH ₃ -emissies (kg NH ₃ /jaar)		broeikasgasemissies (kg CO ₂ -eq./jaar)	
		Per kg vlees	Per ha land	Per kg vlees	Per ha land	Per kg vlees	Per ha land (1)	Per kg vlees	Per ha land (2)
Varkens	208,7	214,3	44,3	219,2	71,2	215,0	(69,5)	230,4	74,5
Pluimvee	165,9	164,9	99,8	237,8	100,9	168,8	99,8	243,0	112,9
Melkkoe	216,4	158,2	73,0	226,9	70,3	155,8	73,0	164,3	83,2
Melkkoe (melk)	309,0								
Zoogkoe	212,3	150,0	72,2	152,3	73,3	155,7	72,3	(133,3)	54,9

(1) Ammoniakemissie per ha geeft een verkeerd beeld omdat de emissie zich verder verspreid dan 1 ha; de emissie moet als semi-lokaal beschouwd worden en verspreidt zich over een groter maar lokaal gebied.

(2) Broeikasgasemissie mag niet per ha beschouwd worden, maar het effect uit zich in een mondiale temperatuurstijging.

²³ Voor de berekeningen werd ervan uitgegaan dat in de biologische en conventionele veeteelt dezelfde oppervlakte wordt gebruikt. Bij de berekeningen werd rekening gehouden met de regels die in de biologische veeteelt van toepassing zijn: soms andere rassen met een ander slachtgewicht en uitbeentrendement. Bovendien is de teeltduur dikwijls langer, waardoor de vleesproductie per dier en per jaar nog verder daalt. De veebezetting per ha is ook lager in de rundveeteelt. Daarnaast is de productiviteit van voedergrassen ook beduidend lager. De cijfers zijn gebaseerd op Poux & Aubert (2018), en liggen soms beduidend hoger dan de cijfers die het Joint Research Centre van de EU (Barrero-Hurle et al., 2021) berekende. Meer achtergrondinformatie over de berekeningen is te vinden in Garner (2022).

PRECISIEVEETEELT KAN MILIEU-IMPACT VERMINDEREN

Via technische en technologische middelen kan de milieu-impact van de Vlaamse veeteelt substantieel verminderen. De Vlaamse ammoniakemissie (NH₃-emissie) is de laatste 20 jaren gedaald met nagenoeg 30%, mede dankzij een lager ruweiwit-gehalte in het voeder, meerfasevoeding, het plaatsen van emissie-arme stallen (o.a. door luchtwassers) en een afbouw van de veestapel. Het is belangrijk om het microbiële aspect van ammoniakproductie in gedachten te houden. De uitstoot van ammoniak uit mest is voornamelijk afkomstig van ureum in de urine, dat door bacteriën in de feces, die urease aanmaken, wordt omgezet in ammoniak. Stikstof (N) in de ontlasting omvat onverteerde voedingsstikstof en endogeen stikstof, voornamelijk in de vorm van aminozuren en microbiële stikstof, dat gedeeltelijk aanwezig is in nucleïnezuren (DNA, RNA) en microbiële eiwitten. Het niveau van de NH₃-emissie uit mest hangt af van verschillende factoren, zoals de diersoort, urine-ureumconcentratie, fecale urease-activiteit, pH, temperatuur, mestbeheersysteem en luchtuitwisseling. Naast een afbouw van de veestapel kunnen dus ook nog andere facetten van de veehouderij voor een vermindering van de NH₃-productie en -uitstoot zorgen.

In de microbiële context wordt momenteel onderzoek gedaan naar urease-inhibitoren of immunisatie van dieren tegen intestinale urease (Patra & Aschenbach, 2018).

Om de ecologische voetafdruk te verminderen, moeten we meer naar lokale grondstoffen gaan, en minder niet-Europese sojaschroot in het voeder gebruiken. Onderzoek naar alternatieve eiwitbronnen voor veevoeder, zoals insecten en algen,²⁴ en de lokale teelt van eiwitrijke gewassen, zoals soja en erwten, is essentieel. Hoewel deze alternatieven momenteel nog prijzig zijn, zal de kostprijs naar verwachting dalen naarmate schaalvergroting plaatsvindt. Er ligt zeker potentieel in het gebruik van insectenlarven, geproduceerd uit organisch afval, dat voor 10-15% kan worden opgenomen in pluimvee- en varkensvoer (Peyraud & MacLeod, 2020). Bovendien moeten we efficiënter gebruik maken van nevenstromen en ons richten op het optimaal gebruik ervan, zodat er minder concurrentie is tussen ingrediënten die worden gebruikt voor humane of diervoeding. Denk hierbij aan afvalstromen van bioethanol, het opnieuw gebruiken van eiwitrijk slachtafval en reststromen uit de voedingsindustrie, zoals broodbakkerijen. Bovendien moeten we het gebruik van fytase verder optimaliseren om de fosforuitstoot in mest te verminderen.

Op genetisch gebied moet worden onderzocht hoe hoogproductieve dieren, waar België en Nederland om bekend staan, reageren op deze alternatieve eiwitbronnen en hoe dezelfde efficiëntie kan worden bereikt. Daarnaast kan genetische selectie de levensduur van dieren verlengen en specifiek bij runderen leiden tot een verminderde methaanuitstoot. De selectie op hoofdzakelijk langere levensduur geeft geen 100% garantie op een verminderde methaanuitstoot aangezien de dieren die cellulose het efficiëntst gebruiken, ook de dieren zijn die per kg droge stof het meeste methaan zouden produceren (Peyraud & MacLeod, 2020).

Verder is aangetoond dat de stikstofvertering bij vleeskuikens en vleesvarkens kan worden verbeterd door het percentage ruw eiwit in het voeder van de moederdieren te verlagen. Dit fenomeen, bekend als maternale programmering, programmeert het metabolisme van de nakomelingen op basis van de omstandigheden tijdens hun embryonale en foetale ontwikkeling (Lesuisse et al., 2018; Kroeske et al., 2021). Op basis van onderzoek bij vleeskuikenmoederdieren en hun nakomelingen is berekend dat een marginale reductie van 2% ruw eiwit in vleeskuikenvoer (van 20% naar 18%) in België zou leiden tot een verlaagde behoefte van ongeveer 12.000 ton ruw eiwit per jaar. Deze

²⁴ <https://climat.be/2050-en>

bevindingen tonen aan dat er nog aanzienlijke verbeteringen mogelijk zijn op het gebied van stikstof-efficiëntie. Het plan van de Belgian Feed Association (BFA) om 1% minder ruw eiwit te gebruiken door synthetische aminozuren kan bijdragen aan een reductie van 10% in de totale ammoniakuitstoot. Hoewel multigenerationeel voederbeheer nog in de beginfase verkeert, tonen selectiebedrijven al interesse in deze aanpak.

Precision livestock farming (PLF), oftewel precisie-veehouderij, omvat het beheer van dierproductiesystemen met behulp van procesbeheerprincipes en technologieën (Wathes et al., 2008). Voederbeheer is een belangrijk aspect van *precision livestock farming*, omdat standaardvoederstrategieën vaak dezelfde hoeveelheid voer en samenstelling bieden aan alle dieren, terwijl individuele behoeften variëren. Om individueel voederen mogelijk te maken, zijn wel technologische aanpassingen vereist. De opkomst van *precision feeding* kan de stikstofuitscheiding naar het milieu met ongeveer 20% verminderen, vooral in combinatie met goed ontworpen huisvesting en mestbeheer, zoals het aanzuren en koelen van de mest en de optimalisatie van het stalinterieur.

Ook biedt het gescheiden laten opgroeien van vleeshaantjes en -hennetjes een mogelijkheid voor efficiënter eiwitgebruik en kan er zo naar een hogere stikstofefficiëntie gestreefd worden. Momenteel is de stikstofefficiëntie op dierniveau eerder laag (45% voor pluimvee, 35% voor varkens, 20-30% voor melkvee en 10-20% voor rundvee), wat wil zeggen dat er nog veel stikstof wordt uitgescheiden.

Tot slot is het verminderen van mortaliteit essentieel om efficiëntie te optimaliseren (en voederkosten te beperken). Dit geldt met name voor varkens (hoge sterfte na spenen) en vleesrunderen, waarbij het verlies van een kalf gelijkstaat aan de voederconsumptie van de moeder gedurende 1 jaar (ongeveer 4 à 5 ton voer).

STUURT DE MARKT OF HET BELEID DE EIWITTRANSITIE?

Een heikel punt in de problematiek van de eiwitshift is het debat of we de transitie moeten realiseren door de vraag dan wel het aanbod te bespelen. In Vlaanderen en bij uitbreiding in de EU worden er te veel eiwitten geconsumeerd. De consumptie van plantaardige eiwitten zit op het aanbevolen niveau, de consumptie van dierlijke eiwitten moet lager. In Vlaanderen adviseert de Hoge Gezondheidsraad zelfs een halvering van de huidige consumptie. De aanbevolen daling van de vlees- en melkconsumptie is echter niet evenredig per veesoort. Voor rode vleessoorten is een sterke reductie wenselijk en voor melk volstaat een gematigde daling. Voor kip is zelfs helemaal geen daling nodig.

De Bauw (2022) onderscheidt harde maatregelen en zachte maatregelen om voedselconsumptiepatronen te beïnvloeden. Harde maatregelen kunnen regulerend zijn, waarbij voorwaarden of grenzen aan het aanbod van bepaalde voedselproducten worden opgelegd, bv. in refters van scholen en publieke instellingen. Zo wil minister Brouns het aanbod aan biovoeding in kantines van de Vlaamse overheid verplicht vergroten om 5% biolandbouw te kunnen realiseren. Ook de opgelegde vermindering van de varkensstapel in het kader van het stikstofdecreet is een voorbeeld. Fiscale maatregelen worden ook als harde maatregelen beschouwd. Er kan bv. een CO₂-taks op voeding of een specifieke vleestaks opgelegd worden. Producten met een hogere uitstoot worden hierdoor duurder voor de consument. Een groot nadeel van belastingen op de consumptie van voedsel is dat die regressief zijn. Dat betekent dat dergelijke taken een disproportioneel hogere impact hebben op huishoudens met een laag inkomen omdat die een groter aandeel van hun budget aan voeding spenderen. Zulke distributieve gevolgen kunnen vermeden worden door een herverdeling van de taksopbrengsten (Caillavet et al., 2019). In Denemarken zal vanaf 2030 een taks op de uitstoot van broeikasgassen

van de landbouw worden geïntroduceerd. Deze taks, ook wel de Deense 'koetaks' genoemd, zal worden opgelegd aan de producentenzijde en is wereldwijd de eerste van zijn soort. Het doel ervan is om enerzijds de broeikasgasuitstoot van de landbouw te doen dalen en anderzijds honderdduizenden hectaren grond vrij te maken voor natuur. Dit voorstel wordt gedragen door de overheid, de sector en de milieubeweging.²⁵ Harde fiscale maatregelen zijn meestal vrij efficiënt, maar weinig populair omdat ze de autonomie van producent en consument verminderen.

Zachte maatregelen geven meer autonomie en omvatten stimulerende maatregelen zoals labels, voeding aanprijzen via bekende personen, informatieverstrekking en opvoeding en bewustwording. Zachte maatregelen hebben meestal een klein effect op de vraag, en dan meestal bij consumenten die hiervoor openstaan. Toch wordt vandaag nog hoofdzakelijk voor dit type maatregelen geopteerd, omdat die het minst marktversturend werken.

Nochtans geven de meeste auteurs aan dat een combinatie van de verschillende vermelde maatregelen het meest effectief werkt. Dit betekent dat er nood is aan meer structurele ('harde') maatregelen (Osman et al., 2021; Caillavet et al., 2019). Dit inzicht krijgt ook bijval vanuit consumentenstudies. Zo heeft het Vlaams Centrum voor Agro- en Visserijmarketing (VLAM) een grootschalige bevraging uitgevoerd over de criteria die de Vlaamse consument belangrijk vindt bij de appreciatie van voedsel (Michiels, 2024). De conclusies kunnen samengevat worden als de 5G-mix. In volgorde van belangrijkheid zijn dit: genot, geld, gemak, gezondheid en geweten. Genot is moeilijk te beïnvloeden (tenzij misschien door reclame), maar geld wel, bv. via taksen voor ongezonde en vervuilende producten en subsidies voor gezonde en milieuvriendelijke producten. Gemak zou kunnen worden beïnvloed door de plaats waar het voedingsproduct te bereiken is (moeilijk of gemakkelijk, bv. op lage schappen of op ooghoogte). Op gezondheid kan ingespeeld worden via bv. het nutriscore-label. Het geweten is de minst belangrijke factor en omvat elementen zoals milieu-impact, dierenwelzijn, eerlijke handel e.d., waar ook via labels op ingespeeld kan worden (ecoscore, fair trade, enz.). Er bestaan belangrijke demografische verschillen, bv. tussen mannen (genot) en vrouwen (gezondheid), stedelijke consumenten (geweten) en plattelandsconsumenten (gemak), tussen hoger opgeleide (genot) en lager opgeleide consumenten (geld) en tussen ouderen (gezondheid, gemak) en jongeren (geld).

Het consumentengedrag is dus een complex gegeven en afhankelijk van het doelpubliek moeten andere maatregelen genomen worden, waarbij een mix beter scoort dan afzonderlijke maatregelen. Werken aan de prijs en het aanbod via fiscale en regulerende maatregelen is wellicht het meest efficiënt, maar zachte maatregelen, zoals opvoeding, bewustwording en informatie, kunnen op termijn zeker een belangrijke aanvullende rol spelen.

De vraag is dus of de eiwittransitie uit de markt moet komen, dan wel moet worden opgelegd aan aanbodzijde, of een combinatie van beide. Vlaanderen is sowieso al een netto exporteur van vlees. De zelfvoorzieningsgraad van België in zijn geheel is bv. 132,4% voor runds- en kalfsvlees, 214,3% voor varkensvlees en 216,5% voor gevogelte.²⁶ Net als voor andere voedingsproducten is het dus niet zo dat de productie in Vlaanderen uitsluitend gestuurd wordt door de consumptie in Vlaanderen. Enkel inwerken op de binnenlandse vraag zal onvoldoende zijn om de productiedaling in Vlaanderen teweeg te brengen die gewenst is vanuit klimaat- en milieu-perspectief. Bovendien zijn er diverse argumenten om zowel aan de aanbodzijde als aan de vraagzijde een daling na te streven.

²⁵ https://x.com/CarbonBrief/status/1817896108439240923?t=QxlaQWEm_63-i9l0yJsKUQ&s=09

²⁶ Statbel bevoorradingsbalans vlees <https://statbel.fgov.be/nl/themas/landbouw-visserij/bevoorradingsbalansen#figures> (geraadpleegd op 2 augustus 2024).

IMPLICATIES VOOR DE INTERNATIONALE MARKT EN HET 'KOOLSTOFLEKKAGE'-PROBLEEM

Een belangrijk gegeven voor de eiwittransitie, en in het algemeen voor beleidsmaatregelen om de landbouw te verduurzamen, is de integratie van de Vlaamse/Belgische landbouw- en voedingssector in de Europese en mondiale markt. Dit betekent dat maatregelen genomen op Vlaams of Belgisch niveau hun beoogde effect (deels) kunnen missen doordat producenten de mogelijkheid hebben om aan buitenlandse consumenten te verkopen en consumenten de mogelijkheid hebben om van buitenlandse producenten aan te kopen.

We nemen de denkoefening over de afbouw van de Vlaamse veestapel als voorbeeld. Wanneer de Vlaamse vlees- en melkconsumptie evenveel zou dalen als de beoogde afbouw van de Vlaamse veeteelt, dan zou de broeikasgasuitstoot in de landbouw met ongeveer 1,6 Mton CO₂e dalen of ongeveer 20%. Hiermee zou de doelstelling van het Vlaams energie en klimaatplan voor landbouw ongeveer bereikt zijn en zou er grond vrijkomen om de natuur- en biodiversiteitsdoelstellingen te bereiken. Het is echter niet waarschijnlijk dat de consumptie inderdaad in dezelfde mate zou dalen. De daling in productie zou namelijk ook een stijging in de prijs van Vlaamse vlees- en zuivelproducten teweegbrengen. Hierdoor zou de vraag naar invoer van goedkopere vlees- en zuivelproducten uit het buitenland stijgen, wat kan leiden tot een hogere veeteeltproductie in het buitenland. Een nieuw marktevenwicht zou worden bereikt, waarbij de gedaalde Vlaamse productie deels wordt gecompenseerd door verhoogde productie in het buitenland en waarbij de Vlaamse consumptie bijgevolg niet in dezelfde mate daalt als de Vlaamse productie. Hetzelfde geldt voor de impact van de afbouw van de veestapel op de uitvoer van vlees- en melkproducten naar het buitenland. Ook hier zou het lagere aanbod uit Vlaanderen deels kunnen worden gecompenseerd door hogere productie in andere landen. Wanneer de verplaatsing in productie gebeurt van een zeer efficiënte regio zoals Vlaanderen naar minder efficiënte regio's, dan kan dit leiden tot 'koolstoflekkage' of *carbon leakage*. Dit betekent dat de winst in CO₂e uitstoot in een land deels of volledig wordt tenietgedaan door een stijging van broeikasgassen in andere landen. In tegenstelling tot broeikasgasuitstoot, waarvan de impact onafhankelijk is van waar de uitstoot plaatsvindt, zijn de milieu- en biodiversiteitsimpact gelinkt aan landgebruik en aan stikstof- en fosforuitstoot erg locatie- en context-afhankelijk.

Ook bij beleidsmaatregelen om de consumptie van dierlijke eiwitten te reduceren, spelen internationale markteffecten een rol. Maatregelen aan vraagzijde zouden een minimaal effect hebben op de klimaat- en milieu-impact van de Vlaamse landbouwsector als de dalende vraag van de Vlaamse consument wordt gecompenseerd door een verhoogde uitvoer naar het buitenland.

De economische effecten van beleidsmaatregelen kunnen berekend worden met socio-economische modellen die het evenwicht tussen vraag en aanbod simuleren en de handelsrelaties tussen landen in rekening nemen. Een studie van Thom et al. (2023) met het economische model CAPRI (Common Agricultural Policy Regional Impact Analysis) onderzocht bv. de impact van een fictief scenario waarbij de invoer van veevoeder van buiten de EU aan banden wordt gelegd. Hierdoor zou de vleesproductie in de EU dalen, met een daling in broeikasgasemissies in de EU tot gevolg. Mondiaal zou er echter een lichte stijging van broeikasgasemissies zijn doordat de productie van vlees in de rest van de wereld zou stijgen. Door middel van scenario-analyses kunnen socio-economische modellen onderzoeken met welke bijkomende beleidsmaatregelen dergelijke *leakage*-effecten vermeden kunnen worden. Ten eerste is het belangrijk dat maatregelen aan aanbods- en vraagzijde op Europees niveau genomen worden om oneerlijke concurrentie te vermijden en om te voorkomen dat productie zich verplaatst tussen regio's binnen de EU. Ten tweede is het belangrijk om *leakage*-effecten via handel met niet-Europese partners te vermijden. Dit kan door de technologie die van onze landbouw de

meest productieve in de wereld maakt te valoriseren en exporteren. Daarnaast moet de EU via eerlijke handelsakkoorden trachten dezelfde randvoorwaarden op te leggen aan de import van buiten de EU als aan die voor EU-voedingsproducten (zie ook hoofdstuk 13).

We concluderen dat inspanningen rond de eiwitshift in Vlaanderen het meest effectief zullen zijn wanneer die worden doorgevoerd in combinatie met flankerende maatregelen op Europees en internationaal niveau. Dit maakt de beleidsuitdaging des te groter, maar het is de enige manier om de nodige reductie in broeikasgasemissies, de nodige milieu-impact en biodiversiteitsimpact te realiseren.

DEELCONCLUSIE

De veeteelt in Vlaanderen behouden in haar huidige vorm, is niet alleen ongewenst, maar is ook niet houdbaar door een te hoge lokale milieudruk. Er dient zich nu een *window of opportunity* aan om de veestapel op een verstandige manier af te bouwen. Dat is financieel haalbaar als (i) Vlaanderen de subsidiemiddelen die nu naar de veeteelt gaan op een andere manier kan inzetten, (ii) vleesconsumptie correct wordt belast en (iii) de inkomsten van deze belasting binnen de sector worden aangewend. De veestapelreductie zou moeten resulteren in een kleiner aantal bedrijven, die echter wel intensief blijven opereren. Intensieve productie is immers nodig om de milieu-impact per eenheid product onder controle te houden.

Op mondiale schaal zal een afbouw van de veestapel enkel tot winst leiden als die afbouw gepaard gaat met een eiwitshift in ons dieet: we moeten veel minder dierlijke eiwitten en veel meer plantaardige eiwitten eten, alsook vezelrijke gewassen en fruit. De veestapel moet ook inkrimpen om het landbeslag en de milieubelasting te verminderen terwijl het rendement moet verhogen.

Een combinatie van harde maatregelen (bv. verplichte afbouw of taksen) en zachte maatregelen (bv. labels of bewustwording) kunnen de eiwitshift helpen realiseren. Belangrijk hierbij is dat de 'koolstoflekkage' vermeden wordt.

De overheid erkent de noodzaak van een eiwitshift en heeft die ook opgenomen als een van de *green deals*. Ondanks de inspanningen van overheid en werkveld zien we in de praktijk echter dat de eiwitshift in Vlaanderen nog geen succes genoemd kan worden.

5. BODEM EN WATER

Kernboodschap: Voor een duurzame landbouw met een goede bodemkwaliteit is in Vlaanderen aanvulling met organisch materiaal noodzakelijk, maar tegelijk is ook een gebiedsgericht beleid nodig. Water is onmisbaar voor de landbouw, maar staat onder grote druk door klimaatverandering en inefficiënt gebruik. Duurzaam waterbeheer en een kwalitatief goede bodem zijn cruciaal voor een duurzame voedselproductie.

BODEMKWALITEIT EN BODEMGEBRUIK

Een duurzame landbouw is slechts mogelijk op een gezonde bodem. Dat betekent dat de bodem aan de volgende vereisten voldoet:

- Hij bevat voldoende nutriënten, in de juiste verhouding, en kan deze nutriënten goed vasthouden en vrijgeven. Hiervoor is het organische-koolstofgehalte zeer belangrijk, net als de zuurtegraad. De landbouwbodems in Vlaanderen bevatten over het algemeen niet voldoende koolstof en hebben een onevenwichtige nutriëntensamenstelling: veel stikstof, fosfor en magnesium, weinig calcium. Ze zijn, door dat calciumgebrek, ook vaak te zuur.
- Hij kan voldoende water vasthouden en ook afgeven. Ook hier is het belangrijk dat het koolstofgehalte van de bodem voldoende hoog is, hoewel de waterretentie pas gevoelig kan worden opgedreven bij zeer hoge koolstofgehaltenes (Rawls et al., 2003).
- Hij heeft voldoende poriën en een kruimelige structuur, waardoor hij voldoende zuurstof kan opnemen. Dat komt de bodemfauna en de drainage van overtollig water ten goede. Een gedegen bodembewerking is belangrijk, al komt er dan CO₂ vrij door mineralisatie.
- Hij bevat voldoende koolstof. Organisch materiaal heeft immers een veelheid van functies: het verbetert aantoonbaar de bodemstructuur, verhoogt het waterhoudende vermogen van de bodem, houdt nutriënten vast die beschikbaar zijn voor planten, verbetert de weerstand van de bodem tegen erosie en voedt het bodemvoedselweb. Koolstof in landbouwgronden is doorgaans echter niet erg stabiel en breekt snel af. De koolstofvoorraad in de grond moet dan ook aangevuld worden, gemiddeld met ongeveer 1.000 kg stabiele koolstof per ha per jaar (effectieve organische koolstof: de koolstof die een jaar na de toediening nog in de bodem aanwezig is). De koolstof in dierlijke mest is niet allemaal stabiel: in het eerste jaar wordt ongeveer de helft van de toegediende organische koolstof afgebroken door micro-organismen, waarbij CO₂ vrijkomt (Vlaamse Landmaatschappij, 2020). De bodemorganismen die een gedeelte van de organische koolstof in CO₂ omzetten, produceren ook meer stabiele humusverbindingen, waarop de nutriënten gemakkelijk kunnen binden. Sommige bodemschimmels (*mycorrhizae*) kunnen de planten helpen bij de opname van nutriënten, maar ze gedijen doorgaans slecht in bemeste bodems en zijn vandaag geen realistische oplossing voor een betere opname van voedingsstoffen.
- De aanvulling kan dus niet alleen door de bodem te bemesten met dierlijke mest (bij voorkeur stalmest); ook andere organische mest, zoals GFT-compost (groente-, fruit- en tuinafval – die echter slechts in heel beperkte mate en ruim onvoldoende beschikbaar zijn voor de landbouw) of het inwerken van gewasresten helpen om het koolstofgehalte van de bodem op peil te houden. Vloeibare dierlijke mest is eerder ongeschikt: het bevat weinig koolstof, die zeer snel vrijkomt in de vorm van CO₂ in vergelijking met de vaste mestfractie. Houtsnippers zijn een

interessant alternatief omdat ze zeer hoge koolstof/stikstof- en koolstof/fosfor-verhoudingen hebben, maar de beschikbaarheid hiervan is nog veel beperkter dan het geval is bij compost. Ook slimme keuzes in de gewasrotatie (bv. granen brengen veel meer effectieve organische koolstof aan dan aardappelen of silomaïs) en het maximaal inzetten van groenbemesters kunnen zorgen voor een toename van de organische stof in de bodem. Langdurige monocultuur (bv. maïs) op eenzelfde perceel doet het koolstofgehalte dalen en kan tot bodemdegradatie leiden en soms ook tot accumulatie van bodempathogenen. In tegenstelling tot andere regio's in de wereld is er in Vlaanderen voldoende stalmest beschikbaar om het koolstofgehalte in landbouwgronden op peil te houden. Door op twee derde van het akkerland zowel gebruik te maken van gewasresten als van groenbemesters/vanggewassen (die overtollige nutriënten na de hoofddeelt kunnen opnemen) kan er ongeveer 750 kg effectieve organische koolstof per ha in de bodem terechtkomen (Inagro, 2011). De keuze van de nateelt is hier ook belangrijk: Italiaans raaigras brengt 915 kg effectieve organische koolstof per ha in de grond; snijrogge, waarvan het maaisel wordt afgevoerd, slechts 120 kg effectieve organische koolstof per ha (Inagro). Bij late teelten, het overige derde van het akkerland, kan die methode moeilijk efficiënt toegepast worden wegens de late oogst. Met de huidige veestapel kan er ongeveer 560 kg effectieve organische koolstof per ha worden aangebracht via dierlijke mest (Keulemans et al., 2022). Dat wordt ongeveer 425 kg effectieve organische koolstof per ha als de veestapel met 25% afgebouwd wordt. Bij biologische landbouw kan er minder stalmest geproduceerd worden, ook al omdat de dieren langer op de weide staan. Zelfs na reductie van de Vlaamse veestapel met 25% kunnen we in de conventionele landbouw gemiddeld ongeveer 1.175 kg effectieve organische koolstof per ha bemesten met dierlijke mest, gewasresten en vangplanten/groenbemesters (Keulemans, eigen berekeningen). Dat is dus ruim voldoende om het organische stofgehalte op peil te houden of (traag) te verhogen. Meer dierlijke mest of compost gebruiken is trouwens geen alternatief door het risico op overbemesting²⁷ (mestactieplan-richtlijnen).

- De bodem is bij voorkeur minder gevoelig voor erosie. Erosie hangt uiteraard af van de hellingsgraad van het perceel, maar ook van het koolstofgehalte en de grondbewerking (loodrecht op de hellingsgraad ploegen versus contourploegen of ploegen versus niet-kerende bodembewerking) en de bodembedekking.

De voorgaande criteria leiden niet tot helder gedefinieerde absolute waarden: de definitie van een gezonde bodem (zuurtegraad, koolstofgehalte, enz.) hangt af van de context: zandgronden versus leemgronden, natte versus droge bodems, enz.

Wanneer de bodemkwaliteit in die mate achteruitgaat dat bodem-chemische, -fysische en -biologische parameters in het gedrang komen, dan spreken we van bodemdegradatie (Vancampenhout, 2022). Een veel voorkomende situatie is de achteruitgang van het koolstofgehalte in de bodem, waardoor de bodemstructuur verslechtert (meer verdichting, meer erosie en meer afspoeling van nutriënten), het waterbergend vermogen achteruitgaat (met meer droogteproblemen als gevolg) en nutriënten minder goed worden vastgehouden (achteruitgang van de bodemvruchtbaarheid). In het algemeen bevatten de Vlaamse landbouwgronden (inclusief grasland) te weinig bodemkoolstof om van een goede bodemkwaliteit te kunnen spreken: ongeveer de helft van het landbouwareaal heeft te

²⁷ <https://vilt.be/nl/nieuws/map6-blijft-van-kracht-maar-zonder-derogatie-en-met-gewijzigde-gebiedstypes>

weinig bodemkoolstof (Tits et al., 2020). In feite is voldoende koolstof in de grond brengen een noodzakelijke goede landbouwpraktijk, die elke landbouwer zou moeten toepassen. De achteruitgang van de bodemkoolstof in grasland heeft vermoedelijk dan weer te maken met het frequent scheuren van permanent grasland en/of met overbegrazing, waardoor er te weinig stoppel op het grasland achterblijft. Meer koolstof in de bodem krijgen onder weiland gaat efficiënt door overbegrazing door rundvee te vermijden. Het is echter niet zo dat de Vlaamse landbouwbodems ‘dood’ zijn: de Vlaamse akkerbouw is bij de productiefste in de wereld en dat zou onmogelijk zijn zonder bodemleven dat ervoor zorgt dat er nutriënten beschikbaar worden gemaakt voor de planten. Wel kan de bodemkwaliteit op een aantal vlakken duidelijk verbeterd worden. Dat zal niet enkel de landbouwproductiviteit ten goede komen, maar ook de milieu-impact van de landbouw helpen reduceren en de bijdrage aan andere ecosysteemdiensten verbeteren.

Een punt van discussie vandaag is de grondbewerking, vooral omdat algemeen wordt aangenomen dat er hierdoor meer CO₂ zal vrijkomen vanuit de bodemkoolstof (Haddaway et al., 2017). Recent onderzoek door de Bodemkundige Dienst van België (A. Elsen, persoonlijke mededeling) toont echter aan dat de CO₂-vrijgave bij kerende grondbewerking (ploegen) niet veel meer is dan bij niet-kerende grondbewerking, wel wordt de bodemkoolstof meer homogeen verdeeld bij een kerende bodembewerking. Ploegen zal de (verticale) homogeniteit van de bodem ook voor andere kenmerken verbeteren. Kerende bodembewerking vermindert bovendien de onkruiddruk, maar is dan weer nadelig voor een gedeelte van het bodemleven dat een stabiele structuur nodig heeft, zoals regenwormen en schimmels. Bodembedekking, zoals het behouden van stoppels of het oppervlakkig inwerken van plantenresten, is vooral positief om het water beter vast te houden en erosie tegen te gaan: niet-kerende grondbewerking is daarom vaak te verkiezen in hellende gebieden met erosiegevoelige bodems.

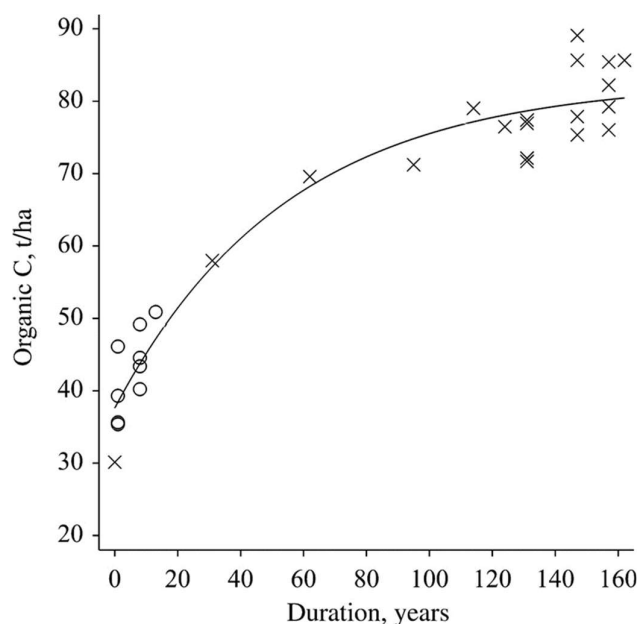
Een belangrijk aspect in verband met bodemkwaliteit is een goed bodembeheer met een goed overheidsbeleid en regulerende maatregelen (*‘codification’* genoemd, Field et al., 2017). Het veronderstelt een gecoördineerd en gebiedsgericht beleid voor maximalisatie van de ecosysteemdiensten die een bodem verschaft. Marginale gronden (bv. te natte gronden) worden best aan de intensieve landbouw onttrokken en teruggegeven aan de natuur of voor gebruik in extensieve vormen van landbouw. Maatregelen in verband met *codification* kunnen inhouden:

- geen rooibouw plegen, wat nu in zekere mate het geval is gezien de achteruitgang van het koolstofgehalte;
- de bodem bedekt houden;
- in landbouwgebied een structuur nastreven die stukjes natuur verbindt;
- voorzien in spuitvrije, bemestingsvrije zones, erosiebuffers en waar nodig in akkerranden;
- vanggewassen aanplanten als nateelt;
- intensieve landbouwproductie vermijden in gebieden met belangrijke ecosysteemdiensten (bv. watervoorziening);
- een veerkrachtige landinrichting nastreven.

Veel van die maatregelen liggen al vast in de Vlaamse regelgeving of maken deel uit van beheersovereenkomsten en voorwaarden voor het verkrijgen van steun van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid van de EU.

Een recent begrip in verband met koolstof in landbouwgebied is het ‘koolstofboeren’.²⁸ Dit concept werd ontwikkeld in het kader van de klimaatmitigatie en -adaptatie, waarbij boeren gestimuleerd en vergoed zouden worden om zoveel mogelijk koolstof in de bodem op te slaan. Zo zou de CO₂-concentratie in de atmosfeer minder sterk toenemen. Die maatregel lijkt in de eerste plaats zinvol vanuit landbouwkundig oogpunt. Onderzoek heeft echter aangetoond dat de winsten bij onveranderd bodemgebruik hooguit marginaal zijn ten opzichte van verandering in landgebruik (bv. omzetten van akkerland naar bos) (Deng et al., 2016): veranderingen van bodemmanagement, bv. door niet-kerende bodembewerking te gaan toepassen, hebben eerder een impact op de verticale verdeling van koolstof in de bodem dan wel op de totale hoeveelheid koolstof die in de bodem opgeslagen wordt. De beste manier om koolstof op te slaan op het land blijft hoe dan ook de conversie van (kwalitatief minder goed) akkerland naar bos. Zoals al eerder gesteld kan dit enkel indien de landbouw op het overblijvende areaal zo productief mogelijk is, zodat er grond kan vrijkomen.

Ten slotte is het belangrijk te vermelden dat de koolstofvoorraad in de bodem zeer traag opgebouwd wordt. Dat wordt in Figuur 11 geïllustreerd, waar de toename van organische koolstof wordt weergegeven bij een jaarlijkse bemesting met 35 ton stalmest: 35 ton stalmest per ha is ongeveer 3 keer meer dan de maximale bemesting met stalmest die we in Vlaanderen mogen toedienen en daarom niet realistisch. Bovendien is er ook niet zoveel stalmest in Vlaanderen ter beschikking.



Figuur 11: Toename van de effectieve organische koolstof in de bodem (bovenste 30 cm) bij een langdurig bemestingsexperiment met een jaarlijkse toediening van 35 ton stalmest per ha (ongeveer 1,4 ton effectieve koolstof) (Poulton et al., 2018).

DUURZAAM WATERBEHEER

Water is een essentiële hulpbron voor de landbouw. De toegang tot voldoende en kwaliteitsvol water wordt echter een steeds grotere uitdaging door de groeiende vraag, de klimaatverandering en door inefficiënte gebruiksmethoden.

²⁸ <https://www.bdb.be/nl/onderzoek-en-studies/projecten/lidl-koolstofboeren>

Wereldwijd gebruiken we ongeveer 70% van de zoetwateronttrekkingen voor de landbouw (Gleick et al., 2014). Industrieel watergebruik is goed voor ongeveer 19% en huishoudelijk gebruik voor ongeveer 11% van de totale zoetwateronttrekking. In sommige droge gebieden, zoals Centraal-Azië en het Midden-Oosten, verbruikt de landbouw meer dan 90% van het beschikbare zoetwater. Deze aanzienlijke vraag naar water benadrukt de cruciale relatie tussen watervoorraden en voedselproductie.

Geïrrigeerd land beslaat ongeveer 20% van het akkerland in de wereld, terwijl geïrrigeerde landbouw naar schatting 40% levert van de mondiale voedselvoorziening.²⁹ Irrigatie zorgt voor hogere gewasopbrengsten en maakt meerdere teeltcycli per jaar mogelijk, wat het belang van water voor het voeden van een groeiende wereldbevolking aantoont. Grondwater levert bijna 40% van het wereldwijde irrigatiewater, maar de uitputting ervan bedreigt de duurzaamheid van de landbouwproductie in regio's met een hoge watervraag. In India heeft de Groene Revolutie bv. geleid tot een intensief gebruik van grondwater voor irrigatie, met ernstige dalingen van de grondwatertafel in belangrijke landbouwgebieden als gevolg. Over het algemeen kunnen inefficiënte irrigatiepraktijken leiden tot waterverspilling voor andere gebruikers, bodemdegradatie, dalende grondwatertafels en verdroging, met ernstige gevolgen voor zowel milieu en natuur als landbouwproductie.

De stijgende wereldbevolking zal de vraag naar voedsel – en daarmee de vraag naar water – aanzienlijk doen toenemen. Deze toenemende druk op watervoorraden wordt verder versterkt door de concurrerende behoeften van landbouw, industrie en huishoudens. In vele regio's van de wereld heeft deze concurrentie al geleid tot ernstige watertekorten. Meer dan twee miljard mensen leven in landen met ernstige waterstress, een situatie die naar verwachting zal verergeren door klimaatverandering.

In een opwarmend klimaat worden de uitdagingen rondom waterbeheer steeds complexer. Stijgende temperaturen leiden tot een verhoogde verdamping, waardoor het neerslagtekort toeneemt en de waterbehoefte verder groeit. Deze verhoogde watervraag valt samen met veranderingen in neerslagpatronen, waardoor sommige regio's of seizoenen te maken krijgen met intensere en frequentere droogteperiodes, terwijl andere juist kampen met onbeheerste overstromingen. Deze ingrijpende veranderingen in de hydrologische cycli vereisen dat landbouwsystemen zich snel aanpassen om voedselzekerheid te waarborgen.

Klimaatmodellen voorspellen dat de intensiteit en frequentie van extreme weersomstandigheden, zoals hittegolven en droogteperiodes, aanzienlijk zullen toenemen. Een hoog zoetwaterverbruik en een ongelijke neerslagverdeling leiden tot ernstige waterschaarste en droogte. Dit heeft directe gevolgen voor de landbouwproductiviteit, vooral in semi-aride en aride gebieden waar water al schaars is en de landbouw zowel bijdraagt aan als lijdt onder waterschaarste. Bovendien kunnen veranderingen in het regenseizoen het groeiseizoen van gewassen verkorten, wat kan leiden tot lagere oogsten en verhoogde kwetsbaarheid van landbouwsystemen. In Sub-Sahara-Afrika of Zuid-Azië kan een mislukte seizoen leiden tot ernstige voedseltekorten en economische ontwrichting. Herhaalde watertekorten in landbouwgebieden kunnen leiden tot ernstige economische en sociale gevolgen, zoals migratie, werkloosheid en toenemende armoede.

Efficiënt en duurzaam waterbeheer is essentieel, vooral in gebieden met waterschaarste. Overheden spelen een cruciale rol in het bevorderen van duurzaam waterbeheer. Er zijn ook internationale inspanningen, zoals het FAO-initiatief AQUASTAT,³⁰ dat streeft naar een beter begrip en beheer van watervoorraden in de landbouw. Effectieve nationale en internationale beleidsmaatregelen, zoals

²⁹ <https://www.worldbank.org/en/topic/water-in-agriculture>

³⁰ FAO's Global Information System on Water and Agriculture, <https://www.fao.org/aquastat/en/>

waterrechten en verdragen, zijn essentieel voor het beheer van gedeelde waterbronnen en het waarborgen van duurzaam watergebruik.

Praktijken zoals precisieberegening, regenwateropvang op het landbouwbedrijf, waterconservering of inzet van droogtetolerante gewassen kunnen helpen het waterverbruik in de landbouw te verbeteren. In droogtegevoelige gebieden kunnen agro-ecologische landbouwpraktijken zoals boslandbouw, gewasdiversificatie, het inzetten van inheemse gewassen en aangepaste teeltpraktijken helpen om het watergebruik te optimaliseren en de productiviteit te waarborgen. De digitalisering van de landbouw met bv. het gebruik van satellietbeelden voor gewasmonitoring kan een rol spelen in het optimaliseren van watergebruik, doordat nauwkeurige data beschikbaar zijn over bodemvocht, gewasgroei en waterbehoefte. Deze inzichten kunnen landbouwers in staat stellen om water efficiënter en duurzamer te beheren.

Landbouw kan de waterkwaliteit beïnvloeden, wat een bedreiging kan vormen voor zowel de beschikbaarheid van zuiver water als de gezondheid van ecosystemen. De afhankelijkheid van zuiver water varieert echter sterk per regio en context, waarbij sommige gebieden extra kwetsbaar zijn voor de gevolgen van vervuild water. Tegelijkertijd is de landbouwsector afhankelijk van zuiver water voor productie, waardoor watervervuiling ook direct de landbouwproductiviteit kan ondermijnen. Het gebruik van gezuiverd afvalwater van rioolwaterzuiveringsinstallaties of voedselverwerkende bedrijven kan helpen om droogteperiodes te overbruggen en circulair waterverbruik aan te moedigen. Een belangrijke uitdaging blijft echter de waterkwaliteit, met name de bacteriële concentratie en het zoutgehalte van gezuiverd afvalwater, wat in sommige regio's de landbouwproductie kan belemmeren.

De toekomst van de landbouw en de voedselvoorziening is nauw verbonden met het beheer van watervoorraden. Er is nood aan maatregelen die gericht zijn op efficiënter watergebruik en het bevorderen van duurzame landbouwpraktijken, zodat een evenwicht kan worden bereikt tussen voedselproductie en het duurzaam gebruik van waterbronnen.

DEELCONCLUSIE

Bodemkoolstof is een zeer belangrijke sleutel voor een gezonde bodem en de levering van ecosystemendiensten vanuit de bodem. Om het bodemkoolstofgehalte op peil te houden moet er, best jaarlijks, bijbemest worden met organische stof, is het belangrijk om een goede vruchtafwisseling aan te houden en zijn groenbemesters cruciaal. Niet-dierlijke organische bemesting is echter maar beperkt beschikbaar en kan het bodemkoolstofgehalte maar traag laten toenemen.

Water is onmisbaar voor de landbouw, die wereldwijd 70% van het zoetwater verbruikt. Klimaatverandering en een toenemende vraag verergeren de waterschaarste, vooral in droge gebieden. Dit bedreigt de voedselproductie en de economische stabiliteit. Duurzaam waterbeheer en innovatieve landbouwmethoden zijn essentieel om duurzaam voedsel te waarborgen.

6. PROBLEMATIEK VAN OVERBEMESTING IN VLAANDEREN

Kernboodschap: Vlaanderen blijft kampen met overbemesting, vooral van stikstof, maar ook fosfor. Correctere bemesting, op basis van een bemestingsadvies, kwantificatie van de nutriëntenstromen, minder veeteelt en inzetten op *nutrient use efficiency* kunnen bijdragen tot een oplossing.

Wereldwijd hebben veel regio's met een intensieve landbouw, in het bijzonder die met een niet-grondgebonden veehouderij (bv. in Noordwest-Europa, China, enz.), een bemestingsniveau dat te hoog is om duurzaam te zijn. Ook Vlaanderen is zo'n regio.

Naast water en koolstof (opgenomen in de vorm van CO₂) hebben planten voldoende nutriënten nodig om goed te kunnen groeien. Zonder bemesting is de productiviteit per oppervlakte zeer laag. Dat geldt zowel voor de teelt van gewassen voor menselijke consumptie als voor voedergewassen. In veel regio's in de wereld wordt er zonder of met te weinig bemesting gewerkt, waardoor (te) veel oppervlakte bewerkt moet worden om voldoende voedsel te produceren (zie ook hoofdstuk 2).

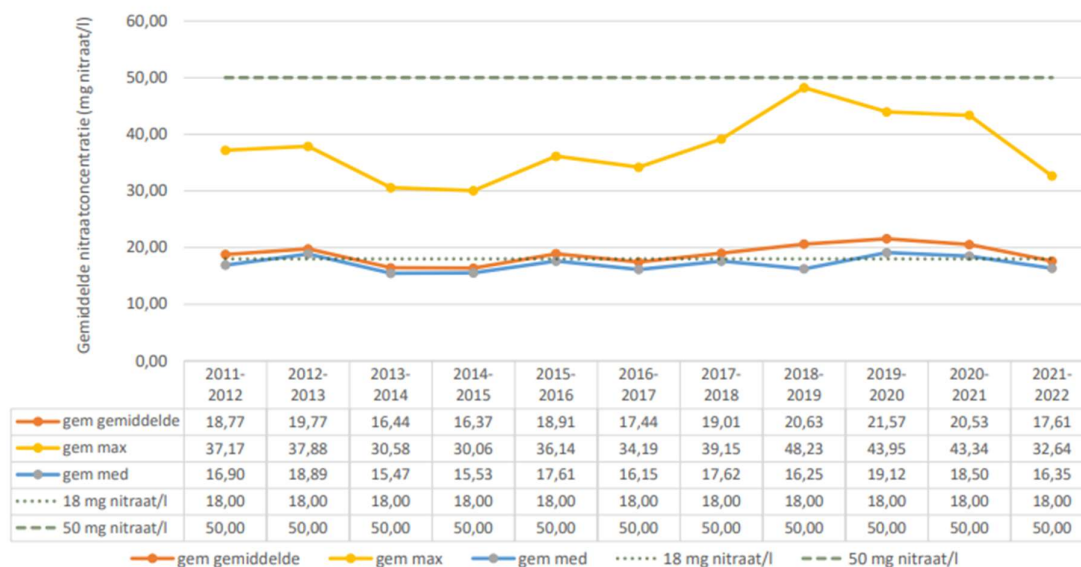
De voornaamste nutriënten voor plantengroei zijn stikstof, fosfor, kalium, calcium en magnesium (zie ook hoofdstuk 5). Ook de zogenaamde sporenelementen of micronutriënten, zoals ijzer en mangaan, zijn belangrijk, maar slechts in zeer lage concentraties. De voedingselementen moeten in een wateroplosbare vorm en in de juiste verhouding in de bodem aanwezig zijn wanneer het gewas die nodig heeft. Bodemeigenschappen spelen een belangrijke rol in die beschikbaarheid (Morgan & Connolly, 2013). Een goede vochtuishouding is essentieel: als de bodem te veel water bevat, treedt er zuurstoftekort op. Als hij te weinig water bevat, worden de voedingsstoffen minder gemakkelijk opgenomen. Daarnaast speelt de zuurtegraad een belangrijke rol: bij een suboptimale pH zijn voedingsstoffen niet optimaal beschikbaar voor het gewas. Het koolstofgehalte van de bodem bepaalt dan weer mee hoe gemakkelijk nutriënten door de bodem kunnen worden vastgehouden en of ze makkelijk beschikbaar kunnen worden gemaakt voor planten (bv. via mineralisatie). De bodem kan bemest worden met organische (dierlijke) mest en met minerale meststoffen (kunstmest). In principe komen ook mest van vogels (guano) en compost in aanmerking, maar die zijn slechts in beperkte mate beschikbaar. Zo wordt ongeveer 90% van het GFT-afval wel verwerkt, maar het wordt meestal vergist voor biobrandstof (Huybrechts & Vranken, 2005). De resterende fractie wordt gecomposteerd en vooral in publieke omgevingen gebruikt: parken, openbaar groen, enz. In principe kan ook menselijke feces gebruikt worden als bemesting, maar gezien het mestoverschot in Vlaanderen gebeurt dit niet. In een circulaire economie is de recuperatie van nutriënten uit feces zeker een aandachtspunt. Dierlijke mest is zowel in vaste vorm (stalmest) als in vloeibare vorm (drijfmest) in ruime mate beschikbaar in Vlaanderen. Toepassen van stalmest is wenselijk om het koolstofgehalte in de landbouwbodems op peil te brengen/houden (zie ook hoofdstuk 5) maar bevat veel fosfor in verhouding tot stikstof (dus een lage stikstof/fosfor-verhouding). Drijfmest heeft een gunstigere stikstof/fosfor-verhouding maar draagt minder bij aan het koolstofgehalte in de bodem. Omdat de meeste dieren op roosters gehouden worden, wordt echter een groot deel van de dierlijke mest toegediend in de vorm van drijfmest. Varkensdrijfmest heeft een meer ongunstig nutriëntengehalte, met te veel fosfor in verhouding tot stikstof, in vergelijking met runderdrijfmest. Een eenzijdig gebruik van dierlijke mest leidt vaak tot overbemesting met fosfor (Vlaamse Landmaatschappij, 2020). Dit is echter ook het geval voor bemesting met GFT-compost. Bijkomende uitdagingen voor oordeelkundige bemesting met dierlijke mest zijn de onbekende en sterk variabele nutriëntensamenstelling, en de geleidelijke vrijzetting van de

stikstof uit de organische fractie door mineralisatie. Hierdoor kan de voor de plant beschikbare nutriëntendosis aanzienlijk afwijken van de berekende dosis.

Als de stikstofbemesting opgevoerd wordt, kan er productiviteitswinst geboekt worden, op voorwaarde dat de andere elementen in verhouding blijven en er geen overschot ontstaat. Een teveel aan stikstof dat niet opgenomen kan worden door het gewas leidt echter tot uitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater. Ook fosfor kan in opgeloste vorm uitgespoeld worden, maar in veel mindere mate dan stikstof. Als er te veel fosfor wordt toegediend, accumuleert die in belangrijke mate in de bodem. Om deze vervuiling van het grond- en oppervlaktewater door bemesting tegen te gaan, werd al in 1991 de Europese nitraatrichtlijn uitgevaardigd. Om hieraan te voldoen heeft de Vlaamse overheid mestactieplannen opgesteld met bemestingsnormen en reglementering voor het uitrijden, transporteren en verwerken van dierlijke mest. Na ruim 25 jaar mestactieplan-reglementeringen is er in Vlaanderen nog steeds sprake van overbemesting, vooral met stikstof. De situatie wat betreft fosfor is in de landbouw beter onder controle, ook al bevatten de landbouwgronden door historische overbemesting nog steeds te veel fosfor (Smolders & Lauryssen, 2022). Een eerste verklaring voor de overbemesting met stikstof schuilt in verkeerde berekeningen bij het opstellen van de bemestingsnormen, door het niet in rekening brengen van atmosferische stikstofdepositie (de aanvoer van stikstof vanuit de atmosfeer) en de (beperkte) stikstofcaptatie door vlinderbloemigen in de globale stikstofbalans voor Vlaanderen. Gemiddeld is er meer dan 20 kg/ha stikstofdepositie in Vlaanderen, maar in regio's met een hoge vee-densiteit kan dit oplopen tot meer dan 40 kg/ha (Keulemans et al., 2022). Daarnaast blijkt uit de rapporten van de mestbank dat de normen voor dierlijke mest nog vrij frequent overschreden worden (Vlaamse Landmaatschappij, 2020). Tot slot is er een te hoge stikstofbemesting met minerale meststoffen, die bijna even hoog is als die uit dierlijke mest: in 2019 werd vermoedelijk 84.000 ton stikstof toegediend via kunstmest en ca. 92.300 ton via dierlijke mest. Tot 2019 werd de stikstofbemesting via kunstmest door de overheid onderschat, maar sinds mestactieplan 6 is de digitale registratie van de verkoop, aankoop en het gebruik van minerale mest verplicht. Er kan op dit gebied dus verbetering verwacht worden dankzij de implementatie van mestactieplan 7 (dat echter nog niet is goedgekeurd).³¹ Als we de stikstofcyclus in Vlaanderen onder de loep nemen, stellen we vast dat de bemesting met stikstof groter is dan de afvoer ervan via de gewassen. Bij fosfor is dat niet het geval (Platteau et al., 2016). De stikstof die te veel wordt toegediend komt grotendeels in het milieu terecht: een deel ervan wordt ook omgezet tot inert en onschadelijk stikstofgas en een ander, aanzienlijk deel spoelt uit naar grond- en oppervlaktewater. De overbemesting met stikstof resulteert in een te hoge nitraatconcentratie in onze waterlopen (zie Figuur 12), vooral in regio's met een zeer intensieve vee-teelt zoals West-Vlaanderen en Westoost-Vlaanderen, de Noorderkempen en Noordoost-Limburg, maar ook in regio's met intensieve groenteteelt (West-Vlaanderen, Antwerpen). In 25% van de meetpunten wordt de stikstofdrempel (50 mg nitraat per liter oppervlaktewater) overschreden. Het afgelopen decennium werd geen vooruitgang geboekt (Vlaamse Landmaatschappij, 2024) en Vlaanderen is zelfs de slechtste leerling in de EU-klas. Op het gebied van stikstof is er dus weinig vooruitgang geboekt. Wat fosfor betreft, is het percentage overschrijdingen door de landbouw gedaald, maar het oppervlaktewater blijft te veel fosfor bevatten. Dit kan deels verklaard worden door de bijdragen van huishoudelijk afvalwater, de industrie en fosforrijk grondwater (Smolders & Lauryssen, 2022). Door een combinatie van factoren (historische overbemesting en een slechte nutriëntenverhouding in dierlijke mest) zijn Vlaamse landbouwbodems zeer goed voorzien van fosfor (de hoge fosfor-voorraad in

³¹ <https://www.vlm.be/nl/themas/waterkwaliteit/MAP7/Paginas/default.aspx>

de bodem door vroegere overbemesting komt slecht zeer geleidelijk vrij voor de gewassen) en magnesium. Maar anderzijds hebben veel bodems een tekort aan calcium, waardoor ze te zuur zijn en de planten de nutriënten dus minder goed kunnen opnemen. Er is dus niet alleen een probleem met overbemesting, maar ook met onevenwichtige bemesting. Deze vaststelling geldt niet alleen voor akkerland, maar ook voor weiland.



Figuur 12: Gemiddeld nitraatgehalte in oppervlaktewater in Vlaanderen (Vlaamse Landmaatschappij, 2023). Het maximaal toegelaten gehalte is 50 mg/l, het gemiddeld maximum in Vlaanderen flirt soms met deze maximumgrens.

We moeten dus evolueren naar een evenwichtigere bemesting van de Vlaamse landbouwbodems.

- Aangezien de overbemesting met stikstof het meest problematisch is in de gebieden met zeer intensieve veeteelt, zou een doordachte afbouw van de veestapel ook helpen om die overbemesting tegen te gaan. Dierlijke mest zal echter een belangrijke rol blijven spelen bij de basisbemesting, waarbij de nutriëntenbehoefte voor gewassen en weiden aangevuld moet worden met minerale meststoffen om de nutriëntengehaltes af te stemmen op de noden van de planten en om onevenwichten in de bodem te vermijden. Het is dus niet zo dat de problemen ophouden zodra we stoppen met het gebruik van kunstmest. Daarnaast zien we dat de problemen ook binnen Vlaanderen ruimtelijk gevarieerd zijn: de problemen zijn het grootste in die gebieden waar er veel intensieve veeteelt is. Mest is relatief duur om te transporteren en dus zoekt men naar een afzetmarkt zo dicht mogelijk bij de plaats waar die mest wordt geproduceerd.
- We zouden een fundamentele onbalans krijgen in de bemesting als we enkel dierlijke mest zouden gebruiken: gewassen zouden dan relatief te weinig stikstof krijgen en relatief te veel fosfor, waardoor de bodems oververzadigd zouden geraken met fosfor. Dit is een probleem in de biologische landbouw.
- Naast de dierlijke mest, die meestal eenmalig wordt toegediend (vaak als basisbemesting), kan er bijbemest worden met minerale meststoffen op basis van een bodemanalyse en het bijbehorende bemestingsadvies. De bemesting moet ook beter afgestemd worden op de behoeften van de plant, die doorheen het groeiseizoen variëren (Jones et al., 2015). Dit kan door

de bemesting in meerdere fracties toe te dienen op verschillende momenten doorheen het groeiseizoen. Door de toestand van het gewas en de bodem op te volgen doorheen het groeiseizoen, kan de bemesting bijgestuurd worden om die optimaal af te stemmen op de bodemvoorraad en de noden van de plant. Behalve fractioneren van de bemesting in de tijd, kan er ook rekening gehouden worden met de heterogeniteit in nutriëntentoestand van de landbouwpercelen. Via zonemanagement kan een hogere bemestingsdosis worden toegediend in zones met een lagere bodemvruchtbaarheid en lagere dosissen in zones met hoge bodemvruchtbaarheid. Deze concepten van precisiebemesting (fractioneren in tijd en in ruimte), die passen binnen de precisielandbouw (zie ook hoofdstuk 8), bieden potentieel om de nutriëntenverliezen te minimaliseren en beschikbare nutriënten zo efficiënt mogelijk te benutten (verhoogde *nutrient use efficiency*).

- De recente ontwikkelingen op het gebied van *renures* (minerale meststoffen gewonnen uit dierlijke mest) (Huygens et al., 2020) bieden mogelijkheden om een groter deel van deze precisiebemesting in te vullen met nutriënten gerecupereerd uit dierlijke mest en om tot een meer circulaire bemesting te komen.
- Ook binnen de kunstmestindustrie wordt ingezet op duurzaam en efficiënt omgaan met nutriënten. Het gebruik van *slow release fertilizers* (kunstmeststoffen die slechts geleidelijk doorheen het seizoen nutriënten vrijgeven), urease- en nitrificatieremmers (die de omzetting naar ammonium en nitraat afremmen) en ook bladbemesting (vooral voor micro-nutriënten) raakt meer en meer ingeburgerd bij de landbouwers. Door gebruik te maken van deze innovaties kunnen zij op het scherp van de snee bemesten. Het nauwkeuriger afstemmen van de nutriëntenbeschikbaarheid op de gewasbehoefte resulteert in een optimale productie en een minimale milieu-impact.
- Ten slotte is ook een doordachte teeltrotatie van belang om efficiënt om te gaan met nutriënten. Zo kan bv. in tijdelijk grasland de stikstofbemesting verminderd worden met een combinatie van gras en vlinderbloemigen (luzerne is mogelijk een geschikte kandidaat). Ook een weloverwogen keuze van vanggewas na de hoofdteelt of zelfs als tussenteelt (bv. na wintertarwe en voor wintergerst) draagt bij aan het efficiënter benutten van de nutriënten. Het vanggewas gaat de uitspoeling van nutriënten tegen door ze op te nemen en stelt ze vervolgens ter beschikking aan de volgteelt.
- ‘Natuurlijke’ stikstof voor bemesting kan alleen bekomen worden via vlinderbloemigen, omdat de bacteriën waarmee zij in symbiose leven stikstof fixeren. Zowel vlinderbloemige gewassen voor directe consumptie als voor veevoeder leggen stikstof vast. Maar vlinderbloemigen zijn geen totaaloplossing: Connor (2018) berekende dat er op de huidige landbouwoppervlakte met vlinderbloemigen amper genoeg stikstof geproduceerd kan worden om 3 tot 4 miljard mensen te voeden. Minerale meststoffen zijn dus een noodzakelijke aanvulling op dierlijke mest, met een belangrijke rol in het verhogen van de bodemvruchtbaarheid. De wereldwijde voedselproductiviteitsstijging heeft te maken met het toenemende gebruik van minerale meststoffen.

Daarnaast kunnen andere maatregelen genomen worden om de milieu-impact van bemesting te minimaliseren. In onze waterlopen is er vaak te veel stikstof aanwezig door nutriëntenafspoeling. Dat probleem kan verholpen worden door, in het kader van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid 2023-2027, een bemestingsvrije bufferstrook aan te leggen nabij waterlopen waar de stikstofdrempel overschreden dreigt te worden. In die bufferstrook worden de overtollige nutriënten dan gedeeltelijk opgevangen. In het voorstel voor mestactieplan 7 zou dat als een verplichting opgenomen worden.

DEELCONCLUSIE

Voor een duurzame landbouw moet de overbemesting in Vlaanderen teruggedrongen worden. Deze conclusie geldt echter niet voor landen met een productiekloof (zie ook hoofdstuk 2). We hebben in Vlaanderen te veel dierlijke mest en we bemesten te veel met kunstmeststoffen. Een basisbemesting met compost of dierlijke mest moet aangevuld worden minerale meststoffen. Er moet ingezet worden op het verhogen van de *nutriënt use efficiency* en precisiebemesting.

7. EEN DUURZAME TRANSITIE IN GEWASBESCHERMING

Kernboodschap: Om gewasopbrengsten te garanderen is gewasbescherming noodzakelijk, maar in regio's waar veel gewasbeschermingsmiddelen gebruikt worden, moet de gewasbescherming verduurzamen om de milieueffecten te beperken. Dit is vandaag echter geen vanzelfsprekende doelstelling.

Productieve landbouw is maar mogelijk als ziekteverwekkers in toom worden gehouden. Zonder de implementatie van effectieve beheersingsstrategieën (o.a. gewasrotatie, resistente cultivars, goede hygiëne, aanpassen van teeltmethoden, gewasbeschermingsmiddelen, enz.), tegen ziekteverwekkers (zoals schimmels, bacteriën, virussen en nematoden) en plagen (zoals insecten en mijten) zou de oogstopbrengst van gewassen wereldwijd tot 75% lager liggen (Oerke et al., 2006). Geen gewasbeschermingsmiddelen (pesticiden) toepassen zou op zichzelf al resulteren in een gemiddelde daling van 30% in de oogstopbrengsten.³² Als we, zoals eerder voorgesteld werd door de EU (*Farm to Fork*-strategie), het gebruik en risico van chemische gewasbeschermingsmiddelen met 50% zouden reduceren, dan zou dit neerkomen op een gemiddeld opbrengstverlies van 12% (geschatte berekening op basis van een impactstudie aan Wageningen University & Research – Bremmer et al., 2021). Als we ervan uitgaan dat Europa 94 miljoen ha aan land heeft voor groenten, fruit (inclusief olijven, wijndruiven, boomgaarden, enz.) en akkergewassen, dan zou dit betekenen dat we 11 miljoen ha meer land nodig zouden hebben om dezelfde opbrengsten te realiseren, wat op zijn beurt zou leiden tot een verder verlies aan biodiversiteit en meer broeikasgasuitstoot. Als we geen of minder gewasbeschermingsmiddelen meer willen gebruiken, gaat daar een kostprijs mee gepaard: die kostprijs wordt zelden meegenomen in het publieke debat.

Gewasbeschermingsmiddelen hebben echter ook een keerzijde: ze kunnen een negatieve impact hebben op de omgeving en herhaaldelijk gebruik ervan kan leiden tot resistentieopbouw bij ziekteverwekkers en plagen. Bovendien kunnen onoordeelkundig gebruik en overmatige blootstelling schadelijke effecten hebben op de menselijke gezondheid. Verschillende chronische aandoeningen, zoals bepaalde vormen van kanker, de ziekte van Parkinson en bepaalde endocriene stoornissen, worden soms in verband gebracht met het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen (Debruyne et al., 2023), al is het wetenschappelijk bewijs hiervoor vaak niet solide. Door het voortschrijdend inzicht in de negatieve effecten van gewasbeschermingsmiddelen is de wetgeving in de EU sterk verscherpt. Volgens de huidige wetgeving moeten producten van de markt worden gehaald zodra er voldoende bewijs is voor hun negatieve effect. Deze wetgeving voorkomt effectief dat producten met dergelijke risico's op de markt komen. Gewasbeschermingsmiddelen zijn de enige groep chemicaliën die zo grondig bestudeerd en gereguleerd worden.³³ Met de kennis die we nu hebben, kunnen we dan ook stellen dat de toegelaten gewasbeschermingsmiddelen bij correct gebruik een laag risico vormen voor mens en milieu (Juraske et al., 2009; EFSA, 2022).

Het debat rond gewasbeschermingsmiddelen is echter sterk gepolariseerd. Vaak wordt de boodschap gebracht dat gewasbeschermingsmiddelen 'per definitie' schadelijk zijn voor de menselijke

³² <https://www.europarl.europa.eu/stoa/en/events/details/farming-without-agro-chemicals/20190213WKS02221>

³³ <https://vilt.be/nl/nieuws/geen-enkele-groep-chemicalien-wordt-zo-grondig-bestudeerd-als-gewasbeschermingsmiddelen>

gezondheid en dat het gebruik ervan gemakkelijk vermeden kan worden zonder verlies van oogstopbrengst of kwaliteit van landbouwproducten. Als gevolg hiervan begrijpt het brede publiek niet waarom gewasbeschermingsmiddelen nog niet verboden zijn. Daarnaast wordt het verlies aan biodiversiteit vaak sterk gelinkt met het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, zonder dat hierbij eenduidige cijfers kunnen worden gegeven. Er zijn inderdaad nog steeds historische contaminaties van sterk schadelijke producten die een impact hebben op niet-doelwit-organismen. Toch zijn er weinig studies die een directe invloed van de huidige gewasbeschermingsmiddelen op het verlies van biodiversiteit kwantificeren. Het blijkt immers moeilijk om deze impact te onderscheiden van de bredere effecten die alle aspecten van landbouw uitoefenen op de biodiversiteit. Landbouw is een activiteit die per definitie de omgeving verstoort en zal lokaal altijd een negatieve impact hebben op een aantal omgevingskenmerken (waaronder biodiversiteit). Die negatieve effecten zijn mogelijk gedeeltelijk te wijten aan effecten van gewasbeschermingsmiddelen (zie bv. de Souza et al., 2020), maar daar moeten we op de juiste manier naar kijken: als we die gewasbeschermingsmiddelen niet zouden gebruiken, zouden we een lagere productiviteit halen en meer landbouwoppervlakte gaan gebruiken. Ook dat veroorzaakt natuurschade. Beide effecten moeten dus tegen elkaar worden afgewogen.

Alle stoffen in gewasbeschermingsmiddelen, inclusief de werkzame stof, worden in Europa aan uitgebreide (eco)toxicologische testen onderworpen alvorens een gewasbeschermingsmiddel op de markt gebracht mag worden.³⁴ Deze grondige risicobeoordeling wordt uitgevoerd door de Europese Autoriteit voor Voedselveiligheid (EFSA – *European Food Safety Authority*). Tien jaar na een eerste goedkeuring worden de werkzame stoffen opnieuw geëvalueerd, en vervolgens om de vijftien jaar. Een nieuwe keuring gebeurt op basis van de vereisten die op dat moment gelden en die vaak strenger zijn dan daarvoor. Dit verzekert dat evaluaties up-to-date blijven en dat toegelaten gewasbeschermingsmiddelen voldoen aan de huidige normen. De EU heeft daarnaast ook verschillende gewasbeschermingsmiddelen aangeduid als mogelijk risicovol (*candidates for substitution*). Deze worden verplicht uitgefaseerd wanneer er een alternatief voorhanden is. Het aantal werkzame stoffen vermindert door deze strenge wetgeving jaarlijks. Zo werd tussen 2018 en 2022 een netto-afname van 53 werkzame stoffen waargenomen, ondanks de goedkeuring van 30 nieuwe werkzame stoffen (Marchand, 2023). Per gewasbeschermingsmiddel kan elke lidstaat bovendien nog specifieke voorwaarden opleggen, zoals het maximale aantal toepassingen, het minimale interval tussen toepassingen, de teelt waarop en het schadelijke organisme waartegen het gebruikt mag worden. Om de consument nog verder te beschermen heeft de EU ook een strenge regelgeving wat betreft de maximale residulimieten van werkzame stoffen die nog aanwezig mogen zijn op een voedingsproduct behandeld met gewasbeschermingsmiddelen. Deze limiet ligt bovendien minimaal 100 keer lager dan de toxische dosis voor de mens. Als er voldoende bestrijding mogelijk is bij een lagere dan de toegelaten dosis dan kan de maximale residulimiet in de EU zelfs nog lager liggen.³⁵ In 2020 werd de maximale residulimiet niet overschreden bij 94,9% van 88.141 geanalyseerde voedingsproducten. EFSA concludeerde bovendien, op basis van de geschatte dieetblootstelling aan gewasbeschermingsmiddelen, dat het weinig waarschijnlijk is dat de geteste voedingsproducten die

³⁴ https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/approval-active-substances_en, <https://fytoweb.be/nl/gewasbeschermingsmiddelen/toelatingsprocedure/toelating-middel>, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32013R0283> en <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32013R0284>

³⁵ <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/pesticides#maximum-residue-levels>, <https://rvs.rivm.nl/onderwerpen/normen/consumenten/MRL>

de limiet wel overschrijden een gezondheidsrisico vormen voor de consument.³⁶ Er wordt echter gesuggereerd dat de aanwezigheid van een combinatie aan verschillende residuen op voedingsproducten mogelijk wel schadelijk kan zijn.³⁷ Bijkomend onderzoek hiernaar is zeker nodig en loopt momenteel nog, maar zowel eerdere als recente resultaten tonen op dit moment aan dat een combinatie aan residuen geen verhoogd risico vormt.³⁸

Gewasbeschermingsmiddelen kunnen werkzame stoffen bevatten die chemisch gesynthetiseerd zijn of een natuurlijke oorsprong hebben, zoals plantenextracten, micro-organismen en feromonen. Gewasbeschermingsmiddelen met een natuurlijke oorsprong worden ook biopesticiden genoemd en ondergaan dezelfde toelatingsprocedure als chemische gewasbeschermingsmiddelen, maar vereisen mogelijk andere evaluaties. Het feit dat ze van natuurlijke oorsprong zijn, betekent niet automatisch dat ze minder schadelijk zijn. Nochtans worden de biopesticiden die binnen de EU toegelaten zijn, meestal wel ingedeeld bij de gewasbeschermingsmiddelen met een laag risico of recent ook in een aparte categorie voor micro-organismen.³⁹ De EU-regelgeving heeft een grote impact gehad op de ontwikkeling van biopesticiden: 26 van de 30 nieuwe gewasbeschermingsmiddelen die erkend werden tussen 2018 en 2022 zijn biopesticiden. Onderzoek heeft echter aangetoond dat de implementatie van biopesticiden vaak wordt beperkt door hun variabele werkzaamheid, hun complexiteit in gebruik en de hogere kostprijs in vergelijking met chemische gewasbeschermingsmiddelen. Hier wordt echter sterk aan gewerkt, aangezien landbouwers niet zullen kiezen voor alternatieve producten die hun gewassen niet kunnen beschermen tegen ziekten en plagen.

Ondanks het feit dat gewasbeschermingsmiddelen wellicht minder schadelijk zijn dan (een gedeelte van) de publieke opinie denkt, is het vanzelfsprekend belangrijk om het gebruik en risico ervan te beperken waar mogelijk. Om het gebruik en risico van gewasbeschermingsmiddelen te reduceren zet de EU sterk in op de implementatie van geïntegreerde gewasbescherming (*integrated pest management*, IPM), sinds 2014 verplicht in de EU maar al decennia toegepast voor verschillende teelten. *Integrated pest management* wordt gedefinieerd als “de zorgvuldige afweging van alle beschikbare technieken voor de bestrijding van schadelijke organismen bij planten en de daaropvolgende integratie van passende beheersingsmaatregelen die de ontwikkeling van schadelijke organismen beperken waarbij het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en andere interventies economisch en ecologisch verantwoord zijn en de risico’s voor de gezondheid van de mens en het milieu beperkt blijven. IPM benadrukt de groei van een gezond gewas met zo min mogelijk verstoring van agro-ecosystemen en stimuleert het gebruik van natuurlijke mechanismen voor het bestrijden van schadelijke organismen”.⁴⁰

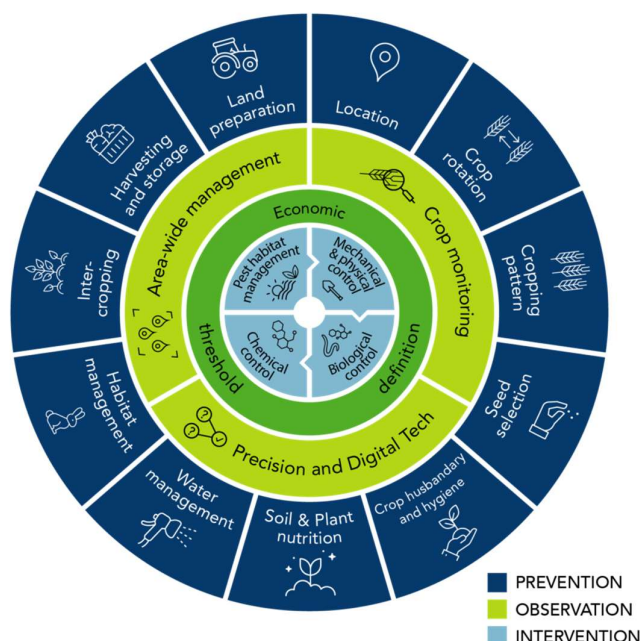
³⁶ <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.2903/sp.efsa.2022.EN-7216>

³⁷ <https://www.pan-europe.info/press-releases/2024/04/european-consumers-still-heavily-exposed-pesticides-efsa-downplays>

³⁸ <https://www.efsa.europa.eu/en/news/pesticides-first-cumulative-risk-reports-published>

³⁹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ganda_22_852

⁴⁰ https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/integrated-pest-management-ipm_en



Figuur 13: Verschillende stappen in de geïntegreerde gewasbescherming. Pas nadat het niet gelukt is om een ziekte/plaag te voorkomen, wordt er ingegrepen: ofwel met mechanische/fysische maatregelen, ofwel met biopesticiden, ofwel met chemische gewasbeschermingsmiddelen (CropLifeEurope⁴¹).

Geïntegreerde gewasbescherming is gebaseerd op vijf belangrijke principes:

1. Een grondige kennis van het gewas en de mogelijke geassocieerde ziekten en plagen is cruciaal. In de meeste lidstaten worden landbouwers ondersteund door adviseurs en voorlichtingsdiensten die advies geven over gewasbeschermingsmiddelen en andere agronomische praktijken.
2. Voorkomen en onderdrukken: dit tweede principe is de kern van geïntegreerde gewasbescherming en legt de basis voor een veerkrachtig gewasproductiesysteem, vaak gebaseerd op agro-ecologische principes (zie ook hoofdstuk 9): voorbeelden hierbij zijn gewasrotatie, combinatieteelten, gebruik maken van tolerante cultivars, goede hygiëne, gebalanceerde bemesting, versterken van de aanwezigheid van nuttige organismen, streven naar een gezonde bodem, enz. (Figuur 13).
3. Monitoring en het bepalen van drempelwaarden voor interventie: dit principe omvat niet alleen het op tijd visueel detecteren van plagen (bv. door gebruik te maken van vangplaten) en ziektes maar behelst ook het gebruik van geavanceerde beslissingsondersteunende systemen (*decision support systems*, zie ook hoofdstuk 8) op basis van o.a. weersvoorspellingen, de detectie van ziekteverwekkers in de lucht of bodem (alvorens planten aangetast worden) en het bepalen van drempelwaarden die de beslissing voor het al dan niet gebruiken van beheersingsmaatregelen ondersteunen (Figuur 13).
4. Interventie of bestrijding: indien monitoring en drempelwaarden aangeven dat bestrijding van de ziekte of plaag nodig is, wordt geadviseerd dat landbouwers in eerste instantie gebruikmaken van niet-chemische methoden, waaronder biopesticiden, nuttige insecten of

⁴¹ <https://croplifeurope.eu/integrated-pest-management-gives-farmers-a-decision-making-framework/>

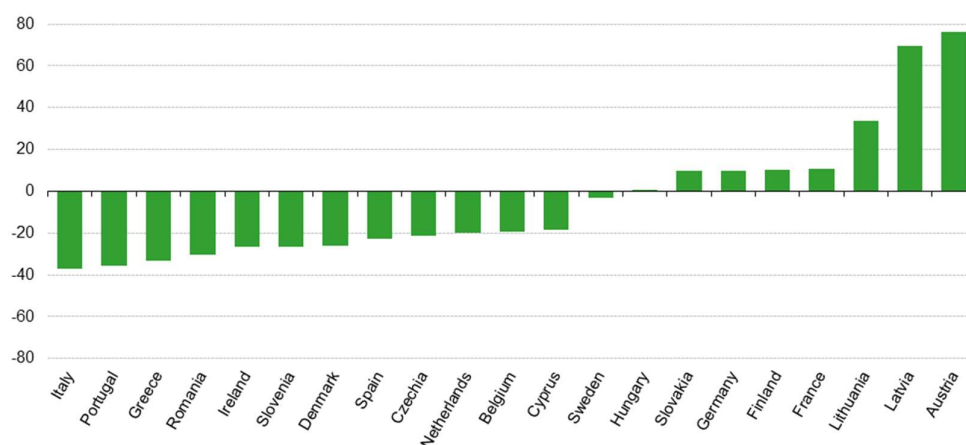
fysische/mechanische beheersingsstrategieën. Als niet-chemische methoden niet effectief of beschikbaar zijn, kunnen landbouwers chemische gewasbeschermingsmiddelen inzetten. Ze moeten echter kiezen voor de meest milieuvriendelijke gewasbeschermingsmiddelen, mogen geen hogere dosissen gebruiken dan nodig voor effectieve bestrijding, moeten gewasbeschermingsmiddelen gebruiken met een hoge specificiteit en strategieën toepassen om resistentie tegen gewasbeschermingsmiddelen te voorkomen. Dit kan gebeuren door het afwisselen van gewasbeschermingsmiddelen met verschillende werkzame stoffen. Dat wordt echter steeds moeilijker omdat het aantal werkzame stoffen vermindert (Figuur 13).

5. Evaluatie: aan het einde van het groeiseizoen moeten de beheersingsstrategieën die door de landbouwer zijn toegepast, worden geëvalueerd en eventueel aangepast voor het volgende seizoen. Deze evaluatie is van cruciaal belang en moedigt landbouwers aan om hun gewasbeschermingsmaatregelen kritisch te beoordelen, wat bijdraagt aan kennisontwikkeling die verder gaat dan alleen het economische perspectief.

EU-lidstaten hebben een breed scala aan richtlijnen ontwikkeld om de implementatie van geïntegreerde gewasbescherming op het niveau van de landbouwer te waarborgen, waaronder richtlijnen specifiek voor gewassen en sectoren, trainings- en informatieve activiteiten, en het verstrekken van waarschuwingssystemen en voorspellingsmodellen. Geïntegreerde gewasbescherming maakt nu standaard deel uit van conventionele landbouw, maar is om technische redenen veel geavanceerder in bepaalde teelten (bv. vruchtgroenten, fruit, enz.) dan in andere (bv. akkerbouwgewassen, bladgroenten met korte productiecycli, enz.). In de EU worden er heel wat strategieën van geïntegreerde gewasbescherming gevolgd, maar uit het recente pilootproject *Farmer's toolbox for Integrated Pest Management*⁴² werd duidelijk dat er nog heel wat optimalisatie nodig is voor een efficiënte implementatie en de daaraan gekoppelde reductie van gewasbeschermingsmiddelen. In het pilootproject werd benadrukt dat duidelijke robuuste historische gegevens voor verschillende gewassen over een voldoende lange periode, waarbij ook de economische aspecten bekeken worden, ontbreken. Maatregelen rond geïntegreerde gewasbescherming leiden bovendien niet altijd tot een lager gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, om twee belangrijke redenen. Ten eerste maakten gewasbeschermingsmiddelen met een breed spectrum, die werkzaam zijn tegen een hele reeks organismen en niet selectief zijn voor nuttige organismen, het mogelijk om meerdere schadelijke organismen tegelijk aan te pakken op specifieke tijdstippen van het teeltseizoen. Omdat hun neveneffecten op niet-doelwit-organismen hun gebruik bij geïntegreerde gewasbescherming onmogelijk maken, worden er meer selectieve gewasbeschermingsmiddelen gebruikt, waarbij herhaalde toepassingen nodig zijn of mengsels van selectieve gewasbeschermingsmiddelen. Ten tweede waren voormalige gewasbeschermingsmiddelen meestal persistenter en konden ze een langere beschermingsperiode bestrijken. Deze persistentie heeft echter een negatief effect op het milieu en veroorzaakt langdurige effecten op niet-doelorganismen. De huidige gewasbeschermingsmiddelen breken veel sneller af, waardoor het in bepaalde situaties noodzakelijk is om meerdere keren te behandelen. Toch biedt het kader voor geïntegreerde gewasbescherming zeker het potentieel om het gebruik en risico van gewasbeschermingsmiddelen te reduceren, maar er is verdere optimalisatie nodig.

⁴² <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d85592e9-b71b-11ed-8912-01aa75ed71a1/language-en>

Het beleid inzake gewasbeschermingsmiddelen en daarbij ook het wegvallen van verschillende werkzame stoffen heeft de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen doen dalen in verschillende EU-landen (Figuur 14). Tussen 2011 en 2022 is het totale volume aan verkochte werkzame stoffen in 21 EU-landen (die volledige gegevens hebben verstrekt voor zowel 2011 als 2022) met 12% gedaald. Dalingen in de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen worden echter ook vaak bepaald door economische omstandigheden (bv. een verhoogde kostprijs van gewasbeschermingsmiddelen door de oorlog in Oekraïne).⁴³



Figuur 14: Evolutie van de verkoop van gewasbeschermingsmiddelen tussen 2011 en 2022 in verschillende EU-landen (Eurostat).

De EU wilde oorspronkelijk tegen 2030 het gebruik en risico van chemische gewasbeschermingsmiddelen (streefdoel 1) en het gebruik van risicovolle gewasbeschermingsmiddelen (*candidates for substitution*, streefdoel 2) allebei met 50% verminderen ten opzichte van het totale nationale gemiddelde gebruik voor de referentieperiode 2015-2017.⁴⁴ Deze doelstelling werd eind 2023 door het Europees Parlement weggestemd en in februari 2024 besliste de Europese commissie om het voorstel in te trekken. Daar zijn verschillende redenen voor. In de eerste plaats houdt zo'n vermindering in gewasbeschermingsmiddelen inderdaad een risico in op opbrengstverlies, zeker tegen de achtergrond van de klimaatverandering. De hogervermelde impactbeoordeling door Wageningen University & Research (Bremmer et al., 2021) concludeerde dat als streefdoelen 1 en 2 gehaald worden, we opbrengstverliezen kunnen verwachten van 2% (maïs) tot 21% (olijven). In combinatie echter met het streefdoel rond het verminderd gebruik van kunstmatige bemesting en het doel om ten minste 10% van het landbouwgrondgebied te voorzien van landschapselementen met een hoge biodiversiteit, kunnen de opbrengstverliezen oplopen tot 30%. Dit heeft uiteraard een opportuiniteitskost buiten de EU tot gevolg (de productievermindering zal opgevangen worden door elders in de wereld de productie op te drijven, wellicht door het uitbreiden van het landbouwareaal), maar ook binnen de EU (o.m. door hogere prijzen). Daarnaast is er ook kritiek op de berekening van deze streefdoelen. Zo ontbreken vaak correcte data over het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Bovendien hebben sommige landen reeds voor de referentieperiode inspanningen gedaan om het gebruik en risico van gewasbeschermingsmiddelen te beperken en vertrekken zij dus al van een lager gebruik en risico. Landen met

⁴³ https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Agri-environmental_indicator_-_consumption_of_pesticides

⁴⁴ https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/sustainable-use-pesticides/farm-fork-targets-progress_en

een hoog gebruik aan gewasbeschermingsmiddelen in de referentieperiode lijken het dan op het eerste zicht beter te doen dan landen die hun gebruik al eerder teruggedrongen hadden. Een verdere optimalisatie van de streefdoelen is dus nodig. Men kan zich dus de vraag stellen of een lineaire reductie van gewasbeschermingsmiddelen (net als voor bemesting) voor alle EU-landen mogelijk en wenselijk is: er bestaat immers een productiekloof (zie ook hoofdstuk 2), die gedeeltelijk te wijten is aan het inefficiënt inzetten van gewasbeschermingsmiddelen.

Aan de andere kant is het echter wel belangrijk dat de EU in de nabije toekomst een duidelijk uitgewerkt streefdoel oplegt, dit stimuleert immers het onderzoek naar en de ontwikkeling van alternatieve beheersingsstrategieën zoals bv. gewasrotatie, precisielandbouw (zie ook hoofdstuk 8), het ontwikkelen van resistente variëteiten (via traditionele veredeling en precisieveredeling; zie ook hoofdstuk 8) en het gebruik van meer biopesticiden. De lagere werkzaamheid van biopesticiden en het sterk verminderde aantal werkzame stoffen maken het voor de landbouwer steeds moeilijker om ziekten en plagen te beheersen. Veel wetenschappelijke gegevens over het effect van gewasbeschermingsmiddelenreductie op opbrengst en opbrengstkwaliteit, die een meer gesofisticeerd beleid zouden kunnen ondersteunen, zijn er echter niet. Er is nood aan robuuste data over verschillende jaren heen, waarbij verschillende aspecten bekeken worden (bv. ook de productkwaliteit).

DEELCONCLUSIE

Zonder gewasbeschermingsmiddelen zouden we vandaag een mondiale substantiële productiedaling krijgen, zelfs in de EU. Dankzij de strenge wetgeving in de EU is het risico van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen op mens en milieu beperkt. Om het risico en gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de EU verder te doen dalen is innovatie broodnodig en moet er sterk ingezet worden op een combinatie van duurzamere maatregelen zoals precisiebespuiting, effectievere biopesticiden, het ontwikkelen van resistente gewassen en de implementatie van bepaalde agro-ecologische principes die ook deel uitmaken van *integrated pest management*.

8. TECHNISCHE EN TECHNOLOGISCHE INNOVATIES VOOR MEER DUURZAAMHEID

Kernboodschap: Innovatie, (bio)technologie, precisielandbouw en alternatieve eiwitbronnen kunnen helpen om de voedselproductie te verduurzamen.

Technische en technologische innovaties kunnen een belangrijke bijdrage leveren tot een duurzamere voedselproductie. We bekijken achtereenvolgens het potentieel van precisielandbouw, plantenbiotechnologie en de productie van alternatieve eiwitbronnen.

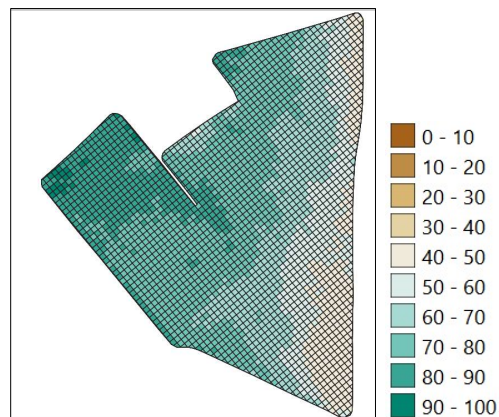
PRECISIELANDBOUW

Sinds de start van de Industriële Revolutie in de 19^{de} eeuw is onze landbouw steeds verder gemechaniseerd, zodat een individuele arbeidskracht een steeds groter areaal kan bewerken en steeds meer dieren kan verzorgen (zie ook hoofdstuk 3). Hierdoor is de tewerkstelling in de landbouw systematisch afgenomen. Vandaag is de productie aanzienlijk hoger dan toen, terwijl op dit ogenblik slechts 1% van de Belgische beroepsbevolking werkzaam is in de landbouw. Dit is een technologische triomf: dankzij deze evolutie kan het overgrote deel van onze actieve beroepsbevolking ingezet worden voor industriële activiteiten, diensten en zorg, wat onze welvaart ten goede komt. Deze trend is ook wereldwijd zichtbaar, zij het in een langzamer tempo.

Maar heeft die mechanisatie ook bijgedragen tot duurzaamheid? Het arbeidsgemak van de boer is er zeker op vooruitgegaan. De mechanisatie heeft het arbeidstekort in de landbouw opgevangen en het inkomen van de landbouwer helpen vrijwaren van te dure arbeidskosten. Daar staat tegenover dat de boer meer afhankelijk is geworden van (een groot) kapitaal voor investeringen, wat veel onzekerheid meebrengt. Verschillende vormen van mechanisatie en automatisatie hebben echter een duidelijk positief effect op de duurzaamheid van de voedselketen (zie ook hoofdstuk 3). Zo zijn er de precisiezaaimachines, die zaadverlies tegengaan en homogeen inzaaien garanderen, met een hogere productiviteit tot gevolg. De huidige generatie maaidorsers minimaliseert de graanverliezen en het brandstofverbruik dankzij automatische afstelling van de deelprocessen (maaihoogte, rijnsnelheid, dorsen en reinigen op basis van sensoren).⁴⁵ Er bestaan zelfs al maaidorsers die met behulp van nabij-infraroodspectroscopie de graankwaliteit meten tijdens het oogsten, waardoor het partijen met verschillende kwaliteit gescheiden kan houden (bv. brouwersgerst vs. voedergerst) (Saeys, 2023). Dankzij het gebruik van gps tijdens het zaaien en planten in combinatie met geavanceerde schoffelmachines hoeven fruit-, bieten- en groentetelers minder vaak hun toevlucht te nemen tot chemische onkruidbestrijdingsmiddelen. Ook in de dosering van chemische gewasbeschermingsmiddelen werd grote vooruitgang geboekt dankzij geavanceerde spuitboomstabilisatie en de introductie van drift-reducerende spuitdoppen. Dit laat toe om een efficiëntere gewasbescherming te verkrijgen met minder gewasbeschermingsmiddelen. Dankzij DNA-analyses is het zelfs al mogelijk om pathogenen vroegtijdig op te sporen, zodat er minder gewasbeschermingsmiddelen nodig zijn. Zo kunnen infecties door pathogenen voorspeld worden op basis van de infectiedruk, het klimaat en gewasparameters. Er is echter nog heel wat ruimte voor duurzaamheidsverhoging door af te stappen van de uniforme behandeling van een veld.

⁴⁵ <https://www.futurefarming.com/tech-in-focus/intellisense-automation-for-new-holland-cr/>

Al in de jaren 1980 pleitte Pierre Robert, een Belgische bodemkundige die verbonden was aan de universiteit van Minnesota in de VS, ervoor om af te stappen van een uniforme aanpak op een veld en om de effectiviteit van de input (gewasbeschermingsmiddelen, mest, water, enz.) te optimaliseren door rekening te houden met de variabiliteit binnen een perceel, die onder meer via beeldanalyse gemeten kan worden. Het idee van de precisielandbouw was hiermee geboren. Voor precisielandbouw volstaat het echter niet om de variabiliteit binnen een veld te monitoren. De landbouwer moet hier ook gerichte handelingen aan kunnen koppelen, zoals het variëren van de dosis meststof of gewasbeschermingsmiddel. Hij moet dus berekenen in welke zin de teeltmaatregelen aangepast moeten worden om met die variabiliteit rekening te houden. Verder zijn er ook aangepaste machines nodig om binnen een veld variabel te kunnen doseren. Het duurde dan ook tot het begin van deze eeuw voor de eerste pioniers precisielandbouw effectief in de praktijk toepasten. Een belangrijke toepassing werd het aanpassen van de herbicidedosis op basis van de hoeveelheid en de positionering van groene onkruidplanten op een veld, gemeten door optische sensoren. Afhankelijk van het groeistadium van de plant en de onkruiddruk kan hiermee het herbicidegebruik verminderd worden met 10% tot 95% (Zanin et al., 2022). Met gelijkaardige sensoren, die ook het bladgroengehalte van het landbouwgewas kunnen meten, kan de (variabiliteit van de) gezondheidstoestand van de planten op een veld gemeten worden. Zo kunnen er aangepaste machines ingezet worden om ziektes gericht te bestrijden of kan de bemesting geoptimaliseerd worden. Zowel het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen als van kunstmeststoffen kan hiermee aanzienlijk beperkt worden (He, 2023).⁴⁶ Dankzij de analyse van satelliet- of dronebeelden (Figuur 15) kan men op een bepaald perceel lagere oogsten vaststellen en bodemfysische kenmerken registreren, zodat de bemesting of grondbewerking lokaal aangepast kan worden (Basso et al., 2016).



Figuur 15: De multispectrale beelden opgenomen door de Sentinel-2-satellieten van het Europese Copernicus-programma zijn vrij beschikbaar en laten toe om variatie in gewasgroei binnen een perceel te detecteren als input voor plaatsspecifieke bemesting. De kleuren geven de procentuele gewasproductiviteit weer.

Men kan ook het vochtgehalte van de bodem en de plant monitoren en op basis van deze gegevens de watergift aan de plant zeer lokaal bijsturen. Het resultaat is minder en efficiënter watergebruik. In de perenteelt is deze toepassing reeds zeer succesrijk gebleken.⁴⁷ Precisielandbouw veronderstelt

⁴⁶ Zie ook de kennisplatformen Groentenprecies: <https://www.groentenprecies.be/precisietechnologie/plaatsspecifieke-bemestingstechnieken/> en Precisiemest: <https://www.precisiebemesting.be/kennis/precisiebemesting/>

⁴⁷ <https://www.bdb.be/files/vul201908.pdf>

echter een goede monitoring, een goede planten kennis, en vooral goede data en dataverwerking om met aangepaste machines tijdig te kunnen bijsturen. Dankzij de ontwikkeling van satellietnavigatiesystemen zoals het Amerikaanse GPS, het Russische GLONASS en het Europese Galileo is het vandaag mogelijk om de positie in een veld met een nauwkeurigheid van enkele meters te bepalen zonder bijkomende apparatuur. Door gebruik te maken van correctiesignalen die berekend worden door basistations op bekende locaties (DGPS) en geavanceerde signaalverwerking (RTK-GPS) kan zelfs een nauwkeurigheid van enkele centimeters bereikt worden. Hierdoor is het vandaag al mogelijk om tractoren op automatische piloot over een veld te laten rijden met een nauwkeurigheid van enkele centimeters, en om bepaalde delen van het spuitverdelingssysteem gericht in of uit te schakelen om zo de overlap tussen de werkgangen te minimaliseren.⁴⁸ Veel landbouwers vinden dankzij deze systemen hun weg naar de precisielandbouw, doordat ze de meerwaarde inzien van een lagere arbeidsbelasting en een gemiddelde daling met 10% van het verbruik van brand-, sproei- en meststoffen. Dankzij de sterke ontwikkelingen op het gebied van artificiële intelligentie komen er stilaan zelfs tractoren op de markt die volledig autonoom een veld kunnen bewerken⁴⁹ en robots die het gewas kunnen onderscheiden van het onkruid om het gericht te bespuiten of af te doden met een laser.⁵⁰

Eens landbouwers vertrouwd zijn met het gebruik van gps-sturing groeit meestal de interesse om die ook in te zetten voor plaatsspecifiek gewasbeheer. De economische meerwaarde van technologieën voor precisiebemesting en precisiegewasbescherming is echter vaak nog onvoldoende bewezen, zodat de meeste landbouwers voorlopig nog de kat uit de boom kijken (Lowenberger et al., 2019). Uit de meeste studies blijkt dat de meerwaarde vooral ligt in het verlagen van de milieu-impact, terwijl de landbouwer daar vaak niet voor vergoed wordt (Tsibart et al., 2024). Hierdoor zijn de Vlaamse landbouwers nog terughoudend om in deze technologie te investeren. De initiële doelstelling binnen de *Farm to Fork*-strategie van de EU om minder gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen te gebruiken, en de investeringssteun die de Vlaamse overheid hiervoor voorziet binnen het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds (VLIF), kunnen de stap naar de precisielandbouw versnellen. De Vlaamse setting, waarin veel landbouwers een groot deel van het veldwerk laten uitvoeren door loonwerkers, creëert hier echter een bijkomende complexiteit. Loonwerkers komen niet in aanmerking voor deze investeringssteun, en landbouwers zullen enkel investeren in precisietechnologie als ze de kostprijs ervan kunnen doorrekenen aan hun klanten.

Precisiemanagement vereist het combineren en analyseren van alle beschikbare data voor een perceel, die meestal afkomstig zijn van verschillende bronnen (satellietbeelden, bodemkaarten, data opgemeten op het veld door loonwerkers en landbouwers, enz.). Ondanks meerdere initiatieven op internationaal en Vlaamse niveau⁵¹ om te komen tot standaarden voor een vlotte data-uitwisseling verloopt dit op vandaag nog steeds moeizaam, waardoor veel waardevolle data verloren gaan. Bovendien zijn landbouwers bezorgd dat de data die opgemeten worden op hun velden door de overheid of derde partijen tegen hen gebruikt zouden worden. Hier is voor de machineconstructeurs dus nog een belangrijke taak weggelegd om hun data te standaardiseren en gemakkelijk uitwisselbaar te maken, en voor de overheid om een goed regelgevend kader en het nodige vertrouwen te creëren.

⁴⁸ <https://www.groentenprecies.be/precisietechnologie/gps-sturing/> en <https://www.vlaanderen.be/digitaal-vlaanderen/onze-oplossingen/flepos-centimeternauwkeurige-positiebepaling>

⁴⁹ <https://www.deere.com/en/autonomous/> en <https://www.agxeed.com/nl/>

⁵⁰ <https://ecorobotix.com/en/ara/> en <https://carbonrobotics.com/laserweeder>

⁵¹ <https://agrirouter.com/en> en <https://www.djustconnect.be/nl>,

zie ook <https://ilvo.vlaanderen.be/nl/nieuws/ilvo-en-djustconnect-trekken-de-eerste-transnationale-data-space-op-gang-op-maat-van-internationaal-actieve-agrifood-bedrijven>

BIOTECHNOLOGIE

Een substantiële bijdrage tot duurzaamheid via innovatie kan op korte termijn komen van de (planten)biotechnologie.⁵² De klassieke veredeling (of domesticatie) van planten, dieren en micro-organismen is typisch en vanouds (sinds zo'n 10.000 jaar) gebaseerd op de natuurlijke variatie die voortdurend en spontaan ontstaat door (i) onvermijdelijke foutjes bij het kopiëren van het genetisch materiaal; mutaties met negatieve, neutrale of soms positieve effecten; (ii) transposons: algemeen voorkomende mobiele genetische elementen; (iii) blootstelling aan natuurlijke maar mutagene UV-straling en oxidatieve stress; en ten slotte maar niet in het minst (iv) seksuele voortplanting, waarbij de genetische code van beide ouders telkens grondig door elkaar wordt geschud tot unieke nieuwe combinaties bij de nakomelingen. Deze genetische variatie is essentieel als basis voor natuurlijke selectie van de (toevallig) best aangepaste individuen in een bepaalde omgeving. Deze individuen hebben typisch ook het grootste reproductieve succes en geven hun erfelijk materiaal dus frequenter door aan hun nakomelingen (*survival of the fittest*). De volgehouden gerichte selectie van voor ons nuttige kenmerken (om verschillende praktische redenen beperkt tot een zeer select aantal soorten, het meest uitgesproken bij dieren) is de basis voor het ontstaan van cultuurrassen. Later werden bewust kruisingen uitgevoerd tussen interessante individuen binnen eenzelfde soort (die dus seksueel compatibel zijn), wat na selectie van de meest interessante nakomelingen (een langdurig proces omdat ook ongewenste eigenschappen worden uitgewisseld) heeft geleid tot nog performantere rassen ('elite'-cultivars bij landbouwgewassen).

Deze performante rassen zijn vaak (i) genetisch uniform, wat handig is voor een grootschalige landbouw, maar ze ook kwetsbaar maakt en (ii) weinig aangepast aan groei en ontwikkeling (niet zo 'fit') buiten de beheerste landbouwsystemen, het 'domesticatiesyndroom.' De moderne maïs is zo bv. ontstaan door duizenden (!) jaren van selectie voor grotere kolven met een groot aantal grote zaden (korrels), die niet enkel zeer zetmeelrijk (voedzaam) zijn en een dunne zaadhuid hebben, maar ook op de kolf blijven zitten na rijping in plaats van efficiënt verspreid te worden, een spontaan ontstaan kenmerk dat bij natuurlijke selectie absoluut niet zou worden behouden. Na geografische verspreiding ontstaan via de landbouw ook wel meer lokale landrassen.

Een zeer courante praktijk sinds de jaren 1950 is mutatieveredeling, waarbij bewust een groot aantal willekeurige mutaties aangebracht wordt in het genetisch materiaal met behulp van ioniserende straling of mutagene stoffen, om zo versneld een nog grotere variatie te creëren (Figuur 16). Vele van onze huidige voedingsgewassen (granen, groenten, fruit) zijn op een dergelijke manier 'ontstaan'. Producten van mutatieveredeling (die strikt genomen ook genetische gemodificeerde organismen of ggo's zijn) worden omwille van het langdurige veilige gebruik vrijgesteld van de strenge Europese ggo-regelgeving.

De identificatie van DNA als universele moleculaire (genetische) basis van kenmerken maakte niet enkel een meer gerichte en veel snellere (DNA-code-gebaseerde) selectie van interessante kenmerken en individuen mogelijk, maar ook het aanpassen en recombineren van stukken genetische code van verschillende oorsprong. Deze recombinante DNA-technologie maakt gebruik van moleculaire 'scharen': natuurlijk voorkomende bacteriële eiwitten die DNA knippen ter hoogte van een specifieke herkenningssequentie (een stukje DNA-code) en die zo 'knippen en plakken' mogelijk maken. Dit recombinante DNA kan dan ook (weliswaar op een willekeurige plaats) in het DNA van een ander

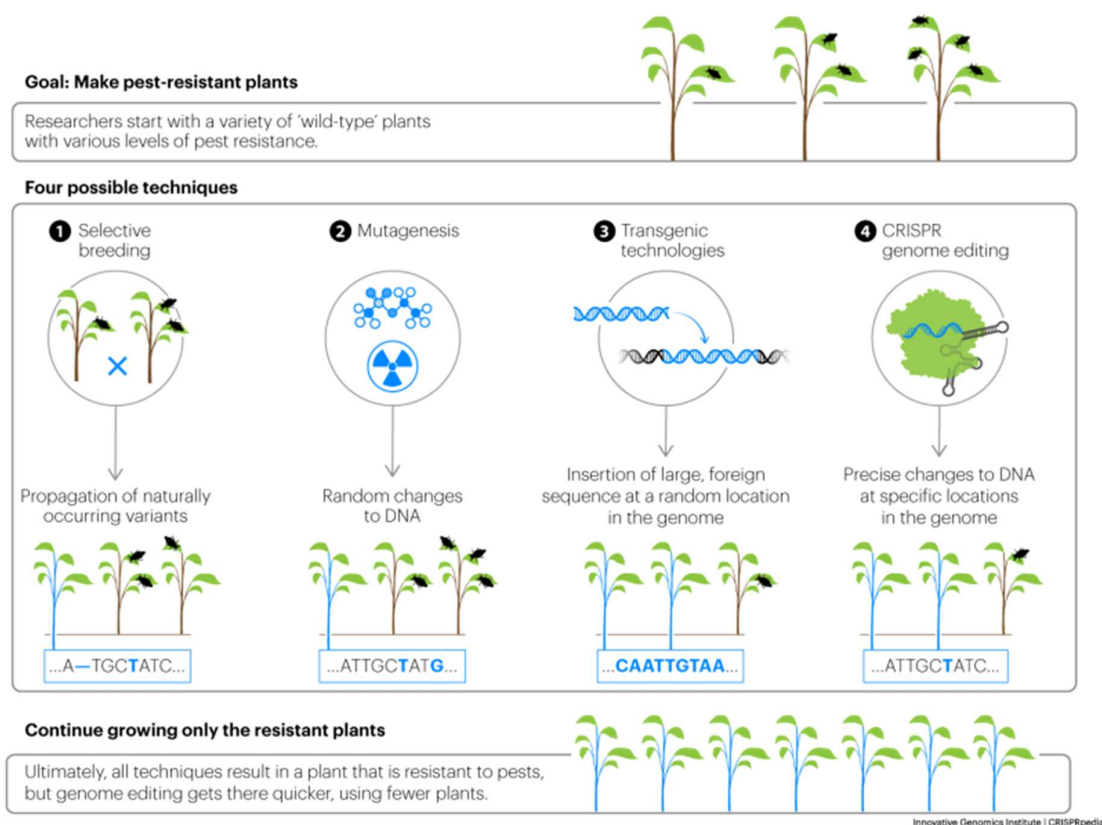
⁵² Zie ook de eerdere Metaforum-visietekst *Ggo's in onze voedselproductie: bijdrage tot een genuanceerd debat* via <https://www.kuleuven.be/metaforum/visie-en-debatteksten>.

organisme gebracht worden (we spreken dan ook van ‘transformatie’ en ‘transgene’ organismen), in planten typisch met behulp van een algemeen voorkomende plantinfecterende en -transformerende bodembacterie, *Agrobacterium tumefaciens* (figuur 16). Deze transgene veredeling is (i) veel sneller, (ii) specifiek en (iii) niet beperkt door de soortbarrière (nood aan seksuele compatibiliteit). Dergelijke eerste-generatie transgene veredelingsproducten (de klassieke ggo’s) zijn sinds 1996 zeer snel ingevoerd in de landbouw; wereldwijd is nu meer dan 15% van het gewasareaal transgeen. In de meeste gevallen gaat het nog steeds om een beperkt aantal economisch ‘grote’ gewassen (soja, maïs, koolzaad en katoen) en agronomische eigenschappen (herbicidentolerantie en insectresistentie, vaak gecombineerd), maar recentere toepassingen zijn nog meer gericht op de consument, voedselkwaliteit en duurzaamheid, en op economisch ‘kleinere’ en moeilijker of niet te kruisen gewassen. In Europa roept deze klassieke transgene technologie (afhankelijk van het type transgen en de toepassing) echter heel wat praktische, ecologische, socio-economische en ethische vragen op en blijft die controversieel. De bezorgdheid is gebaseerd op (i) het ‘onnatuurlijke’ productieproces (eerder dan het product), (ii) het in de EU-regelgeving algemeen gehanteerde voorzorgsprincipe, en (iii) de keuzevrijheid van producent en consument (en de veronderstelde noodzakelijke link met een industrieel landbouwmodel). Ggo’s zijn in de EU voor teelt daarom onderworpen aan een zeer strenge aparte regelgeving en een complexe (en dus langzame en dure) toelatingsprocedure, op basis van een richtlijn (2001/18/EC) uit 2001. Vandaag wordt daarom (met uitzondering van proefvelden) slechts één enkele ggo-toepassing geteeld in de EU: een insectresistente maïsvariëteit, op zeer beperkte schaal en hoofdzakelijk in Spanje. Daarnaast is er wel een hypocriete massale import van ggo’s (vooral soja) in de EU, voor veevoeder en verwerking; die vallen onder een aparte regelgeving.

Ze recentere doorbraken maken nu echter ook precisie-veredeling mogelijk door gen- of genoombewerking (*gene editing*), de zogenaamde *new breeding technologies* (Figuur 16). Het CRISPR-Cas-systeem, van nature aanwezig in bacteriën maar voor het eerst toegepast in 2012 bij andere organismen, is hiervan het bekendste. De daarbij horende technieken laten toe om met behulp van ‘geleide’ moleculaire scharen snel en zeer gericht (i) mutaties (of correcties) of (ii) grotere fragmenten recombinant-DNA op een specifieke plaats in het genoom aan te brengen in zeer diverse genetische achtergronden (bv. stress-tolerante of lokaal aangepaste variëteiten). In het eerste geval (bij een beperkte modificatie van de DNA-code) zijn de producten niet te onderscheiden van continu ontstane spontane mutaties, wat ook traceren en handhaven van regelgeving praktisch onmogelijk maakt. Wanneer in het tweede geval enkel soorteigen DNA wordt gebruikt (we spreken dan van cis-genese in plaats van transgenese), kan het product in principe ook verkregen worden met (meer omslachtige en langzamere) klassieke veredeling.

Een arrest van het Europese Hof van Justitie stelde in 2018 echter dat deze producten, anders dan producten van mutatieveredeling, voor teelt in de EU niet worden vrijgesteld van de strikte ggo-regelgeving uit 2001. Deze wetgeving is dus niet proportioneel, laat staan pragmatisch, voor toepassingen die duidelijk minder impact hebben dan mutatieveredeling, geen vreemd DNA bevatten, en dus ook niet kunnen worden onderscheiden van ‘natuurlijke’ producten. Deze houding gaat ook in tegen de wereldwijde trend om deze toepassingen niet (strenger) te reguleren. De Europese Commissie startte daarom een studie en brede bevraging op en heeft op basis daarvan recent een voorstel geformuleerd waarbij deze transgen-vrije toepassingen (via precisie-veredeling) net zoals mutatieveredeling worden vrijgesteld van de ggo-regelgeving. Dit voorstel werd verfijnd en begin 2024 voorgelegd aan het Europese Parlement onder het Belgische voorzitterschap van de Raad. Dit werd aangenomen, maar wel met een wijziging tot verplichte etikettering. Samen met de verschillende houdingen van verschillende lidstaten tegenover mogelijke patentering heeft dit geleid tot de huidige patstelling.

Het (moeilijk te implementeren) voorstel om deze producten uit te sluiten van de biologische landbouw is een bijkomend twistpunt. Gezien het potentieel van deze technologieën in het meer duurzaam en robuust maken van onze voedselproductie (zie de EUSAGE databank⁵³ voor een overzicht van toepassingen), de uitdagingen van de klimaatverandering en de ambitieuze doelstellingen van de Green Deal (zie ook hoofdstuk 14), is het belangrijk dat de verouderde en sterk vertragende ggo-wetgeving zo snel mogelijk wordt aangepast op basis van wetenschappelijke argumenten. Als precisieveredeling in Europa in de praktijk onmogelijk blijft, verliest de Europese landbouw een belangrijke troef en zal die zich niet of onvoldoende snel kunnen aanpassen aan de wijzigende mondiale en lokale omstandigheden en noden. Variëteiten die efficiënter water en voedingsstoffen opnemen en gebruiken, voedzamer zijn, beter bewaren, aangepast zijn aan nieuwe condities zoals ziekten en plagen en abiotische stressfactoren (zoals droogte en hitte), zullen immers in Europa niet geteeld kunnen worden. Ook zal meer fundamenteel onderzoek naar bv. verbetering van het cruciale (maar lang niet optimale) fotosyntheseproces aan de basis van de voedselketen niet in Europa maar elders worden uitgevoerd. Vanzelfsprekend zal de Europese landbouw dan ook niet de mogelijke baten hebben van de mogelijke innovaties die hieruit voortkomen.



Figuur 16: Schematische voorstelling om gewassen te verkrijgen met de gewenste eigenschappen. (1) klassieke veredeling, (2) mutagenese, (3) transgene veredeling, (4) precisieveredeling (CRISPRpedia⁵⁴).

⁵³ <https://www.eu-sage.eu/genome-search>

⁵⁴ Ronald & Kliegman, 2022: <https://innovativegenomics.org/crisprpedia/crispr-in-agriculture/>

ALTERNATIEVE EIWITBRONNEN

Innovatie en technologie zullen ook de eiwittransitie, als essentieel onderdeel van zowel de *Farm to Fork-strategie* als de Vlaamse voedselstrategie, faciliteren om de afhankelijkheid van dierlijke bronnen (vlees en zuivel) te verminderen en zo belangrijke milieu- en gezondheidskwesties aan te pakken en duurzame voedselproductie en eiwitzelfvoorziening te bevorderen in een snel veranderend (ook geopolitiek) klimaat (zie ook hoofdstuk 4).

Er zijn heel wat plant-gebaseerde alternatieven⁵⁵ voor dierlijke eiwitten, maar naast granen, die vandaag de belangrijkste plantaardige bron vormen, zullen peulvruchten uit de familie van de vlinderbloemigen een cruciale rol spelen. Hun zaden hebben een hoog gehalte aan functionele eiwitten, hebben over het algemeen een laag vetgehalte, bevatten verschillende mineralen en koolhydraten, en zijn rijk aan voedingsvezels. Bovendien zijn vlinderbloemigen zeer geschikt voor een meer duurzame landbouw. Ze gaan symbiotische interacties aan met stikstof-fixerende bacteriën (typisch *Rhizobia*-soorten), die in gespecialiseerde wortelnodules inert atmosferisch N₂ omzetten in door de plant bruikbaar ammonium. Daardoor vermindert de behoefte aan extra bemesting, met langdurige voordelen voor de bodemgezondheid. Vlinderbloemigen zijn zo ook van waarde in geïntegreerde, agro-ecologische productiesystemen via gewasrotatie en mengteelten, en fungeren als hernieuwbare meststof (groenbemesting). Een grote ambitie (sinds decennia) is dan ook het introduceren van stikstoffixatie in graangewassen.

Momenteel zijn we echter voor onze eiwitvoorziening sterk afhankelijk van de import van soja, wereldwijd de meest geteelde peulvrucht, die voornamelijk uit Zuid-Amerika komt, wat zeer onwenselijk is in termen van ecologische duurzaamheid (zie ook hoofdstuk 4). Er wordt recent dan ook sterk geïnvesteerd in lokale cultivatie, met selectie van klimaat- en bodem-compatibele soja-variëteiten en bacteriën, maar dat is niet evident. Als subtropische soort is soja bv. zeer gevoelig voor vorst en heeft het slechts een kort groeiseizoen in onze streken, wat vaak ook narijping vergt. De aandacht verschuift daarom naar andere peulvruchten, zoals erwt, lupine en tuinboon, die ook van oudsher hier geteeld worden, of linzen, kikkererwten en mungbonen, die elders in Europa goed gedijen. Het potentieel is zeer groot, zeker gegeven de beschikbare diversiteit, maar de veredeling van peulvruchten loopt aanzienlijk achter op die van graangewassen zoals tarwe of maïs, met relatief lage opbrengsten en vatbaarheid voor allerlei (biotische en abiotische) stress-condities. De meest interessante soorten zijn bovendien notoir moeilijk te kruisen (ze hebben een sterke hybridisatie-barrière), wat de introductie van nuttige kenmerken door klassieke veredeling bemoeilijkt. De nieuwe precisieveredelingstechnieken bieden hier mogelijk een oplossing, hoewel ook hun transgenese, en de bijhorende *in vitro* regeneratie van planten uit weefselcultuur, bijzonder uitdagend blijken. Er wordt daarom gewerkt aan alternatieve methoden, zoals het enten op transgene verwante soorten en DNA-vrije gen- en genoom-bewerking. Plant-gebaseerde alternatieve eiwitbronnen worden ook vaak bewerkt om de smaak en textuur van vlees en zuivel na te bootsen en ze zo aantrekkelijker te maken voor de consument, en om de biologische beschikbaarheid van macro- en micronutriënten te optimaliseren. Ook in deze bewerking speelt technologische innovatie een zeer belangrijke rol.

Deze plant-gebaseerde producten zullen vermoedelijk nog lange tijd het belangrijkste alternatief vormen voor dierlijke eiwitten, maar ook andere, niet op plant of gewas gebaseerde substituten worden actief verkend.⁵⁶ Het gaat dan vooral over (i) algen, (ii) insecten, (iii) microbiële fermentatie

⁵⁵ [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2024/757806/EPRS_STU\(2024\)757806_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2024/757806/EPRS_STU(2024)757806_EN.pdf)

⁵⁶ [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2024/757806/EPRS_STU\(2024\)757806_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2024/757806/EPRS_STU(2024)757806_EN.pdf)

(biomassa-fermentatie, waarbij de micro-organismen zelf geoogst worden, of precisie-fermentatie, waarbij een specifiek eiwit wordt geproduceerd door bacteriën of schimmels) en (iv) kweekvlees (*in vitro* geproduceerd uit dierlijke stamcellen). Hoewel deze alternatieven (met uitzondering van algen) nog steeds de input van grondstoffen (*feedstock*) vereisen, is hun impact op land- en watergebruik, uitstoot en afvalproductie meestal lager. Wel zou het energieverbruik van microbiële fermentatie (de kweek van bacteriën en schimmels in grote fermentoren) en kweekvlees (cel- en weefsel-culturen in gecontroleerde groeimedia en laboratorium-omstandigheden) hoger zijn. Uiteraard spelen ook prijs en acceptatie door de maatschappij en consument een rol. Dat laatste geldt zeker voor kweekvlees, dat ondertussen is toegelaten in de VS, Israël en Singapore, maar nog niet op de Europese markt. Algen en insecten hebben (met bijzondere aandacht voor voedselveiligheid en allergeniciteit) ook meer potentieel als ingrediënten en als voeder voor vee en in de aquacultuur. Voor insecten, algen en schimmelproteïnen zijn reeds efficiënte productie- en verwerkingsmethoden opgezet voor verschillende toepassingen. Efficiënte productie en commercialisatie van recombinante proteïnen en kweekvlees zijn nog in volle ontwikkeling. Belangrijke uitdagingen voor deze niet-plantaardige alternatieven zijn het optimaliseren en opschalen (in capaciteit) van de technologie, de commerciële haalbaarheid in competitie met gesubsidieerde conventionele bronnen (het reduceren van de input en kost), en de complexe wet- en regelgeving.

DEELCONCLUSIE

Technologische innovatie speelt een cruciale rol in de verduurzaming van onze voedselproductie. Precisielandbouw en plantenveredeling vormen hierbij twee sleutelgebieden. Precisielandbouw streeft naar de juiste handeling op de juiste plaats en het juiste moment, zodat aan de noden van elke individuele plant voldaan wordt. Hiervoor worden de gewasbehoeften en omgevingsparameters nauwkeurig gemeten, zodat middelen efficiënter en effectiever ingezet kunnen worden dankzij aangepaste machines. Aangezien de marge om de opbrengst verder te verhogen in onze Vlaamse hoogproductieve landbouw beperkt is, ligt de grootste potentiële meerwaarde in een verlaagd en efficiënter gebruik van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen voor een duurzamere productie. Om dit potentieel ten volle te benutten, zullen we moeten zorgen dat het voor landbouwers voldoende loont om duurzamer te produceren, zodat ze de investeringen in deze technologie kunnen terugverdienen. Plantenveredeling is cruciaal voor het verbeteren van gewassen, zodat ze beter bestand zijn tegen ziektes, klimaatveranderingen en plagen, en hogere opbrengsten leveren. Nieuwe precisie-veredelingstechnieken bieden mogelijkheden door gerichte genetische veranderingen mogelijk te maken zonder de beperkingen van traditionele methoden. Ook de eiwittransitie zal gefaciliteerd worden door technologische innovaties. Plant-gebaseerde eiwitten, met name van vlinderbloemigen, spelen een cruciale rol, terwijl ook alternatieve bronnen zoals algen, insecten, microbiële fermentatie en kweekvlees actief worden verkend. Hoewel deze technieken en technologieën nog op bredere schaal moeten worden getest en geïmplementeerd, en hun commerciële haalbaarheid en maatschappelijke acceptatie soms nog een uitdaging vormen, is hun potentieel voor duurzame landbouw groot. Wet- en regelgeving moeten worden aangepast om innovatie te stimuleren en de toepassing van deze nieuwe technologieën in Europa mogelijk te maken.

9. AGRO-ECOLOGIE EN BIOLOGISCHE PRINCIPES

Kernboodschap: Er bestaat geen landbouwsysteem dat maximaal scoort op alle duurzaamheidsparameters. Ook alternatieve productiesystemen zoals de biologische landbouw en de regeneratieve landbouw hebben beperkingen die vooral gerelateerd zijn aan hun opschaalbaarheid en hun impact op de omgeving. Het integreren van agro-ecologische principes in de teeltpraktijk kan een belangrijke bijdrage leveren aan het verduurzamen van landbouwsystemen.

Bezorgdheid over de duurzaamheid van ons voedselsysteem heeft de aandacht voor alternatieve landbouwsystemen de afgelopen decennia sterk doen toenemen. We bespreken hier de meest courante alternatieve systemen en evalueren hun voor- en nadelen.

Bij biologische landbouw worden een aantal waarden nagestreefd die samen te vatten zijn in vier basisprincipes: (i) de gezondheid van bodem, plant, dier en planeet is even belangrijk als die van de mens; (ii) natuurlijke hulpbronnen moeten zorgvuldig behandeld worden en technologie met onbekende gevolgen op de lange termijn mag niet ingezet worden; (iii) het ecosysteem en de biodiversiteit die aanwezig zijn op en rond het landbouwbedrijf moeten benut worden; (iv) landbouwproductie moet voor iedereen rechtvaardig zijn. Slechts een deel van die principes ligt ook vast in de Europese en Vlaamse wetgeving. Die schrijft voor dat er geen gebruik mag worden gemaakt van synthetische meststoffen of bestrijdingsmiddelen, noch van gentechnologie of hydrocultuur. Bepaalde rassen mogen niet gebruikt worden in de biologische veeteelt en antibiotica mogen alleen in noodgevallen toegediend worden. Bovendien moet de landbouwer 30% van de voedergewassen voor varkens en pluimvee en 60% van de voedergewassen voor rundvee zelf telen. Biolandbouw zet meer in op teeltrotaties, gewasdiversificatie en resistente variëteiten om ziekten en plagen te voorkomen dan de conventionele landbouw, alhoewel hier ook in de conventionele landbouw meer en meer naar gestreefd wordt via *integrated pest management* (zie ook hoofdstuk 7). Aangezien er geen synthetische meststoffen gebruikt mogen worden in de bioteelt, moeten de bodemnutriënten aangevuld worden door organische meststoffen zoals compost en dierlijke mest, en door rotaties met stikstof-fixerende gewassen zoals klaver en luzerne (zogenaamde vlinderbloemigen). Het intensieve gebruik van organische bemesting in de bioteelt heeft positieve effecten op het koolstofgehalte van de bodem, maar kan ook leiden tot nutriëntenonevenwichten en accumulatie van fosfor in diezelfde bodem. Ook het gebruik van plantenbeschermingsmiddelen is veel lager bij biologische dan bij conventionele landbouw, met uitzondering van schimmelgevoelige teelten zoals aardappelen en fruit. Gemiddeld genomen is de negatieve milieu-impact van een bioperceel (de milieu-impact uitgedrukt per ha) dan ook lager dan die van een conventioneel perceel. Zeker het zeer beperkte gebruik van gewasbeschermingsmiddelen is een belangrijk voordeel. Ten slotte scoort de biologische landbouw ook beter op het vlak van dierenwelzijn.

Een intrinsiek probleem met biolandbouw is echter de lagere opbrengst: er is meer landbouwgrond nodig om evenveel voedsel te produceren (Kirchmann, 2019). De benodigde extra oppervlakte neemt sneller toe dan de afnemende productiviteit. Zo leidt een daling van de productiviteit met 35% tot een stijging van 54% in de benodigde landoppervlakte, aangezien ook de extra nodige oppervlakte een lagere productiviteit heeft. Dit is zorgwekkend omdat de uitbreiding van het landbouwareaal wereldwijd de voornaamste bedreiging voor ecosystemen en biodiversiteit vormt en vandaag ook verantwoordelijk is voor ongeveer 10% van de mondiale koolstofuitstoot van alle sectoren samen. In deze context is het ook niet onbelangrijk om te vermelden dat indien Vlaanderen zelfvoorzienend zou willen

worden en volledig zou stoppen met het exporteren van landbouwproducten, er bij het huidige dieet ongeveer 800.000 ha landbouwland nodig is om in de eigen voedselbehoefte te voorzien (Danckaert et al., 2013). In een volledig biologisch scenario met een productiviteitsverlies van 35% is er 1,2 miljoen ha landbouwgrond nodig, of ongeveer dubbel zoveel als het huidige effectieve landbouwareaal. Dat is land dat we niet hebben en dat we elders zullen moeten aanspreken. Uiteraard kan het areaal nodige landbouwgrond gereduceerd worden door een drastische dieetwijziging, maar die lijkt er voorsnog niet aan te komen. De extra hoeveelheid land die nodig is voor biolandbouw kan ook niet gebruikt worden voor de opslag van (veel meer) koolstof in natuurlijke ecosystemen zoals bossen en veengebieden. Deze verdoken klimaatkost van biolandbouw wordt zelden in rekening gebracht (Honnay et al., 2021).

Net omwille van de lagere oogsten per oppervlakte landbouwland is de milieu-impact van bioproducten, gemeten per hoeveelheid geproduceerd product (per kg), doorgaans hoger dan die van de conventionele landbouw (Ritchie, 2017). De productiekloof tussen de biolandbouw en de conventionele landbouw bedraagt volgens experimenten op proefpercelen tussen de 20% en 25% (Seufert, 2019). Deze kleinschalige experimenten gaan echter doorgaans impliciet uit van een onbeperkte toegang tot organische meststoffen en onbeperkt beschikbaar land voor de teelt van stikstofbindende vlinderbloemigen, waardoor ze de productiekloof op het niveau van het volledige landbouwsysteem onderschatten. Volgens het *Farm Data Accountancy Network* van de EU is het werkelijke productieverlies in bio-bedrijven in Noordwest-Europa alvast aanzienlijk hoger: 43% voor granen, 47% voor oliehoudende gewassen, 51% voor fruit, en 42% voor groenten (Barreiro-Hurle et al., 2021). Dat is ook de bevinding van Kravchenko et al. (2017), die de resultaten van kleine proefperceeltjes vergeleken met die op echte landbouwvelden: de opbrengstverschillen waren beduidend groter op de veldschaal. Daarnaast is de stabiliteit van de oogst doorheen de tijd gemiddeld 15% lager in de biolandbouw (Knapp & van der Heijden, 2018). Ten slotte is het zo dat de kloof het grootst is voor de meest productieve systemen (De Ponti et al., 2012). In een bijzonder veel geciteerd artikel dat zou aantonen dat na verloop van tijd de oogstkloof tussen biolandbouw en gangbare landbouw nagenoeg verdwijnt (Schrama et al., 2018) werden ernstige methodologische problemen vastgesteld (Van de Ven et al., 2018). Observaties van Kravchenko et al. (2017) tonen alvast geen systematische verkleining van de oogstkloof over een periode van vijf jaar. Door het verwerpen van gentechnologie (zie ook hoofdstuk 8) mist biologische landbouw ook de kans op het toepassen van veelbelovende ontwikkelingen, bv. op het gebied van ziekteresistentie. Bovendien dreigen er onvoldoende nutriënten beschikbaar te zijn op systeemniveau als biologische landbouw algemeen zou worden toegepast. In een scenario waarin alle landbouw biologisch is, kan er immers geen door het industriële Haber-Boschproces gefixeerd atmosferisch stikstof worden gebruikt als kunstmest. Een recente analyse toont aan dat in een scenario van volledige biolandbouw wereldwijd 57% minder calorieën kunnen worden geproduceerd op het huidige landbouwland (Barbieri et al., 2021). Een tekort aan stikstof is verantwoordelijk voor 77% van die productiekloof, de overige 23% zou vooral te wijten zijn aan een hogere ziekte- en onkruiddruk in de biolandbouw. Biolandbouw kan lokaal wel interessant zijn omwille van de lagere milieu-impact per oppervlakte-eenheid en het beperkte gebruik van bestrijdingsmiddelen. Veel technieken uit de biolandbouw, bv. meer doorgedreven teeltrotaties, meer organische bemesting, meer biologische plaagbestrijding en meer gewasdiversiteit, zouden ook in de conventionele landbouw frequenter toegepast kunnen worden. Bovendien kan biolandbouw voor veel landbouwers een uitstekend alternatief zijn in een economische context waarin de consumentenvraag naar bioproducten hoog genoeg is. Hogere productprijzen zijn momenteel een sterk voordeel in de biologische landbouw, maar dit is een onzekere troef: als het aanbod van bioproducten toeneemt of de vraag afneemt, zullen de prijzen voor

biologische producten dalen, zoals nu bv. in Frankrijk met melk gebeurt. Omwille van de grote oogstkost is volledige veralgemening van de biolandbouw onrealistisch en onwenselijk, maar biolandbouw heeft zijn plaats in een divers landbouwproductielandschap.

Het is ook niet correct om biolandbouw te contrasteren met conventionele landbouw op basis van de stelling dat de producten van biolandbouw veiliger of gezonder zouden zijn. Een systematische studie (Smith-Spangler et al., 2012) vond geen significante verschillen tussen producten van bio- en conventionele landbouw, noch m.b.t. veiligheid, noch m.b.t. gezondheid. De kleine verschillen die in enkele studies gevonden worden m.b.t. residu's van gewasbeschermingsmiddelen in de urine van kinderen waren bij volwassenen niet aanwezig. Baranski et al. (2014) vonden ook minder residu's van gewasbeschermingsmiddelen in bioproducten. Tegelijk werden voor de meeste micro- en macronutriënten geen significante verschillen gevonden. Dangour et al. (2009) analyseerden 162 studies en vonden géén significante verschillen in voedingskwaliteit tussen bioproducten en producten uit conventionele landbouw. Er is dus weinig bewijs dat voedingsproducten uit biolandbouw voedzamer zouden zijn. Sommige studies vinden hogere concentraties van antioxidantia in bioproducten (o.a. Baranski et al., 2015). De vraag is echter of dit bijdraagt tot de gezondheid. Klinische testen suggereren dat een hoge dosis aan antioxidantia géén gezondheidsbonus opleveren. Wat betreft de hogere aanwezigheid van residuen van gewasbeschermingsmiddelen die in een aantal studies werd gerapporteerd, moeten we ons realiseren dat de blootstelling aan residu's van gewasbeschermingsmiddelen ook voor producten uit de conventionele landbouw ver beneden de risicogrens ligt. Het omgekeerde geldt ook: sommige studies rapporteren een groter gehalte aan pathogenen en mycotoxines in producten afkomstig uit biolandbouw, wat te wijten zou kunnen zijn aan een minder intensieve gewasbescherming (Sacco et al., 2020). Ook hier geldt overigens dat significante verschillen niet noodzakelijk problematisch zijn: zolang de aanwezigheid van toxines en pathogenen beneden de norm blijft, is er geen effect op de menselijke gezondheid te verwachten.

Het begrip 'regeneratieve landbouw' werd al in de jaren 1980 geïntroduceerd, maar maakte de voorbije vijf jaar een opmars. Er bestaat geen concrete definitie van regeneratieve landbouw. Meestal verwijst het naar landbouwproductie met een combinatie van (i) het herstel van de bodemkwaliteit, inclusief het vastleggen van koolstof, en (ii) het herstel van de onder- en bovengrondse biodiversiteit, zowel op als naast het veld. De meest voorkomende praktijken daarbij zijn (i) het minimaliseren van bodemverstoring door minder (diep) te ploegen, (ii) het telen van diverse voedselgewassen en gebruik van dekgewassen (bodembedekkers), (iii) het integreren van vee in de landbouwproductie, (iv) het integreren van bomen in de gewasproductie (*agroforestry*). Het centrale idee bij regeneratieve landbouw is dat er een minimaal gebruik van synthetische meststoffen nodig is als de natuurlijke nutriëntencycli de kans krijgen om zich te herstellen. Sommige interpretaties van regeneratieve landbouw sluiten het gebruik van synthetische meststoffen volledig uit en zien het dus als een vorm van biolandbouw. Het lijkt geen twijfel dat de opgesomde landbouwpraktijken doorgaans positieve gevolgen hebben voor de kwaliteit en biodiversiteit van de bodem.

Er wordt vaak geclaimd dat regeneratieve landbouw grote hoeveelheden koolstof in de bodem kan vastleggen, of zelfs de methaanuitstoot van grazend rundvee kan neutraliseren, wat zou leiden tot 'klimaatneutraal' rundvlees. Het wetenschappelijk bewijs hiervoor is evenwel flinterdun tot onbestaand. Een andere veelvoorkomende claim is dat door het herstellen van de bodemkwaliteit en het bodemleven bij regeneratieve landbouw op een natuurlijke manier voldoende voedingsstoffen voor de gewassen vrijkomen, waardoor bemesting zo goed als overbodig wordt. Het klopt dat de nutriëntenbeschikbaarheid stijgt als akkers omgezet worden in graslanden, enerzijds omdat er meer diepgewortelde en stikstof-fixerende plantensoorten aanwezig zijn in graslanden en anderzijds omdat

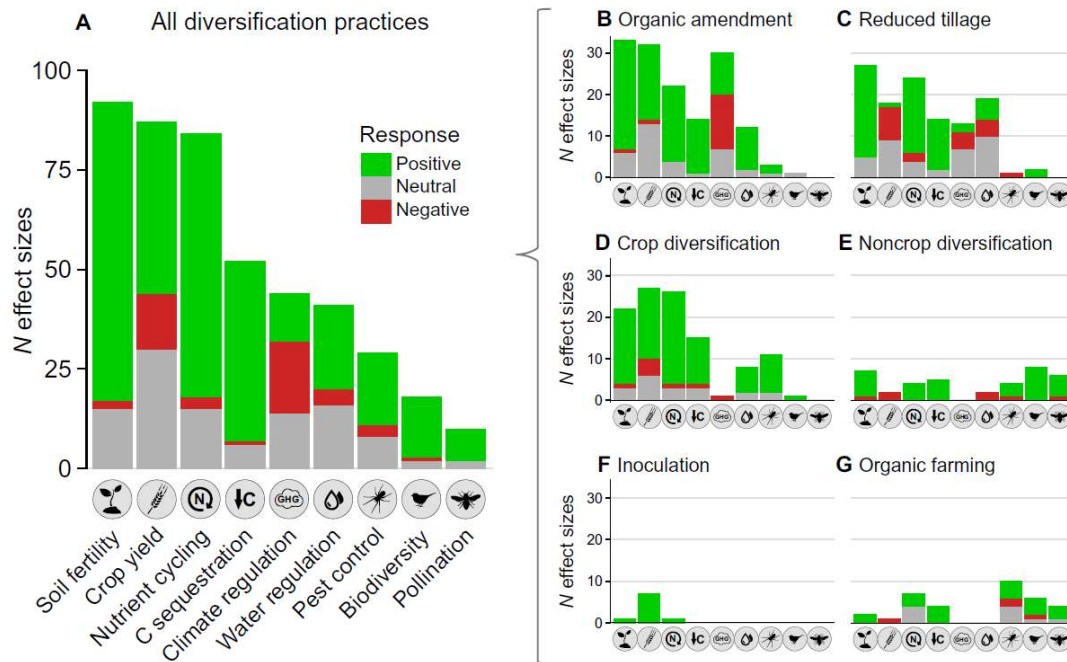
er minder nutriënten afgevoerd worden via vlees en melk van grazend vee dan via akkergewassen die geoogst worden. De nood aan het toevoegen van externe nutriënten door bemesting zal dus afnemen. Regeneratieve akkerbouw bedrijven is echter minder eenvoudig. De efficiëntie in nutriëntengebruik door de gewassen zal ongetwijfeld verhoogd kunnen worden door het toepassen van rotaties, het gebruik van dekgewassen en het herstel van bodemleven, maar op termijn zullen alle via de oogst of via afspoeling afgevoerde nutriënten weer aangevuld moeten worden om hetzelfde productieniveau te behouden. In elk geval zijn de basisprincipes van de regeneratieve landbouw lovenswaardig en heeft de beweging het belang van bodemkwaliteit terecht weer hoog op de agenda gezet. Een groot nadeel blijft de lagere productiviteit, zoals in de biologische landbouw, waardoor er meer grond nodig is.

‘Agro-ecologie’ verwijst, in de meest strikte zin van het woord, naar het toepassen van ecologische principes bij de landbouwproductie. Het gaat dan bv. om het gebruik van stikstof-fixerende planten en dekgewassen, het zaaien van mengteelten, het toepassen van biologische bestrijding waar mogelijk, en het streven naar gesloten nutriënten-kringlopen. Sommige interpretaties van agro-ecologische landbouw sluiten het gebruik van synthetische meststoffen of bestrijdingsmiddelen en gen-technologie uit. Agro-ecologische landbouw wordt in dat geval gezien als een vorm van biolandbouw. Dit leidt vaak tot begripsverwarring. Een bredere interpretatie van agro-ecologie omvat de politieke ecologie van het gehele voedselsysteem, en niet alleen de ecologie van productieaspecten. Dit omvat bv. de co-creatie en het horizontaal doorgeven van kennis tussen landbouwers, het streven naar technologische en financiële onafhankelijkheid van de producenten, een gezond, divers en duurzaam dieet in overeenstemming met de lokale cultuur, rechtvaardige prijzen en een rechtvaardige behandeling van alle actoren binnen het voedselsysteem, en het verbinden van consument en producent via korte ketens.

Hoewel de streefdoelen van de agro-ecologiebeweging lovenswaardig zijn, is er ook een radicale vleugel die de traditionele kleinschalige landbouw idealiseert, vijandig staat tegenover nieuwe technologieën en geen enkel heil ziet in internationale handel. De problemen met het voedselsysteem worden vooral beschouwd als het resultaat van het kapitalisme en zijn huidige verschijningsvorm, het neoliberalisme. Tegenover dat kapitalistische systeem en de kapitalistische ondernemer worden dan de kleine boeren en hun *‘peasant way of life’* geplaatst, een homogene categorie van actoren die aan landbouw doen gebaseerd op lokale agro-ecologische wijsheid en op waarden zoals autonomie, samenwerking en diversiteit. Onder meer de socioloog Henri Bernstein uitte kritiek op deze vorm van agrarisch populisme (Jansen, 2015). Het negeert de al lang bestaande klassenverschillen in agrarische gemeenschappen en ziet over het hoofd dat veel ondernemende kleine boeren graag willen deelnemen aan het kapitalistische systeem om hun situatie te verbeteren. Het erkent ook niet dat o.a. landbouwcoöperaties zich om dezelfde reden vaak succesvol in het kapitalistische systeem integreren. Er wordt vergeten dat veel kleine boeren in het Mondiale Zuiden tegen wil en dank aan landbouw doen. Technologieën die de hoeveelheid arbeid verminderen en de landbouwproductiviteit verhogen, verbindingen met afzetmarkten, systemen voor productcertificatie en teelten van exotische producten voor westerse markten kunnen allemaal bijdragen aan het verbeteren van de levensstandaard en de opbouw van sociaal kapitaal voor boeren.

Het is belangrijk om niet alleen opbrengsten maar ook de levering van andere ecosysteemdiensten in rekening te brengen bij de evaluatie van teeltsystemen. Tamburini et al. (2020) evalueerden via een meta-analyse de impact van agro-ecologische teeltmaatregelen op de respons van negen categorieën van ecosysteemdiensten: bodemvruchtbaarheid, gewasopbrengst, nutriëntencycli, kool-

stofvastlegging, klimaatregulatie, waterregulatie, plaagbestrijding, voorziening in biodiversiteit en bestuiving (Figuur 17). Voor heel wat teeltmaatregelen, zoals het opdrijven van de organische stof in de bodem, meer teeltrotatie en een hogere diversiteit aan gewassen, werden positieve effecten op zowel de productie als op de levering van de andere ecosysteemdiensten vastgesteld. Dit soort maatregelen zou veralgemeend moeten worden, ook in de conventionele landbouw. Andere maatregelen hebben dan weer positieve gevolgen voor bepaalde parameters, maar negatieve voor andere. Zo kan een reductie in bodembewerking (dus minder of niet ploegen) negatieve effecten hebben op de opbrengsten. Hoewel er zonder twijfel heel veel win-win-maatregelen mogelijk zijn, is het belangrijk om ook aandacht te besteden aan *trade-offs* en die zoveel mogelijk te minimaliseren.



Figuur 17: Resultaten van een metastudie waarbij de impact van teeltmaatregelen uit alternatieve landbouwsystemen op een reeks ecosysteemdiensten (x-as) vergeleken wordt met voedselproductie zonder deze diversificatiestappen, gebaseerd op bijna 5.160 oorspronkelijke studies (Tamburini et al., 2020).

DEELCONCLUSIE

Alternatieve landbouwsystemen zijn niet de *silver bullets* die alle duurzaamheidsproblemen van het huidige landbouwsysteem kunnen oplossen, maar ze hebben wel allemaal een specifieke maar beperkte plaats in een divers landbouwproductielandschap. Het integreren van agro-ecologische principes in de teeltpraktijk kan een belangrijke bijdrage leveren aan het verduurzamen van landbouwsystemen.

10. VERANDERING IN LANDGEBRUIK VOOR BIODIVERSITEITSHERSTEL IN LANDBOUWLANDSCHAPPEN

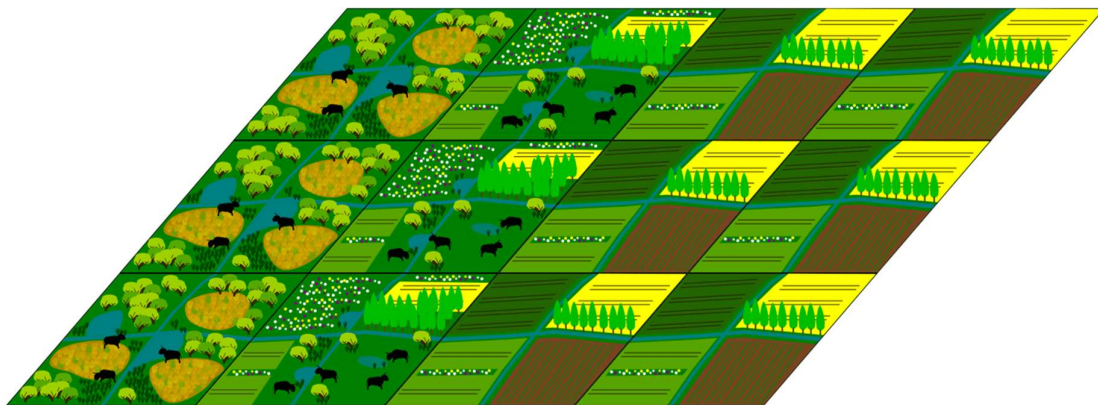
Kernboodschap: Herstel van hoogwaardige biodiversiteit in landbouwlandschappen vraagt een combinatie van verregaande maatregelen die een grote negatieve impact hebben op de bedrijfsvoering en rentabiliteit en kunnen dus niet algemeen in het volledige landbouwlandschap toegepast worden. Ruimtelijke concentratie van die maatregelen in welbepaalde zones en de ontwikkeling van verdienmodellen voor boeren die daar aan landbouw doen zijn essentieel om dit te realiseren.

De huidige intensieve landbouw in Vlaanderen heeft een sterk negatieve impact op biodiversiteit. Dat geldt voor de biodiversiteit in de natuurgebieden, maar nog veel meer voor die van het landbouwland zelf. In de Vlaamse natuurgebieden wordt de biodiversiteit in de eerste plaats bedreigd door het inspoelen van stikstof en fosfaat (zie ook hoofdstukken 5 en 6) en door de atmosferische depositie van stikstofverbindingen. Op het landbouwland zelf ging sinds de jaren 1950 het toenemende gebruik van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen samen met een sterke vereenvoudiging van het landschap door het verwijderen van hagen en houtkanten, poelen en bomenrijen, het vergroten van percelen en een grotere homogeniteit aan gewassen in ruimte en tijd. Deze verregaande intensivering in ruime zin was nefast voor de typische biodiversiteit van landbouwlandschappen in Vlaanderen en bij uitbreiding geheel Noordwest-Europa (bv. Seibold et al., 2019; Rigal et al., 2023). De huidige beleidsinstrumenten zoals vooral geïmplementeerd in het kader van Gemeenschappelijk Landbouwbeleid van de EU volstonden duidelijk niet om het biodiversiteitsverlies een halt toe te roepen, laat staan om biodiversiteit te herstellen (European Court of Auditors (ECA), 2020). De belangrijkste reden daarvoor is dat de omvang en aard van de maatregelen die moeten worden genomen om historische en hoogwaardige biodiversiteit in landbouwlandschappen te herstellen (denk bv. aan het herstel van akkervogelpopulaties of soortenrijke graslanden) stelselmatig onderschat worden, en dat de boutade ‘natuur en landbouw kunnen samengaan’ niet altijd getuigt van realiteitszin. Herstel van landbouw biodiversiteit vereist immers het terugdraaien van de verregaande intensivering van landbouwlandschappen. De daarvoor noodzakelijke maatregelen kunnen samengevat worden als (i) diversificatie, (ii) extensifiëring en (iii) concentratie.

Diversificatie verwijst naar het herintroduceren van kleine landschapselementen, het verkleinen van zeer grote percelen en het telen van een grote diversiteit aan gewassen. Deze ingrepen verhogen de plantendiversiteit en het voedselaanbod in het landschap in ruimte en tijd, en ze resulteren in schuilmogelijkheden voor fauna, allemaal basisvoorwaarden voor soortenherstel. Extensifiëring verwijst naar een zeer drastische reductie van bemesting en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Zelfs wanneer de bemestingsnormen gewoon nageleefd worden, leidt de onvermijdelijke afspoeling en vervluchtiging van nutriënten tot eutrofiëring van lijnvormige natuurlijke elementen zoals heggen en houtkanten tussen de percelen. Dat staat de ontwikkeling van betekenisvolle soortenrijke vegetaties en de geassocieerde gemeenschappen van ongewervelden in de weg. Concentratie verwijst naar het feit dat deze maatregelen allemaal samen moeten worden toegepast over een aanzienlijke oppervlakte. Zo zal het herstel van lijnvormige natuurlijke elementen weinig effect hebben op de biodiversiteit wanneer in de aangrenzende percelen maximaal wordt bemest in functie van de opbrengst.

Het is duidelijk dat de genoemde maatregelen een enorme impact hebben op de bedrijfsvoering en op de productie en rentabiliteit. Drastische reductie van bemesting heeft grote gevolgen voor de opbrengst (zie ook hoofdstukken 2 en 6). Verkleinen van percelen bemoeilijkt machinale bewerking

van percelen en verhoogt de arbeidskost. Er bestaat vandaag geen enkel geloofwaardig verdienmodel voor landbouwers die dit willen realiseren. Het is in de huidige regionale en internationale socio-economische context onrealistisch om deze maatregelen uit te rollen over het hele landbouwareaal. Het ziet er immers niet naar uit dat de vraag naar land voor voedselproductie drastisch zal afnemen, bv. omdat maatschappelijke transities naar een minder vleesrijk dieet in het beste geval zeer traag verlopen. Het is een stuk realistischer om het herstel van hoogwaardige biodiversiteit in landbouwgebied te concentreren in beloftevolle zones rond geselecteerde natuurgebieden. Dit heeft als bijkomend positief gevolg dat er een bufferzone gecreëerd wordt tussen hoogproductieve landbouw en natuurgebieden. Het reduceren van de negatieve impact van landbouw op natuurgebieden is immers van cruciaal belang. Dit zal nog belangrijker worden in het kader van de in juni 2024 goedgekeurde EU Natuurherstelwet⁵⁷ die van Vlaanderen eist dat alle waardevolle habitats in goede staat worden gebracht. Dit alles zou resulteren in een landschap met drie compartimenten: (i) hoogproductieve landbouw, (ii) zeer extensieve laagproductieve landbouw (waar vaak naar wordt verwezen als ‘natuurinclusieve landbouw’) en (iii) natuurgebieden (Figuur 18) (Honnay et al., 2021). Onderzoek in Polen en Groot-Brittannië wees al uit dat een driecompartimentensysteem beter scoort op het vlak van biodiversiteit dan volledige *land sparing* met twee compartimenten (hoogproductieve landbouw en natuur) en zeker dan volledige *land sharing* met enkel laagproductieve landbouw (Finch et al., 2020, Feniuk et al., 2019). Het grootste probleem is dat er vandaag geen enkel geloofwaardig verdienmodel bestaat voor landbouwers die in het tussencompartiment aan natuurinclusieve landbouw moeten of willen gaan doen. De lagere opbrengsten en hogere kosten maken dat in de huidige socio-economische context onmogelijk. Daarvoor zijn nieuwe instrumenten en het stapelen of bundelen van beloningen voor zeer extensief beheer noodzakelijk. Het kan dan gaan om gerichte overheidsinterventies (subsidies) of om het opzetten van marktmechanismen (een hogere consumentenprijs voor producten uit natuurinclusieve landbouw of het betalen voor geleverde ecosysteemdiensten zoals bestuiving en koolstofopslag).



Figuur 18: Specifieke invulling van het driecompartimentensysteem. Een compartiment met hoogproductieve landbouw (rechts), een compartiment met extensieve landbouw (midden) en een compartiment met natuur (links). Het middencompartiment is voorbehouden aan natuurinclusieve landbouw ((c) Tom Finch, met toestemming).

⁵⁷ <https://www.consilium.europa.eu/nl/policies/nature-restoration/>

Het mag duidelijk zijn dat een pleidooi voor een driecompartimentensysteem geen pleidooi is voor *business as usual* in het compartiment met hoogproductieve landbouw. Ook hier zijn maatregelen nodig die de milieu-impact van landbouw verlagen en biodiversiteit herstellen, maar het is belangrijk dat die niet of slechts in beperkte mate ten koste gaan van de productiviteit (zie ook hoofdstuk 9). Maatregelen zoals het inzaaien van akkerranden met bloemenmengsels, meer gewasrotatie of het aanplanten van een heg zullen op zich niet leiden tot een hoogwaardige biodiversiteit, maar zullen wel resulteren in een toename van meer algemene soorten, en het zijn ook deze soorten die in de eerste plaats verantwoordelijk zijn voor de levering van ecosysteemdiensten zoals bestuiving en pre-datie van pestsoorten van landbouwgewassen.

Vlaanderen heeft in de praktijk een relatief beperkte oppervlakte natuurgebied met een hoge biodiversiteitswaarde (slecht ongeveer 108.000 ha of minder dan 8% van Vlaanderen ligt onder effectief natuurbeheer). Bovendien is veel van die natuur versnipperd. Ruim 90% van de heidegebieden, graslanden en moerassen is vandaag kleiner dan 5 ha. Voor bossen is dat 85%. Daar tegenover staat dat Vlaanderen op papier 166.000 ha aan volgens de EU te beschermen natuur heeft (dat zijn de Habitatrichtlijngebieden en Vogelrichtlijngebieden). Daarbuiten ligt nog een gebied van in totaal 139.000 ha dat officieel het statuut heeft van 'Vlaams Ecologisch Netwerk' of een groene planologische bestemming. Wanneer we de bebouwing in mindering brengen, gaat het om 258.000 ha (19% van Vlaanderen) die voorzien werd voor een natuurfunctie. Volgens inschattingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek zou niet minder dan 80.000 ha daarvan vandaag voor intensieve landbouw gebruikt worden. Met het goedkeuren van de Europese Natuurherstelwet zal de druk sterk toenemen om deze natuurgebieden-op-papier ook effectief in praktijk te realiseren en de natuur daar te herstellen. En er zijn ook goede maatschappelijke redenen om dat te doen. Eerst en vooral zijn die natuurgebieden noodzakelijk voor het behoud en herstel van de biodiversiteit. Daarnaast kunnen ze bijdragen aan klimaatmitigatie en -adaptatie. Vooral de Vlaamse valleigebieden zijn uiterst belangrijk: ze fungeren als buffers bij overstromingen en houden regenwater vast, dat kan infiltreren in de bodem. Er is ook overtuigend bewijs dat meer natuur zowel de fysieke als mentale gezondheid bevordert.

Het is in elk geval duidelijk dat de nieuwe Natuurherstelwet bijzonder grote gevolgen zal hebben voor de landbouw in Vlaanderen. De noodzaak om de hogervermelde natuurgebieden in goede toestand te brengen zal bovendien ook gevolgen hebben voor de omliggende landbouwpercelen, die hun milieu-impact zullen moeten reduceren. Het driecompartimentensysteem kan een goede leidraad bieden om deze uitdagingen aan te gaan. Hoeveel van de betrokken landbouwpercelen best terechtkomen in het compartiment natuur en hoeveel in het compartiment natuurinclusieve landbouw zou dan onderwerp moeten zijn van ruim maatschappelijk debat en overleg met de landbouwsector. Landbouwland dat voor natuurherstel gebruikt zal worden zou bv. door de overheid gehuurd kunnen worden, zodat de betrokken boeren of grondbezitters jaarlijkse huurinkomsten krijgen. Voor gebieden voorzien voor laagproductieve extensieve landbouw moet er dringend nagedacht worden over een geschikt verdienmodel voor de betrokken boeren. In elk geval is er voor de overheid een belangrijke rol weggelegd om een doelgericht en efficiënt beleid te voeren. Het is ten slotte overduidelijk dat natuurherstel tot een lagere landbouwproductie in Vlaanderen zal leiden. Om te voorkomen dat de productie gewoon naar elders verschuift, is het zo noodzakelijk dat we drastisch minder dierlijke proteïnen gaan consumeren, die zoals we hoger al aantoonde bijzonder landintensief zijn om te produceren.

DEELCONCLUSIE

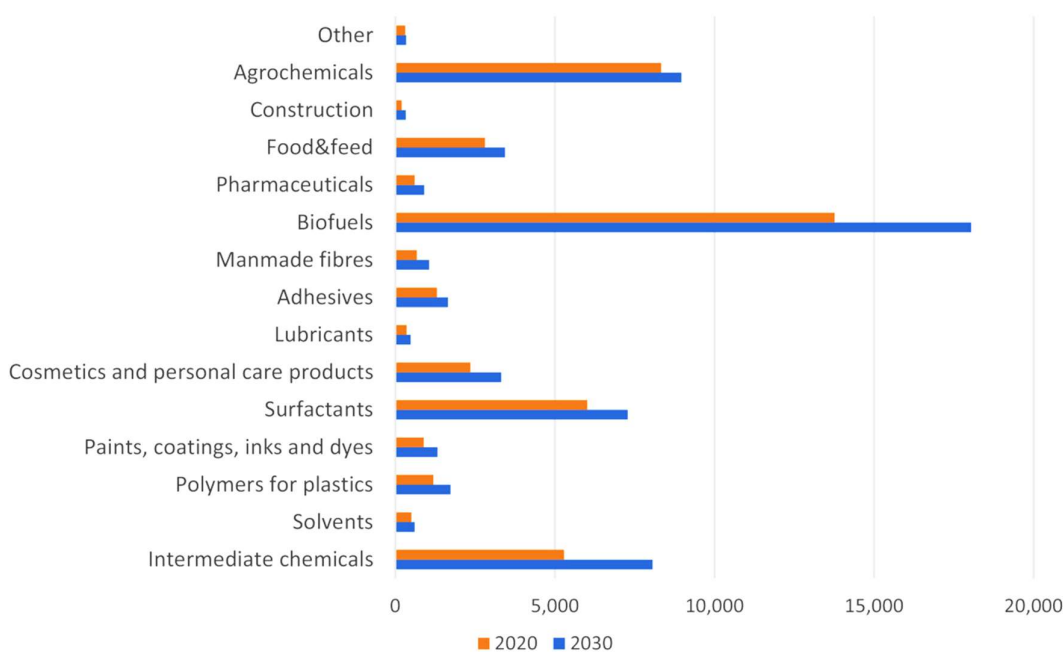
Herstel van hoogwaardige biodiversiteit op landbouwland vraagt ingrijpende maatregelen met grote gevolgen voor bedrijfsvoering en rentabiliteit. Daarom kunnen ze beter geconcentreerd worden in welbepaalde zones. Ontwikkeling van verdienmodellen is essentieel. De gevolgen van de Europese Natuurherstelwet voor een aanzienlijk deel van het huidige landbouwareaal zijn ingrijpend en er is dringend overleg nodig over hoe en waar natuurherstel kan worden gerealiseerd. Een driecompartimentenbenadering kan een leidraad zijn.

11. CIRCULAIRE BIO-GEBASEERDE ECONOMIE

Kernboodschap: Een circulaire bio-gebaseerde economie biedt heel wat opportuniteiten, maar de mogelijkheden en verwachtingen ervan, en zeker de energiegewassen, moeten kritisch worden bekeken in het kader van een duurzame voedselketen.

In de bio-gebaseerde economie wordt biomassa gebruikt voor de productie van een heel gamma aan producten. Die biomassa is afkomstig uit landbouw, voedingsketen, bosbouw en landschap, reststromen en afval, en wordt dan gebruikt voor de productie van biobrandstoffen, chemicaliën (bv. hoogwaardige koolwaterstoffen), intermediaire chemicaliën, oppervlakte-actieve stoffen (uitvloeiers), cosmetica en dergelijke (Figuur 19). Daarnaast zijn er nog belangrijke toepassingen van de bio-gebaseerde economie voor constructie- en bouwmaterialen (bv. hout, vlasvezels voor platen, isolatiemateriaal zoals hennep en stro, enz.) en andere diverse materialen.

Vele producten uit de bio-economie worden ontwikkeld ter vervanging van fossiele grondstoffen (aardolie en aardgas) en zijn liefst recupereerbaar (circulair), waardoor ze geacht worden minder impact op de omgeving en het klimaat te hebben en daarom duurzamer te zijn.



Figuur 19: Productie van bio-gebaseerde producten in de EU in Mton, 2020 (oranje) en de verwachtingen voor 2030 (blauw) (Van Leeuwen et al., 2023).

In de EU is de ontwikkeling van een bio-gebaseerde economie een expliciete doelstelling van de *European Bioeconomy Strategy* en het bijhorende actieplan (Christensen et al., 2022; European Commission, 2022). De Europese strategie heeft tot doel de transitie te vergemakkelijken van een fossiele economie volgens het principe ‘take-make-dispose’ naar een economie die circulaire bio-gebaseerde waardeketens bevordert, waarbij duurzaam landgebruik wordt gekoppeld aan geavanceerde producten.

Hierbij worden vijf doelstellingen nagestreefd (Christensen et al., 2022):

- waarborgen van voedsel- en voedingszekerheid;
- duurzaam beheer van natuurlijke hulpbronnen;
- beperken van de afhankelijkheid van niet-hernieuwbare, niet-duurzame hulpbronnen;
- mitigatie van en aanpassing aan de klimaatverandering;
- versterking van het Europese concurrentievermogen en jobcreatie.

Algemeen wordt aangenomen dat de vraag naar bio-gebaseerde producten sneller zal stijgen dan het aanbod, ook al zijn er daarover weinig betrouwbare cijfers beschikbaar (EEA, 2023). Voor Vlaanderen is de bio-economie beduidend toegenomen.⁵⁸ Mede door klimaatadaptatie en -mitigatie verwacht men tegen 2050 een groei van de sector met ongeveer de helft van het huidige volume. Zo zou de productie van koolstof in de chemische bio-industrie verdubbelen, met een daling van de fossiele koolstofeconomie en een stijging van de productie van biomassagebaseerde, CO₂-gebaseerde en herbruikbare materialen, onder meer uit de veeteelt (Kähler et al., 2023). Ook de houtproductie en de ontwikkeling van landbouwtoepassingen zoals het telen van tarwe en raapzaad voor bio-energie en grondstoffen voor de industrie zouden toenemen. Er zou ook meer aandacht gaan naar (agro-) ecosystemen en bossen, inclusief het herstel ervan. In mindere mate verwacht men dat ook de afvalverwerking zal stijgen.⁵⁹

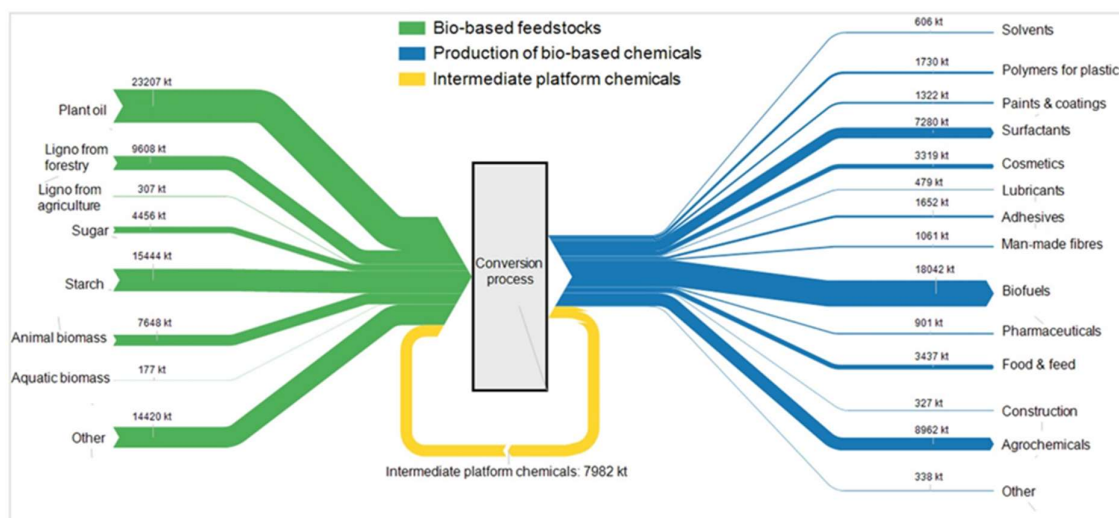
Kunnen deze torenhoge verwachtingen ingelost worden? Een belangrijk probleem is de concurrentiestrijd om land. Zo concurreren energiegewassen met gewassen voor voedsel- en voederproductie: het is trouwens ook maar de vraag of energiegewassen daadwerkelijk milieuwinst opleveren (zie hoofdstuk 1). Bovendien kan verwacht worden dat er ook concurrentie is voor dezelfde biograndstoffen. Daarnaast kan het klimaat een storende factor zijn en worden er meer bosbranden/vegetatiebranden in de EU verwacht (bv. bijna 700.000 ha in 2022), maar ook oogstdalingen bij stijgende temperatuur (EEA, 2023). Er is verder onderzoek nodig over vele aspecten van de circulaire economie, op het gebied van haalbaarheid, prioriteiten en neveneffecten, voordat die in het beleid kunnen worden opgenomen.

DUURZAME KEUZES IN DE BIO-GEBASEERDE ECONOMIE

Het potentieel van bio-economietoepassingen neemt zeker toe, maar de juiste keuzes maken is niet eenvoudig. Geoptimaliseerde ontwerpen, implementatie en monitoring zijn afhankelijk van voortdurende interacties tussen beleidsmakers en modelbouwers voor bio-gebaseerde toepassingen (Christensen et al., 2022). De modelbouwers tekenen meerdere scenario's uit voor een ecologische, economisch haalbare en sociaal wenselijke toekomst. Zowel aan de kant van het beleid als de kant van de modellen worden er echter belangrijke kennishiaten vastgesteld die een *matching* bemoeilijken. Figuur 20 geeft de complexiteit van de keuzes weer: welke grondstoffen moeten of kunnen er worden gebruikt om welke chemische toepassing te realiseren?

⁵⁸ <https://www.ewi-vlaanderen.be/nieuws/vlaamse-bio-economie-groeit-dubbel-zo-snel-als-algemene-economie>

⁵⁹ <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f9c32de8-e7ce-11ec-a534-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-search>



Figuur 20: Gebruik van biologische hulpbronnen voor bio-gebaseerde chemische toepassingen (Van Leeuwen et al., 2023).

Om een keuze te maken over welke toepassingen er kunnen worden gerealiseerd, zijn niet alleen een kosten-batenanalyse of ethische en maatschappelijke analyses noodzakelijk, maar ook een duurzaamheidsanalyse, bv. via een levenscyclusanalyse (Seigné et al., 2021). Bio-gebaseerde systemen zijn echter zeer complexe combinaties van technologieën en (teelt)praktijken die regionaal zeer verschillend kunnen zijn, met een heterogene en onzekere set van indicatoren en gevolgen, wat een levenscyclusanalyse niet eenvoudig maakt. Dergelijke analyses zijn wel noodzakelijk om R&D-projecten te kunnen opzetten, aangezien de projecten in kwestie vaak nog duurzamer gemaakt moeten worden (Seigné et al., 2021). Daarnaast is de meest duurzame toepassing niet noodzakelijk de beste keuze vanuit maatschappelijk oogpunt. De sociale aspecten en de noden van bio-gebaseerde waardeketens moeten zeker meer aandacht krijgen (Marting Vidaurre et al., 2020).

In deze context kunnen we energiegewassen als voorbeeld nemen, een piste die vooral buiten Europa (maar ook in Vlaamse beleidsdocumenten⁶⁰) naar voren geschoven wordt. Als de klimaatimpact van de teelt van verschillende energiegewassen vergeleken wordt via een levenscyclusanalyse, moeten ook de koolstofopportuniteitskosten in rekening worden gebracht. Bovendien moet men nagaan of het niet beter is voor het klimaat om de landbouwgrond terug te geven aan de natuur voor koolstofopslag en of het gebruik van fossiele brandstoffen of hernieuwbare energie niet efficiënter is (Lark et al., 2022). Daarnaast leggen energiegewassen beslag op land dat mogelijk onmisbaar is voor de productie van voedsel- en voedergewassen. Aan de andere kant zouden reststromen zoals snoeihout benut kunnen worden via vergisting, waarbij de extractiemethodes verschillen op het vlak van duurzaamheid en efficiëntie (Fernandes-Klain et al., 2018). Snoeihout kan ook worden verhakseld om als brandstof te gebruiken. In beide gevallen gaat het echter om organische stof die niet gebruikt kan worden om de bodemkoolstof in landbouwbodems aan te vullen. Groene chemie is dus geen alomvattende oplossing voor onze energievoorziening, maar in specifieke gevallen kan de productie van

⁶⁰ <https://www.vlaanderen.be/publicaties/natuurrapport-toestand-en-trend-van-ecosystemen-en-ecosysteemdiensten-in-vlaanderen-technisch-rapport-hoofdstuk-14-ecosysteemdienst-productie-van-energiegewassen>

biogebaseerde grondstoffen na een grondige analyse van de milieu- en klimaatimpact en het landgebruik een goede keuze zijn (Cespi, 2023). Het directe gebruik van hout als biobrandstof is ook problematisch omwille van de emissie van vervuילend fijn stof: alleen wanneer die uitstoot zeer drastisch kan worden verminderd door gebruik van roetfilters (95% reductie wordt door de fabrikanten vooropgesteld) is het stoken van hout aanvaardbaar. De houtproductie (in de EU ongeveer 500 Mm³ per jaar; EEA, 2023) is een belangrijke economische activiteit, waarbij het grootste gedeelte van het volume voor energietoepassingen gebruikt wordt, rechtstreeks of als bijproduct van houtverwerkingsprocessen. De vraag moet echter toch gesteld worden of we nog meer hout uit bossen willen onttrekken om het simpelweg te verbranden. In veel gevallen zijn er wellicht toepassingen mogelijk die méér toegevoegde waarde opleveren voor een kleiner gebruik van de primaire grondstof (Liao et al., 2020).

Bij het uitvoeren van een levenscyclusanalyse moet er duidelijk ook rekening gehouden worden met alternatief landgebruik of vermeden bodemimpact (opportuniteitskosten). Het is echter niet vanzelfsprekend om de klimaatimpact van landgebruik in te calculeren om een levenscyclusanalyse van de volledige koolstofcyclus te maken (Liptow et al., 2018).

DUURZAME RUIMTE VOOR DE BIO-GEBASEERDE ECONOMIE IN DE VOEDSELKETEN?

In de Vlaamse landbouw wordt er ongeveer 3.500.000 ton aan voedselreststromen geproduceerd: 75% hiervan zijn nevenstromen (bv. bietenpulp, aardappelschillen, bierdraft, enz.) en 25% zijn voedselverliezen. 11% van de totale Vlaamse landbouwproductie betreft producten die in principe geconsumeerd kunnen worden (de zogenaamde voedselverspilling – zie ook hoofdstuk 1). 90% van de voedselreststromen, dus ook een belangrijk gedeelte van de niet-geconsumeerde voeding, wordt opnieuw in de landbouw gevaloriseerd, veelal als veevoeder, maar ook in de vorm van mest (Plateau et al., 2018). Deze voedselreststromen kunnen niet zomaar aan de landbouw onttrokken worden, omdat zij een noodzakelijke grondstof vormen voor de landbouwproductie zelf. Er zijn weinig gegevens beschikbaar over de samenstelling van de overige 10% reststromen, noch over hun uiteindelijke bestemming. Het is evenmin duidelijk of en hoe ze gevaloriseerd kunnen worden in de bio-economie, maar gezien het hoge volume (350.000 ton) lijkt het aangewezen om dat na te gaan.

Daarnaast worden er in de landbouw ook groenbemesters en vangplanten geproduceerd, die na de oogst gezaaid worden en overtollige stikstof opnemen uit de bodem of die als koolstofbron dienen voor de aanvulling van de bodemkoolstof. Ook gewasresten worden in de bodem ingewerkt. Vermits het koolstofgehalte in Vlaamse landbouwbodems eerder achteruitgaat, is het niet aangewezen om die gewassen of gewasresten te valoriseren (zie ook hoofdstuk 5) in andere biogebaseerde activiteiten dan de landbouw.

In vorige hoofdstukken werd al aangehaald dat het opportuun zou zijn om de Vlaamse veestapel in zekere mate af te bouwen. Niet alleen boeken we dan een aanzienlijke klimaat- en milieuwinst, maar er komt ook land vrij dat teruggegeven kan worden aan de natuur of dat gebruikt kan worden voor biodiversiteitsherstel en klimaatmitigatie, net zoals voor specifieke vormen van extensieve landbouw (bv. *agroforestry* of biolandbouw). Een gedeelte van dit land zou ook gebruikt kunnen worden om gewassen te telen die gevaloriseerd kunnen worden in de bio-gebaseerde economie. Wel moet er dan een grondige analyse uitgevoerd worden van de milieueffecten (en vergeleken met de situatie wanneer men niet zou kiezen voor zulke gewassen), de klimaatimpact, de kosten-batenverhouding, de inpassing in een bedrijfsvoering (bv. in het kader van teeltafwisseling), de benodigde oppervlakte en de locatie ervan.

DEELCONCLUSIE

De bio-gebaseerde economie biedt toekomstperspectieven voor de landbouwsector. Maar we moeten realistisch blijven. Door de diverse aanspraken op landbouwland kan de Vlaamse landbouw wellicht slechts een beperkte bijdrage leveren aan de bio-gebaseerde economie, en alleen wanneer er land vrijgemaakt kan worden dat nu voor voedergewassen gebruikt wordt. Op dit moment gebeurt er een scenariodoorrekening van acties in de bio-gebaseerde economie, in opdracht van de Vlaamse overheid: de resultaten worden eind 2025 verwacht. Mogelijk biedt in dat geval de bio-gebaseerde economie een interessant verdienmodel voor sommige boeren. Een probleem waar de bio-gebaseerde economie mee kampt, is het gebrek aan goede beoordelingscriteria voor de verschillende toepassingsmogelijkheden, waarbij niet alleen rekening gehouden wordt met een levenscyclusanalyse of economische analyses, maar ook met ethische, sociale en maatschappelijke verwachtingen (Marting Vidaurre et al., 2020). Wanneer de opportuniteitskosten in rekening worden gebracht, kunnen biobrandstoffen uit energiegewassen ontraden worden.

12. OPPORTUNITEITSKOSTEN EN EXTERNE KOSTEN IN HET VOEDSELSYSTEEM

Kernboodschap: De landbouwproductie en de voedselketen gaan vaak gepaard met opportuniteitskosten en met externe kosten voor milieu en gezondheid. Die kosten zouden kunnen worden doorgerekend in de voedselprijs. Zo kunnen er ook interessante verdienmodellen voor de landbouwers ontstaan.

Hans Bruyninckx: "We subsidiëren de veehouderij, maar helpen de landbouwers niet om te evolueren naar een duurzamer voedselsysteem. Nu betalen we vier keer voor ons eten: wanneer we het kopen, via de subsidies die we aan boeren geven, via de prijs die we betalen voor milieuvervuiling, en wanneer we naar de dokter gaan omdat onze voedingsgewoonten slecht zijn." (De Standaard, zaterdag 16 en zondag 17 december 2023)

Voedselproductie gaat vaak gepaard met opportuniteitskosten. Opportuniteitskosten zijn de gederfde baten van een niet gekozen alternatief. Zo heeft kiezen voor een vorm van laagproductieve landbouw een opportuniteitskost inzake koolstofopslag, aangezien er meer land gebruikt wordt dan bij hoogproductieve landbouw om eenzelfde opbrengst te genereren. Dat extra land kan bv. niet herbestemd worden. Op dezelfde manier zouden bij de keuze om energiegewassen te telen i.p.v. voedingsgewassen, alle koolstofkosten in rekening moeten worden gebracht om het gewas te telen (inclusief het land), te oogsten, te transporteren en om de intrinsieke energiewaarde van het geoogste product om te zetten in bruikbare energie. De koolstofkost moet dan vergeleken worden met mogelijke alternatieven: de gebruikte grond bebossen of teruggeven aan de natuur, een deel bezetten met zonnepanelen, of gewoon verder fossiele brandstoffen gebruiken. Uit onderzoek blijkt bv. dat wanneer de koolstofopportuniteitskost van het landgebruik in rekening gebracht wordt, fossiele brandstoffen dikwijls beter scoren inzake klimaatimpact dan biobrandstoffen (Searchinger et al., 2018).

Naast opportuniteitskosten kunnen er externe kosten spelen. Er is sprake van een extern effect als de activiteit van de ene persoon gevolgen heeft voor een andere persoon zonder dat daar compensatie tegenover staat. Een nadelig effect wordt een negatieve externaliteit genoemd en een gunstig effect staat bekend als een positieve externaliteit. De afspoeling van nutriënten uit landbouwgrond kan in waterlichamen terechtkomen. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor de gebruikers van dat water, wat een voorbeeld is van een negatieve externaliteit. Het gereduceerd gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de biologische landbouw heeft dan weer een positieve externe kost in vergelijking met de conventionele landbouw. Een recent rapport toonde aan dat de externe kosten van landbouwproductie in termen van milieu- en klimaatimpact drie keer hoger zouden kunnen zijn dan de marktwaarde van de opbrengsten van de landbouwproducten (Hendriks et al., 2023). Idealiter weerspiegelt de prijs van voeding de reële kostprijs. Volgens diezelfde logica zouden producten die het milieu, klimaat of onze gezondheid extra belasten dus duurder moeten zijn. Extra inkomsten die zo gegenereerd worden, zouden kunnen worden ingezet om duurzaam produceren te promoten en zo de externe kosten te verminderen. Het is daarbij echter cruciaal om correcte criteria vast te leggen. Zo kan de milieu- en klimaatimpact bepaald worden per eenheid product of per eenheid oppervlakte waarop het product geteeld wordt. In het eerste geval hebben extensieve landbouwsystemen die op het eerste zicht milieuvriendelijk lijken doorgaans een hogere externe kost dan hoogproductieve systemen. Per eenheid van oppervlakte is de externe kost doorgaans lager.

Het is bovendien belangrijk om erover te waken dat bepaalde keuzes geen gevolgen hebben voor derden. Zo berekende het *United States Department of Agriculture* (USDA) dat de keuzes die in de EU *Farm to Fork*-strategie gemaakt worden rond meer biolandbouw en reductie van bemesting en gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, een grotere voedselimport in de EU en hogere internationale prijzen tot gevolg kunnen hebben, waardoor bijkomend 22 miljoen personen wereldwijd met voedselonzekerheid en ondervoeding geconfronteerd zouden worden.⁶¹ Deze voorspellingen zijn aan de pessimistische kant, aangezien de studie sterke veronderstellingen maakt over landgebruik en geen rekening houdt met aanpassingen in productiemethoden door landbouwers of met verschuivingen naar een meer plantaardig dieet (Zimmer, 2020). Volgens het rapport 'A greener Europe at the expense of Africa?' van het *European Centre for Development Policy Management* (ECDPM) (De Keyser & Woolfrey, 2021) zouden de mogelijke negatieve effecten zich vooral in Afrika situeren. Volgens een van de auteurs (De Keyser, persoonlijke mededeling) zou Afrika zelfs zelfvoorzienend worden op het vlak van voedsel als een groot deel van de huidige EU-landbouwsubsidies besteed zou worden om de Afrikaanse voedselketen structureel te ondersteunen. De boodschap is dus: streven naar meer duurzaamheid, maar niet ten koste van derden.

Er zijn ook externe kosten van ongezond voedsel voor de menselijke gezondheid. Ongezonde voeding gaat inderdaad gepaard met een torenhoge maatschappelijke kost. Eerder werd er al op gewezen dat het dieet vandaag ongezond is: te veel en onevenwichtig omwille van te veel koolhydraten-suikers, vetten en rood vlees en te weinig plantaardige eiwitten, vezels, groenten en fruit (EAT-Lancet) (zie hoofdstuk 4). Die ongezonde voedingsgewoonten leiden tot overgewicht (er zijn meer mensen met obesitas dan ondervoede mensen), tot hart- en vaatziekten, vroegtijdige sterfte door kanker als gevolg van ongezonde voeding, vaak omwille van bewerkt voedsel (Figuur 21). Zo leeft een groot deel van de Londense bevolking van afhaalmaaltijden, met veel suiker en vetten. In een doorsnee Amerikaans grootwarenhuis is de oppervlakte met klaargemaakte maaltijden veel groter dan die met verse producten. Bij ons zien we een redelijk gelijkaardige situatie met een groot contrast tussen lege boterhamdozen en lange rijen schoolgaande jeugd voor de fastfoodketens in de steden. De kosten van deze voedingskloof, tussen ongezond en gezond, zijn aanzienlijk en zouden ook in de voedselprijs doorgerekend kunnen worden. Volgens sommige berekeningen zouden de gezondheidskosten zelfs meer dan anderhalve keer de marktwaaarde van de landbouwproducten bedragen (FAO, 2024; Hendriks et al., 2023).

Figuur 22 bevat meer informatie over de verschillende soorten kosten van voedsel: productiekosten en externe kosten (gezondheidskosten en omgevingskosten). De berekeningen zijn echter nog erg onzeker.

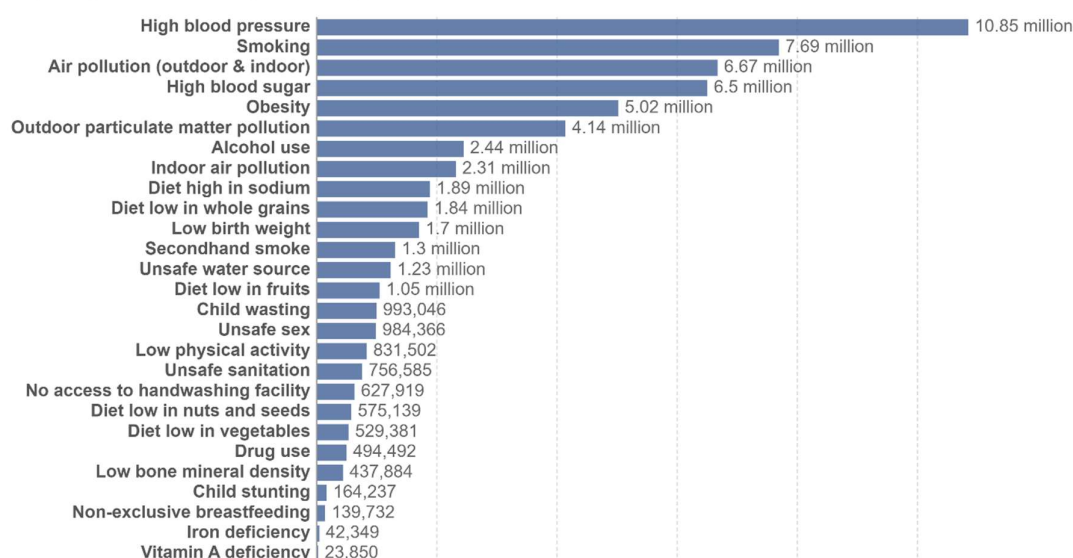
Als voedingsproducten onderworpen worden aan een correcte duurzaamheidsanalyse, inclusief opportuniteitskosten en externe kosten, en gezondheidsrisico's ingecalculeerd worden, is er ook weinig discussie over welk teeltsysteem meer of minder duurzaam is dan een ander, of grootschalige productie slechter is voor de omgeving dan kleinschalige productie, of geïmporteerd voedsel slechter is voor het milieu, enz.

Het aanrekenen van de externe kosten kan ook het verdienmodel van de landbouwer ten goede komen. Vandaag verdienen landbouwers beduidend minder dan een doorsnee loontrekkende, terwijl ze zowat dubbel zoveel uren presteren. Hier moet wel opgemerkt worden dat inkomens sterk verschillen per subsector in de landbouw (zie ook hoofdstuk 3) en dat vooral de inkomensvolatiliteit

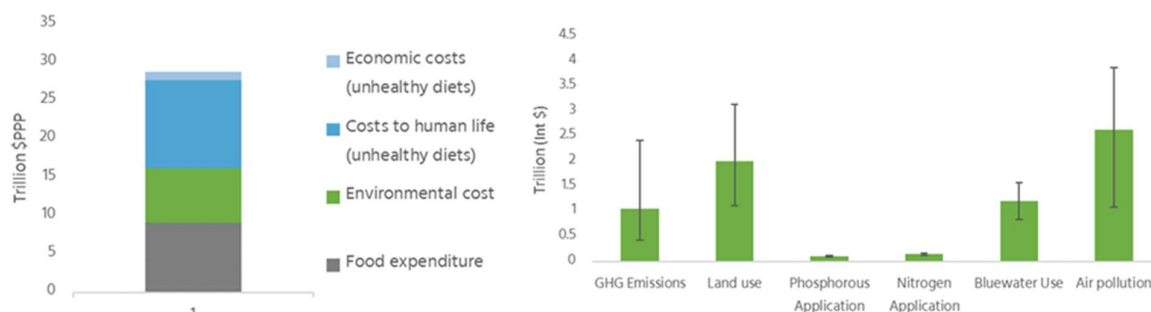
⁶¹ Economic and food security impacts EU Farm to Fork strategy: <https://fas.usda.gov/newsroom/economic-and-food-security-impacts-eu-farm-fork-strategy>

een groot probleem is voor de sector. De inkomensdiscrepantie, uitgedrukt per uur, wordt bovendien steeds groter. Vooral voor landbouwers in het extensieve landbouwcompartiment is dat een prangend probleem. Het verdienmodel van de landbouwers moet dus verbeteren. Het lijkt logisch dat deze kosten deels aangerekend worden aan de consument en deels aan de overheid (en zo gedeeltelijk kunnen terugvloeien naar de boer; ook een heroriëntatie van de EU-subsidies zouden soelaas kunnen bieden, zie ook hoofdstuk 4) of een gemengd systeem. Het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid biedt vandaag ook al veel mogelijkheden om boeren te subsidiëren. Hoe duurzamer het product, hoe lager de prijs voor de consument zou moeten zijn. Daarom moet de boer die het duurzaamste produceert, of die produceert op basis van een maatschappelijke keuze (bv. in het derde compartiment, met natuurinclusieve landbouw), de grootste vergoeding kunnen krijgen van de overheden.

The estimated annual number of deaths attributed to each risk factor. Estimates come with wide uncertainties especially for countries with poor vital registration¹.



Figuur 21: Vele risicofactoren voor vroegtijdige sterfte zijn dieet-gebonden. We eten te weinig groenten, fruit en peulvruchten, en te veel suikers, vetten, zout en rood vlees: daarom zijn er ook meer mensen met obesitas dan ondervoede mensen (Our World in Data⁶²).



Figuur 22: Jaarlijkse kosten van voedsel: productiekosten en externe kosten (links); verdeling van de omgevingskosten (rechts) (Hendriks et al., 2023).

⁶² <https://ourworldindata.org/grapher/number-of-deaths-by-risk-factor>

Ten slotte zijn er nog (psycho)sociale kosten, bv. door ongelijke verloning, schendingen van de mensenrechten, enz. Men heeft weinig ervaring met het berekenen van die kosten. In Vlaanderen zien we deze kosten in de eerste plaats gereflecteerd in het mentale welzijn van de boer (zie ook hoofdstuk 3). Landbouwers lopen meer risico op overmatige mentale druk dan andere beroepscategorieën. In deze context werd Boeren op een Kruispunt⁶³ opgericht, een hulporganisatie voor Vlaamse boeren en tuinders in nood. De vraag naar hulp vanuit de sector stijgt jaar na jaar, en zowel jonge als oudere landbouwers lijden onder mentale druk. Men heeft echter onvoldoende kennis over en weinig ervaring met het berekenen van deze (psycho)sociale kosten.

DEELCONCLUSIE

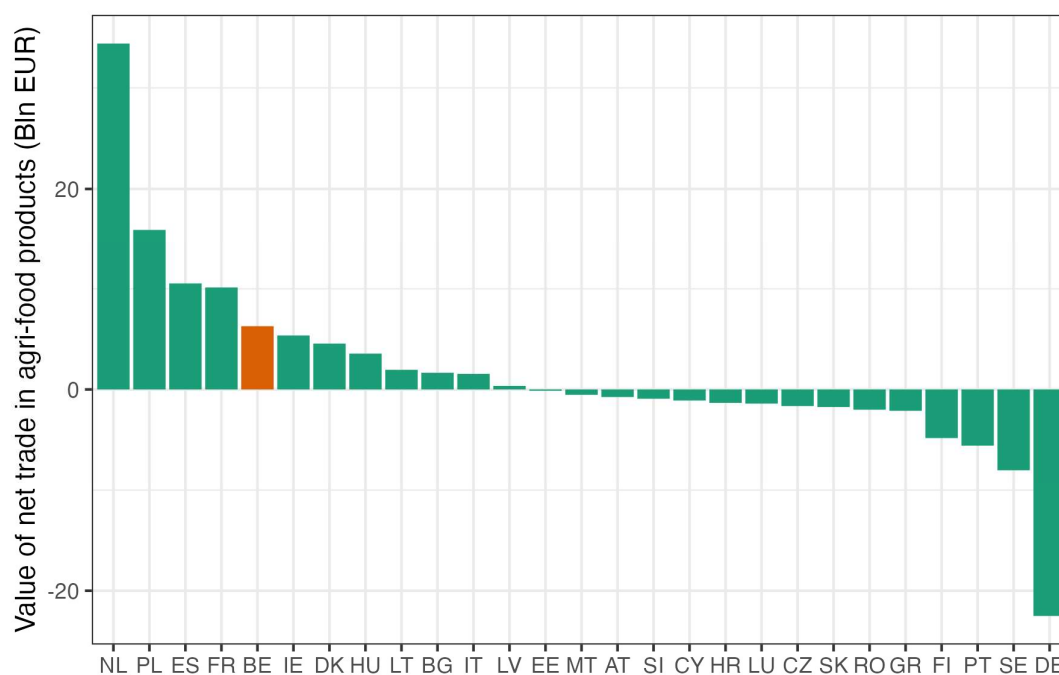
De voedselproductie brengt aanzienlijke opportuniteits- en externe kosten met zich mee, die meestal niet worden weerspiegeld in de prijs van landbouwproducten. Deze kosten omvatten onder andere de impact op koolstofopslag en biodiversiteit, evenals negatieve effecten op de menselijke gezondheid door ongezonde voeding. Bovendien kunnen keuzes in landbouwmethoden en gewaskeuze internationale repercussies hebben, zoals verhoogde voedselonzeekerheid. Het correct doorrekenen van deze kosten zou niet alleen leiden tot eerlijke prijzen die duurzaamheid bevorderen, maar ook tot een beter verdienmodel voor landbouwers en een gezondere samenleving. Het is essentieel om de werkelijke kosten van voedselproductie in kaart te brengen en een systeem op te zetten waarin zowel consumenten als overheden bijdragen aan het verminderen van de negatieve impact.

⁶³ <https://www.boerenopeenkruispunt.be/wie-zijn-we>

13. DE WERELDWIJDE VOEDSELMARKT

Kernboodschap: De mondialisering van het voedselsysteem draagt over het algemeen bij tot voedselzekerheid en leidt niet noodzakelijk tot een hogere koolstofvoetafdruk dan de korte keten. Tegelijk zijn er risico's verbonden aan internationale handel op het vlak van lokale milieu-impact en importafhankelijkheid. Het Europese landbouw- en handelsbeleid moet streven naar coherentie en duurzaamheid in voedselsystemen, zowel binnen als buiten de EU.

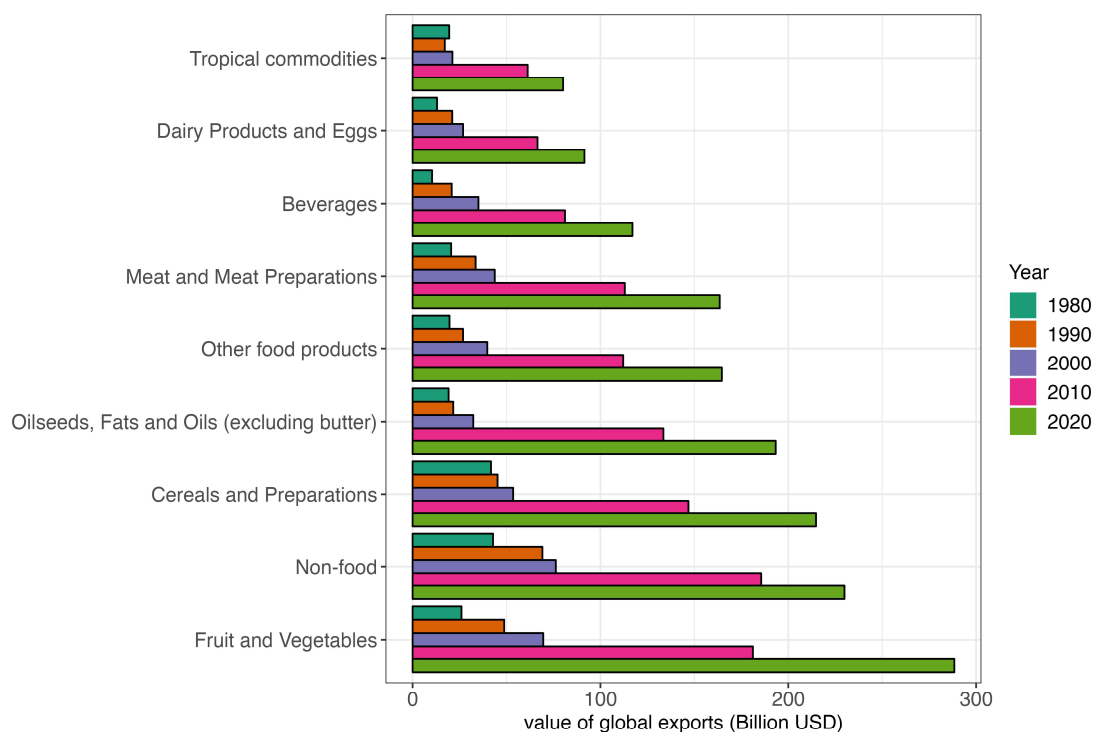
De Belgische landbouw- en voedingssector is sterk verankerd in het mondiale voedselsysteem. Zo voerde België in 2022 voor ongeveer 52,9 miljard euro landbouw- en voedingsproducten uit en voor ongeveer 46,6 miljard euro in, wat een exportsaldo van 6,3 miljard oplevert.⁶⁴ Het grootste deel van deze handel verloopt binnen de EU, meer bepaald 39,8 miljard aan export en 35,1 miljard aan import, wat neerkomt op 75% van de totale Belgische export- en importwaarde. De voornaamste importproducten zijn tarwe, plantaardige oliën (palmolie, zonnebloemolie, koolzaadolie), wijn, kaas en gerst. De voornaamste exportproducten zijn diepvriesgroenten, chocoladeproducten, bier, bakkerijproducten en varkensvlees. Voedingsproducten zorgen voor een belangrijk positief saldo op onze betalingsbalans. Dat is ook het geval in Nederland, Polen, Spanje en Frankrijk, terwijl Duitsland, Zweden, Portugal en Finland netto-importeurs zijn (Figuur 23).



Figuur 23: Nominale nettowaarde van de handel in landbouw- en voedingsproducten voor België en de 26 andere EU-landen in 2022 in miljard euro. Berekeningen van de auteurs op basis van gegevens van COMEXT (Eurostat).

⁶⁴ Eurostat ComExt database DS-059322 - EU trade since 2002 by HS2-4-6 and CN8: <https://ec.europa.eu/eurostat/comext/newxtweb/setupdimselection.do>

De waarde van de internationale handel in landbouw- en voedingsproducten is mondiaal sterk toegenomen in de afgelopen decennia (Figuur 24). De belangrijkste omzet van producten die internationaal verhandeld worden, is op mondiaal niveau te vinden bij groenten en fruit, non-foodproducten (veevoeders), granen en graanbereidingen, en oliezaden, oliën en vetten. De totale handelswaarde in de wereld bedroeg in 2020 meer dan 1.500 miljard US-dollar. In internationale handel speelt productdifferentiatie een belangrijke rol, daarbij gaat het om de mate waarin de vraag van de consument afhangt van het producerende bedrijf of land. Primaire landbouwproducten, bv. landbouwproducten in bulk zoals granen, oliezaden en melkpoeder, zijn over het algemeen homogene producten met weinig productdifferentiatie. Zo zijn tarwe uit Frankrijk, Australia, de VS of Rusland onderling inwisselbare substituten voor afnemers. De prijs van homogene producten wordt volledig bepaald door de internationale markt. Aangezien retailers en de verwerkende industrie dezelfde producten ook in het buitenland kunnen aankopen, zijn de prijzen voor de landbouwers dus sterk onderhevig aan internationale concurrentie. Voedselproducten, bv. kaas of wijn, zijn over het algemeen heterogene producten met een sterke mate van productdifferentiatie. Het producerende bedrijf of land speelt een grotere rol en er is een zekere mate van prijsdifferentiatie mogelijk. Verder in dit hoofdstuk bespreken we internationale concurrentie met betrekking tot handelsakkoorden, maar eerst gaan we in op de impact van internationale handel op voedselzekerheid en op duurzaamheid.



Figuur 24: Veranderingen in nominale waarde van de mondiale handel in landbouw- en voedingsproducten, 1980-2020. Voor elk jaar is een gemiddelde van de exportwaarde van drie jaartallen weergegeven (bv. gemiddelde van 1991, 2000 en 2001 voor 2000). Berekeningen van de auteurs op basis van gegevens van FAOSTAT⁶⁵ (FAO). *Tropical commodities* omvatten koffie, cacao, thee, vanille en specerijen, *Other food products* omvatten suiker en andere verwerkte voedingsproducten, *Non-food* omvat veevoeders en tabak.

⁶⁵ FAOSTAT Detailed trade matrix: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TM>

De impact van de internationale voedselhandel op de wereldwijde voedselzekerheid is complex. De internationale handel heeft in het algemeen een positief effect op de beschikbaarheid, diversiteit, betaalbaarheid en stabiliteit van voedsel, maar er zijn ook risico's verbonden aan de vrije handel, met name op het vlak van ongelijkheid, milieu of sterk geconcentreerde ketens (Martin & Laborde, 2018). De wereldwijde voedselketens zijn cruciaal voor de beschikbaarheid van voedsel. Zo blijkt uit een studie dat het voor slechts 11% tot 28% van de wereldbevolking mogelijk zou zijn om in voldoende basisvoedsel (zoals tarwe, maïs en rijst) te voorzien met een lokaal voedselsysteem waarin gewassen geteeld worden binnen een straal van 100 km (Kinnunen et al., 2020). Bovendien creëert internationale handel de mogelijkheid om producten te telen in regio's met een comparatief voordeel (bv. door geschikte bodems of een geschikt klimaat), waardoor er op mondiaal niveau land en water gespaard kan worden (Dalin et al., 2016). Daarnaast kunnen tijdelijke lokale voedseltekorten (bv. door droogte) via internationale handel opgevangen worden, wat de stabiliteit van voedselvoorziening ten goede komt (Janssens, 2024). Tewerkstelling, inkomen en voedselzekerheid van een regio kunnen ook verhogen dankzij de export van landbouwproducten, wat in Senegal werd aangetoond voor de tuinbouwsector (Van den Broeck et al., 2017; 2018). Zulke positieve effecten op voedselzekerheid gelden echter niet wanneer een lokaal geteeld product in concurrentie komt met een goedkoper geïmporteerd product (Baylis et al., 2019). Een ander aspect dat de voedselzekerheid ten goede kan komen is prijsstabiliteit, die over de lange termijn doorgaans beter is op de internationale markten dan op de lokale markten (Martin & Laborde, 2018). Onverwachte schokken in de lokale vraag of het lokale aanbod van voedsel kunnen via internationale handel gebufferd worden. Daarnaast zorgt handel er ook voor dat producten van verschillende teeltseizoenen beschikbaar zijn.

Er zijn echter ook periodes waarin internationale markten erg volatiel zijn of hoge prijsstijgingen vertonen. Zulke situaties komen voor wanneer er grootschalige schokken zijn (bv. door klimaatextremen of oorlogen) in belangrijke exporterende of importerende landen. De impact van zulke schokken op de internationale prijs kan bovendien versterkt worden door marktinterventies door overheden. Toen in 2022 de internationale prijs van tarwe steeg door de inval van Rusland in Oekraïne, implementeerden andere landen marktinterventies zoals exportrestricties om de binnenlandse prijs laag te houden, wat zorgde voor een verdere stijging van de internationale tarweprijs (Martin & Minot, 2023). Regio's zijn kwetsbaar voor schokken op de internationale markt als ze sterk afhankelijk zijn van de import of export van één bepaald product of van handel met één bepaalde handelspartner. Zo had bv. het Russische embargo in 2014 een grote weerslag op de export van Vlaams fruit en werd de Belgische frietindustrie zwaar getroffen door de daling in de internationale vraag omwille van de sluiting van de horeca tijdens de corona-epidemie. De hoge tarweprijzen in 2022 als gevolg van de Russisch-Oekraïense oorlog vormden een risico specifiek voor landen met een hoge import-afhankelijkheid, met een groot aandeel van tarwe in hun dagelijkse voedselconsumptie en met een reeds bestaand probleem van voedselonzeekerheid (voornamelijk landen in Afrika en het Midden-Oosten) (IFPRI).

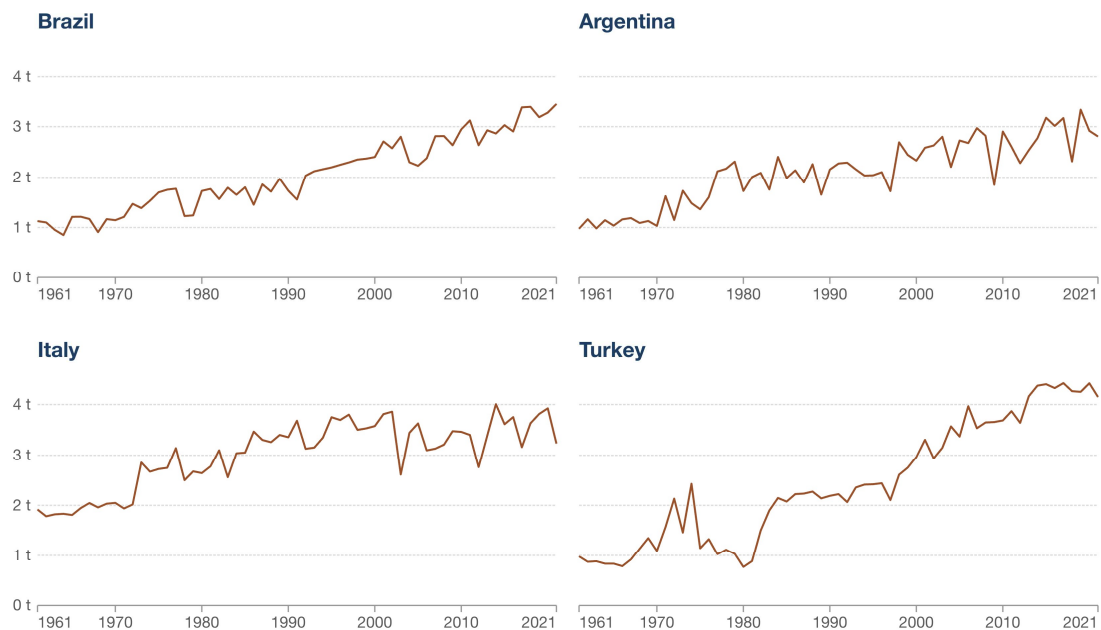
Vanuit duurzaamheidsoverwegingen worden er veel vraagtekens geplaatst bij de globalisering. Veelal worden de milieukosten van het transport aangehaald, maar meestal vallen die kosten wel mee. Waar de mondiale broeikasgasuitstoot van de voedingssector ongeveer een derde van de totale menselijke broeikasgasuitstoot bedraagt, is het aandeel van het transport van voedingsproducten daarin nauwelijks 4,8% (Crippa et al., 2021). Dit wordt verklaard doordat het grootste deel van het internationale transport met de boot gebeurt, met een lage emissie-intensiteit. Van het totale volume aan landbouw- en voedingsproducten dat de EU importeert van buitenaf, wordt 76,4% per

boot vervoerd, versus 23,1% over land (trein of wegtransport) en slechts 0,5% met het vliegtuig.⁶⁶ De uitstoot van maritiem transport bedraagt, per kg product en per afgelegde km, slechts 0,01 tot 0,02 g CO₂, afhankelijk van de koeling. Als een product met het vliegtuig vervoerd wordt, is de uitstoot 50 tot 100 maal hoger, namelijk gemiddeld 1,13 g CO₂ per kg per km. Het transport per vrachtwagen zit daar tussenin en leunt meer aan bij het boottransport (Ritchie, 2020; Poore & Nemecek, 2018). Landgebruik, productieprocessen en energiegebruik in opslag zijn belangrijker dan transport in het bepalen van de koolstofvoetafdruk (Stein & Santini, 2021). In tegenstelling tot de algemene veronderstelling is lokaal geproduceerd voedsel, dat over een relatief korte afstand getransporteerd wordt, dus niet noodzakelijk duurzamer op het gebied van de koolstofvoetafdruk dan geïmporteerd voedsel, dat vaak een lange weg aflegt.

Veel belangrijker is wat je eet en hoe dat geproduceerd wordt. Zo zijn vleesproducten veel minder duurzaam dan plantaardige voeding (Poore & Nemecek, 2018), ook als de vleesproducten lokaal geproduceerd zijn en de plantaardige voeding geïmporteerd wordt. Binnen eenzelfde voedselcategorie is de productiemethode doorgaans doorslaggevend om te weten of het lokale dan wel het geïmporteerde product de betere keuze is (Cristea et al., 2013). Wanneer een land met een relatief koud klimaat zoals het VK groenten importeert uit meer zuidelijke Europese landen, dan zijn die milieuvriendelijker dan groenten lokaal geteeld in verwarmde serres, ondanks het transport in gekoelde vrachtwagens (Frankowska et al., 2019). De productiemethode kan wel mede bepaald worden door de herkomst. Zo wordt de soja in ons veevoeder veelal geïmporteerd vanuit Brazilië en Argentinië. Het land dat nodig is voor deze sojaproductie gaat ten koste van het regenwoud en andere natuurlijke landschappen (Pendrell et al., 2019; Hong et al., 2022), wat zeker niet duurzaam is. Bij de soja die we importeren, worden dan ook veel vraagtekens geplaatst. Het zou duurzamer kunnen zijn om soja of substituuwgewassen in Europa te telen. Italië en Turkije hebben bv. een sojateelt die productiever is dan de Braziliaanse of de Argentijnse (Figuur 25), waardoor, indien het land beschikbaar is, de milieudruk en de afhankelijkheid van soja uit Zuid-Amerika zouden kunnen afnemen. Daarnaast kan een vermindering van de consumptie van dierlijke eiwitten zorgen voor een lagere vraag naar soja voor veevoeder (zie ook hoofdstuk 4). Naast soja zijn ook andere producten die geproduceerd worden voor de internationale markt (zoals palmolie, koffie, cacao, thee en suiker) verantwoordelijk voor een groot deel van de ontbossing van tropische regenwouden en de bijhorende broeikasgasuitstoot (Pendrell et al., 2019; Hong et al., 2022) en het biodiversiteitsverlies (Lenzen et al., 2012).

De milieu- en klimaatimpact van internationale voedselhandel is dus complex en niet eenduidig. Zo kan de impact positief zijn wanneer het exporterende land efficiënter produceert dan het importerende land, en negatief zijn wanneer er grootschalige ontbossing aan gelinkt is zoals aan de productie van tropische exportgewassen. De impact kan ook afhangen van de indicator. Zo is de Belgische export van veeteeltproducten efficiënt in termen van broeikasgasuitstoot, maar zijn er tegelijk wel grote negatieve lokale milieueffecten aan verbonden door de stikstofuitstoot en eutrofiëring.

⁶⁶ Eurostat ComExt database DS-059334 - Extra-EU trade since 2002 by mode of transport, by HS2-4-6: <https://ec.europa.eu/eurostat/comext/newxtweb/setupdimselection.do>



Figuur 25: Evolutie van de opbrengsten van soja per ha in Italië, Brazilië, Turkije en Argentinië (Ritchie et al., 2022).

Er is een groot aantal kosten en regels verbonden aan de internationale handel. Die omvatten onder andere importtarieven, transportkosten en sanitaire en fytosanitaire standaarden waaraan verhandelde goederen moeten voldoen. Zo verbiedt de EU de import van vlees afkomstig van dieren gekweekt met groeihormonen en zijn er strenge regels over de maximale toegelaten hoeveelheid van residuen van gewasbeschermingsmiddelen in geïmporteerde voedselproducten. Terwijl de onderhandelingen over mondiale handelsliberalisering stroef verlopen, is er de voorbije twee decennia een sterke stijging aan bilaterale en regionale handelsakkoorden. In zulke akkoorden maken een beperkt aantal handelspartners onderling afspraken over het verlagen van importtarieven en het harmoniseren van standaarden. Zo valt momenteel 40% van de externe handel van de EU binnen dergelijke akkoorden (de interne handel in de EU is vrij van importtarieven) (Blot & Kettunen, 2021). Een studie berekende wat de impact zou zijn van een set van 12 recente handelsakkoorden (die al dan niet nog in onderhandelingsfase zijn) van de EU met externe handelspartners (o.a., Canada, de Mercosur-landen, Japan en Australië) op de Europese landbouw tegen 2030 (Ferrari et al., 2021). De handelsakkoorden zouden in het algemeen een positief effect hebben op de handelsbalans van de Europese agrovoedingssector, maar met belangrijke verschillen binnen de sector. Europese producenten van zuivel, varkensvlees, tarwe en wijn en dranken zouden profiteren van een verhoogde export, productie en prijs, terwijl Europese producenten van rundvlees, schapenvlees, pluimvee, suiker en rijst zouden moeten concurreren met een verhoogde import van buitenaf.

Naar aanleiding van zulke handelsakkoorden worden er bezorgdheden geuit door de Europese landbouwsector over het gebrek aan een gelijk speelveld en oneerlijke concurrentie van buitenaf. In vergelijking met de meeste andere landen legt de EU strengere regels op aan landbouwers, bv. inzake het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en dierenwelzijn. Verschillende beleidsmaatregelen kunnen worden aangewend om een gelijk speelveld te creëren. De laatste decennia groeit bv. de aan-

dacht voor milieunormen in handelsakkoorden (Brandi & Morin, 2023), al is de impact daarvan onzeker omdat de bepalingen tot nu toe vaak of onvolledig zijn of niet gecontroleerd worden (Blot & Kettunen, 2021). Zo bevatten alle handelsakkoorden van de EU sinds 2009 een clausule over handel en duurzame ontwikkeling, maar zijn er pas vanaf 2022 ook mechanismen die deze clausule effectief handhaven (Blot & Kettunen, 2021; European Commission, 2022b). Het is te vroeg om de impact van deze nieuwe mechanismen op het creëren van een gelijk speelveld waar te nemen (Matthews, 2020). Een ander instrument tegen een ongelijk speelveld zijn *'due diligence'*-verplichtingen voor bedrijven inzake duurzaamheid. Zo hebben het Europese Parlement en de Europese Raad recent beslist over een nieuwe EU-wet in verband met ontbossingsvrije toeleveringsketens. De wet stipuleert dat alle bedrijven die palmolie, runderen, soja, koffie, cacao, hout en rubber op de Europese markt brengen, zullen moeten kunnen aantonen dat er geen ontbossing gelinkt is aan de productie van deze producten in het land van origine. Dit kan de ecologische voetafdruk van Europese consumptie reduceren, maar de netto-impact op ontbossing en emissies in exporterende landen hangt finaal af van de reactie van andere importerende landen zoals China. Zonder mondiaal uniforme handelsregels kan de export van producten die gepaard gaan met ontbossing simpelweg afgewend worden naar niet-Europese afzetmarkten. Naast het creëren van een gelijk speelveld kan het beleid ook inspelen op productdifferentiatie, d.w.z. zorgen dat producten met hogere standaarden op het vlak van bv. klimaat, milieu of dierenwelzijn aantrekkelijker zijn voor de consument. Dit kan zowel door harde (regulatie, taksen, subsidies) als zachte (nudging, educatie) maatregelen (zie ook hoofdstuk 4).

Ten slotte heeft het Europese handels- en landbouwbeleid ook een invloed op de producenten en consumenten in andere regio's. In het vroegere Gemeenschappelijk Landbouwbeleid zorgden gekoppelde subsidiebetalingen, exportsubsidies en directe marktinterventies voor een verhoogde landbouwproductie in de EU en een exportoverschot (Kornher & Von Braun, 2020). De export van voedseloverschotten aan lage prijzen naar Afrikaanse landen zorgde voor een oneerlijke concurrentie met lokale landbouwers en een belemmering van de ontwikkeling van de Afrikaanse landbouwsector (Kornher & Von Braun, 2020). Met de afschaffing van exportsubsidies en gekoppelde subsidiebetalingen in 2003 is deze negatieve impact substantieel verminderd. Het huidige Europese landbouwbeleid focust sterk op milieu- en klimaatvereisten: er wordt verwacht dat dit kan leiden tot een daling in de Europese productie- en exportvolumes (Kornher & Von Braun, 2020; De Keyser & Woolfrey, 2021). De verminderde concurrentie als gevolg van een lagere Europese export kan een gunstige impuls geven aan investeringen in productiviteitsgroei en modernisering in de Afrikaanse landbouwsector (Kornher & Von Braun, 2020). Wanneer productiviteitsgroei en verhoogde productie in Afrika echter uitblijven, zou het Europese beleid nadelige gevolgen kunnen hebben voor consumenten in Afrika (De Keyser & Woolfrey, 2021).

DEELCONCLUSIE

De Belgische en Europese landbouwer opereert in een mondiaal voedselsysteem. De milieukosten van de internationale landbouw- en voedselhandel zijn vooral afhankelijk van de productiemethoden in het land van herkomst, terwijl het aandeel van transport eerder beperkt is. Internationalisatie kan bijdragen tot meer voedselzekerheid in ruimte en tijd, meer dan een puur lokaal voedselsysteem. Producten kunnen geteeld worden in de regio's waar ze het beste presteren, waardoor er op mondiaal niveau land gespaard kan worden en de milieudruk kan afnemen. Tegelijkertijd creëert de productie voor de internationale markt voor sommige landen en goederen belangrijke lokale negatieve milieu-

effecten en is een hoge afhankelijkheid van voedselimport niet zonder risico's, vooral in lage-inkomenslanden. Die risico's manifesteren zich in het geval van hoge internationale prijsstijgingen gecreëerd door grootschalige schokken, geconcentreerde ketens en marktinterventies. Het Europese landbouw- en handelsbeleid moet streven naar coherentie en duurzaamheid in voedselsystemen zowel binnen als buiten de EU.

14. VOEDSEL- EN LANDBOUWBELEID

Kernboodschap: De Europese en Vlaamse landbouwdoelstellingen zijn lovenswaardig, maar het kompas staat niet altijd in de juiste richting, terwijl de landbouwsector in Vlaanderen voor een reeks belangrijke uitdagingen staat die structurele maatregelen vragen. Het beleid biedt soms weinig toekomstzekerheid voor de Vlaamse landbouwer.

HET EUROPESE KOMPAS VOOR DE LANDBOUWSECTOR

De *Farm to Fork*-strategie van de EU⁶⁷ is een onderdeel van de Europese Green Deal, die erop gericht is voedselsystemen eerlijk, gezond en milieuvriendelijk te maken. De *Farm to Fork*-strategie heeft meerdere doelstellingen. Ze streeft ernaar om (i) de milieu- en klimaatvoetafdruk te verkleinen: het doel is om het gebruik van chemische gewasbeschermingsmiddelen, kunstmest en antibiotica te verminderen en biologische landbouwpraktijken te bevorderen om de duurzaamheid van het voedselsysteem te verbeteren. Ze wil (ii) gezonde en duurzame voedselconsumptie bevorderen: de strategie wil een verschuiving teweegbrengen in de vraag van consumenten naar duurzame voedselopties door middel van etikettering en voorlichting, zodat consumenten gemakkelijk gezonde en duurzame keuzes kunnen maken. Het is de bedoeling om ook (iii) de voedselvoorzieningsketens te versterken: door de afhankelijkheid van kritieke toeleveringsketens te verminderen, wil de strategie voedselsystemen weerbaarder maken tegen crises zoals pandemieën en klimaatverandering. Tot slot streeft de *Farm to Fork*-strategie ernaar om (iv) voedselverlies en -verspilling te verminderen, met name om tegen 2030 de voedselverspilling te halveren, en om (v) mondiale duurzaamheid te bevorderen door het verminderen van de koolstofvoetafdruk van voedselproductie wereldwijd. Deze doelstellingen zijn zondermeer lovenswaardig. Tegelijk is er echter een discrepantie tussen de zeer precieze doelstellingen aan de productiezijde enerzijds en die aan de consumptiezijde anderzijds. Zo moet het gebruik en risico van gewasbeschermingsmiddelen tegen 2030 met 50% verminderen (al zal deze doelstelling niet meer gevolgd worden, zie ook hoofdstuk 7), moet het verlies aan nutriënten met ten minste 50% verminderen en het gebruik van meststoffen met minstens 20%, en moet minstens 25% van het landbouwareaal in de EU biologisch worden. Anderzijds wordt er alleen gepleit voor een dieet met een kleinere ecologische voetafdruk, waarbij alleen wordt opgemerkt dat plantaardig voedsel over het algemeen een kleinere impact op het milieu heeft dan dierlijk voedsel. De afbouw van de veestapel als logisch gevolg komt echter niet ter sprake. Die afbouw is nochtans noodzakelijk om de landbouw te verduurzamen (zie hoofdstuk 4), op voorwaarde dat de verminderde productie ten gevolge van deze maatregelen niet naar elders verplaats wordt. Hoewel de strategie de rol van innovatie en technologie voor het bereiken van de doelen benadrukt, kan ook de vraag gesteld worden of de noodzakelijke (technologische) oplossingen op de korte termijn (2030) voldoende beschikbaar zijn. Overleg met landbouwers en wetenschappers had ook beter zicht kunnen geven op de mate waarin de voorgestelde maatregelen realistisch zijn. Zo is er geen voldoende bewijs dat halvering van het gebruik en risico van gewasbeschermingsmiddelen in hoogproductieve systemen mogelijk is (zie ook hoofdstuk 7).

De belangrijkste tekortkoming van de Europese Green Deal is dat er intenties worden geformuleerd zonder dat er a priori een impactanalyse werd gemaakt. Een beperkt draagvlak en verkeerde

⁶⁷ https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en

beleidsvoering loert dan al snel om de hoek. In de VS heeft het *United States Department of Agriculture* (Beckman et al., 2020) als eerste een impactanalyse gemaakt van enkele maatregelen uit de *Farm to Fork*- en de biodiversiteitsstrategie (Tabel 4). Het is duidelijk dat de impact van deze strategieën op alle (socio-economische) parameters negatief is, behalve voor het inkomen van de boeren. In het geval van bioboeren bestaat het gevaar van inkomensonzekerheid, wat aangetoond werd voor Franse melkboeren.⁶⁸ Verontrustende gevolgen zijn de stijging van het aantal mensen in voedselonzekerheid met 185 miljoen en de stijging van de voedselprijzen. Er kan ook verwacht worden dat een deel van de productie uitbesteed zal worden naar elders, waarbij nieuw land zal moeten worden vrijgemaakt, resulterend in extra klimaatkosten, het zogenaamde *leakage*-effect (zie ook hoofdstuk 4). Na deze Amerikaanse impactanalyse kwamen ook studies door de universiteit van Wageningen (Bremmer et al., 2021), de universiteit van Kiel (Henning et al., 2021) en de eigen onderzoeksinstelling van de Europese Commissie, het *Joint Research Centre* (Barrero-Hurle et al., 2021), tot gelijkaardige conclusies, zij het soms met meer voorzichtigheid en nuance. Met een voorafgaande analyse van diverse scenario's en de impact van die scenario's had de Europese Commissie betere voorstellen kunnen uitwerken en het draagvlak voor de *Farm to Fork*-strategie kunnen vergroten.

Tabel 4: Socio-economische impact van de *Farm to Fork*-maatregelen op Europa, de VS en de wereld (Beckman et al., 2020).

Scenario	EU	VS	wereldwijd
Productie (percentage verandering)	-7	-9	-11
Prijs (percentage verandering)	53	62	89
Import (percentage verandering)	-5	-15	-4
Export (percentage verandering)	2	3	
Bruto inkomen boerderij (percentage verandering)	15	34	17
Toename voedselprijs (jaarlijks per capita verandering in US-dollars)	602	512	450
Toename voedselonzekerheid (miljoenen personen)	-	-	185
Bbp (verandering, in miljard US-dollars)	-133	-74	-1.144

We hebben zelf een aantal vereenvoudigde theoretische berekeningen gemaakt rond alternatieve scenario's voor de *Farm to Fork*-strategie (Keulemans et al. 2020; niet gepubliceerde nota). We berekenden wat er gebeurt (i) als de doelstelling van 25% biolandbouw vervalt en nog ongeveer 10% van de landbouwoppervlakte in de EU biologisch blijft (huidige situatie), (ii) als er meer (maar duurzaam) bemest wordt om de productiekloof te verkleinen, (iii) als de veeteelt met 20% zou verminderen, o.a. om de consumptie van (rood) vlees te verminderen. De resultaten van deze denkoefening staan in Tabel. Hier zien we dat er niet alleen minder grond voor landbouw gebruikt wordt wanneer de biologische landbouw niet uitbreidt (maatregel (i)), maar dat er ook minder broeikasgasuitstoot is voor eenzelfde productie. Het is duidelijk dat een halvering van de productiekloof in de EU (maatregel (ii)) de grootste oppervlakte zal vrijmaken: bijna 35 miljoen ha of 20% van het EU-landbouwareaal. Als deze vrijgekomen oppervlakte als natuur wordt ingericht, zou dit de grootste opportuniteitswinst meebrengen dankzij de extra CO₂-opname. Het halveren van de productiekloof vraagt wel meer bemesting: zowat 3,3 miljoen ton stikstof plus andere meststoffen. Een gedeelte van deze extra bemesting kan wellicht gecompenseerd worden door een verdere reductie van overbemesting in sommige gebieden, bv. Vlaanderen. Vooral de productie van stikstof-kunstmeststoffen vraagt veel energie (dus CO₂-productie). Bovendien kan de productiekloof nog verder gedicht worden door het optimaliseren van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. De totale grondoppervlakte die vrijkomt door een

⁶⁸ <https://vilt.be/nl/nieuws/franse-markt-voor-biomelk-uit-evenwicht>

combinatie van maatregelen (i) tot (iii) is 71,1 miljoen ha, wat ongeveer neerkomt op 44% van het EU-landbouwareaal. De winst op het gebied van broeikasgassen bedraagt 584 megaton CO₂e (Tabel 5), zowat 129% van de huidige broeikasgasuitstoot. Hierdoor zou de EU-landbouw meer dan klimaatneutraal worden. Deze analyse toont op zijn minst aan dat er verschillende theoretische scenario's mogelijk zijn om de landbouw te vergroenen. Het ontbreken van impactanalyses en van het afwegen van alternatieve mogelijkheden zijn duidelijk grote pijnpunten in de *Farm to Fork*-strategie.

Een laatste bedenking is dat er ook geen optimale afstemming is van de *Farm to Fork*-strategie, noch met het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid, noch met de biodiversiteitsdoelstellingen, waardoor 10% van het landbouwareaal in vergroeningsmaatregelen valt, noch met de natuurherstelplannen. Ten eerste zijn er geen expliciete linken tussen de diverse maatregelen van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid en de *Farm to Fork*-doelstellingen. Het is ook niet duidelijk wat de impact van de maatregelen van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid op deze doelstellingen zou zijn. Bovendien kan de landbouwer, naast de verplichte maatregelen, kiezen op welke maatregelen van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid in te tekenen. Uiteraard maakt dit een coherent, gericht en efficiënt landbouwbeleid zeer moeilijk.

Tabel 5: Berekening van de impact van de EU-F2F-doelstellingen: (i) het vervallen van de doelstelling van 25% biolandbouw, van (ii) het halveren van de productiekloof door extra bemesting, en van (iii) reductie van de veestapel met 20% op het landgebruik, de broeikasgasuitstoot en de koolstof-opportunitetskosten door het veranderd landgebruik (eigen berekeningen).

Maatregel	landgebruik (Mha)	broeikasgasuitstoot (Mton CO ₂ e)	Opportunitetskosten (Mton CO ₂) (1)
(i) Geen 25% bio- landbouw	- 13,5	- 23,5 + 6,75 = - 16,75 (5)	101,3
(ii) Halveren productiekloof ~ mest	- 34,6	+ 20 (3)	259,5
(iii) Reductie veestapel 20%	- 23 (2)(4)	- 54	172,5

(1) Gerekend aan een CO₂-captatie door bos van 7,5 ton CO₂/jaar, wat een gemiddeld cijfer is voor bos en andere natuur; dit kan wel heel variabel zijn van regio tot regio.

(2) De oppervlakte voor veeteelt (weilanden en voedergewassen) in de EU wordt geschat op 65% van de totale landbouwoppervlakte.

(3) Verhoogd meststofgebruik impliceert ongeveer 100 megajoule per kg energiekost meststoffen (vooral stikstof), berekend op basis van extra stikstof-bemesting (volgens Schils et al. in Keulemans et al., 2020).

(4) De oppervlaktebesparing gebeurt ook buiten de EU.

(5) Berekend op basis van de cijfers in de tabel, waarbij er meer bemesting is en de broeikasgasuitstoot door de veeteelt gemiddeld gehalveerd wordt.

HET VLAAMSE LANDBOUWBELEID

De Vlaamse landbouw staat voor enkele prangende uitdagingen die structurele veranderingen vergen op het gebied van stikstofuitstoot en klimaatmitigatie. Daarnaast moet Vlaanderen nog een plan opstellen om het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen te reduceren. Verder is er de EU-Natuurherstelwet die vraagt om tegen 2050 10% van de oppervlakte van het landbouwgebied te vergroenen, wat neerkomt op ongeveer 62.000 ha landbouwwand. Bovendien dienen heel wat habitats hersteld te worden die momenteel onder intensief landbouwgebied liggen. Voor landbouwers zijn dat moeilijk te verteren dossiers, temeer omdat de Vlaamse overheid sommige dossiers te lang heeft laten aanslepen en nog altijd geen afdoende plan van aanpak heeft opgesteld. De Vlaamse landbouwer leeft in een grote onzekerheid en het beleid neemt die onzekerheid momenteel niet weg.

Een voorbeeld van weinig ambitieus beleid is het Vlaamse Energie- en Klimaatplan (2018, met aanvullende maatregelen van het VEKP 2021 en 2023). Vandaag bedraagt de broeikasgasuitstoot in de Vlaamse landbouw meer dan 7,8 miljoen ton CO₂e. Sinds 2000 is de broeikasgasuitstoot alleen maar gestegen, ondanks ruim twintig jaar reductiebeleid. De EU vraagt 40% reductie,⁶⁹ Vlaanderen vindt 29% voldoende. De vraag is niet alleen of de EU dat zal aanvaarden, maar ook of die 29% gehaald zal worden. De tussentijdse doelstelling in 2025 is een reductie van 12% ten opzichte van 2005, maar de uitstoot vandaag⁷⁰ ligt ongeveer 8% hoger dan in dat referentiejaar (Tabel). Tegen 2025 moeten we de uitstoot met ongeveer 20% reduceren. Het is bovendien verwonderlijk dat de Vlaamse regering in 2019 ook al een Vlaams Energie- en Klimaatplan goedkeurde, dat tot dusver, voor wat landbouw betreft, dode letter is gebleven, terwijl andere sectoren erop vooruitgaan. Bovendien bevat het nieuwe plan van 2023 (een aanpassing van het plan van 2021 op vraag van de EU) veel intenties, maar zijn er bijna geen impactanalyses van de voorgestelde maatregelen uitgevoerd. Zo zou tegen 2030 de CO₂-uitstoot verbonden met energie (vooral in glastuinbouw) met ongeveer 50% moeten dalen, maar behalve de afschaffing van subsidies voor warmtekrachtkoppelingen die op aardgas draaien en elektrische energie leveren, wordt er niet duidelijk aangegeven of we die reductiedoelstelling kunnen halen. Warmtekrachtkoppelingen vormen de belangrijkste bron van alternatieve energie in de landbouw (Platteau et al., 2018): zij zijn efficiënt omdat ze de productie van elektriciteit en warmte combineren. Bovendien zijn vele reducties gebaseerd op maatregelen die in het beste geval nog in een onderzoeks-fase zitten, dus waarvan de deugdelijkheid in de praktijk nog helemaal niet vaststaat. Een prangend punt is ook dat er nergens expliciet sprake is van de afbouw van de veestapel (op de reductie met 30% van de varkensteelt na, zoals wordt opgelegd in het stikstofdecreet – maar tegen dit decreet bestaat veel weerstand, zowel in de sector als bij diverse politieke partijen). In hoofdstuk 4 over de eiwitshift hebben we zelf berekeningen gemaakt over de impact van een dergelijke afbouw. Die cijfers zijn ook bij de overheid beschikbaar. Het Vlaamse Energie- en Klimaatplan bevat evenmin remediëringsscenario's. Bovendien hebben de maatregelen betrekking op eerder laaghangend fruit: hoe wordt de reductie na 2030 verder uitgewerkt? Hierover moet dringend duidelijkheid worden geschapen als men de Vlaamse boer een toekomst wil geven.

Tabel 6: Reducties van broeikasgasuitstoot die opgenomen worden in het Vlaamse Energie- en Klimaatplan.

	2005	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	doel 2025	doel 2030
Totale broeikasgasuitstoot (Mton CO ₂ e)	7,3	7,0	6,9	7,2	7,3	7,3	7,4	7,6	7,7	7,8	6,4	5,1
Evolutie broeikasgasuitstoot t.o.v. 2005 (%)		-4%	-6%	-2%	0	+1%	+1%	+4%	+5%	+8%	-12%	-29%

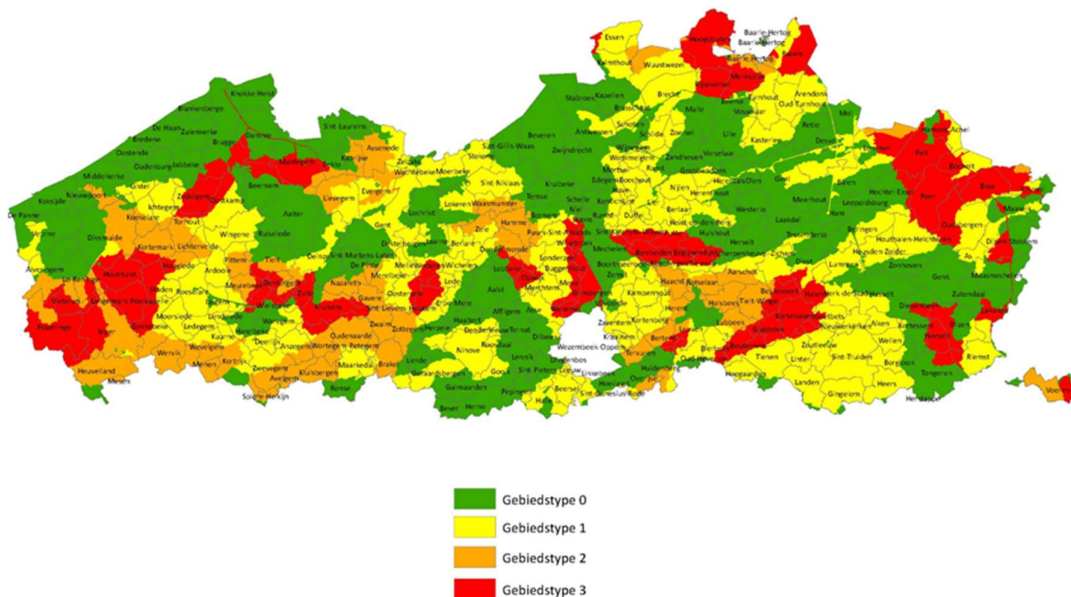
Ook het stikstofbeleid⁷¹ is een nog erg moeilijk dossier, waarover pas onlangs een politieke consensus bereikt werd. Zo is er de problematiek van de verplichte installatie van luchtwassers in de varkens- en kippenteelt, waarvan men niet echt weet tot hoeveel ammoniakreductie dit leidt. Bovendien is die maatregel moeilijk realiseerbaar in de biologische veeteelt, waar er sprake is van vrije uitloop. De sector vraagt ook om te berekenen welke impact de vooropgestelde inkrimping van de varkensstapel zal hebben op de ammoniakuitstoot en de stikstofdepositie, vooral voor Natura 2000-gebieden.

⁶⁹ <https://www.consilium.europa.eu/nl/infographics/fit-for-55-effort-sharing-regulation/>

⁷⁰ Voor 2022: <https://www.vmm.be/klimaat/broeikasgasemissies-per-sector>

⁷¹ <https://www.vmm.be/wetgeving/Stikstofdecreet>

Nochtans leren de cijfers en kaarten van de Vlaamse Milieumaatschappij⁷² duidelijk waar de problemen liggen. Regio's met een zeer intensieve veeteelt kennen vandaag een zeer hoge ammoniakuitstoot en stikstofdepositie. De vraag rijst of die depositie voldoende verminderd kan worden om natuurherstel in dergelijke gebieden mogelijk te maken. Misschien is het realistischer om rond clusters met intensieve landbouw de natuur- en biodiversiteitsverwachtingen beter op elkaar af te stemmen. Bovendien stoot de intensieve rundveehouderij evenveel ammoniak uit als de varkenshouderij (zie bijlage 1, Tabel 7). In gebieden met intensieve veeteelt wordt het een uitdaging om beide uitstoten van elkaar te onderscheiden zodat de reductiebehoefte van de varkensstapel berekend kan worden. Mogelijk bieden nieuwe technologieën voor het afvangen van ammoniak een oplossing, zoals het gebruik van salpeterzuur, dat na reactie met ammoniak ammoniumnitraat vormt, een stikstofmeststof.⁷³ Deze technologieën zijn vandaag echter nog niet praktijkrijp. Natuurgebieden zullen met het huidige beleid dus wellicht verder door stikstofdepositie bedreigd worden, zij het in mindere mate. Hoewel het ammoniakprobleem een oud zeer is, ontbreekt er nog altijd een overtuigend wetgevend kader dat de boeren zekerheid biedt.



Figuur 26: Indeling van het Vlaamse areaal in gebiedstypes. Gebiedstype 0 (groene kleur) zou een bemestingsreductie met 15% moeten doorvoeren, de andere gebieden (geel, oranje en rood gekleurd), zelfs 30% (VLM⁷⁴).

Hetzelfde geldt voor de bemestingsproblematiek (zie ook hoofdstuk 6), die ook vooral een stikstofprobleem is. De bemesting wordt geregeld via het mestactieplan (Vlaamse Landmaatschappij, 2024), dat circa om de drie jaar herzien wordt. Ruim twintig jaar na de opstart zijn we toe aan het voorstel voor mestactieplan 7, terwijl de stikstofoverschrijdingen in het oppervlakte- en grondwater het laatste decennium nog altijd niet sterk verminderd zijn. Uitvoerige informatie over bemesting in Vlaanderen is terug te vinden in het mestrapport (Vlaamse Landmaatschappij, 2023). Positief is dat er geen overbemesting meer is met fosfor. De overschrijdingen die voor fosfor nog worden vastgesteld,

⁷² <https://www.vmm.be/lucht/stikstof/stikstofdepositie>

⁷³ <https://www.products.pcc.eu/nl/blog/salpeterzuur-v-kenmerken-gebruik-en-gevaren/#:~:text=Salpeterzuur%20toepassingen,in%20hoge%2C%20licht%20verteerbare%20doses>

⁷⁴ https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/Mestbank/Algemeen/gebiedstype_totaal_ge-meente_2023.pdf

zijn te wijten aan de industrie, de huishoudens en de historische overbemesting. De regels voor stikstofbemesting werden in het nieuwe mestactieplan 7-voorstel nog aangescherpt (Figuur 26) afhankelijk van het gebied: van 15% reductie ten opzichte van de huidige maximale bemestingsnormen in gebiedstype 0 (gebied met het kleinste risico op overbemesting) tot 30% voor de andere gebiedstypen met een hoog tot zeer hoog risico op overbemesting. Ook die verstrenging zal wellicht echter onvoldoende blijken, omdat de huidige stikstofbemesting (waarop de reductiepercentages dus werden berekend) in Vlaanderen vandaag gemiddeld hoger ligt dan de officiële cijfers (Keulemans et al., 2022). Een belangrijke reden voor die onderschatting is dat in het verleden de input van kunstmeststoffen niet volledig werd meegerekend. Landbouwers zullen daarom een meststofbalans moeten bijhouden, waarin nu ook stikstofhoudende kunstmest wordt opgenomen, wat meer controle- en opvolgingswerk van de overheid zal vergen. Er wordt ook nog geen rekening gehouden met de stikstofdepositie die afkomstig is van ammoniakemissie. In gemeenten met intensieve veeteelt loopt die soms op tot meer dan 40 kg stikstof per ha. Afgaande op de plannen voor het nieuwe mestactieplan 7, dat nog altijd niet is goedgekeurd, zal de overbemesting met stikstof wellicht blijven bestaan, omdat geen rekening werd gehouden met de stikstofdepositie.

De Vlaamse overheid lanceerde enkele jaren geleden een eiwitstrategie⁷⁵ om de eiwitvoorziening en -consumptie te verduurzamen (zie hoofdstuk 4). Het plan bevat zes pijlers, die samengevat kunnen worden als: duurzame diervoeders, duurzame dierlijke productie, meer plantaardige eiwitten en meer nieuwe eiwitten. Dat zijn op zich goede voornemens en de toekomst zal uitwijzen in welke mate ze gerealiseerd kunnen worden. Er kunnen nu echter al twee fundamentele bedenkingen geformuleerd worden: meer plantaardige eiwitten impliceert dat de dierlijke eiwitten en dus ook de productie ervan afgebouwd moeten worden, dit werd echter niet opgenomen in de eiwitstrategie. Om onze afhankelijkheid van de soja-import (voornamelijk voor diervoeding) te verminderen geeft men financiële impulsen aan de Belgische sojateelt. Hiervoor is er echter geen grond beschikbaar, aangezien de soja-import voor de veeteelt beslag legt op ongeveer een oppervlakte die groter is dan de volledige Vlaamse akkerlandoppervlakte. Niet alleen het oppervlakteprobleem maakt de soja-doelstelling weinig realistisch, maar ook het gegeven dat Vlaanderen zeker geen ideale regio is om soja te telen: in Italië of Turkije is de sojateelt productiever dan in Vlaanderen⁷⁶ en van een betere kwaliteit. De vraag rijst ook welke gewassen er hier dan afgebouwd moeten worden ten voordele van de sojateelt.

Onlangs werd er een nieuwe Vlaamse voedselstrategie voorgesteld die de naam Go4Food meekreeg.⁷⁷ Met het plan wil men een strategie ontwikkelen voor het Vlaamse voedingssysteem, met experten uit de wetenschap, het beleid, de overheidsinstellingen, de sector en het middenveld. Het initiatief heeft dus een heel breed draagvlak: de voedselcoalitie. Er is ook een breder politiek engagement: “Gezond, duurzaam, voldoende en veilig voedsel aan een correcte prijs voor iedere schakel van de voedselketen staat centraal binnen een voedselbeleid. Het is dan ook van belang dat het huidige landbouwbeleid bijdraagt aan een sterk voedselbeleid waarin de voedselketen integraal en circulair bekeken wordt. De Vlaamse Regering zal in samenwerking met de vraag- (consumenten) en aanbod-zijde (agrovoedselketen) van de markt een Vlaamse voedseltop organiseren.”⁷⁸ Vlaanderen wil het

⁷⁵ <https://lv.vlaanderen.be/beleid/vlaamse-kost/eiwitstrategie>

⁷⁶ <https://ourworldindata.org/crop-yields>

⁷⁷ <https://lv.vlaanderen.be/beleid/vlaamse-kost-voedselstrategie>

⁷⁸ https://lv.vlaanderen.be/sites/default/files/attachments/dienst_kennis_stage_voedselbeleid_voor-jaar_2022.pdf

regionale voedselplan duidelijk in een internationale context inpassen, met afstemming op de *Farm to Fork*-strategie en de mondiale voedselcontext, waarbij men in de schoot van de VN duurzame voedselsystemen nastreeft. Deze strategie berust op vier pijlers: (i) gezonde en duurzame voeding voor iedereen, (ii) een voedselsysteem binnen ecologische grenzen, (iii) een veerkrachtige voedsel economie en (iv) voedsel dat boer en burger verbindt.

EN DE BOER, HIJ PLOEGDE VOORT

De vraag is wat het effect van al deze beleidsintenties zal zijn op het terrein en wat de impact op de landbouwers zal zijn. Op basis van de bovenstaande analyse is duidelijk dat verschillende beleidsintenties zullen moeten worden bijgestuurd. De ervaring leert dat dit dikwijls gepaard gaat met beslissingen op de korte termijn en dat het ontbreken van een langetermijnvisie fundamentele oplossingen in de weg staat. Dit brengt veel onzekerheid mee voor de landbouwers. Zij zien de noodzaak van veranderingen en zijn bereid hieraan mee te werken, maar ze vragen een realistisch en een stabiel perspectief. De regels die opgelegd worden, mogen ook niet te strikt zijn en moeten rekening houden met het feit dat landbouwers in een veranderlijke biologische context moeten werken. Zo moeten bv. opgelegde data voor bepaalde handelingen ook rekening houden met weersomstandigheden, zoals bv. voor het uitrijden van dierlijk mest of voor het toepassen van kunstmeststoffen en dit binnen een minimaal duurzaamheidskader. Vandaag ondergaat de boer deze beleidsbeslissingen en heeft hij de ruimte niet om zich aan te passen aan toekomstige ontwikkelingen en onvoorziene omstandigheden.

Deze negatieve spiraal kan doorbroken worden, maar dit vraagt overleg tussen de overheid, de sector en de milieubeweging, waar het gemeenschappelijk doel moet primeren op het eigenbelang. De uitdagingen zijn enorm: milieu, klimaat, natuur, duurzaamheid, bedrijfsinkomen en dit tegen een achtergrond van een weinig voorspelbare markt, het verdwijnen van gewasbeschermingsmiddelen wegens de strengere regelgeving, de stijgende prijzen van grondstoffen, enz. Om de beleidsplannen oordeelkundig uit te tekenen is er dus dringend behoefte aan betrouwbare cijfers, impactanalyses, mijlpalen en de opvolging ervan met een consequent bestraffingsbeleid.

DEELCONCLUSIE

Op Europees niveau zijn de doelstellingen van de *Farm to Fork*-strategie lovenswaardig, maar het ontbreken van een allesomvattende impactanalyse, het niet evalueren van mogelijke alternatieve scenario's, de vage verwijzingen naar noodzakelijke dieetwijzigingen en de *top-down* manier waarop maatregelen aan de productiekant worden opgelegd, doen vragen rijzen.

De beleidsplannen van de Vlaamse overheid en de ministers van Landbouw en Visserij (en andere beleidsdomeinen) bieden momenteel te weinig perspectief voor noodzakelijke veranderingen en te weinig zekerheid voor de boer: het ontbreekt aan politieke duidelijke beslissingen voor een duurzame oplossing. Betrouwbare wetenschappelijke en gevalideerde data, het implementeren van impactanalyses, maar ook duidelijke kwantitatieve mijlpalen, de opvolging daarvan en een sanctierings- en beloningspolitiek zijn hierbij essentieel.

En de boer moet deze beleidsbeslissingen ondergaan en dat is moeilijk: het beleid geeft boeren vandaag onvoldoende zekerheid voor hun bedrijfsvoering. Bovendien moeten boeren werken met een onvoorspelbare natuur, wat de implementatie van beleidsbeslissingen niet altijd eenvoudig maakt.

15. EVIDENCE-BASED BELEID

Kernboodschap: Objectieve informatie, die gebaseerd is op data en bewijs, is absoluut noodzakelijk voor de ontwikkeling en aanvaarding van een duurzaam voedselbeleid. Foutieve of tendentieuze beeldvorming moet dus vermeden worden. Kennislacunes zullen moeten worden gedicht en er is een grote nood aan regelmatig overleg tussen het beleid, wetenschappers en de sector.

Beeldvorming speelt een belangrijke rol in het beleid, zowel op Europees als op Vlaams niveau. Het Europese en Vlaamse beleid is soms onvoldoende gebaseerd op objectieve criteria en wetenschappelijk onderbouwde en gevalideerde inzichten. Dit kan de indruk wekken dat het beleid beïnvloed wordt door bepaalde percepties of standpunten van belangengroepen. Binnen de Europese *Farm to Fork*-strategie is er bv. een duidelijke stellingname: onze huidige landbouw kan niet duurzaam zijn, daarom moet sterk ingezet worden op alternatieve productiesystemen. Hierbij wordt het beeld gecreëerd dat alternatieve productiesystemen automatisch altijd beter zijn. Ook in Vlaamse beleidsdocumenten is soms een vergelijkbare benadering te zien. Zoals deze visietekst aantoont is er binnen het huidige landbouwsysteem inderdaad nog veel vooruitgang mogelijk en noodzakelijk en moeten hierin voortdurend stappen gezet worden, maar alternatieve productiesystemen zijn niet altijd duurzamer. Als we door de huidige beeldvorming kiezen voor meer extensieve landbouw, betekent dit een productieverlies. Deze verloren productie zal dan buiten Europa gecompenseerd moeten worden, wat gepaard zal gaan met ontbossing, biodiversiteitsverlies, meer broeikasgasuitstoot en extra klimaatopwarming.

Toch bestaat er in de media een eerder negatief beeld over de Vlaamse landbouw en een positief beeld over alternatieve productiesystemen. Het eerste is in tegenstelling tot de conclusies van een vierjaarlijkse bevraging bij een breed publiek door het Vlaams Informatiecentrum Land- en Tuinbouw onder leiding van Gino Verleye van de UGent, die een positieve beeldvorming aantonen.⁷⁹ Het positieve imago neemt trouwens nog steeds toe, zoals de laatste bevraging aantoont.⁸⁰ Veel media-berichten zijn correct en objectief, maar sommige zijn gebaseerd op incorrecte informatie en/of op een ideologie. Vaak versterkt deze berichtgeving het rooskleurige beeld van de alternatieve productiesystemen, een beeldvorming die dan ook leeft bij het brede publiek. Dit geeft ook aanleiding tot een sterk negatief gekleurd beeld van de conventionele landbouw. Het zou interessant zijn om te onderzoeken waarom er een discrepantie is tussen de eerder negatieve berichtgeving in de pers en het eerder positieve imago van de landbouw.

Het is daarom belangrijk om de informatie en de beeldvorming over landbouw in de media kritisch te analyseren en na te gaan in welke mate die gebaseerd zijn op objectieve en verifieerbare wetenschappelijk onderbouwde informatie. Pieter Spanoghe van de UGent verzette zich bv. in 2022 via een artikel in VILT⁸¹ tegen de negatieve en tendentieuze berichtgeving over gewasbeschermingsmiddelen. De huidige tekortkomingen van gewasbescherming wegen volgens hem niet op tegen de bereikte voedselzekerheid en voedselkwaliteit. Bovendien wordt de druk van gewasbeschermingsmiddelen op het milieu en de menselijke gezondheid steeds kleiner (zie ook hoofdstuk 7). Deze twee elementen worden echter zelden benadrukt.

⁷⁹ <https://vilt.be/nl/nieuws/imago-van-de-vlaamse-land-en-tuinbouw>

⁸⁰ <https://vilt.be/nl/nieuws/waardering-voor-vlaamse-land-en-tuinbouw-nooit-zo-hoog>

⁸¹ <https://vilt.be/nl/nieuws/angstberichten-over-gewasbescherming-doen-ons-evolueren-naar-een-landbouw-buiten-europa>

Een grote verdienste van actiegroepen is wel dat ze op knelpunten in de landbouw wijzen, zodat het beleid hiermee aan de slag kan gaan. Maar de slinger mag niet volledig doorslaan. Actiegroepen zoals het Pesticide Action Network sturen vaak angstberichten de wereld in waarbij data vaak selectief gebruikt worden en niet het volledige verhaal wordt gebracht. Ze houden bv. geen rekening met de vooruitgang die de laatste jaren geboekt is of 'vergeten' de keerzijde van het bannen van gewasbeschermingsmiddelen te vermelden: sterke productieverliezen.

Het landbouwbeleid mag niet gebaseerd worden op een dergelijke beeldvorming, maar moet berusten op harde en robuuste cijfers. De regelgeving kan zich bv. zeker richten op de vermindering in het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen, maar streefcijfers moeten gebaseerd worden op de nodige kennis van mogelijke toekomstige gewasopbrengstverliezen. Hierbij is ook belangrijk dat bedrijfszekere alternatieven snel voorhanden moeten zijn en dat de registratie van laagrisico-gewasbeschermingsmiddelen sneller zou moeten verlopen. Een ander voorbeeld is de afbouw van de veestapel in Vlaanderen. De cijfers wijzen erop dat de negatieve milieu-impact bijzonder groot is en dat klimaatdoelstellingen nooit kunnen worden gehaald zonder een reductie van de veestapel. Toch blijven beroepsorganisaties benadrukken dat een substantiële afbouw niet nodig is.

Bij de huidige beleidsvoering wordt te vaak gekozen voor een niet-fundamentele oplossing op de korte termijn, die de boer en de landbouwproductie niet echt vooruithelpt. Als boeren in Vlaanderen (en Europa) niet geholpen worden om het anders aan te pakken, zullen onze ecologische problemen gewoon verplaatst worden naar elders in de wereld, waar er aandacht is voor duurzame teeltwijzen. Door duurzame oplossingen steeds uit te stellen, kunnen we uiteindelijk vaak niet anders meer dan harde en veelal ondoordachte beslissingen nemen, die meestal ten koste gaan van de boer of de landbouw. Dit gebeurde bv. in het kader van de stikstofproblematiek en zal zich binnenkort waarschijnlijk – nog veel ingrijpender – herhalen voor de klimaatproblematiek met de daaraan gekoppelde afbouw van de veestapel. Het beleid geeft de boeren te weinig toekomst.

Er is dus politieke moed en een daadkrachtig beleid nodig om boeren een duurzame toekomst te geven binnen de maatschappelijke verwachtingen. Dit is in het belang van onze eigen toekomst en die van onze planeet. Het zal ook noodzakelijk zijn om een coherent en holistisch geheel van kwantitatieve duurzaamheidscriteria te hanteren. We hebben de nodige kennis en instellingen om belangrijke stappen te zetten op dit gebied.

EEN ADVIES VOOR HET BELEID EN OVERLEG IN DE LANDBOUW

Een beleid voeren waarmee alle partijen akkoord gaan, is uiterst moeilijk door meningsverschillen, uiteenlopende belangen, overtuigingen en verschillen in waarden en ethische keuzes. Voor veel kwesties is er een gebrek aan bewijs over de aard en de omvang van de problemen, de omvang van de synergiën en compromissen, de effectiviteit van kosten en baten van verschillende beleidsopties. In vele gevallen zijn er hiaten tussen het wetenschappelijk bewijs en de publieke perceptie.

De volgende kerninzichten zijn essentieel om voor ogen te houden bij het vormgeven van een goed beleid (gebaseerd op aanbevelingen van de OESO⁸²):

- Beleidshervormingen creëren winnaars en verliezers. Groepen met uiteenlopende belangen proberen het beleidsproces te beïnvloeden. Het is dus belangrijk dat het beleid door het maatschappelijk belang bepaald wordt en gebaseerd is op objectiveerbare feiten.

⁸² <https://www.oecd.org/gov/ethics/2957360.pdf>

- Mensen hebben dikwijls verschillende waarden en overtuigingen, wat het moeilijk kan maken om een maatschappelijke consensus te bereiken over beleidsprioriteiten. Beleidsmakers moeten onafhankelijk en op basis van verifieerbare data beslissingen durven nemen, soms tegen standpunten van bepaalde groepen in.
- Communicatie en overleg met alle betrokken partijen is een voorwaarde voor goede beleidsbeslissingen.
- Wrijvingen op het ene gebied kunnen wrijvingen op een ander gebied versterken. Door een verschil in waarden kunnen mensen minder openstaan voor feiten die indruisen tegen hun overtuigingen.
- Er bestaan goede praktijken om robuuste, inclusieve en empirisch onderbouwde beleidsprocessen te ontwerpen die fricties met betrekking tot feiten, belangen en waarden helpen voorkomen of beheersen.

KENNISLACUNES MOETEN WORDEN AANGEPAKT

Op verschillende domeinen is onze kennis dikwijls onvoldoende voor een onderbouwd beleid. Een voorbeeld hiervan is het stikstofbeleid in verband met de emissiebeperking van ammoniak. Het zou logischer zijn om dit beleid te baseren op stikstofdepositie, wat toch de oorzaak is van milieu- en biodiversiteitsproblemen. Maar hier stelt zich de vraag wat kritische depositiegrenzen zijn en dit voor specifieke omstandigheden. We weten ook weinig over het verband tussen emissie en depositie en hoe we emissies moeten meten op het niveau van een individueel bedrijf. En wanneer we betrouwbare data hebben, is het ook belangrijk om die goed te interpreteren. Het beleid heeft dus wetenschap en wetenschappers nodig. Een regelmatig en gestructureerd overleg tussen beleid en wetenschap is aangewezen, liefst via een onafhankelijk orgaan, zoals dit ook het geval is voor de implementatie van het beleid via sectororganisaties en middenveldorganisaties.

Kennislacunes bestaan niet alleen in Vlaanderen, maar nog meer in regio's met een grote productiekloof. Daarom is bv. de export van onze *know how* en kennis belangrijk om elders veeteelt met hoge eco-efficiëntie te realiseren (met andere woorden: intensiever waar die nu erg extensief gebeurt en een grote koolstofvoetafdruk heeft).

DEELCONCLUSIE

Zowel het landbouwbeleid als de berichtgeving over landbouw kan nog sterk verbeterd worden door die te baseren op wetenschappelijke data. Die moeten de hoeksteen vormen voor een visie en een langetermijnplanning die een fundamentele oplossing kunnen bieden voor de huidige en verwachte problemen in de landbouw. Hiervoor is een regelmatig en gestructureerd overleg nodig tussen beleid en wetenschap en tussen beleid en organisaties die actief zijn in de sector.

BIJLAGEN

BIJLAGEN BIJ HOOFDSTUK 4: DE EIWITSHIFT

BIJLAGE 1: ACHTERGRONDINFORMATIE AFBOUW VEESTAPEL MET 25%

In de onderstaande Tabel 7 werd het aantal dieren berekend op basis van het aantal geslachte dieren in Vlaamse en Brusselse slachthuizen in 2021. De situatie in 2024 is in dit opzicht weinig veranderd.

Tabel 7: Huidig landgebruik, jaarlijkse vlees of melkproductie, mestproductie, bodemkoolstof, ammoniak-emissie, en broeikasgasemissie van de Vlaamse veestapel samen met toelichting bij de berekeningen (Keulemans et al., 2022).

Parameter	Varkens	Pluimvee (vlees)	Melkkoeien	Zoogkoeien	Totaal
Aantal dieren	11.748.507	231.361.300	330.696	164.788	
Oppervlakte ruwvoeder Vlaanderen (ha)			261.312	78.060	339.372
Oppervlakte krachtvoeder Vlaanderen (ha)	67.329	41.922	13.974	3.811	127.036
Totale oppervlakte veeteelt Vlaanderen (ha)	67.329	41.922	275.286	81.871	466.408
Oppervlakte krachtvoeder elders (ha)	414.123	257.850	85.950	23.441	781.364
Totale oppervlakte veeteelt (ha)	483.452	299.772	361.236	105.312	1.247.722
Consumeerbaar vlees (ton)	802.173	198.894	25.696	44.898	
melk (ton)			2.970.000		
N nutriënten uit dierlijk mest (ton)	56.244	19.338	40.625	12.359	128.566
P2O5 nutriënten uit dierlijk mest (ton)	20.800	10.400	18.900	9.200	59.300
Effectieve C (Ce) uit dierlijk mest (ton)	39.900	4.000	208.000	101.000	352.900
CO ₂ -captatie voor Ce van dierlijk mest (ton)	146.832	14.720	765.440	404.800	1.298.672
NH ₃ -uitstoot	16.020	3.280	10.912	5.460	35.672
Uitstoot methaan productie VI (ton CO ₂ e)	225.175	0	1.504.600	722.175	2.451.950
Uitstoot methaan mestopslag VI (ton CO ₂ e)	677.400	13.725	243.150	116.725	1.051.000
Totale uitstoot methaan Vlaanderen (ton CO ₂ e)	902.575	13.725	1.747.750	838.900	3.502.950
Uitstoot lachgas Vlaanderen (ton CO ₂ e)	297.500	47.600	571.200	273.700	1.190.000
Uitstoot CO ₂ Vlaanderen (ton CO ₂ e) (1)	105.916	141.222	239.066	91.796	578.000
Totaal uitstoot broeikasgas Vlaanderen (ton CO ₂ e)	1.305.991		2.558.016	1.204.396	5.270.950
Geraamde uitstoot broeikasgas voedergewassen elders (ton CO ₂ e) (2)	621.185	386.775	128.925	35.162	1.172.046
Totale broeikasgasuitstoot Vlaamse veeteelt (CO ₂ e)	1.927.176	589.322	2.686.941	1.239.558	6.442.996

- (1) Exclusief productie van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen en de vrijzetting van methaan, gerelateerd aan brandstofverbruik (wel inclusief lachgasemissie bij gebruik van gebruik van (kunst)mest). De CO₂-hoeveelheid die vrijkomt bij de productie van meststoffen (vooral stikstof en weinig fosfor) bedraagt 0,81 ton CO₂/ha en voor gewasbeschermingsmiddelen is dit 0,09 ton CO₂/ha.
- (2) Geraamd op 1,5 ton CO₂ /ha (bodemitmissie meststoffen, energie, ...)

OPPERVLAKTEN

De oppervlakten werden berekend op basis van het gebruik van ruwvoeder en krachtvoeder per type vee. Deze hoeveelheid werd omgerekend naar oppervlakten op basis van de opbrengsten van de gewassen die gebruikt werden om het krachtvoeder te produceren (Tabel 2). De data van de samenstelling en hoeveelheid krachtvoeder per diertype zijn afkomstig van de Belgische Federatie van Veevoederfabrikanten en gebaseerd op de verdeling van de dieren tussen Vlaanderen en Wallonië (Xhonneux, 2021). De Vlaamse oppervlakten zijn gebaseerd op het LARA-rapport (Platteau et al., 2018).

PRODUCTIE NUTRIËNTEN EN C VANUIT DIERLIJK MEST

Zie Tabel 9.

NH₃-EMISSIONS

Gebaseerd op data VMM, 2019a; VMM, 2019b, Vito, 2020⁸³ en LARA-rapporten 2014, 2016, 2018 (Platteau et al.) (verdeling veetypes).

BROEIKASGASSEN

Gebaseerd op Vlaamse Milieumaatschappij, 2018;⁸⁴ Vito, 2020; Xhonneux, 2021; Platteau et al., 2014; 2016; 2018.

Emissie CH₄ (Vlaamse Milieumaatschappij, 2018); verdeling: methaan vanuit mest wordt voor driekwart toegeschreven aan de varkenshouderij en een kwart aan de melkveehouderij. De enterische emissie van de verteeringsprocessen in de rundveesector wordt verdeeld tussen melkkoeien en zoogkoeien op basis van hun stikstofuitscheiding (Platteau et al., 2020).

N₂O is afkomstig van dierlijk mest (mestopslag, mestvervoer en mestverwerking) en vanuit de akkerbouw en tuinbouw (bodemitmissies vanuit dierlijk mest en kunstmeststoffen). Ongeveer de helft van deze bodemitmissies is afkomstig van dierlijk mest (vermindert dus ook bij afbouw veestapel). N₂O op conto van de veestapel bedraagt in totaal 1.190 kton CO₂e, 535 kton rechtstreeks en 655 kton via bodemitmissie van dierlijk mest (data Vito, 2020). De N₂O-emissie vanuit dierlijke mest is min of meer evenredig met de stikstof in dierlijke mest.

Voor CO₂ (energie) rekenen we voor de totale Vlaamse akkerbouw een energetische uitstoot van 10% van de CO₂-uitstoot van de gewasteelt (90% uitstoot op conto van groenten en sierteelt, vooral van de glastuinbouw): 139.000 ton voor 266.626 ha akkerbouw impliceert 0,5 ton/ha voor een voedergewas; hierin is transport en verwerking en de productie gewasbeschermingsmiddelen en kunstmeststoffen niet ingerekend. De uitstoot door fossiele brandstof voor de veeteeltproductie zelf bedraagt 440.000 ton.

Tabel 8: Oppervlakte voor veeteelt voor voedergewassen en krachtvoer; oppervlaktes in ha.

Gewas*	Totaal	Vlaanderen	% Vlaanderen/totaal	Buiten Vlaanderen
Tarwe (9,6 ton/ha)	136.038	64.230	47,8	71.808
Gerts (8 ton/ha)	70.569	16.649	23,6	53.920
Korrelmaïs (10 ton/ha)	105.770	45.600	43,1	60.170

⁸⁴ <https://www.milieurapport.be/sectoren/landbouw/emissies-afval/emissie-van-broeikasgassen>

Sojabonen (2,68 ton/ha)	41.635		0	41.635
Koolzaad (4,2 ton/ha)	11.244	561	5	10.683
Sojaschroot (2,14 ton/ha)	553.781		0	553.781
Grasland (permanent en tijdelijk)	219.487	219.487	100	0
Ruwvoeder (silomaïs)	119.890	119.890	100	0
Totaal	1.247.722	466.408 75% landbouw oppervlakte		781.364
Verdeling (%)	100		37	63

*Gebaseerd op Vlaamse producties wanneer het gewas in Vlaanderen kan worden geteeld; in het andere geval werden internationale gegevens gebruikt.

Verdeling krachtvoeder over veetypes:

- Varkens 53%
- Pluimvee 33%
- Melkkoeien 11%
- Zoogkoeien: 3%

Totaal krachtvoedergewassen Vlaanderen 127.040 ha

Verdeling ruwvoeder en grasland 339.377 ha: 77% melkkoeien (261.320 ha) en 23% zoogkoeien (78.057 ha).

Sojaboon: ha opbrengst is wereldgemiddelde; voor sojaschroot rekenen we 80% productie van specifieke sojateelt (20% is olie). Voor teelt van sojabonen voor sojaolie bedraagt het oliepercentage 40%. Volgens sommige belangengroepen moet sojaschroot als een afvalproduct beschouwd worden, maar gezien hiervoor een specifieke Nasdaq-index bestaat, moet het als een onafhankelijk commercieel product beschouwd worden, waar de sojaolie eerder een bijproduct is. Voor sojaschroot rekenen we dus dat van 1 ha sojateelt 80% gebruikt wordt voor schroot.

Data op basis van gebruik van krachtvoeder (Xhonneux, 2021).

Tabel 9: Geschatte hoeveelheid koolstof (C), effectieve koolstof (Ce) in de geproduceerde dierlijke mest en de effectief gebruikte dierlijke mest.

Diersoort	Productie kton	Gebruik kton	% gebruik	C kton productie	C kton gebruik	% Ce	Ce kton productie	Ce kton gebruik
runderen	9.044	8.321	92	841	774	40	336	309
varkens	3.202	1.729	54	361	195	20	72	39
pluimvee	479	29	6	139	8	50	69	4
totaal	12.825	10.079		1.341	977		477	352

Cijfers en berekeningen op basis van Inagro, 2011 en Vlaamse Landmaatschappij, 2019.

BIJLAGE 2: VERGELIJKING LANDGEBRUIK EN OMGEVINGSIMPACT PER VEETYPE VAN CONVENTIONELE EN BIOLOGISCHE VLEESPRODUCTIE UITGEDRUKT PER KG VLEES DAT JAARLIJKS GEPRODUCEERD WORDT

Tabel 10: omgevingsimpact conventionele veeteelt (berekend op basis van gegevens Tabel 7 in bijlage 1).

	Landgebruik	Emissies							
		N-productie (kg N/jaar)		P-productie (kg P/jaar)		NH ₃ -emissies (kg NH ₃ /jaar)		broeikasgasemissies (kg CO ₂ -eq/jaar)	
		Per kg vlees	Per ha land	Per kg vlees	Per ha land	Per kg vlees	Per ha land (1)	Per kg vlees	Per ha land (2)
Varkens	6,03	0,070	116,34	0,026	43,02	0,020	33,14	2,40	3.986
Pluimvee	15,07	0,097	64,51	0,037	34,69	0,016	10,94	2,28	1.965
Melkkoe	140,50	1,580	112,46	0,520	52,32	0,430	30,21	114,52	7.438
Melkkoe (melk)	1,22	0,014		0,006		0,004		0,90	
Zoogkoe	23,50	0,280	117,36	0,210	87,36	0,122	51,84	27,21	11.770

- (1) Ammoniakemissie per ha geeft een verkeerd beeld, omdat de emissie zich verder verspreid dan 1ha; de emissie moet als semi-lokaal beschouwd worden en verspreidt zich over een groter maar lokaal gebied.
- (2) Broeikasgasemissie mag niet per ha beschouwd worden, maar het effect uit zich in een mondiale temperatuurstijging.

Tabel 11: omgevingsimpact biologische veeteelt.

	Landgebruik	Emissies							
		N-productie (kg N/jaar)		P-productie (kg P/jaar)		NH ₃ -emissies (kg NH ₃ /jaar)		broeikasgasemissies (kg CO ₂ -eq /jaar)	
		Per kg vlees	Per ha land	Per kg vlees	Per ha land	Per kg vlees	Per ha land (1)	Per kg vlees	Per ha land (2)
Varkens	12,59	0,15	81,50	0,057	30,61	0,043	23,04	5,58	2.972
Pluimvee	25,00	0,16	64,38	0,088	35,16	0,027	10,92	5,54	2.219
Melkkoe	304,00	2,50	82,10	1,18	38,79	0,67	22,06	188,12	6.190
Melkkoe (melk)	3,77								
Zoogkoe	49,9	0,42	84,74	0,32	64,06	0,19	37,46	32,27	6.464

- (1) en (2): zie bij opmerkingen conventionele veeteelt.

Bij de berekeningen werd rekening gehouden met de regels die in de biologische veeteelt van toepassing zijn: soms andere rassen met een ander slachtgewicht en uitbeendrendement. Bovendien is de teeltduur dikwijls langer, waardoor de vleesproductie per dier en per jaar nog verder daalt. De veebezetting per ha is ook lager in de rundveeteelt. Bovendien is de productiviteit van voedergewassen ook beduidend lager; de cijfers zijn gebaseerd op Poux & Aubert (2018), die soms beduidend hoger liggen dan de cijfers die het *Joint Research Centre* van de EU (2021) berekende.

Meer achtergrondinformatie over de berekeningen is te vinden in Garner (Barreiro-Hurle et al., 2022).

BIJLAGE 3: PRODUCTIE EN CONSUMPTIE VAN DIERLIJKE PRODUCTEN IN VLAANDEREN. CONSUMPTIE VANDAAG EN VOLGENS AANBEVELINGEN HOGE GEZONDHEIDSRaad

Tabel 12: Productie en consumptie van dierlijke producten in Vlaanderen (eigen berekeningen in 2021).

	varkens	pluimvee	melkkoeien	zoogkoeien
Productie vlees/melk (ton) (1)	802.173	198.884	2.970.000	70.594
Consumptie vandaag (ton)	166.725	56.150	1.099.000	59.150
Consumptie op basis van HGR (ton) (2)	49.980	56.555	726.000	7.748
% consumptie vandaag t.o.v. productie	20,8	28,2	37,0	83,8
% consumptie HGR t.o.v. de productie	6,2	28,4	24,4	10,9

- (1) Vleesproductie van de reforme melkkoeien werd bijgeteld bij de vleesproductie van de zoogkoeien (37% totale vleesproductie).
- (2) De adviezen van de Hoge Gezondheidsraad veronderstellen een drastische verschuiving in de eiwitconsumptie (zie ook hoofdstuk 4): de consumptie van dierlijke eiwitten moet drastisch gereduceerd worden, vooral van rood vlees en verwerkt vlees, de melkconsumptie kan beperkt dalen (alhoewel er ook een controversieel advies is om dit te verhogen van 250 ml/persoon/dag tot 450 ml/persoon/dag om Ca-tekort te voorkomen) en de consumptie van plantaardige eiwitten kan zeer licht stijgen, corresponderend met een areaaltoename van 4.000 ha.

BIJLAGE 4 BIJ HOOFDSTUK 3: GESCHIEDENIS EN SOCIO-ECONOMISCHE ASPECTEN⁸⁵

Tabel 13: Evolutie van het landbouwareaal in België en Nederland (in miljoen ha).

	Nederland	België		Nederland	België
1830	1,86	1,54	1920/1921	2,10	1,85
1850	1,92	1,30	1930/1933	2,24	2,00
1860	1,96	1,90	1940/1937	2,00	1,85
1870	1,99	1,94	1950	2,34	1,80
1880	2,02	1,92	1959	2,31	1,70
1890	2,03	1,92	1970	2,14	1,50
1900	2,08	1,93	1980	2,02	1,40
1910	2,12	1,94	1992	2,01	1,30
			2000	1,98	1,40

Tabel 14: Relatieve productiewaarde, arbeidsbehoefte en waarde per arbeidskracht; referentiejaar 1910.

Productie en werkkraft indexen (1910 = 100)			
year	output	labour	labour productivity
1812	35	114	30
1846	48	139	34
1880	65	122	53
1910	100	100	100
1930	107	64	167
1950	109	54	202
1960	136	44	309

⁸⁵ Tabellen op basis van Segers et al., 2013.

1970	197	24	820
1978	250	15	1667
1996	352	10	3520
growth 1812-1996	x 10	: 11,4	x 117

Tabel 15: Verandering in grondgebruik volgens de gewassen (totaal per jaar = 100%) in België.

	1760	1846	1880	1910	1929	1950	1980	2000
Totaal granen	56	49	47,7	39	32	29,2	27,4	22,5
Broodgranen	35	34	32	23,6	18,5	14,8	14,1	11,2
Andere granen	21	15	15,4	15,3	13,6	14,0	13,3	11,3
Grasland	12	17,7	18	27,4	37,8	45,4	49,1	45
Aardappelen	1	6,4	10,1	8,2	8,1	5,4	2,7	5,1
Voedergewassen	7	8,7	9,2	8,6	6	3,3	7	12
Wortelgewassen	-	1	1,8	4,2	4,7	4,2	1,2	2,1
Peulvruchten	-	3,9	1,7	0,7	0,6	0,7	0,1	0
Industriegewassen	4	3,7	4,9	4,9	4,6	5,1	9	14,3
Tuinbouw		4,6	4,1	5,6	5,8	5,3	3,8	4,2
Braakland	12	4,5	2,1	0,4	-	1,5	0,3	0,5
Andere	/	0,5	0,6	1,1	0,4	0,1	0,2	0,4
Totaal	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabel 16: Productiviteit (kg/ha) van enkele belangrijke landbouwgewassen in België.

	tarwe	rogge	aardappel	gerst	suikerbiet
1846	1418	1569	14392	1895	-
1880	1635	1505	10504	1871	34528
1895	1967	1967	16887	2113	31921
1910	2427	2220	17673	2609	28307
1937	2714	2370	28977	2532	28977
1950	3421	2638	22370	3154	31165
1984	6332	4256	34649	5788	51782
1996	8140		42110	7270	56920

Tabel 17: Evolutie van het aantal dieren (runderen) en plaatsen voor varkens en pluimvee in de Belgische veeteelt.

	melkkoeien	vleesrunderen (zoogkoeien)	aantal plaatsen voor varkens	aantal plaatsen voor pluimvee
1880	795	1.381	658	
1895	847	1.533	1.272	
1910	988	1.960	1.436	
1921	771	1.574	824	
1929	1.003	2.034	1.314	

1937	1.087	2.078	1.828	
1950	936	2.112	1.344	7.590
1980	976	2.896	5.011	18.319
2001	596	3.038	6.834	35.000

Tabel 18: Tewerkstelling in landbouw.

	Absoluut aantal arbeidskrachten	Relatief aantal ten opzicht van de totale tewerkstelling (%)
1760	735.000	40
1812	895.000	43
1846	1.083.601	40
1860	940.000	32
1870	930.000	28
1880	953.000	29
1890	858.000	23
1900	836.000	20
1910	780.000	17
1937	49.000	9
1947	422.000	7
1960	340.000	6
1970	185.000	3
1980	115.000	2
2000	80.000	18

Tabel 19: Evolutie kunstmeststoffengebruik in België (ton).

	nitrogen	P2O5	potassium
1895	12.650	15.570	2.335
1910	27.000	38.500	8.000
1929	57.000	71.000	40.000
1950	75.709	78.501	148.567
1980	126.300	71.300	103.300

Tabel 20: Evolutie gemiddelde bedrijfsoppervlakte (ha).

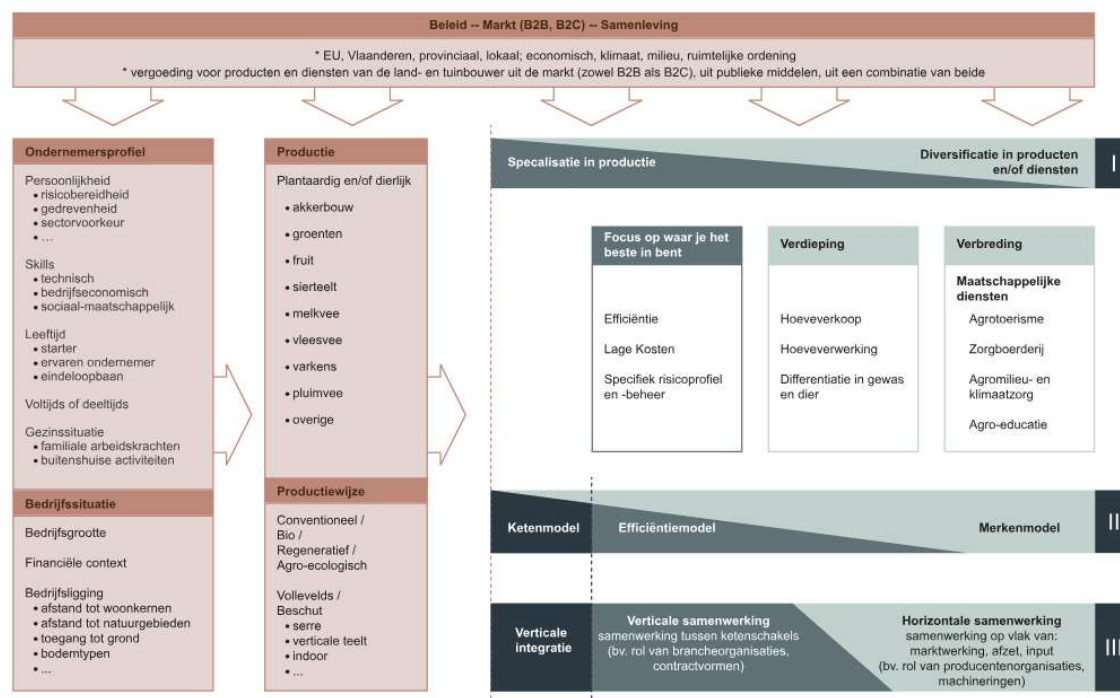
1880	6,26
1895	6,65
1909	6,08
1929	6,39
1950	6,83
1959	8,23
1970	10,66
1980	14,75
2000	30,00

Tabel 21: Evolutie aantal dieren en aantal plaatsen (varkens, pluimvee) per bedrijf.

	Runderen per bedrijf	Varkensplaatsen per bedrijf	Vleeskippenplaatsen per bedrijf
1950	10	10	-
1959	13	10	-
1970	23	45	905
1980	39	124	2.404
1990	56	332	6.131
2001	83	712	15.293

Tabel 22: Evolutie van het aantal landbouwmachines in de beginperiode van de landbouwmechanisatie in België.

	1856	1880	1895	1910	1929
Dorsmachines	555	6.930	10.005	20.484	33.016
Zaaimachines		1.835	5.528	12.166	
Gecombineerde graanoogst-machines		1.015	1.112	6.615	22.098
Grasmaaimachines		422	703	12.640	51.022
Melkmachines				67.402	164.494

**Figuur 27: Reflectiekader Strategische Adviesraad voor Landbouw en Visserij rond structuren en bedrijfsoriëntaties in de land- en tuinbouw (De Graef, 2020⁸⁶).**

⁸⁶ https://www.salv.be/sites/default/files/media/webthemas/salv/SALV_reflectietiekader_20200529.svg

VERKLARENDE WOORDENLIJST

Agro-ecologie: een ecologische benadering van de landbouw waarbij optimaal gebruik wordt gemaakt van natuurlijke hulpbronnen en ecosysteemdiensten met de bedoeling om de landbouw te verduurzamen en de impact op de omgeving te verminderen.

Agroforestry (boslandbouw): landbouwproductiesysteem waarbij de teelt van (vrucht)bomen of struiken bewust gecombineerd wordt met die van een landbouwgewas of het houden van landbouwdieren op eenzelfde perceel.

Agromilieumaatregelen: het gaat om het vrijwillig toepassen van milieu-, klimaat-, en natuurvriendelijke landbouwpraktijken die bijkomende inspanningen vragen van de landbouwers binnen het kader van een vijfjarige verbintenis (ecoregelingen gelden voor 1 jaar) en waarvoor ze subsidies kunnen aanvragen op basis van een beheersovereenkomst.

Agrovoltais: verwijst naar het dubbel gebruik van landbouwgrond voor zowel gewasproductie als voor het opwekken van zonne-energie boven het gewas via fotonvoltaïsche cellen in zonnepanelen.

Ammoniak (NH₃): een kleurloos gas met een sterke geur, een chemische verbinding tussen stikstof en waterstof. Het heeft nadelige effecten op de natuur (vermesting en verzuring) en de biodiversiteit. Het wordt nabij de bron van productie in de vorm van nitraat afgezet, wat de oorzaak is van extra stikstofbemesting. In de veeteelt wordt het gevormd via mest in veestallen, beweiding en mestopslag, en toediening van dierlijke en kunstmest. Het ontstaat na omzetting van ureum in de urine door het enzym urease. De landbouw is de voornaamste bron van ammoniakuitstoot.

Basisbemesting/gefractioneerde bemesting: bemesting die de basis vormt van de (jaarlijkse) bemesting en die dikwijls bestaat uit dierlijke mest, waaruit de nutriënten geleidelijk worden vrijgegeven, niet altijd volgens de behoeften van de plant. De basisbemesting kan aangevuld worden met extra bemesting in functie van de behoeften van het gewas, meestal met kunstmeststoffen (niet toegelaten in de biologische landbouw). Door de extra bemesting die in een of meerdere keren kan worden toegediend kunnen planten beter groeien en is er minder uitspoeling.

Biobrandstof: brandstof die gemaakt wordt uit biomassa. De brandstoffen kunnen in vaste vorm voorkomen (bv. afvalhout uit de houtindustrie, houtschilfers), vloeibare vorm (bv. uit energiegewassen) en gasvorm (bv. door vergisting vanuit dierlijke mest of GFT).

Biodiversiteit: de verscheidenheid van levensvormen binnen een ecosysteem, geografische gebied of de totale planeet. Refereert meestal naar soortendiversiteit, diversiteit binnen de soort, aantallen levende organismen en soms in relatie met de fysische omgeving (water, reliëf, enz.).

Biodiversiteitsstrategie: een maatregel of een geheel van maatregelen erop gericht de biodiversiteit te behouden of te bevorderen.

Biogebaseerde economie (bio-economie): omvat alle economische activiteiten die gebruik maken van biologische organismen of processen (bv. melkverwerking, composteren, enz.).

Bioreactor: een reactor (ruimte) waarin biologische processen plaatsvinden in beheerste omstandigheden. Bioreactoren worden meestal gebruikt om micro-organismen, veelal bacteriën of schimmels, te laten groeien en ze commercieel nuttige stoffen te laten produceren zoals farmaceutische verbindingen of voedingsstoffen. De bioreactor is een belangrijk instrument in de biotechnologie.

Bodembedekking/dekgewas: gewassen die (dikwijls na de hoofddeelt) gekweekt worden om de bodem te bedekken en zo te beschermen tegen uitdroging of overtollig water (door verdamping) en tegen erosie. Ze worden ook gebruikt om het organische stofgehalte in de bodem te verhogen na inploegen.

Bodembewerking: bewerking van de bodem door ploegen of freezen. Door ploegen wordt de bodem tot een diepte van 30 cm omgekeerd, freezen is minder drastisch en gebeurt oppervlakkig. Bodemverdichting kan verbeterd worden door (met een mes) de grond tot op grotere diepten te scheuren.

Bodemdegradatie: degradatie van de bodem als gevolg van overbemesting, erosie, verdichting, overmatig gebruik van onkruidbestrijdingsmiddelen, opstapeling van toxische stoffen (bv. PFAS), wateroverlast e.d. Gedegreerde bodems hebben een lagere productiviteit.

Bodemkoolstof, koolstofboeren: koolstof die in de bodem wordt opgeslagen, bv. door de gewassen die erop groeien, bemesting met dierlijke mest of door groenbemesters. Hierdoor wordt de CO_2 die door de planten werd opgenomen in de bodem opgeslagen. Een deel van deze koolstof wordt terug zeer snel vrijgegeven, bv. door microbiële afbraak, in de vorm van CO_2 , een broeikasgas, een ander deel blijft in meer vaste vorm opgeslagen in het humuscomplex. Door CO_2 -opslag wordt dit broeikasgas verminderd en zal de temperatuur op aarde minder snel stijgen. Boeren worden gestimuleerd om zoveel mogelijk organische stof in de bodem op te slaan en hierdoor een bijdrage te leveren tot een verminderde opwarming van de aarde.

Bodemstructuur: de bodemstructuur of bodemmorfolgie is de onderlinge rangschikking en samenhang van de vaste gronddeeltjes. Ze speelt een zeer belangrijke rol bij de groei van planten. De vaste gronddeeltjes bestaan uit zand, klei of leem en dode organische stof (humus). De deeltjes kunnen dicht op elkaar gepakt zitten, waardoor de bodem weinig zuurstof bevat en het water minder gemakkelijk naar onderliggende lagen doordringt en meer afspoelt. De pakking kan losser zijn, wat een kruimelige bodem geeft.

Bodemvoedselweb: het complex van een levend systeem, waarin bodemorganismen elkaars voedsel kunnen zijn. Het bodemvoedselweb is belangrijk voor de bodemvruchtbaarheid.

Bodemvruchtbaarheid: vruchtbaarheid van de bodem, die plantengroei mogelijk maakt; de bodem bevat voldoende nutriënten die opneembaar zijn voor de plant.

Broeikasgassen – definitie: gassen die in de atmosfeer terechtkomen en die bijdragen tot de opwarming van de aarde. Broeikasgassen belangrijk voor de landbouw zijn: (i) CO_2 gevormd bij verbranding van fossiele brandstoffen voor verwarming van serres, stallen enz., en bij gebruik van landbouwvoertuigen; (ii) methaan (C_2H_4), dat uitgestoten wordt bij verteringsprocessen van runderen, geiten en schapen en bij de teelt van rijst, en (iii) lachgas (N_2O), dat ontstaat bij opslag en gebruik van dierlijke mest en stikstofkunstmeststoffen.

Broeikasgassen – afbraak: CO_2 wordt in de atmosfeer niet afgebroken; het CO_2 -gehalte kan alleen verminderen door CO_2 opname, bv. door landbouwgewassen, grasland en bossen. Methaan breekt traag af en het afbraakproces duurt ongeveer 13 jaar. In de landbouw wordt methaan vooral geproduceerd door de veeteelt. Wanneer het aantal dieren niet vermindert, wordt er evenveel methaan afgebroken als er geproduceerd wordt en blijft het opwarmend vermogen hetzelfde. Lachgas blijft zeer lang in de atmosfeer en de afbraak duurt ongeveer 150 jaar.

Broeikasgassen – opwarmend vermogen (ook CO_2e): het opwarmend vermogen wordt uitgedrukt in CO_2 -equivalenten (CO_2e). Het opwarmend vermogen van lachgas is 273 keer dat van CO_2 , het is dus een zeer krachtig broeikasgas. Het opwarmend vermogen van methaan is minder dan dat van lachgas: 28 keer dat van CO_2 , maar de landbouw produceert veel meer methaan dan lachgas, waardoor dit meer bijdraagt aan de broeikasgasuitstoot van de landbouw.

Clubrassen: rassen, voornamelijk in de fruitteelt, waarop kwekersrecht bestaat, dat in handen is van een organisatie (bv. een veiling): de 'club'. Deze club bepaalt de voorwaarden voor de teelt en de verkoop van het ras: wie mag bomen telen, wie mag het fruit telen, hoe wordt het fruit bewaard en verkocht. Het systeem van plant tot consument wordt dus streng gecontroleerd met een betere kwaliteitsgarantie, waardoor meestal ook premieprijzen voor het ras betaald worden.

Circulaire economie (ook kringlooeconomie): een economisch en industrieel systeem waarin geen eindige grondstoffenvoorraden worden uitgeput en waarin de reststromen volledig worden ingezet in het systeem. Landbouw is in grote mate circulair: het overgrote gedeelte van de reststromen in het systeem worden gerecupereerd, terwijl veel reststromen uit andere sectoren in de landbouw gebruikt worden.

Cisgenese: (zie genetische transformatie).

Codificatie: overheidsbeleid en regulerende maatregelen. Dikwijls zijn deze regulerende maatregelen repressief, bv. de richtlijn dat maximale stikstofemissies niet mogen worden overschreden.

Conventionele landbouw (gangbare landbouw): landbouw zoals die traditioneel ontstaan is en zoals die door de meeste landbouwers uitgeoefend wordt. De vorm onderscheidt zich van andere landbouwsystemen door het (niet verplichte) gebruik van kunstmeststof, gewasbeschermingsmiddelen en mechanisatie. Het systeem kan al dan niet grootschalig zijn. Het gebruik van genetisch gemodificeerde gewassen is toegelaten. In Europa houdt conventionele landbouw ook in dat geïntegreerde gewasbeschermingsmaatregelen moeten worden toegepast.

CRISPR-Cas: zie precisieveredeling.

Dekgewas: zie bodembedekking.

Draagkracht (van een productiemethode of teeltmaatregel): geeft aan in welke mate het ecologisch systeem de productiemethode of teeltmaatregel kan ondergaan. Wanneer de draagkracht overschreden wordt, loopt het ecosysteem (onherstelbare) schade op. Bv. door overbesteding kan er bodemdegradatie optreden en kan het zeer lang duren tot dit negatieve effect kan worden weggewerkt.

Driecompartimentenmodel: een ruimtelijk model in de landbouw waarin er 3 typen van grondgebruik gecombineerd worden; een gebied waarin er maximaal wordt ingezet op (liefst duurzame) landbouwproductie en waarin er relatief weinig aandacht is voor natuur, een compartiment waar volop voor natuur gekozen wordt en een derde compartiment waar natuur belangrijk is en waarin landbouw wordt toegelaten (natuur-inclusieve landbouw of landbouw-inclusieve natuur, al naar gelang de klemtoon). Dit derde compartiment kan ook dienen als buffer tussen intensieve landbouw en natuur.

Drijfmest (ook mengmest, aalt, soms aal): is een vloeibare meststof die bestaat uit een combinatie van dierlijke uitwerpselen, vloeibare mest (gier), en eventueel water. Drijfmest wordt gespreoid, maar om de ammoniakemissie te beperken nu vooral geïnjecteerd in de grond. Het bevat weinig organische stof.

Duurzame landbouw (duurzaam): landbouw die zo bedreven wordt dat hij economisch rendabel is en toch geen hypotheek op de toekomst legt. De duurzaamheid situeert zich op economisch gebied (de boer moet er een aanvaardbaar inkomen uit kunnen putten), de productie moet gebeuren binnen de draagkracht van het landbouwecosysteem en moet sociaal aanvaardbaar zijn, zowel voor de boer als voor de maatschappij.

Ecologische voetafdruk: de ecologische voetafdruk (ook mondiale voetafdruk of kortweg voetafdruk) voor een bepaald jaar is een getal dat weergeeft hoeveel biologisch productieve grond- en wateroppervlakte een bepaalde bevolkingsgroep of individu in dat jaar gebruikt om zijn consumptieniveau te kunnen handhaven en zijn afvalproductie te kunnen verwerken. Het gaat om een hypothetisch getal, gemeten in mondiale hectares. Wordt in deze visietekst vooral gebruikt om aan te geven in welke mate een landbouwactiviteit druk legt op het ecosysteem.

Ecoregelingen: een van de nieuwe elementen van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) 2023-2027, die landbouwers ondersteunen bij het toepassen van praktijken die de negatieve gevolgen van de landbouw voor het milieu en het klimaat tot een minimum beperken, en hen naar duurzamere landbouwmodellen helpen te evolueren. De maatregelen die door de EU gesubsidieerd kunnen worden zijn

opgelist in de GLB-documenten. De engagementen op basis van een beheersovereenkomst gelden voor 1 jaar, in tegenstelling tot agromilieumaatregelen, die gelden voor 5 jaar.

Ecosysteem: een natuurlijk systeem dat bestaat uit de biologische interacties tussen alle organismen die in een bepaald gebied voorkomen, en de wisselwerking tussen deze organismen en hun abiotische omgeving.

Ecosysteemdiensten: de bijdragen van ecosystemen aan voordelen voor de mens die bijdragen aan de economie en andere activiteiten. Men onderscheidt producerende diensten (bv. voedselproductie, water, enz.), regulerende diensten (bv. waterzuivering, klimaatregulatie, koolstofvastlegging, bestuiving, enz.) en socio-culturele diensten (bv. natuurlijke omgeving voor recreatie, toerisme, enz.).

Eenheid product: landbouwproductie en gerelateerde kenmerken kunnen uitgedrukt worden in hun totaliteit (bv. het aantal koeien in Vlaanderen, de vleesproductie van alle Vlaamse varkens per jaar, de totale broeikasgasuitstoot van de productie van kippen in Vlaanderen, enz.), maar ook per eenheid, bv. de hoeveelheid broeikasgassen per ha of per hoeveelheid geproduceerd product.

Effectieve organische stof: de organische koolstof die één jaar nog in de bodem aanwezig is. Deze koolstof is stabiel en bepaalt de hoeveelheid koolstof in de bodem.

Eiwitshift: de verschuiving in de eiwitconsumptie van minder dierlijke eiwitten naar meer plantaardige of niet-dierlijke eiwitten (bv. gekweekt in bioreactoren).

Energiegewas: gewas dat geteeld wordt als grondstof om na vergisting of verwerking ethanol te leveren dat als brandstof kan worden gebruikt. Voorbeelden zijn olifantgras, maïs, suikerriet en suikerbiet. Ook de verbranding van korte kringloop-hout kan energie leveren. De netto energieproductie kan negatief zijn wanneer ook grondgebruik (opportuniteitskost) en alle energie voor teelt, oogsten, transport en verwerking in rekening worden gebracht.

Eutrofiëring: het proces waarbij er (soms door menselijke handeling) meer nutriënten in een bepaald milieu terechtkomen dan er daar voorheen waren; het betreft de verhoging van de trofiegraad. In het Nederlandse milieubeleid is de term 'vermesting' in gebruik om aan te duiden dat natuurlijke milieus voedselrijker worden door overbemesting in de landbouw. Door eutrofiëring kan in oppervlaktewater onbeheerste algengroei ontstaan, waardoor het zuurstofgehalte daalt en de biodiversiteit in en rond het oppervlaktewater wordt aangetast.

Extensifiëren: meer extensief telen, bv. door minder begrazing of door minder bemesting of ziektebestrijding in de gewasteelt. Door extensifiëren vermindert de productie per oppervlakte-eenheid.

Externe kosten: meestal onrechtstreekse kosten die niet vervat zijn in de rechtstreeks teeltkosten. Deze externe kosten bestaan uit sociale kosten (bv. kinderarbeid, ontslagen door mechanisatie), gezondheidskosten (bv. kosten voor kankerbestrijding omwille van te veel consumptie van rood vlees, vroegtijdige sterfte door overgewicht, hart- en vaatziekten, klimaatopwarming, enz.) en milieukosten (bv. omwille van natuurherstel na overbemesting, schade als gevolg van klimaatopwarming: overstroming, droogte, enz.).

FAO: *Food and Agriculture Organisation of the United Nations*. Voedsel- en landbouworganisatie van de Verenigde Naties. Heeft als bevoegdheid voedsel en voedselproductie en aanverwante problemen (bv. ondervoeding). Is een onderdeel van de Verenigde Naties-koepel, zoals bv. de Wereld Gezondheidsorganisatie.

Farm to Fork-strategie (F2F): strategie van de EU om de duurzaamheid van ons voedselsysteem te bevorderen. Er wordt niet alleen aandacht besteed aan duurzaamheid tijdens de productie (sociaal, economisch en milieu/klimaat), maar ook de voedselverwerking, gezonde voeding, voedselveiligheid, dierenwelzijn, enz. Vormt het landbouwonderdeel van de *Green Deal*.

Fermentatie (vergisting): een biologisch proces waarbij micro-organismen zoals bacteriën, gisten of schimmels organisch materiaal afbreken in afwezigheid van zuurstof (anaeroob). In de context van landbouw wordt fermentatie onder andere gebruikt om dierlijke mest in vergisters om te zetten in biogas. Daarnaast kan bv. suikerrietsap via fermentatie worden omgezet in bio-ethanol.

Feromonen: lokstoffen die organismen, vooral insecten, aantrekken. Zo produceren vrouwelijke insecten zulke lokstoffen om mannetjes aan te trekken. Bij een hoge concentratie van synthetische feromonen is de lucht zo verzadigd dat de mannetjes de vrouwtjes niet meer vinden om te paren, een principe dat kan worden gebruikt voor plaagcontrole en -bestrijding. Wordt toegepast in de geïntegreerde gewasbescherming (IPM).

Fossiele energie: energie geproduceerd op basis van eindige fossiele grondstoffen: kolen, aardolie.

Fytase: enzym dat aan veevoeder kan worden toegevoegd en dat helpt een deel van de eiwitten af te breken.

Gefractioneerde bemesting: zie basisbemesting.

Geïntegreerde gewasbescherming (IPM): wordt gedefinieerd als “de zorgvuldige afweging van alle beschikbare technieken voor de bestrijding van schadelijke organismen bij planten en de daaropvolgende integratie van passende beheersingsmaatregelen die de ontwikkeling van schadelijke organismen beperken waarbij het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en andere interventies economisch en ecologisch verantwoord zijn en de risico's voor de gezondheid van de mens en het milieu beperkt blijven. IPM benadrukt de groei van een gezond gewas met zo min mogelijk verstoring van agro-ecosystemen en stimuleert het gebruik van natuurlijke mechanismen voor het bestrijden van schadelijke organismen.”

Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB):⁸⁷ het landbouwbeleid van de Europese Unie, dat sinds medio 1999 uit twee pijlers bestaat: de marktordening en de plattelandsontwikkeling. Het aandeel van de landbouwuitgaven in de begroting van de EU loopt terug, maar is nog altijd 38% van het totaal. Het GLB heeft tot doel om in de EU de productiviteit van de landbouw te laten toenemen, de landbouwbevolking een redelijke levensstandaard te verzekeren, de landbouwmarkten te stabiliseren en de (voedsel)voorziening veilig te stellen, de landbouwbiodiversiteit te bevorderen en de natuurlijke hulpbronnen in stand te houden.

Genetische merker: een genetische merker (of marker) is een DNA-sequentie waarvan de locatie op het chromosoom bekend is en waarvan de aanwezigheid samengaat met (gekoppeld is aan) de aanwezigheid van een gen dat een welbepaalde eigenschap in belangrijke mate bepaalt. Een merker kan ook gebruikt worden om een individu of bepaalde soort te identificeren.

Genetische transformatie: het proces waarbij het genetisch materiaal van een organisme wordt veranderd door de introductie van vreemd DNA in de cellen om de kenmerken van dat organisme te wijzigen. Bij cisgenese worden genen van een soort die van nature in een organisme voorkomen, overgedragen naar datzelfde of een nauw verwant organisme. Bij transgenese worden genen van een andere, niet-verwante soort ingebracht in het organisme. De overdracht kan op verschillende wijzen gebeuren: via een bodembacterie (*Agrobacterium tumefaciens*), door injectie in de celkern of via bombarderen van de celkern met partikeltjes waarop het gen gecoat is.

Genoom: het complete geheel van erfelijk materiaal van een organisme. Het omvat alle genen en niet-coderende sequenties van het DNA (of RNA bij sommige virussen) die de genetische informatie bevatten die nodig is voor het functioneren, de groei en de reproductie van dat organisme. Het genoom kan variëren in grootte en complexiteit, afhankelijk van het type organisme. Deze DNA-moleculen zijn georganiseerd in chromosomen.

⁸⁷ https://agriculture.ec.europa.eu/common-agricultural-policy_nl

Gewasbeschermingsmiddelen (pesticiden): worden gebruikt om planten of plantaardige producten, tijdens de productie en bewaring, te beschermen tegen schadelijke organismen en onkruiden. De meest voorkomende categorieën van gewasbeschermingsmiddelen zijn herbiciden of onkruidverdelgers, fungiciden – werkzaam tegen schimmelziekten – of insecticiden – werkzaam tegen plaaginsecten. Vaak wordt voor deze producten de term ‘pesticiden’ gebruikt. Pesticiden is echter een verzamelnaam voor gewasbeschermingsmiddelen en biociden. Deze laatste categorie verwijst naar producten die schadelijke organismen vernietigen, afschrikken of onschadelijk maken. Voorbeelden van biociden zijn ontsmettingsmiddelen, houtbeschermingsmiddelen, microbiële reinigers en knaagdierbestrijdingsmiddelen. Biociden en gewasbeschermingsmiddelen zijn dus twee duidelijk te onderscheiden categorieën van pesticiden, elk met hun eigen wetgeving, functie en gebruik.

Ggo: zie genetische transformatie.

Green Deal: een set aan maatregelen waarbij milieuvriendelijke initiatieven economisch gestimuleerd worden in de diverse economische en ecologische sectoren. De maatregelen krijgen per sector dikwijls een eigen naamgeving, zoals de Biodiversiteitstrategie en de *Farm to Fork*-strategie in de landbouw.

Grondwater: al het water dat zich in de ondergrond, in bodems en gesteenten bevindt. Meestal is dit water afkomstig van neerslag, nadat het op de oppervlakte is beland infiltreert het direct of indirect (na zich eerst in meren of rivieren te hebben bevonden). Ook poolijs behoort tot het grondwater.

Groenbemesters (vangplanten): gewassen die (meestal) na de hoofdteelt gekweekt worden, vooral om het koolstofgehalte van de grond op te drijven of om de overtollige nutriënten in het najaar op te nemen en in het voorjaar, na inploegen, geleidelijk terug vrij te geven (vangplanten) voor de volgende hoofdteelt.

Grondgebonden veeteelt (niet-grondgebonden veeteelt): vorm van veeteelt waarbij de boer een groot gedeelte van het voerder zelf kweekt, zoals gras (weide en silovoeder), maïs, bieten of granen.

Grondwater: zie oppervlaktewater.

Grootschalige landbouw/kleinschalige landbouw: landbouw die op grote respectievelijk kleine schaal wordt beoefend. De schaalgrootte hangt af van de teelt: zo is voor groententeelt veel minder grond nodig dan voor akkerbouwgewassen. Grootschalige landbouw wordt veelal gekenmerkt door een beperkt aantal teelten op grote oppervlaktes (of aantal dieren bij veeteelt) en een sterke specialisatie in die teelten.

Hernieuwbare energie (groene energie): energie geproduceerd op basis van hernieuwbare grondstoffen of natuurelementen: zonne-energie, windenergie, biobrandstoffen.

Hydrocultuur: hydrocultuur is een vorm van plantenteelt waarbij planten met hun wortels tijdelijk of constant in water staan. Dit kan gebeuren in watergoten of planten in potten of kunststofblokken (bv. rotswol) die in de watergoten staan. Het water wordt gerecupereerd in een circulair systeem. De teelt gebeurt meestal in een serre en de bemesting kan zeer goed gestuurd worden. Het probleem zijn wortelziekten, die zich snel doorheen het systeem kunnen verspreiden, zodat het water continu moet worden ontsmet. Het systeem brengt hogere opbrengsten op dan grondteelt, maar is duur.

Intensifiëren: intensiever telen door aangepaste rassen, bemesting, gewasbescherming, mechanisatie, irrigatie en soms meerdere teelten per jaar. Geeft hoge opbrengsten per oppervlakte-eenheid.

Kleinschalige landbouw: zie grootschalige landbouw.

Klimaatadaptatie: aanpassing van de landbouwproductie aan de klimaatsveranderingen door bv. aangepaste rassen aan droogte of wateroverlast (winter) of hogere temperaturen (bv. wijnbouw). Bodems met meer organische stof zijn (een beetje) beter gebufferd tegen droogte; ook in de veeteelt helpen stallenkoeling en schaduwbomen de hittestress beter te verdagen.

Klimaatmitigatie: het beperken van de uitstoot van broeikasgassen om de omvang en snelheid van de opwarming van de aarde te beperken. Dit moet op wereldniveau aangepakt worden en kan in de landbouw bv. door de methaanuitstoot te verminderen via aangepaste veevoeding, door de veestapel te verminderen, door mest(stof) opslag te verbeteren, door klimaat-neutrale serres te ontwerpen, door meer groene energie op te wekken en te gebruiken als alternatief voor fossiele energie e.d.

Koolstofboeren: zie bodemkoolstof.

Koolstofvoetafdruk: zie ecologische voetafdruk.

Korte keten/lokaal voedselsysteem: voedselsysteem waarbij het voedsel geen grote afstanden aflegt tussen productie en consumptie en daardoor duurzamer zou zijn (weinig voedselkilometers). Het voedsel is dus van lokale oorsprong. Voorbeelden zijn hoeveverkoop, rekken met lokaal voedsel in grootwarenhuizen, voedselwinkels met lokaal geproduceerd voedsel. Of de voedselkilometers inderdaad lager liggen, is niet duidelijk. De variatie van het aanbod is eerder beperkt en meer onregelmatig in vergelijking met voedsel van de internationale markt.

Kunstmest(stoffen): zie minerale meststoffen.

Krachtvoeder: zie ruwvoeder.

Lachgas (N_2O): broeikasgas dat vooral samenhangt met vrijgaven van stikstofverbindingen van dierlijke mest en kunstmeststoffen. Heeft een sterk broeikasgaseffect (zie bij broeikasgassen).

Land sharing (land sparing): landbouwproductie waarbij de landbouwproductie verweven is met natuurelementen. Hierdoor is er meer grond nodig om een bepaalde productie te behalen in vergelijking met *land sparing*, waarbij productie gescheiden wordt van natuur om een maximale productie te bekomen. De biodiversiteitswinst is beperkt in vergelijking met *land sparing*. De biodiversiteitswinst wordt in de EU vooral nagestreefd via agromilieu- en ecomaatregelen.

Land sparing: zie *land sharing*.

Landbouwnatuur: natuur in landbouwpercelen.

Lastenboek biologische landbouw: verzameling van regels die verplicht moeten gevolgd worden om het certificaat 'biologisch' te kunnen verkrijgen. In het lastenboek zijn onder andere opgenomen: geen ggo-gewassen, geen gebruik van kunstmeststoffen of chemische gewasbeschermingsmiddelen, geen serreverwarming, geen antibioticagebruik in de veeteelt, specifieke rassen in de runderteelt (bv. geen 'dikbil'), verplichting om een bepaald % van het veevoeder zelf te telen (30% bij varkens en pluimvee), vrije uitloop van de dieren, enz.

Levenscyclusanalyse (LCA): ook wel Wieg tot Graf-analyse genoemd, is een methode om de totale milieubelasting te bepalen van een product gedurende de hele levenscyclus, dat wil zeggen: winning van de benodigde grondstoffen, productie, transport, gebruik en afvalverwerking.

Lokaal voedselsysteem: zie korte keten.

Mestactieplan (MAP): geheel van maatregelen van de Vlaamse overheid met betrekking tot dierlijke mest en kunstmest. Naast strikte bemestingsnormen wordt ook de opslag, verwerking en transport van dierlijke mest geregeld en moeten landbouwers ook een balans voor kunstmeststoffen bijhouden, zodat hun mestgebruik kan worden gecontroleerd. De bemestingsnormen zijn gebiedsspecifiek en strenger in gebieden waar er overschrijdingen zijn van het nutriëntenresidu in het oppervlaktewater.

Megaton; megahectare: miljoen ton; miljoen hectare.

Melkkoeien/zoogkoeien: de Vlaamse overheid maakt in haar statistieken voor het aantal runderen een onderscheid tussen melkkoeien en zoogkoeien. Melkkoeien geven melk, zoogkoeien worden gehouden als moederdieren voor vleesvee. In de aantallen melk- en zoogkoeien zijn ook het jongvee meegeteld.

Elke volwassen koe krijgt jaarlijks 1 kalf; bij melkkoeien, die 3 jaar gemolken worden, wordt gedurende deze periode 1 kalf behouden om de melkkoe te vervangen; bij zoogkoeien is dit eveneens het geval. De overtollige kalveren worden opgekweekt voor het vlees. Meestal worden deze dieren na max. 18 maanden geslacht; bij kalveren van melkvee gebeurt dit vroeger (kalfsvlees).

Milieuefficiëntie: de mate waarin een bepaalde teelthandeling of landbouwproduct druk legt op milieu en omgeving. De milieuparameters kunnen afzonderlijk bekeken worden. De parameters worden uitgedrukt per eenheid product dat geproduceerd wordt per jaar of de oppervlakte die nodig is voor de teelt, inclusief het oppervlaktebeslag buiten Vlaanderen. De milieuefficiëntie van een product (bv. een kg rundsvlees) kan van landbouwer tot landbouwer verschillen, maar ook volgens de teeltsystemen.

Milieukwaliteit: kwaliteit van het milieu op een bepaalde plaats, zoals dit bepaald wordt door milieuparameters zoals de kwaliteit van het water (bv. eutrofiëring), de bodem (bv. erosie, nutriëntenresidu's, stikstofneerslag), de lucht (bv. ammoniakemissie, methaanuitstoot) en de bovengrondse en ondergrondse biodiversiteit.

Minerale meststoffen/kunstmeststoffen: meststoffen die volgens een industrieel proces gesynthetiseerd worden, bv. ammoniumnitraat, een stikstofmeststof. Dikwijls is voor de aanmaak van kunstmest, en zeker voor stikstofmeststoffen, veel energie nodig.

Mycorrhizae: ondergrondse schimmels die in symbiose leven met plantenwortels en die via een vertakt netwerk van hyfen nutriënten opnemen uit de bodem en doorgeven aan de plantenwortels in ruil voor koolhydraten die de plant aanmaakt.

Natuurherstelwetten: een verordening van de EU om de achteruitgang van de biodiversiteit in de lidstaten te stoppen en te herstellen. Voor Vlaanderen zou het om een oppervlakte gaan van 80.000 ha van natuurwaardevol gebied, waarvan een deel ook in landbouwgebied ligt. Er worden door de EU concrete acties opgelegd, zoals gedegradeerde ecosystemen herstellen, veengebieden herstellen en vernatten, bossen robuuster maken, bestuivers doen toenemen, enz.

Natuurinclusieve landbouw; landbouwinclusieve natuur: landbouw waarbij natuur een prominente plaats inneemt, respectievelijk natuur waar landbouw ook aanwezig is, bv. via begrazing. Het onderscheid is kunstmatig en wordt bepaald door de verhouding landbouwoppervlakte versus natuuroppervlakte. Beide vormen kunnen beschouwd worden als *land sharing*.

Natuurlandbouw: zie productiesystemen.

Nutrient use efficiency: de efficiëntie waarmee planten nutriënten die na bemesting beschikbaar zijn opnemen. Bij een hoge efficiëntie worden alle beschikbare nutriënten opgenomen, bij een lage is er een overschot van nutriënten die doorsijpelt naar het grondwater of afspoelt naar het oppervlaktewater, waardoor eutrofiëring optreedt.

Oppervlaktewater: al het water dat zich in vloeibare vorm aan de oppervlakte van een planeet bevindt. Water in beken, rivieren, stromen en meren vormt het oppervlaktewater.

Opportuiniteitskosten: de gederfde baten van een niet gekozen alternatief. Zo heeft kiezen voor een vorm van laagproductieve landbouw een opportuiniteitskost inzake koolstofopslag, aangezien er meer land gebruikt wordt dan bij hoogproductieve landbouw om eenzelfde opbrengst te genereren. Dat extra land kan bv. niet herbebost worden.

Organische mest: mest van organische oorsprong, zoals hakselhout, GFT, compost en dierlijke mest.

Our Word in Data:⁸⁸ wetenschappelijke databank waar cijfers over zeer diverse onderwerpen beschikbaar zijn, zoals broeikasgassen, bevolkingsdata, landbouw, gezondheid, enz. Bij landbouw is een ruime

⁸⁸ <https://ourworldindata.org/>

waaiër aan onderwerpen cijfermatig weergegeven, zoals oppervlaktes, broeikasgasuitstoot, voedingsdata e.d.

Overbemesting: meer nutriënten bemesten dan de plant kan opnemen tijdens zijn groeicyclus. Overbemesting leidt tot nutriëntenverlies, waardoor de nutriënten uitspoelen naar oppervlakte- en grondwater.

Pathogenen: ziekteverwekkers die behoren tot de schimmels, bacteriën en virussen.

Precisielandbouw: bij precisielandbouw wordt gebruik gemaakt van geavanceerde technologieën waarbij gewassen en dieren op het juiste moment en in de juiste mate de juiste behandeling krijgen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van gps, sensoren, drones, satellieten en computers op de landbouwmachines of -voertuigen. De waarnemingen worden verwerkt (beeldanalyse) en omgezet in een precieze behandeling. Zo kan bv. door beeldopname via een tractor en de verwerking van de beelden instant beslist worden of de druiven op de beelden oogstrijp zijn en door dezelfde machine mechanisch kunnen worden geoogst. Momenteel wordt precisielandbouw verder geoptimaliseerd om precisiebemesting, irrigatie en plaatsgebonden dosering van gewasbeschermingsmiddelen toe te passen.

Precisieveredeling/CRISPR-Cas: een veredelmethode waarbij in het DNA een welbepaald (deel van een) gen wordt opgespoord, wordt uitgeknipt en vervangen door een verbeterd (deel van een) gen. Ook onderdelen van een gen kunnen worden vervangen of er kunnen ook kleine wijzigingen in een gen aangebracht worden. Hiervoor wordt een natuurlijk bacterieel systeem, het CRISPR-Cas systeem, gebruikt. Een belangrijk verschil met de klassieke genetische transformatie is dat het hier om een vervanging gaat, terwijl het bij transformatie gaat over een nieuw gen toevoegen dat op een willekeurige plaats ingebouwd wordt in het DNA.

Producteenheid: zie eenheid product.

Productiekloof (productiviteitskloof): het verschil tussen de theoretisch maximale productie en de werkelijke productie op een bepaalde plaats en voor een bepaalde teelt. De maximale productie wordt berekend voor de optimale teeltomstandigheden (bemesting, gewasbescherming, watergift) en houdt rekening met de plaatselijke bodemkenmerken en klimaatomstandigheden.

Productiesysteem: conventionele landbouw/biologische landbouw/agroforestry/regeneratieve landbouw/agro-ecologie/natuurlandbouw: conventionele landbouw, agro-ecologie werden voordien al besproken. **Biologische landbouw** is een vorm van landbouw die werkt volgens het biologische lastenboek. **Regeneratieve landbouw** wordt gekenmerkt door een filosofie van landbouwproductie en een reeks aanpasbare technieken die sterk beïnvloed zijn door permacultuur. De belangrijkste doelstellingen zijn het regenereren van de bodem, het vergroten van de biodiversiteit, de opslag van koolstof uit de atmosfeer door de bodem, de veerkracht van de bodem tegen klimaatschommelingen, het optimaliseren van de waterkringloop en het verbeteren van de levering van de ecosysteemdiensten. De doelstellingen van regeneratieve landbouw gaan meestal ten koste van de productiviteit van gewassen en vee. **Natuurlandbouw** is een vorm van landbouw die werkt volgens natuurlijke principes, wat ten koste gaat van productiviteit en oogststabiliteit.

Productiviteit: productie per eenheid van oppervlakte (bv. ton tarwe per ha) of per dier (bv. melk- of vleesproductie).

Reactieve stikstof: stikstofverbindingen die direct of indirect (na omzetting) nodig zijn voor plantengroei. Veel voorkomende verbindingen zijn stikstofoxides, ammoniak, lachgas en nitraat. Bepaalde van deze verbindingen, zoals lachgas, zijn schadelijk voor het klimaat of de biodiversiteit in natuurgebieden.

Regeneratieve landbouw: zie productiesysteem.

Renures: zijn synthetische meststoffen die geproduceerd worden op basis van dierlijke mest. Omdat er een chemisch proces aan te pas komt, worden ze beschouwd als kunstmeststoffen; ze moeten nog door

de EU erkend worden. Zou een goede valorisatie zijn van het mestoverschot en herverdeling van meststoffen mogelijk maken, wat niet evident is voor dierlijke mest.

Residu: wat achterblijft op een bepaald moment na toepassing: bv. residu van nutriënten op het einde van het groeiseizoen na bemesting of hoeveelheid van een gewasbeschermingsmiddel dat overblijft bij oogst.

Resistentieopbouw: verwijst naar het proces waarbij plagen of ziekten steeds beter bestand worden tegen de effecten van een bepaald gewasbeschermingsmiddel na herhaaldelijk gebruik. Dit gebeurt doordat individuen binnen een populatie die toevallig genetische variaties hebben die hen minder gevoelig maken voor het gewasbeschermingsmiddel overleven en zich voortplanten. Na verloop van tijd worden deze resistente individuen steeds dominanter in de populatie, waardoor het gewasbeschermingsmiddel minder effectief wordt.

Reststromen: zie voedselverlies.

Ruwvoeder: voeder voor vee, vooral gras (zowel op weiden als van tijdelijk grasland), al dan niet in combinatie met vlinderbloemigen, en maïs. De voederwaarde van gras kan variabel zijn en vooral ouder gras is minder geschikt. Heeft een lagere voederwaarde dan krachtvoeder en in de runderteelt verhoogt het de methaanuitstoot. Krachtvoeder heeft meestal betrekking op sojabonen of sojaschroot, granen, zaden van vlinderbloemigen, oliën e.d. en de samenstelling kan afgestemd worden op de behoeften van de dieren, die verschillen volgens de soort en de levensfase. Het wordt vooral gebruikt bij varkens, pluimvee, melkkoeien en bij het afmesten van vleesrunderen.

Scheuren (van grasland): de zode van de grasplanten vernietigen. Dit wordt gedaan om grasland te vernieuwen of het om te zetten in akkerland of tijdelijk grasland. Door het scheuren van grasland kan er veel CO₂ vrijkomen dat in het gras, de wortels en de bodem is opgeslagen en ook stikstof-residu's kunnen versneld in het milieu terecht komen. Het scheuren van grasland is aan regels onderworpen, bv. in Natura 2000-gebieden.

Sociale kosten: zie externe kosten.

Stalmest: mest geproduceerd door landbouwdieren die op stal staan. Het bestaat uit een vloeibare fractie (gier), een gemengde fractie (drijfmest) of kan een mengsel zijn van stro met dierlijk mest. Het organische stofgehalte neemt in dezelfde volgorde toe. Als mestvorm heeft het een ongunstige nutriëntensamenstelling met in verhouding te veel fosfor ten opzichte van stikstof voor een evenwichtige plantenvoeding.

Stikstofemissie: de uitstoot van stikstof door de landbouw, veelal vanuit diverse vormen van mest. Het meest bekend is de ammoniakemissie, die onder controle kan worden gehouden door emissiearme stallen of door verbeterde mestopslag.

Stikstofdecreet: Vlaamse wetgeving die beperkingen oplegt aan het gebruik en de emissie van stikstofverbindingen. Bekende voorbeelden zijn de maxima voor stikstofbemesting, de emissiearme stallen en de reductie van de varkensstapel.

Stikstofdepositie: neerslag van stikstofverbindingen op het land. Na ammoniakuitstoot en stikstofoxides (vooral van industrie en verkeer) wordt de stikstof terug afgezet op het land in de nabijheid van de emissiebron. Deze stikstof veroorzaakt vermist, wat nadelig is in natuurgebieden en een extra stikstofbemesting betekent op landbouwland.

Stikstoffixatie (vlinderbloemigen): stikstof uit de lucht kan door de plantenfamilie van de vlinderbloemigen opgenomen worden en in de wortels via bodembacteriën worden vastgelegd. Hierdoor wordt de grond aangerijk met stikstof dat door andere planten kan worden opgenomen. Voorbeelden zijn klaver en luzerne, die samen met gras kunnen worden ingezaaid, meestal in tijdelijk grasland, of erwten, kikkererwten en bonen, die in een vruchtafwisselingsschema de volgende teelt van stikstof kunnen

voorzien. De hoeveelheid stikstof is onvoldoende voor een optimale gewasgroei en meestal moet er bijbemest worden.

Sustainable intensification (duurzame intensivering): de landbouwproductie intensifiëren, maar op een duurzame wijze. Duurzaamheid heeft in deze context vooral betrekking op de milieudruk, zoals overbemesting, overdreven gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en uitputting van de bodem.

Teeltrotatie (vruchtafwisseling): het afwisselen in de tijd (teeltseizoenen) van verschillende gewassen. Bv. jaarlijkse afwisseling van tarwe-suikerbiet-aardappelen. Na elke teelt kunnen nog groenbemesters of vanggewassen ingezaaid worden. De afwisseling zorgt ervoor dat de bodem niet uitgeput geraakt, dat de druk van bodempathogenen (bv. aaltjes) vermindert en dat de bodemstructuur verbetert. In verband met dit laatste zorgt het diep-wortelend wortelstelsel van tarwe ervoor dat de infiltratie van water via de poriën naar de ondergrond vlot kan gebeuren.

Terugkruisingen: herhaald kruisen met steeds dezelfde variëteit, de recurrente ouder. De eerste kruising gebeurt tussen de recurrente ouder en een andere variëteit (de donorouder) die een interessante eigenschap heeft die ontbreekt bij de recurrente ouder. Bij tarwe bv. heeft de recurrente ouder een goede kwaliteit, maar is die gevoelig voor een bepaalde schimmel, waarvoor de donorouder resistent is. Men tracht nu het resistentiegen van de donor ouder in te kruisen bij de recurrente ouder. Nakomelingen van deze kruising worden teruggekruist met de recurrente ouder. De nakomelingen hiervan worden opnieuw teruggekruist met de recurrente ouder. Dit wordt nu een aantal generaties herhaald en de planten van elke generatie (of een deel ervan) worden geselecteerd op resistentie; elke generatie worden in de nakomelingen ervan het genoom (de erfelijke eigenschappen) van de donorouder gehalveerd, die van de recurrente ouder aangerijkt. Men stopt de terugkruisingen na een 7-tal generaties, de planten van deze generatie met resistentie zijn op het resistentiegen na bijna volledig identiek (99,22% identiek) aan de recurrente ouder.

Traceerbaarheid: de mogelijkheid om de herkomst en het traject van een product na te gaan, bv. van ingevoerde soja, vlees. Wordt soms ook gebruikt om duurzaamheid tot het niveau van de producent na te gaan.

Transgene veredeling: zie genetische transformatie.

Transgenese: zie genetische transformatie.

Vanggewassen/vangplanten: zie groenbemesters.

Verdienmodellen: geeft aan met welke activiteit je geld kan verdienen met het (land)bouwbedrijf. Een bedrijf kan verschillende activiteiten combineren om een inkomen te verwerven. De hoofdactiviteit blijft uiteraard landbouw, maar daarnaast kunnen er ook andere activiteiten bijdragen, bv. melkverwerking (kaas, ijs, enz.), huisverkoop, hoevetoerisme, verzorging van biodiversiteit en milieubeheer (met EU-subsidies), enz.

Vlaams Energie en Klimaat Plan (VEKP): Vlaams plan om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Een dergelijk plan wordt door de EU opgelegd en heeft opgelegde reducties voor de verschillende sectoren, waaronder landbouw. In alle sectoren is er substantiële voortuitgang, in de landbouwsector echter niet. Bij het niet bereiken van de Belgische doelstellingen kunnen boetes worden opgelegd.⁸⁹

Vlaamse eiwitstrategie:⁹⁰ plan van de Vlaamse overheid om de eiwitproblematiek aan te pakken, met als grote doelstellingen duurzame dierenvoeding, duurzame dierlijke productie, meer plantaardige eiwitten en het stimuleren van nieuwe eiwitvormen. Het betreft intenties die niet bindend zijn.

Vlinderbloemigen: zie stikstoffixatie.

⁸⁹ <https://www.vlaanderen.be/veka/energie-en-klimaatbeleid/vlaams-energie-en-klimaatplan-vekp-2021-2030>

⁹⁰ <https://lv.vlaanderen.be/beleid/vlaamse-kost/eiwitstrategie>

Voederadditieven: additieven die aan het veevoeder, meestal krachtvoeder of silovoeder, worden toegediend om de voederwaarde en de verteerbaarheid te verbeteren om zo de methaanuitstoot te beperken. Een voorbeeld is het 3-NOP, dat de methaanuitstoot met meer dan 10% zou verminderen, maar ook saponines, probiotica e.d. kunnen de penswerking verbeteren en zo de methaanuitstoot verminderen.

Voedselkilometers: het aantal kilometers dat afgelegd wordt met een bepaald vervoermiddel om het voedsel tot aan een verkooppunt of de consument te brengen. Dit vervoer heeft een CO₂-kost die afhangt van de hoeveelheid die vervoerd wordt en het vervoermiddel (bv. Een boot heeft een veel lagere impact dan een vliegtuig).

Voedselverlies/voedselverspilling/reststromen: doorheen de voedselketen kunnen reststromen en voedselverspilling ontstaan. Voedselverspilling heeft betrekking op voedsel dat verloren gaat, alhoewel het initieel perfect consumeerbaar is, bv. omdat de vervaldatum voorbij is of omdat we het wel klaar maken, maar niet opeten. Voedselverspilling is een onderdeel van voedselverlies, dat betrekking heeft op alle verliezen, ook de niet-vermijdbare, bv. het schillen van aardappelen of het uniformiseren van wortelen in de conservenindustrie. De niet-vermijdbare verliezen zijn een onderdeel van de reststromen, waarbij bv. ook bietenpulp dat overblijft van de suikerextractie of beenderen en huid van slachtovee. Het grootste gedeelte van de reststromen wordt terug in de landbouw gevaloriseerd, waardoor de landbouw en de voedingsketen een grote mate van circulariteit heeft.

Voedselverspilling: zie voedselverlies.

Werkzame stof: de actieve stof die aanwezig is in een gewasbeschermingsmiddel en die de eigenlijke werking bepaalt tegen het doelorganisme. In het gewasbeschermingsmiddel zitten nog extra componenten die de werking van de actieve stof kunnen verbeteren.

WKK (warmtekrachtkoppeling of co-generatie): het gebruik van de warmte die vrijkomt bij elektriciteitsopwekking (kracht). De energie afkomstig van een verbrandingsmotor of gasturbine wordt via een generator omgezet in elektriciteit en de warmte die daarbij vrijkomt gaat niet verloren, maar wordt lokaal nuttig gebruikt voor bv. productie van warm water, stoom of hete lucht. Deze warmte kan in de landbouw gebruikt worden om serres of stallen te verwarmen en de gegenereerde elektriciteit kan terug op het net gezet worden. Veel toegepast in de serreteelt, waar het zelfs een verdienmodel kan zijn.

Zelfvoorzieningsgraad: de mate waarin de productie de eigen consumptie kan dekken. In principe wordt er geen rekening gehouden met invoer en uitvoer.

Ziekteresistentie: het vermogen van een plant om infecties of schade door pathogenen, zoals bacteriën, schimmels of virussen, te weerstaan of te verminderen. Dit kan bereikt worden door natuurlijke afweermechanismen van de plant, zoals het activeren van specifieke immuunresponsen. Ziekteresistentie kan ook worden versterkt door veredeling of biotechnologische interventies die de plant genetisch aanpassen om zich effectiever tegen ziekteverwekkers te beschermen.

Zoogkoeien (vleesrunderen): zie melkkoeien.

Zuurtegraad (pH): concentratie van waterstofionen in de grond. Ieder bodemtype (zand, leem of klei) heeft een optimale zuurtegraad. Bij een (te) hoge zuurtegraad of een (te) lage zuurtegraad zal de nutriëntenopname verminderen en zal de plant minder groeien. Te lage zuurtegraad kan verholpen worden door bekalking.

REFERENTIES

- Agnolucci et al. (2020). Impacts of rising temperatures and farm management practices on global yields of 18 crops. *Nature Food*. VOL 1: 562–571
- Aziz, M.A. et al. (2022). Genetically engineered crops for sustainable enhances food production systems. *Frontiers in Plant Science*. DOI 10.3389/fpls.2022.10227828s
- Basso, B., Dumont, B., Cammarano, D., Pezzuolo, A., Marinello, F., & Sartori, L. (2016). Environmental and economic benefits of variable rate nitrogen fertilization in a nitrate vulnerable zone. *Science of the Total Environment*, 545–546, 227–235.
- Barański, M. et al. (2014). Higher antioxidant and lower cadmium concentrations and lower incidence of pesticide residues in organically grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *Br J Nutr* 112(5), 794–811.
- Barbieri, P., Pellerin, S., Seufert, V. et al. (2021). Global option space for organic agriculture is delimited by nitrogen availability. *Nature Food* 2, 363–372.
- Barreiro-Hurle et al. (2021). Modelling environmental and climate ambition in the agricultural sector with the CAPRI model. Exploring the potential effects of selected Farm to Fork and Biodiversity strategies targets in the framework of 2030 Climate targets and the post 2020 Common Agricultural Policy, EUR 30317 EN, Publications Office of the European union, Luxembourg, 2021 ISBN 97889-92-76-20889-1, doi: 10.2760, JRC121368. 93 pp
- Baylis, K., Fan, L. & Nogueira, L. (2019). Agricultural market liberalization and household food security in rural China. *Am J Agric Econ* 101, 250–269
- Beckman et al. (2020). Economic and Food Security Impacts of Agricultural Input Reduction Under the European Green Deal's Farm to Fork and Biodiversity Strategies, EB-30, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. 59 pp
- Berger, R.G. et al. (2011). Antioxidants in Food: Mere Myth or Magic Medicine? *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 52(2), 162–171.
- Berkhout et al. (2023). Rapport WUR Duurzaam verdienen; analyse verdienvermogen verduurzamingsmodellen landbouwen
- Blot, E. & Kettunen, M. (2021). Environmental Credentials of EU Trade Policy A Comparative Analysis of EU Free Trade Agreements. www.ieep.eu
- Brandi, C. & Morin, J.-F. (2023). Trade and the Environment. Cambridge University Press. doi:10.1017/9781009461825.
- Bremmer, J., Gonzalez-Martinez, A., Jongeneel, R., Huiting, H., Stokkers R., & Ruijs, M. (2021) Impact assessment of EC 2030 Green Deal Targets for sustainable crop production. Wageningen economic research
- Brooks, G. & Barloot, P. (2018). Environmental impacts of genetically modified (GM) crops use 1996-2016: Impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM Crops Food* 9(3): 109-139.
- Bui et al. (2024). Planetary health diet index and risk of total and cause-specific mortality in three prospective cohorts. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 120,1: 80-91
- Caillavet et al. (2019). Assessing the distributional effects of carbon taxes on food: inequalities and nutritional insights in France. *Ecological Economics*. 163: 20-31
- Cespi, D. (2023). Bio-based chemicals from dedicated or waste biomass: life cycle assessment for evaluation impacts on land. *Sustainable Chemistry*, 4: 184-196. <https://doi.org/10.3390/suchem4020014>
- Christensen et al. (2022). Bridging modelling and policymaking efforts to realize the European bioeconomy. *GCB Bioenergy*, 14: 1183-1204
- Connor, D.J. (2018). Land required for legumes restricts the contribution of organic agriculture to global food security. *Outlook on Agriculture* 47(4): 277-282
- Crippa, M. et al. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nat Food* 2, 198–209
- Cristea, A., Hummels, D., Puzzello, L. & Avetisyan, M. (2013). Trade and the greenhouse gas emissions from international freight transport. *J Environ Econ Manage* 65, 153–173

- Dalin et al. (2016). Environmental impacts of food trade via resource use and greenhouse gas emissions. *Environmental Research Letters* 11 035012. Doi:10.1088/1748-9326/11/3/035012
- Danckaert, S. et al. (2013). Food footprint: welke oppervlakte is nodig om de Vlaming te voorzien van lokaal voedsel? Een theoretische denkoefening, Departement Landbouw en Visserij, Brussel.
- Dangour, A.D. et al. (2009). Nutritional quality of organic foods: a systematic review. *Am J Clin Nutr.* 90(3), 680-5.
- De Bauw, M. (2022). Labelling food for a demand-driven transition towards sustainable consumption. PhD dissertation. KU Leuven. 217 pp
- De Graef, P. (2020). SALV Kennisnota: Verdienmodellen in de land- en tuinbouw, een reflectiekader rond structuren en bedrijfsoriëntaties. Brussel. 24 pp
- De Keyser, K. & Woolfrey, S. (2021). A greener Europe at the expense of Africa: why the EU must adress the external implications of the Farm to Fork strategy. Ecdpm. 10 pp
- de Sousa et al. (2020) Occurrence, impacts and general aspects of pesticides in surface water: A review. *Process Safety and Environmental Protection* Volume 135, March 2020, Pages 22-37, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582019318683>
- De Ponti et al. (2012). The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems.* 108: 1-9
- Debruyne, F., Lauwers, L., El Bakkali, C., Wils, C. & Dumortier, M. (2023). Naar minder impact van pesticiden op natuur en mens. INBO
- Deng et al. (2016). Global patterns of the effects of land-use changes on soil carbon stocks. *Global ecology and conservation.* 5: 127-138
- EFSA (2022). 'The 2020 European Union report on pesticide residues in food', *EFSA Journal* 20(3), e07215 (DOI: 10.2903/j.efsa.2022.7215).
- Elrys, A.S. et al. (2020). How much nitrogen does Africa need to feed itself by 2050? *Journal of Environmental Management* 268, 110488
- European Commission (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the regions. A farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmental-friendly food system. Brussels. 23pp
- European Commission (2022a). Report COM/2022/283: EU Bioeconomy Strategy Progress Report- European Bioeconomy policy: stocktaking und future developments. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/report-com2022283-eu-bioeconomy-strategy-progress-report-european-bioeconomy-policy_en
- European Commission (2022b). The Power of Trade Partnerships: Together for Green and Just Economic Growth. <https://www.eesc.europa.eu/en/our-work/opinions-information-reports/opinions/power-trade-partnerships-together-green-and-just-economic-growth>
- European Court of Auditors (ECA) (2020). Biodiversity on farmland: CAP contribution has not halted the decline. Publications Office of the EU, Brussels.
- European Environmental Agency (2023). The European biomass puzzle: challenges, opportunities and trade-offs around biomass production and use in de EU. EEA report 08/2023; 172 pp
- FAO (2024). Hidden costs of agrifood systems and recent trends from 2016 to 2023 Background paper for The State of Food and Agriculture 2023. 140 pp, <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/3ab78b69-7d64-45ac-aa6b-8292af51cf71/content>
- Feniuk, C. et al. (2019). Land sparing to make space for species dependent on natural habitats and high nature value farmland. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 286, 20191483
- Fernandes-Klajn et al. (2018). Comparison of fermentation strategies for ethanol production from olive tree pruning biomass. *Industrial Crops & Products*, 122: 98-106
- Ferrari, E. et al. (2021). Cumulative Economic Impact of Trade Agreements on EU Agriculture. doi:10.2760/501873.
- Field, D. et al. (2017). *Global Soil Security*. Springer, Springer Nature Switzerland AG
- Finch, T. et al. (2020). Optimising nature conservation outcomes for a given region-wide level of food production. *J Appl Ecol.* 57, 985–994.

- Folberth, C. et al. (2020). The global cropland-sparing potential of high-yield farming. *Nature Sustainability* 3 (april 2020): 281-289
- Frankowska, A., Jeswani, H. K. & Azapagic, A. (2019). Environmental impacts of vegetables consumption in the UK. *Science of the Total Environment* 682, 80–105
- Funke et al. (2022) Is meat too cheap? Towards optimal meat taxation. *Funke_et_al_2021_Towards_optimal_meat_taxation_WP_Jan22.pdf* (ox.ac.uk)
- Garner, H. (2022) De impact van de Europese Green Deal en de vleesconsumptie op de landbouw in Vlaanderen. Master thesis VUB-KU Leuven. 126pp
- Gerber, P.J., Henderson, B. & Makkar, H.P.S. (2013). Mitigation of greenhouse gas emissions in Livestock production, FAO, Rome. pp 226
- Gleick, P.H? et al. (2014). *The World's Water: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington, DC: Island Press). Available online. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-59726-228-6>
- Haddaway, N.R., Hedlund, K., Jackson, L.E. et al. (2017). How does tillage intensity affect soil organic carbon? A systematic review. *Environ Evid* 6, 30. <https://doi.org/10.1186/s13750-017-0108-9>
- He, L. (2023). Variable Rate Technologies for Precision Agriculture. In: Zhang, Q. (eds) *Encyclopedia of Smart Agriculture Technologies*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89123-7_34-3
- Hegwood et al. (2023). Rebound effects could offset more than have of the avoided food loss and food waste. *Nature Food* 4: 585-595
- Hendriks et al. (2023). The true cost of food: a preliminary assessment. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-15703-5_32
- Henning et al. (2021). Eine Simulationstudie der Effecte de F2F Strategie auf Production, Handel, Einkommen und Umwelt mit dem Capri Model. CAU und EuroCare.
- Herrero, M. et al. (2020). Innovation can accelerate the transition towards sustainable food system. *Nature Food*, 1:266-272.
- Hong, C. et al. (2022). Land-use emissions embodied in international trade. *Science* (1979) 376, 597–603
- Honnay, O. et al. (2021). Een slimme zonering van landgebruik verzoent landbouwproductie, biodiversiteit en klimaat. *Natuur.focus* 20 (4), 157-165
- Huybrechts, D. & Vrancken, K. (2005). *Best Beschikbare Technieken voor composteer- en vergistingssinstallaties*. Gent, Academia Press, 231 pp
- Huygens, D. et al. (2020). Technical proposals for the safe use of processed manure above the threshold established for Nitrate Vulnerable Zones by the Nitrates Directive (91/676/EEC), EUR 30363 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-21539-4, doi:10.2760/373351, JRC121636.
- Inagro (2011). Code van goede landbouwpraktijkbodembescherming: advies organisch stofgehalte en zuurtegraad. 9 pp
- Jansen, K. (2015). The debate on food sovereignty theory: agrarian capitalism, dispossession and agroecology, *Journal of Peasant Studies* 42:1, 213-232
- Janssens et al. (2020). Global hunger and climate change adaptation through international trade. *Nature climate change*, 10: 829-835
- Janssens, C. (2024). Trade, Storage, and Climate Extremes: Theory and Evidence from Sub-Saharan Africa. <https://hal.inrae.fr/hal-04497903>
- Jansson et al. (2021). Coupled Agricultural Subsidies in the EU Undermine Climate Efforts. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 43 (4): 1503-1519
- Jones et al. (2015). Nutrient uptake timing by crops to assist with fertilizing decisions. Montana State University. EBO191. 8 pp
- Juraske, R. et al. (2009). Life cycle human toxicity assessment of pesticides: comparing fruit and vegetable diets in Switzerland and the United States, *Chemosphere* 2009 Nov;77(7):939-45. doi: 10.1016/j.chemosphere.2009.08.006. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19729188/>
- Kähler et al. (2023). RCI Carbon Flows Report: Compilation of supply and demand of fossil and renewable carbon on a global and European level. Editor: Renewable Carbon Initiative, May 2023. Available at: www.renewable-carbon-initiative.com

- Keulemans et al. (2022). Een visie op nutriëntenproblematiek, (over)bemesting, natuur en biodiversiteit nu en in de toekomst. In Toekomstvisies landbouw en milieu VLM. 44 pp
- Keulemans et al. (2019a). Farming without plant protection products. Can we grow without using herbicides, fungicides and insecticides? Panel for the Future of Science and Technology EPRS | European Parliamentary Research Service Scientific Foresight Unit (STOA).
- Keulemans, W., De Cononck, B. & Bylemans, D. (2019b). Farming without plant protection products. Panel for the Future of Science and Technology. EPRS-European Parliamentary Research Service. STOA: PE634.416. 454 pp
- Kinnunen, P. et al. (2020) Local food crop production can fulfil demand for less than one-third of the population. *Nat Food* 1, 229–237.
- Kirchmann H. (2019). Why organic farming is not the way forward. *Outlook on Agriculture* 48: 22-27.
- Klerkx, L. & Rose, D. (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global Food Security*, 24, 100347.
- Knapp, S. & van der Heijden, M.G.A. (2018). A global meta-analysis of yield stability in organic and conservation agriculture. *Nature Communications* 9: 3632.
- Kornher, L. & Von Braun, J. (2020). EU Common Agricultural Policy: Impacts on Trade with Africa and African Agricultural Development. www.zef.de
- Kravchenko, A.N. et al. (2017). Field-scale experiments reveal persistent yield gaps in low-input and organic cropping systems. *PNAS* 114 (5) 926-931.
- Kroeske, K. (2021). Interaction of CP levels in maternal and nursery diets, and its effect on performance, protein digestibility, and serum urea levels in piglets. *Animal*, 15(7), 100266. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100266>
- Kummu et al. (2012). Lost food, wasted resources: Global food supply changes and their impacts on fresh water, cropland and fertilizer use. *Science of the Total Environment* 438 (2012): 477-489
- Lark, T. J., Hendricks, N. P., Smith, A., Pates, N., Spawn-Lee, S. A., Bougie, M., Booth, E. G., Kucharik, C. J., Gibbs, H. K., Designed, H. K. G. & Performed, E. G. B. (2022). Environmental outcomes of the US Renewable Fuel Standard. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 119(9). <https://doi.org/10.1073/pnas.2101084119/-/DCSupplemental>
- Lenzen, M. et al. (2012). International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature* 486, 109–112
- Lesuisse, J., Schallier, S., Li, C., Bautil, A., Li, B., Leblois, J., Buyse, J. & Everaert, N. (2018). Multigenerational effects of a reduced balanced protein diet during the rearing and laying period of broiler breeders. 2. Zootechnical performance of the F1 broiler offspring. *Poultry Science* 97: 1666-167
- Liao et al. (2020). A sustainable wood biorefinery for low-carbon footprint chemicals production *Science* 20, 367: 1385-1390
- Liptow et al. (2018). Accounting for effects of carbon flows in LCA of biomass-based products – exploration and evaluation of a selection of existing methods. *The International Journal of Live Cycle Assessment*, 23: 2110-2115
- Liu, H. et al. (2022). CrISPR/Cas9 Technology and its Utility for Crop Improvement. *Int.J.Mol.Sci.* doi.org/10.3390/ijms
- Lowenberg-DeBoer, J. & Erickson, B. (2019). Setting the Record Straight on Precision Agriculture Adoption. *Agron. J.*, 111: 1552-1569. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779>
- Marchand, P.A. (2023). Evolution of plant protection active substances in Europe: the disappearance of chemicals in favour of biocontrol agents. *Environ Sci Pollut Res* 30, 1–17.
- Martin, W. & Laborde, D. (2018). The free flow of goods and food security and nutrition. *Global Food Policy Report* 20–29. [doi:10.2499/9780896292970_03](https://doi.org/10.2499/9780896292970_03).
- Martin, W. & Minot, N. (2023). The Impact of Price Insulation on World Wheat Markets during Covid-19 and the Ukraine Crisis. IFPRI Discussion Paper 02175
- Marting Vidaurre et al. (2020). Social aspects in the assessment of biobased value chains. *Sustainability*, 12, 9843; [doi:10.3390/su12239843](https://doi.org/10.3390/su12239843)

- Matthews, A. (2022) TRADE POLICY APPROACHES TO AVOID CARBON LEAKAGE IN THE AGRI-FOOD SECTOR. <https://left.eu/app/uploads/2023/02/GUE-Study-TRADE-Carbon-leakage.pdf>
- Michiels, K. (2024). De 5G-mix van VLAM-Vlaams voedingsgedrag ontrafeld. VLAM. 112pp
- Minoia, S. et al. (2010). A new mutant genetic resource for tomato crop improvement by TILLING technology. BMC Res Notes. 3:69.
- Morgan, J. B. & Connolly, E. L. (2013). Plant-Soil Interactions: Nutrient Uptake. Nature Education Knowledge 4(8):2
- Oerke, E-C. (2006). Crop losses to pests. The Journal of Agricultural Science. 2006;144(1):31-43.
- Osman et al. (2021). Sustainable consumption: what works the best, Carbon taxes, subsidies and/or Nudges? Basic and applied social psychology. Vol. 43, No 3: 169-194
- Patra, A.K. & Aschenbach, J.R. (2018). Ureasas in the gastrointestinal tracts of ruminant and monogastric animals and their implication in urea-N/ammonia metabolism: A review. J. Adv. Res. 13, 39-50. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2018.02.005>
- Pendrill, F. et al. (2019). Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. Global Environmental Change 56, 1–10
- Peyraud, J.-L. & MacLeod, M. (2020). Study on Future of EU Livestock: how to contribute to a sustainable agricultural sector? European Union. P72. ISBN 978-92-76-20624-8.
- Platteau et al. (2016). Voedsel om over na te denken. Landbouwrapport 2016. Departement Landbouw en visserij, Brussel 169 pp. www.vlaanderen.be/landbouw/lara
- Platteau et al. (2018). Uitdagingen voor de Vlaamse land- en tuinbouw. Landbouwrapport 2018. Departement landbouw en visserij. Brussel. 472 pp. Beschikbaar op www.vlaanderen.be/landbouwrapport
- Platteau J. & Van Bogaert T. (2024). Landbouwrapport 2024. Departement Landbouw en Visserij, Brussel. 147 pp <http://www.vlaanderen.be/landbouw>
- Platteau J., Van Gijsegem D. & Van Bogaert T. (2014). Landbouwrapport 2014, Departement Landbouw en Visserij, Brussel. 324 pp www.vlaanderen.be/landbouw/lara
- Poore, J. & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science (1979) 360, 987–992
- Poulton et al. (2018). Major limitations to achieving '4 per 1000' increase in soil organic stock in temperate regions: Evidence from long-term experiments at Rothamsted Research, United Kingdom. Global Change Biology 2018: 24:2563-2584.
- Poux, X. & Aubert, P.-M. (2018). An agroecological Europe in 2050: multifunctional agriculture for healthy eating. Findings from the Ten Years For Agroecology (TYFA) modelling exercise, Iddri-AScA, Study N°09/18, Paris, France, 74 p.
- Rawls et al. (2003). Effect of soil organic carbon on soil water retention. Geoderma 116: 61-76
- Rigal, S. et al. (2023) Farmland practices are driving bird population decline across Europe. PNAS 120, e2216573120.
- Ritchie, H. (2021). To protect the world's wildlife we must improve crop yields — especially across Africa. Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/yields-habitat-loss>'
- Ritchie H. (2017). Is organic really better for the environment than conventional agriculture? Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/is-organic-agriculture-better-for-the-environment>
- Ritchie, H. (2020). Very little of global food is transported by air; this greatly reduces the climate benefits of eating local. <https://ourworldindata.org/food-transport-by-mode>
- Ritchie, H., Rosado, P. & Roser, M. (2022). Crop Yields. OurWorldInData.org <https://ourworldindata.org/crop-yields>
- Rolland, F. et al. (2013). Ggo's in onze voedselproductie: bijdrage tot een genuanceerd debat. Visietekst Metaforum KU Leuven. 86 pp. <https://www.kuleuven.be/metaforum/visie-en-debatteksten/visietekst-2013-ggos-in-onze-voedselproductie>
- Ronald, P.C. & Kliegman M. (2022) CRISPR in Agriculture. In M.L. Hochstrasser et al. (Eds.) CRISPRpedia. Berkeley: Innovative Genomics Institute, University of California, Berkeley.

- Sacco, C. et al. (2020). Mycotoxins and flours: Effect of type of crop, organic production, packaging type on the recovery of fungal genus and mycotoxins. *Int J Food Microbiol* 334, 108808.
- Saeys, W. (2023). Near-Infrared Technologies from Farm to Fork. In: Zhang, Q. (eds) *Encyclopedia of Smart Agriculture Technologies*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-89123-7_72-1
- Scarborough et al. (2023). Vegans, vegetarians, fish-eaters and meat-eaters in de UK show discrepant environmental impacts. *Nature Food* 4, 565-574
- Schils, R. et al. (2018). Cereal yield gaps across Europe. *European Journal of Agronomy* 101, 109-120.
- Schrama, M. et al. (2018). Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 256, 123-130.
- Searchinger, T.D., Wiersenius, S., Beringer, T. & Dumas, P. (2018). Assessing the efficiency of changes in land use for mitigating climate change. *Nature*, 564, 249-252.
- Segers, Y. & Karel, E. (2015). 'The Low Countries 1750-2000', in: E. Thoen, T. Soens, e.a. (eds.), *Struggling with the environment: land use and productivity. Rural economy and society in North-western Europe 500-2000*, Turnhout, Brepols, pp. 261-306.
- Segers, Y. & Van Molle, L. (2004). *Leven van het Land: boeren in België: 1750-2000*. Davidsfonds-Leuven. 190 pp
- Segers, Y., Van Molle, L., Kooij, P. & Bieleman, J. (2013). "The Low Countries, 1750-2000", in: Segers, Y. en Van Molle, L. (eds.), *The agro-food market: production, distribution and consumption*. Turnhout, pp. 225-257.
- Seibold, S. et al. (2019). Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature* 574, 671–674.
- Seufert V. (2019). Comparing yields: Organic versus conventional agriculture. In Ferranti P., Berry E.M. & Anderson J.R. (Eds.), *Encyclopedia of food security and sustainability: Volume 3: Sustainable food systems and agriculture* (Vol. 3, pp. 196–208). Elsevier.
- Seigné et al. (2021). Life cycle assessment (LCA): informing the development of a sustainable circular economy. [Royaalsocietypublishing.org/journal/rstaPhil.Trans.R.Soc.A379: 20200352](https://royalsocietypublishing.org/journal/rstaPhil.Trans.R.Soc.A379/20200352): 1-14
- Slade, A.J. et al. (2005). A reverse genetic, nontransgenic approach to wheat crop improvement by TILLING. *Nat Biotechnol.* 23 (1) 75-81.
- Smith-Spangler, C. et al. (2012). Are organic foods safer or healthier than conventional alternatives?: a systematic review. *Ann Intern Med.* 157(5), 348-66.
- Smolders, E. & Lauryssen, F. (2022). De landbouw, milieu en nutriënten in de toekomst: wetenschappelijke onderbouwing voor een beleidsvisie. In: *Toekomstvisie landbouw en milieu*. Vlaamse Landmaatschappij. 170 pp
- Song, X-P. et al. (2021). Massive soybean expansion in South America since 2000 and implications for conservation. *Nature Sustainability* 4, 784-792.
- Stanton, A.V. (2024). Unacceptable use of substandard metrics in policy decisions which mandate large reductions in animal source foods. *Npj Science of Food* 8, <https://doi.org/10.1038/s41538-024-00249-y>, <https://www.nature.com/articles/s41538-024-00249-y>
- Stein, A. J. & Santini, F. (2021). The sustainability of 'local' food: a review for policy-makers. *Review of Agricultural, Food and Environmental Studies* <https://doi.org/10.1007/s41130-021-00148-w>.
- Steinwand, M.A. & Ronald, P.C. (2020). Crop biotechnology and the future of food. *Nature food*, 1 (5) 273-283
- Tamburini, G. et al. (2020). Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. *Science Advances* 6: eaba1715.
- Thom et al. (2023) EU agriculture under an import stop for food and feed. *World Economy* 2023;00:1-28. Doi: 10.1111/twec.13537
- Tilman & Williams (2021). Preserving global biodiversity requires rapid agricultural improvements. *The Royal Society*. <https://royalsociety.org/news-resources/projects/biodiversity/preserving-global-biodiversity-agricultural-improvements/>
- Timmermans, I. & Van Bellegem, L. (2022). *De biologische landbouw in 2021*. Departement Landbouw en Visserij, Brussel. 43 pp
- Tits et al. (2020). Bodemvruchtbaarheid van akkerbouw- en weilandpercelen, in België en Noordelijk Frankrijk (2016-2019). *Bodemkundige Dienst van België, Heverlee*. 251 pp

- Tsibart, A.S., Dillen, J., Elsen, A. et al. (2024). Potential to reduce the nitrate residue after harvest in maize fields without sacrificing yield through precision nitrogen management. *Precision Agric* 25, 940–962. <https://doi.org/10.1007/s11119-023-10100-1>
- van de Ven, G.W.J. et al. (2018). Comment on Schrama et al. 2018. Crop yield gap and stability in conventional and organic farming systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 256, 123–130.
- Van den Broeck, G., Swinnen, J. & Maertens, M. (2017). Global value chains, large-scale farming, and poverty: Long-term effects in Senegal. *Food Policy* 66, 97–107
- Van den Broeck, G., Van Hoyweghen, K. & Maertens, M. (2018). Horticultural exports and food security in Senegal. *Global Food Security* vol. 17 162–171 Preprint at <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.12.002>
- van Ittersum, M.K. et al. (2016). Can sub-Saharan Africa feed itself? *PNAS* 113, 14964–14969.
- van Leeuwen et al. (2023). EU outlook for biomass flows and biobased products. *EuroChoices* 22(3): 13-20. Doi: 10.1111/1/1746-692X.12408
- Vancampenhout, K. (2022). Visie op een beter bodem en nutriëntenbeheer in: Toekomstvisie op landbouw en milieu. Vlaamse Land Maatschappij. 170 pp
- Vlaamse Energie- en Klimaatplan (2018). Vlaams Klimaatbeleidsplan 2021-2030. Vlaamse overheid. VR 20128 2007 doc.0830/2TER. 122 pp
- Vlaamse Energie- en Klimaatplan (2021). VR 2021 0511 DOC.1237-1 Visienota VEKP Bijkomende maatregelen.pdf_files
- Vlaamse Landmaatschappij (2019). Mestrapport 2019. 242 pp. <https://www.vlaanderen.be/publicaties/mestrapport>
- Vlaamse Landmaatschappij (2020). Mestrapport 2020. 230 pp. <https://www.vlaanderen.be/publicaties/mestrapport>
- Vlaamse Landmaatschappij (2023). Mestrapport 2023, 197 pp. https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/Mestbank/Algemeen/Mestrapport_2023.pdf
- Vlaamse Landmaatschappij (2024). Mestactieplan 7, <https://www.vlm.be/nl/nieuws/Pages/Nieuw-bemestings-seizoen-start-op-16-februari-bemest-enkel-als-bodem-het-toelaat-en-de-teelt-het-nodig-heeft.aspx>
- Vlaamse Milieumaatschappij (2018). Jaarrapport lucht, Emissies per sector 2000-2018
- Vlaamse Milieumaatschappij (2019a). <https://www.milieurapport.be/sectoren/landbouw/emissies-afval/emissie-van-broeikasgassen>
- Vlaamse Milieumaatschappij (2019b). <https://www.vmm.be/publicaties/lucht-2019>
- Wang Y. et al. (2014). Simultaneous editing of three homeoalleles in hexaploid bread wheat confers heritable resistance to powdery mildew. *Nature Biotechnology*, 12 (9): 947-951
- Wathes et al. (2008). Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmers panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture*. 64 (1): 2-10
- Willett et al. (2019). Food in the Anthropocene. The Eat-Lancet commission on healthy diets from sustainable food systems. City Research online: [https://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- World Resources Institute (WRI) (2018). Creating a sustainable food future: A Menu of Solutions to Feed Nearly 10 Billion People by 2050. Washington, WRI.
- Xhonneux, D. (2021). Scenario-analyse voor een eiwittransitie binnen het Vlaamse landbouw- en voedselsysteem in een Europese context. Mastertehesis FBIW KULeuven. 132 pp
- Zagmut et al. (2019). The EAT-Lancet Commission: a flawed approach? *The Lancet* 394 September 28: 1140-1141.
- Zanin, A.R.A., Neves, D.C., Teodoro, L.P.R. et al. (2022). Reduction of pesticide application via real-time precision spraying. *Sci Rep* 12, 5638. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09607-w>
- Zhu, H. et al. (2020). Applications of CRISPR-Cas in agriculture and plant biotechnology. *Nature reviews Molecular Cell Biology*, 21: 661-677.
- Zimmer, Y. (2020). EU Farm to Fork Strategy: How reasonable is the turmoil predicted by USDA? CAP Reform. <http://capreform.eu/eu-farm-to-fork-strategy-how-reasonable-is-the-turmoil-predicted-by-usda/>