

Biopesticiden & Biostimulanten: Opportunities en uitdagingen voor de Vlaamse Bio-economie

1. Introductie

Circulaire economie staat hoog op de beleidsagenda, zowel in Vlaanderen, België als in Europa. In 2015 lanceerde de Europese Commissie voor het eerst haar Circular Economy Plan. Dit plan omvatte 54 wetgevende en niet-wetgevende initiatieven om de transitie naar een circulaire economie in te zetten. Het (her)gebruik van biomassa(rest)stromen zijn een belangrijke hoeksteen van dit Circular Economy Plan: biomassa(rest)stromen zijn veelzijdig aanwezig, veelzijdig inzetbaar en hernieuwbaar. Ze kunnen bepaalde fossiele grondstoffen vervangen. Vlaanderen was reeds lang voor het lanceren van het Circular Economy Plan bezig met de valorisatie van biomassa-reststromen. Verschillende initiatieven in Vlaanderen zoals CINBIOS (2012-2013), [Duurzaam beheer van biomassa-reststromen \(2015-2020\)](#), SYMBIOSE (2016) maar ook [het Actieplan Voedselresten en Biomassa-reststromen Circulair \(2021-2025\)](#) en de recente oprichting van de Business 2 Bioeconomy (B2BE) Facilitator tonen aan dat Vlaanderen een trekkersrol heeft binnen Europa.

De recente erkenning en regulatie van biostimulanten via de Europese meststoffenwetgeving (EU 2019/1009) was de eerste deliverable van het Circular Economy Plan van de Europese Commissie. Biostimulanten worden hoofdzakelijk gemaakt van biomassastromen (zeewier- en plantextracten, proteïne hydrolysaten, chitine,...), maar ook biopesticiden kunnen gemaakt worden van biomassa(rest)stromen (chitine, plantextracten).

Ondanks de verschillende initiatieven op Vlaams en Europees niveau, de verschillende strategische roadmaps (EU Green Deal, the Farm to Fork Strategy) en aanwezige wetgevende kaders (EU 2019/1009, VLAREMA) ondervindt de Vlaamse sector belangrijke groeipijnen in het uitrollen van dit Circular Economy Plan: de productie, opschaling en commercialisatie van biostimulanten en biopesticiden afkomstig van biomassa(rest)stromen ondervinden belangrijke drempels. In onderstaand rapport wordt een niet-limitatief overzicht gegeven van de barrières en opportuniteiten in het Vlaamse landschap voor de omzetting van biomassa(rest)stromen naar biostimulanten en biopesticiden.

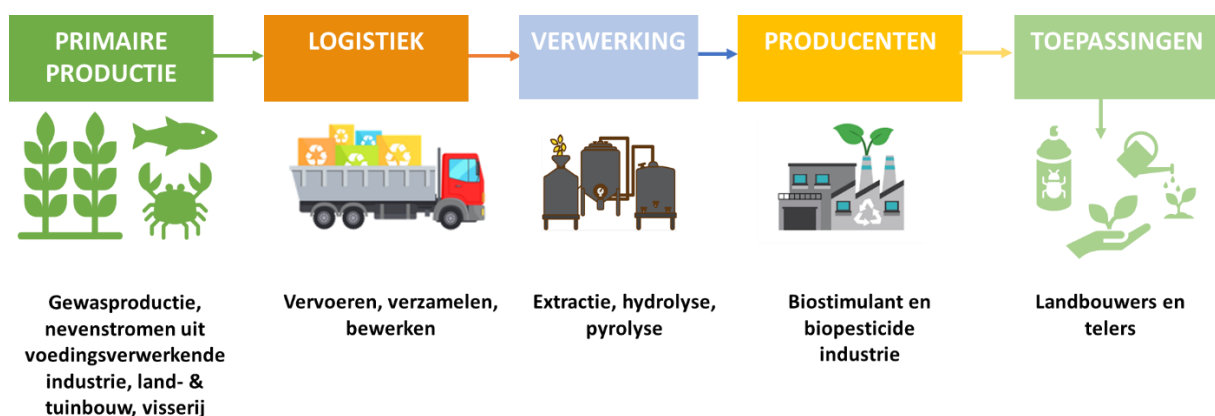
Inhoudstafel

1. Introductie	1
2. Context – Vlaamse markt	3
3. Barrières ketenbenadering	6
3.1 Biomassabronnen	6
3.1.1 Primaire stromen	6
3.1.2. Nevenstromen uit verwerkende industrie	11
3.2 Onderzoek	17
3.3 Logistiek	19
3.4 Verwerking van grondstoffen	20
3.5 Wetgevend kader	25
4. Conclusies	32
4.1. Suggesties voor onderzoek	32
4.2 Suggesties wetgevend kader	33
4.2.1. Afval – grondstof - dierlijke bijproducten - verwerking	33
4.2.2. Biopesticiden	34
4.2.3. Biostimulanten	34
4.3. Logistiek en verwerking biomassastromen	34
4.4 Suggesties voor overkoepelden acties voor ganse sector	35
Bedanking	36

2. Context – Vlaamse markt

Vlaanderen is bij uitstek de regio om biomassa(rest)stromen tot biopesticiden en biostimulanten te valoriseren. Vlaanderen is internationale koploper in het duurzaam beheer van voedselverlies en biomassa dankzij de verschillende actieplannen op Vlaams niveau¹². Daarnaast beschikt Vlaanderen over een sterke agrifood cluster, gelinkt aan innovatieve biotech clusters (Flanders.Bio, Essencia). Dankzij de intensieve land- en tuinbouwactiviteiten gekoppeld aan een sterke voedingsverwerkende industrie, komen er in Vlaanderen verschillende, belangrijke biomassa-reststromen vrij. Dankzij de verschillende actieplannen op Vlaams niveau is er een langlopende geschiedenis en diepgaande kennis in het gescheiden ophalen van organische biomassa en verwerken tot o.a. groencompost en digestaten. Daarnaast is er een divers landschap van R&D georiënteerde agrochemische bedrijven (biopesticiden, biostimulanten, formulatie, biotech) mede ontwikkeld dankzij de sterke reputatie van kennisinstellingen en proefcentra in landbouwonderzoek en de oprichting van technologieparken waar R&D bedrijven zich kunnen vestigen. Op papier heeft Vlaanderen een zeer goede uitgangspositie voor de uitrol van het verwerken van organische biomassa(rest)stromen tot biostimulanten en biopesticiden.

De Vlaamse waardeketen bestaat uit verschillende actoren, inclusief i) de feedstockprovider, ii) de logistieke sector, iii) de extractiesector, iv) de producenten van biostimulanten en biopesticiden, v) de distributeurs van de biostimulanten en biopesticiden en vi) de eindgebruiker (landbouwer, teler). In sommige gevallen vallen ii) en iii) samen; in andere gevallen iii) en iv) of iv) en v). Tijdens onze analyse stelden we vast dat de Vlaamse waardeketen heel wat diverse spelers kent in elke stap van de keten, met uitzondering van de verwerkende industrie waar slechts enkele spelers in Vlaanderen konden geïdentificeerd worden.



Figuur 1 Vlaamse waardeketen voor de omzetting van biomassa-reststromen naar biostimulanten en biopesticiden (naar Marijke Jozefczak en Ximena Reynafarje)

¹ Actieplan duurzaam beheer van biomassa-reststromen 2015-2020

² Actieplan voedselverlies en biomassa(rest)stromen circulair 2021-2025

Feedstockproviders bestaan enerzijds uit landbouwers en telers (glastuinbouw) die tijdens hun teelt of oogst belangrijke hoeveelheden biomassa reststromen creëren. Denk hierbij aan tomaten-, paprika- of komkommerloof, snoeiafval van sierplanten en bomen of plantendelen die niet geoogst worden (broccoli-, prei-, bloemkoolstengels en –bladeren, zonnebloemstengels). Landbouwers en telers kunnen echter als feedstockprovider ook gerichte productie van biomassa organiseren. Voorbeelden hiervan zijn de productie van microalgen of zeewieren in bassins, productie van look, lupine of munt. Naast de landbouwers is ook de (voedings)verwerkende industrie een belangrijke feedstockprovider in Vlaanderen. Hier worden typisch nevenstromen geïdentificeerd die afkomstig zijn van het industrieel productieproces zoals aardappelschillen, prei- en selderresten, vlasleem, kippenpluimen en garnalpellen. Deze stromen zijn in tegenstelling tot de biomassa stromen afkomstig van telers en landbouwers meer homogeen, in grotere hoeveelheden beschikbaar op 1 adres (minder gefractioneerd), vaak jaarrond beschikbaar dankzij de industriële activiteiten die jaarrond plaatsvinden en vaak ook netter (zand werd reeds afgespoeld, stenen en andere vervuilingen werden reeds verwijderd).

De logistieke sector bestaat uit bedrijven gespecialiseerd in het ophalen en verzamelen van reststromen van de feedstockproviders. De ophaling vindt plaats via rolcontainers (240 L), bioboxen (660 L) of grote containers van 30 m³ en meer. Vandaag vindt het merendeel van de ophaling plaats als gemengd afval bij retailers, horeca, scholen, ziekenhuizen en woonzorgcentra waarbij het overgrote aandeel van de biomassa naar vergistingsinstallaties gaat. De monostromen worden vaak reeds door de verwerkende industrie rechtstreeks opgehaald bij de feedstockprovider.

De verwerkende industrie bevat verschillende type bedrijven, echter het aantal spelers in Vlaanderen is eerder beperkt in vergelijking met het aantal feedstockproviders en de biostimulant en biopesticide producerende industrie. Op dit punt kunnen we spreken van een versmalling in de keten. Enerzijds zijn er een beperkt aantal bedrijven die gespecialiseerd zijn in de extractie/hydrolyse van bioactieve moleculen uit één of enkele grondstoffen. Deze bedrijven hebben een hoge graad van specialisatie ontwikkeld voor de moleculen van hun voorkeur. Deze bedrijven zijn actief in het domein van de cosmetica, voeding of farmaceutische industrie. Dit type bedrijven voeren jaarrond 24/7 extracties/hydrolyses uit (bij voldoende aanvoer van de grondstoffen) op eenzelfde grondstof. Recent bekijken deze bedrijven of ze hun extractieproces ook kunnen toepassen voor de productie van biostimulanten of biopesticiden of ze bekijken of de nevenstromen van hun extractieproces nog voldoende bioactieve moleculen bevatten voor toepassing in de landbouw. Een tweede type bedrijven voert extracties uit als dienstverlening op vraag van de klant. Deze bedrijven beschikken over verschillende extractie-infrastructuren, maar zijn minder gespecialiseerd in de extractie van één specifiek bioactieve bestanddeel uit een grondstof. Tenslotte zijn er nog enkele pilot plants in Vlaanderen die hun expertise en infrastructuur aanbieden aan de industrie. Deze pilot plants opereren meer in het onderzoeksgebied om proof of concepts van extractieprotocollen aan te leveren of extractieprotocollen op te schalen.

Producenten van biostimulanten en biopesticiden formuleren de bekomen extracten (indien formulatie niet plaatsvindt door de extractieproducenten zelf), registreren het eindproduct en verhandelen het eindproduct tot bij de eindgebruiker (landbouwer of teler). Vaak doen producenten

van biostimulanten en biopesticiden beroep op het netwerk van distributeurs om meer telers en landbouwers te bereiken.

De eindgebruikers van biostimulanten en biopesticiden zijn landbouwers en telers. Aanvankelijk werden biostimulanten en biopesticiden vooral verkocht voor de glastuinbouwteelt. In gecontroleerde omgeving kon de impact van deze producten beter geëvalueerd worden dacht men. Biostimulanten en biopesticiden werden ondergemengd in substraat, in meststoffen of werden mee gedruppeld met het irrigatiewater. Na enkele jaren stelde men vast dat de gecontroleerde teelt van gewassen minder onderhevig was aan uitdagingen zoals nutriëntendeficiëntie, droogte en ziektes en plagen zoals aanvankelijk gedacht. Vandaag ligt de grootste markt voor biostimulanten en biopesticiden op basis van biomassa-reststromen in de openluchtteelten waar gewassen meer onderhevig zijn aan koude-, hitte- en droogtestress, ziekten en plagen.

Hoewel geen onderdeel van de waardeketen *sensu stricto* maar toch erg belangrijk in het Vlaamse landschap zijn de kennisinstellingen en proefcentra. Kennisinstellingen voorzien de verschillende actoren van de waardeketen met nieuwe inzichten, nieuwe technologieën en nieuwe leads die geïntegreerd kunnen worden in het productieproces. Proefcentra vervullen een zeer belangrijke rol als partner van kennisinstellingen, industrie en eindgebruikers om de proof of concept van de nieuwe en bestaande leads in het veld aan te leveren.

Tabel 1 Overzicht van Vlaamse actoren voor elke stap in de Vlaamse waardeketen

Feedstockproviders	<p>Plant:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Landbouwers (preiresten, broccolistengels, bloemkoolstengels, look,..) - Telers (tomatenloof, komkommerloof, snoeiafval van boomkwekerij, aardbeiloof, paprikaloof, ..) - Microalgen: Kris Heirbaut, Rijtak bvba, Proviron - Verwerkende bedrijven: <ul style="list-style-type: none"> o Verse groenteresten: Agrafresh, DV Fresh, Greenyard o Preischillen: Pasfrost o Kruidensteeltjes: Herbafrost o Aardappelschillen: Agristo o Chicoreiwortels: Beneo, Cosucra o Druivenpitten: Wijndomein Waes o Misvormde groenten: groenteveilingen o Vlaslemen: VandeBilt zaden... <p>Dier:</p> <ul style="list-style-type: none"> - FRASS insecten: Proteinfarm, Blacksoldierfly.be, Circular organics, Nussect - Garnaalpillen: Willy Versluys - Kippenveren: slachthuizen
--------------------	--

	<ul style="list-style-type: none"> - Overvangst van vis: visveiling - Beenderen: slachthuizen - ...
Logistiek	- Renewi, Veolia, Suez, IMOOG, Vanheede, Debree, IVBO,...
Verwerkende industrie	- Ajinomoto, EMPRO, Add Essens, Tectero, ILVO FOOD Pilot Plant, Biobased Europe Pilot Plant, Sotecna (Wallonië)
Producenten van Biostimulanten en Biopesticiden	- BiPA, Globachem, Biobest, PMP Jansens, DCM, Koppert, Oroagri, CertisBelgium, Compo, Lima Europe, Bayer, Syngenta, BASF,...
Onderzoek	- UGent, KULeuven, ILVO, UHasselt, Inagro, VITO, PCS, PCG, PSKW

3. Barrières ketenbenadering

3.1 Biomassabronnen

Auteurs hebben ervoor gekozen om dié biomassabronnen te bespreken die zowel beschikbaar zijn in Vlaanderen en waar vandaag reeds onderzoek op plaatsvindt binnen de kennisinstellingen of waar Vlaamse bedrijven reeds gebruik van maken in hun productportfolio. Auteurs zijn zich ervan bewust dat Vlaanderen beschikt over meer biomassarestromen met potentieel dan hieronder beschreven. Echter, de bedoeling is om enkele voorbeelden toe te lichten om op basis van die case studies gerichte acties en advies te formuleren richting beleid. Om de beschikbare biomassa(rest)stromen binnen Vlaanderen te consulteren, verwijzen de auteurs graag naar de database van Symbiose platform (<https://www.smartsymbiose.com/>) of de rapporten van CINBIOS.

3.1.1 Primaire stromen

Zeewieren of macroalgen

Verschillende zeewierspecies komen in aanmerking voor de productie van biostimulanten (bv. *Ascophyllum nodosum*, *Macrocystis pyrifera*, *Ecklonia maxima*, *Durvillaea potatorum*). Zeewieren ook wel macroalgen genaamd, worden vandaag uit maritieme wateren geoogst, manueel of mechanisch. *Ascophyllum nodosum* is de meest voorkomende zeewier in de Noordzee en kan gevonden worden aan de westkusten van Ierland, Frankrijk, Vlaanderen, Nederland en Noorwegen. In Ierland wordt *Ascophyllum* manueel geoogst in de getijden zones. Hierbij wordt de plant tot op 30 cm diep ingesneden. Per dag kan er 1 tot 3 ton per persoon geoogst worden. In Frankrijk vindt de oogst mechanisch plaats. *Ascophyllum* is een uitstekend zeewier voor de productie van biostimulant gezien dit organisme 3 tot 5 keer meer bioactieve moleculen (proline, glycine betaine, sorbitol,...)³ bevat dan haar soortgenoten zoals kelp. Bovendien zijn de moleculen op zichzelf ook veel actiever. Biostimulanten op basis van zeewierextracten beschermen de planten tegen o.a. zout-, koude en droogtestress. Tenslotte accumuleert *Ascophyllum* minder arseen in vergelijking met kelp (*M.*

³ Battacharyya et al. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture

pyrifera). *Ascophyllum* groeit echter minder snel dan andere zeewieren. Er vindt nog geen industriële productie (zowel off- als onshore) van *Ascophyllum* plaats voor de productie van biostimulanten. De return on investment voor de installatie is nog onvoldoende groot. De grootste uitdaging voor deze biomassa ligt dan ook in de toekomstige beschikbaarheid van *Ascophyllum* binnen Europa. Enerzijds zijn producenten van zeewierextracten afhankelijk van zeewierboeren die vandaag al een respectabele leeftijd hebben verworven voor de oogst van *Ascophyllum*. Er is geen zicht op verjonging in de sector. Daarnaast komt het maritiem ecosysteem onder druk door te grote hoeveelheden zeewier die geoogst worden. Vandaag is de oogst in verschillende lidstaten van Europa niet gereguleerd, waardoor er te veel zeewier geoogst wordt met negatieve impact op het ecosysteem. In Frankrijk is de oogst wel gereguleerd waarbij er quota worden vooropgesteld. Bovendien moeten zeewierboeren beschikken over een vergunning om te kunnen oogsten.



Foto 1 *Ascophyllum* zeewier

Zeewieren worden na de oogst met trucks naar de fabriek gebracht, waar het nog maximaal 5 dagen kan duren alvorens over te gaan tot verwerking. In de zomer is deze periode beperkt tot 3 dagen. Eens aangekomen in de fabriek, worden de batches manueel geïnspecteerd op aanwezigheid van andere (non target) zeewieren en vervuiling (plastic, metaal). De zeewieren worden gewassen in drie verschillende waterbaden om het zand en de modder te verwijderen. In het laatste bad wordt er chloor toegevoegd om bacteriën en andere organismen die leven op de zeewieren te doden. Vervolgens wordt de zeewiermassa versneden tot een pasta. De pasta wordt gesplitst in een vloeibare fractie en een vaste fractie. De vaste fractie gaat naar de dierenvoeding of wordt gevaloriseerd als bodemverbeteraar. De vloeibare fractie ondergaat nog een zacht extractieprocedure waarbij de vloeistof onder lage temperatuur (25 graden, ook wel koud water extractie) of onder hogere temperaturen (70 graden of warmwater extractie) gebracht wordt. Door dit extractieproces wordt het droge stofgehalte opgetrokken van 3% naar 8% (er vindt eigenlijk een opconcentratie plaats). Op elke batch wordt er een kwaliteitscontrole uitgevoerd. Uit de interviews blijkt dat er slechts minimale verschillen zijn in bioactieve moleculen in batches afkomstig van zeewieren geoogst in zomermaanden versus batches afkomstig van zeewieren geoogst tijdens wintermaanden. De oogst van zeewier vindt

jaarrond plaats, met respect voor de reproductiefase van de zeewierren (om de teelt in stand te houden) en springtij (omdat de zeewierren dan gemakkelijkst kunnen geoogst worden met boten).

In Vlaanderen vindt er geen oogst plaats van *Ascophyllum* ondanks de aanwezigheid van deze zeewierren in onze wateren. De kustlijn is te kort om voldoende grote hoeveelheden te kunnen oogsten. Er is ook geen hoop op industriële productie voor de kust, gezien er weinig plaats is om een zeeboerderij voor *Ascophyllum* op te zetten (de enige plaats vandaag is voor de kust van Nieuwpoort, en deze zone is reeds helemaal besproken). Echter mochten de maritieme plannen hertekend worden, dan kan er in de toekomst sprake zijn van zeewierproductie in de Noordzee. Het gebruik van deze biomassa voor de productie van biostimulanten heeft weinig toekomst in Vlaanderen tenzij er onshore wordt geteeld in bassins of als de maritieme plannen herbekeken worden.

Microalgen

Microalgen zijn een verzamelnaam voor eukaryotische en prokaryotische ééncellige organismen die aan fotosynthese kunnen doen. De bekendste microalgen zijn *Chlorella* spp. en *Spirulina* spp. Microalgen kunnen op zoet- of zoutwater leven (afhankelijk van de soort) en hebben licht, temperatuur (30-35°C graden voor de meeste soorten), CO₂ en meststoffen (N, P en micronutriënten) nodig. Microalgen worden vandaag onshore geteeld in open ponden (*Spirulina* spp.) of in gesloten systemen (glazen buizen; vb. *Chlorella*), continu of in batch. De microalgen worden geoogst via centrifugatie, membraansystemen of met behulp van een net (bij grotere soorten). De opbrengst vandaag is geraamd op 1 tot 2 g/L.

Vandaag worden microalgen op industriële schaal in Vlaanderen geteeld voor humane voeding (eiwitten) alsook voor feed (voor aquacultuur). Kweek van microalgen voor de productie van biostimulanten vindt vandaag nog niet plaats in Vlaanderen. Daar kan snel verandering in komen dankzij het FWO-SBO project Vigorous. In dit project onderzoeken experts van KULeuven en Thomas More Hogeschool welke microalgen het best in aanmerking komen voor de productie van biostimulanten in Vlaanderen. In het project wordt er gestart met 6 verschillende microalgen die onderzocht worden op hun potentiële biostimulant activiteit. Hierbij worden planten gegroeid onder optimale omstandigheden alsook abiotische stress (droogte, hitte) behandeld met extracten van de microalgen. Uit de literatuur is geweten dat microalgen verschillende moleculen produceren zoals phytohormonen⁴ en antioxidanten⁵ die een beschermend of groeibevorderend effect kunnen hebben op planten. De best presterende microalgen zullen meer in detail onderzocht worden waarbij een serie van extracties en fractionaties zullen opgezet worden om de bioactieve moleculen te identificeren.

De teelt van microalgen, van start in het labo tot eerste oogst, kan enkele maanden duren (tot 18 weken). Hierbij wordt gestart van een inoculum op agar, waarna opgeschaald wordt in een erlenmeyer, een 1 liter reactor, 2 tot 5 liter reactor, 20 liter reactor, 300 liter reactor tot 1000 liter reactor (of nog groter). Tussen elke stap zit er ongeveer 3 weken. Uitdagingen gelinkt aan productie zijn enerzijds de inefficiënte opschaling van de productie (verschillende verdunningen moeten uitgevoerd worden om tot een batch van 1000 liter te komen). Bovendien is de teelt van microalgen niet ascetisch.

⁴ Stirk et al. (2013) Hormone profiles in microalgae: Gibberellins and brassinosteroids

⁵ Gauthier et al. (2021) Microalgae under environmental stress as a resource of antioxidants

Aanwezigheid van ongewenste algen, grazers en bacteriën kunnen de teelt bemoeilijken. Bovendien maken microalgen soms biofilms (het is nog niet volledig gekend wanneer biofilmproductie plaatsvindt) wat desinfectie van het productiesysteem bij teeltwisseling moeilijk maakt. De teelt (via de ponds of de glazen buizen) vindt ofwel plaats in gesloten units (vertical farming containers voor high end toepassingen) of in kassen. In het laatste geval vindt er een teeltomschakeling plaats van bijvoorbeeld tomaat naar microalgenproductie. Het voordeel van microalgen als biomassa is het feit dat deze teelt (in theorie) jaarrond kan plaatsvinden. In de zomer kunnen telers zich focussen op algen die goed groeien bij hogere temperaturen zoals *Chorella sorokiniana* of *Nannochloropsis gaditana* en in de winter kan de teelt omgeschakeld worden naar de zogenaamde winteralgen zoals *Chloromonas typhlos*.

De kweek van microalgen in Vlaanderen vindt plaats op beperkte schaal. Voor het ogenblik zijn er vijf microalgenkwekers in Vlaanderen aanwezig. De redenen hiervoor zijn legio: i) hoge investeringskosten voor de productiefaciliteiten. De investeringen kunnen oplopen tot meer dan 1 miljoen euro. Dit is o.a. te wijten aan de monopoliepositie van leveranciers van infrastructuur in Europa; ii) ontbrekende of onvoldoende ontwikkelde markt. Er is interesse onder de telers om een teeltomschakeling door te voeren (van bv tomaat naar microalgen) maar de vraag naar microalgen blijft uit; iii) onvoldoende aligering van het wetgevend kader op de productie van microalgen. Het uitgeven van een vergunning verloopt moeizaam en traag omdat er geen statuut van microalgenproducent bestaat. Vandaag opereren de microalgenproducenten als 'groentekwekers'; iv) zeer sterke concurrentie uit Azië voor de productie van *Spirulina*. De productieprij (in Vlaanderen) om winstgevend te kunnen zijn, is berekend op 5 euro/kg. Dit is echter een zeer moeilijk te halen prijs en vaak niet competitief met prijzen afkomstig uit Azië. Een mogelijke oplossing zou kunnen zijn om de productiekosten te doen dalen door de productie van microalgen te laten plaatsvinden op reststromen (bv. restwater afkomstig uit de voedingverwerkende industrie) of importheffingen op goedkope algen uit Azië. Helaas is ook hier het wetgevend kader (nog) niet in plaats.

Gewassen: look, munt, lupine

Bepaalde teelten worden specifiek geteeld voor hun secundaire metabolieten. Het gaat om planten die behoren tot de schermbloemigen (*Apiaceae*), composietenfamilie (*Asteraceae*), *Burseraceae*, cipresfamilie (*Cupressaceae*), lipbloemenfamilie (*Lamiaceae*), mirtefamilie (*Myrtaceae*) en wijnruitfamilie (*Rutaceae*). De secundaire metabolieten worden uit de plantendelen gehaald en verder verwerkt in producten voor de cosmetische industrie, farmacie, landbouw en essentiële oliën. Deze moleculen kunnen insecticidale, nematicidale, antifungale en antibacteriële eigenschappen bezitten. Enkele voorbeelden van deze moleculen zijn menthol, eucalyptol, geraniol, bornyleen, linalool, sabineen, pineen, cineole, thymol, pineen, carvon, limoneen,... Deze componenten behoren vaak tot de terpeenfamilie of fenolen.

In Vlaanderen worden er geen specifieke teelten opgezet voor de productie van biopesticiden volgens de informatie waarover de auteurs beschikken. Toch maken enkele Vlaamse bedrijven gebruik van plantaardige productiesystemen voor de productie van plantextracten voor biostimulanten en biopesticiden. Zo wordt er munt geteeld in China, India en Amerika voor de productie van de carvon moleculen, een monoterpeen met kiemgroei-regulerende werking. Look wordt geproduceerd buiten

Vlaanderen voor de productie van lookextracten, rijk aan polysulfides. Deze bioactieve componenten hebben een bewezen werking tegen aaltjes⁶ en wortelvlieg. Enkele jaren geleden werd aangetoond dat zaden van lupine (*Lupinus angustifolius*) rijk zijn aan viciline-eiwitten. Deze eiwitten kunnen het plantimmuunsysteem van gewassen stimuleren en planten beschermen tegen necrotrofe plantenziektes zoals *Sclerotinia sclerotiorum* en *Phytophthora nicotianae*⁷. Ander onderzoek toonde aan dat proteïnen uitgescheiden door kiemlingen van *Lupinus albus* een directe antifungale werking hebben. De proteïnen bleken o.a. chitinase activiteiten te hebben⁸. Vandaag zijn eiwitten van *Lupinus albus* onder de naam Problad op de markt tegen *Botrytis* in wijndruif, tafeldruif, tomaat en aardbei en *Monilia* in steenfruit. Het lookextract is op de markt tegen aaltjes en wortelvlieg als NEMguard.

Om de secundaire metabolieten in bepaalde plantendelen te stimuleren, ontwikkelen bedrijven specifieke protocollen. Echter, niet voor alle gewassen is geweten welke externe parameters de productie van secundaire metabolieten positief beïnvloeden waardoor de concentratie aan secundaire metabolieten kan schommelen van oogst tot oogst. Daarnaast is het noodzakelijk om de gewassen met een minimum gewasbeschermingsmiddelen te telen, opdat er geen gewasbeschermingsresidu's in de extracten terecht komen. Uit onderzoek aan UGent in het kader van het FWO-SBO Bio2Bio project blijkt dat in bepaalde gevallen na solventextracties belangrijke werkzame hoeveelheden gewasbeschermingsmiddelen aanwezig zijn. Dit is een belangrijk element om mee te nemen in verder onderzoek en opschaling.

Het nadeel van het telen van primaire gewassen voor de productie van plantextracten als biopesticiden is dat de waardeketen heel erg gespecialiseerd is voor deze ene biomassastroom (logistiek, extractie, formulering, verkoop). Dit betekent dat deze activiteiten zeer seizoensgebonden zijn (sterke bedrijfsactiviteiten vanaf oogst t.e.m. een paar maanden erna = hoogseizoen). Gezien de logistiek, extractie en formulering ontwikkeld zijn voor deze ene specifieke grondstof, worden de bedrijfsinfrastructuren onvoldoende tot niet gebruikt tijdens het laagseizoen. Een oplossing kan zijn om grondstoffen te sourcen in het zuidelijk halfrond tijdens het laagseizoen of grondstoffen te identificeren met gelijkaardige bioactieve stoffen, maar met een complementair groeiseizoen.

Er is een opportuniteit om het ganse productieproces voor biostimulanten en biopesticiden (gaande van biomassa sourcing, extractie, opzuivering, formulering) meer te gaan professionaliseren en standaardiseren zoals de farmaceutische, cosmetica- en voedingsindustrie zelf hebben gedaan enkele jaren geleden. In de farmaceutische industrie worden plantextracten met een zuiverheid van 99% verhandeld aan prijzen die kunnen oplopen tot 1.000 euro per kg. Specifieke extractieprotocollen al dan niet gevolgd door opzuiveringsstappen, zijn dan noodzakelijk om die technische 'grade' te behalen. Inzicht in het chemisch profiel van de plantextracten, identificatie van de bioactieve moleculen en

⁶ Eder et al. (2021) Polysulfides applied as formulated garlic extract to protect tomato plants against the root rot nematode *Meloidogyne incognita*

⁷ Jimenez-Lopez et al. (2016) Narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius*) β 1- and β 6-conglutin proteins exhibit antifungal activity, protecting plants against necrotrophic pathogen induced damage from *Sclerotinia sclerotiorum* and *Phytophthora nicotianae*

⁸ Scarafoni et al. (2013) The proteome of exudates from germinating *Lupinus albus* seeds is secreted through a selective dual-step process and contains proteins involved in plant defense

standaardisatie tussen de verschillende batches zal bovendien ook leiden tot een snellere evaluatie van het registratiedossier (zie verder). In deze zin kan de landbouw enkele belangrijke 'best practises' leren van de farmaceutische en cosmetica industrie.

De grootste uitdaging voor de valorisatie van biomassastromen tot biopesticiden en biostimulanten is volgens de betrokken actoren de toegankelijkheid tot grondstoffen. Er is vaak een 'dual use' van de grondstoffen voor voedingstoepassingen, farmacie en cosmetica. Het gebruik van de secundaire plantmetabolieten als biopesticiden is een minder hoogwaardige economische toepassing in vergelijking met de concurrerende sectoren zoals farmacie en cosmetica. Bovendien worden er veel grondstoffen ook voor de farmacie en cosmetica gekocht op de spotmarkt, waardoor de prijzen sterk kunnen stijgen. Dit alles maakt de toegang tot betaalbare grondstoffen erg onzeker. Contractteelt kan hier een oplossing bieden, alsook een combinatie van extratieprocedures voor toepassingen voor landbouw en farmacie bijvoorbeeld.

De vraag blijft waarom bedrijven gebruik blijven maken van primaire biomassastromen, gelet op de hoge grondstofprijzen. De redenen hiervoor zijn : i) plantendelen die de meeste bioactieve componenten bevatten worden geoogst (bv zaden, wortels). De restromen (bv. blad, stengels) bevatten significant minder secundaire metabolieten, ii) reststromen zijn ondanks alle gescheiden afvalophalingen meer heterogeen in samenstelling, iii) prijs voor reststromen is sterk fluctuerend afhankelijk van de marktvraag (cfr. houtachtige biomassa), iv) vandaag bevinden de teelten van de primaire biomassa zich rond de extractiesites. Indien er met reststromen worden gewerkt, komt er een logistieke uitdaging bij, te meer omdat reststromen sneller fermenteren omdat ze reeds beschadigd zijn door het voorafgaand verwerkingsproces in de keten.

3.1.2. Nevenstromen uit verwerkende industrie

3.1.2.1. Biomassa van dierlijke oorsprong

Dierlijke bijproducten categorie III zoals pluimenveren, hoeven, haren, bloed

Dierlijke bijproducten zijn een rijke bron aan eiwitten. Via hydrolyse (thermaal, enzymatisch, chemisch) kunnen de eiwitten afgebroken worden tot oligopeptiden en vrije aminozuren ook wel proteïne hydrolysaten genoemd. Proteïne hydrolysaten zijn excellente biostimulanten gezien ze de nutriëntenopname door de plant verbeteren, de wateropname en -verbruik verhogen, en het ijzer- en stikstofmetabolisme in de plant stimuleren.⁹ Recent is aangetoond dat di- en tripeptiden ook een belangrijke signaalfunctie kunnen vervullen in de wortelproductie van planten¹⁰.

Dierlijke bijproducten zijn afkomstig van slachthuizen. Deze grondstoffen vallen onder de wetgeving 2009/1069, categorie III (zie verder). Er is echter erg veel vraag naar dierlijke bijproducten uit categorie III (haren, huiden, pluimen, hoeven, bloed,...) voor hoogwaardige toepassingen, waardoor de aankooprijzen soms erg onder druk staan voor de Vlaamse KMO's. Bovendien hebben slachthuizen ook dierlijke bijproducten uit categorie I en II zoals proefdieren en maag-darmkanalen die niet

⁹ Colla et al. (2015) Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture.

¹⁰ Rouphael and Colla (2020) Editorial: Biostimulants in agriculture

eenvoudig zijn om kwijt te raken. Daarom doen slachthuizen beroep op service providers om dierlijke bijproducten uit categorie I en categorie II te verwerken. Deze service providers bieden scherpe prijzen aan slachthuizen voor de verwerking van dierlijke bijproducten uit categorie I en II om in ruil ook categorie III te mogen verwerken. Dit creëert belangrijke monopolieposities binnen Vlaanderen voor de dierlijke bijproducten categorie III bij enkele bedrijven, maar resulteert ook in het minder beschikbaar zijn van deze biomassastroom voor valorisatie tot hoogwaardige innovaties (biostimulanten, cosmetica, menselijke voeding,...). Er is nood aan incentives binnen het beleid om reststromen uit categorie III maximaal te valoriseren, zonder dat de verwerking van reststromen uit categorie I en II in het gedrang komen.

Dierlijke bijproducten (pluimenveren, vleesbeenderen, bloed) worden op dagelijkse basis bij slachthuizen opgehaald. Gezien de zeer snelle bederftijd (enkele uren) en rekening houdend met de rust- en rijtijden van chauffeurs, is het transport van deze producten beperkt tot een paar honderd kilometer. De dierlijke bijproducten categorie III worden daarom hoofdzakelijk opgehaald door de verwerker zelf; er is geen tussenkomst van een logistieke partner.

Ook bijproducten van de visserij (zoals de overvangst, vinnen, koppen, beenderen en graten na filering) worden beschouwd als dierlijke bijproducten uit categorie III. Deze bijproducten zijn beschikbaar via de visveilingen of de ruim verspreide visverwerkende industrie in Vlaanderen (meer dan 100 bedrijven). Ondanks het feit dat deze bijproducten tot 50% van het totaalgewicht van een vis kan uitmaken, zijn de beschikbare hoeveelheden significant lager dan de dierlijke bijproducten van landdieren. Bovendien is de samenstelling van deze biomassareststroom zeer heterogeen (tarbot, zeebaars, schelvis, rode poon, rog, pladijs, tong,...). Vandaag wordt het grootste deel van de visresten in het buitenland verwerkt tot biogas voor energieproductie. Cijfers van beschikbaarheid van dierlijke bijproducten op basis van vis in Vlaanderen zijn niet exact gekend¹¹.

Chitine

Chitine is een N-acetylglucosamine polymeer dat als bouwsteen voorkomt in de celwand van schimmels, schaaldieren, insecten en spinnen. In Vlaanderen zijn de meest belangrijke bronnen van chitine aanwezig via garniaalpellen, wolhandkrabben en insecten FRASS.

Bij de verwerking van bv. schaaldieren wordt het vlees verwijderd voor consumptie en blijft de schaal als reststroom over. Deze vertegenwoordigt soms 75% van het gewicht bij grote schaaldieren¹². De schalen bevatten belangrijke hoeveelheden bioactieve componenten waaronder chitine. In Vlaanderen wordt er ongeveer 500 ton garnalen (*Crangon Crangon*) geoogst¹³. Garnalen zijn veelvuldig aanwezig in de maritieme wateren in september, oktober en november, maar kunnen eigenlijk jaarrond geoogst worden. De garnalen worden aan boord nog gekookt alvorens aan land te gaan. Alle garnalen in Vlaanderen en Nederland worden overgevlogen naar Marokko om daar ter plaatse gepeld te worden. De gepelde garnalen komen terug om dan verkocht te worden in de detailhandel.

¹¹ Van t Land (2019) Fish silage as protein ingredient in animal feeds.

¹² Zou et al. (2021). Bioprocessing of marine crustacean side-streams into bioactives: a review.

¹³ Schatting van Willy Versluys

Garnaalpellen bestaan uit proteïnen, calciumcarbonaat en chitine. Voor elke kg garnalen, wordt er 670 g garnaalpellen geproduceerd of 70% van het gewicht. De garnaalpellen kunnen vandaag gevaloriseerd worden om bisque te maken. De prijs hiervoor is 2 euro per kg. Ondernemers uit de sector hebben samen met een machinebouwer een garnaalpelmachine ontwikkeld. Deze machine pelt 15 kg garnalen per uur. De garnaalpelmachine werd reeds 15 jaar geleden ontwikkeld maar heeft nog geen doorbraak gekend in de markt omdat: i) er onvoldoende garnalen geoogst worden op jaarbasis om de machines jaarrond te laten draaien; ii) er nog 20% ongepelde garnalen in het eindproduct zitten. De machine moet nog enkele aanpassingen ondergaan om de ongepelde garnalen eruit te halen via een detectieoog; iii) de aankoop van de machine is duurder dan de handenarbeid in Marokko. Om deze vicieuze cirkel te doorbreken, wordt er nu gekeken hoe het garnaalaanbod kan verhoogd worden, eventueel door garnalen onshore te kweken in bassins.

Uit de hierboven vermelde studie uitgevoerd door het ILVO in samenwerking met UGent bleek dat chitine afkomstig van garnaalpellen de druk van *Botrytis cinerea* op aardbei verlaagt¹⁴. Bodemanalyses toonden aan dat chitine ondergewerkt in de bodem een positieve invloed had op de microbiële samenstelling van het substraat. Zo werden er meer gram positieve en gram negatieve bacteriën teruggevonden, vermoedelijke dus ook bacteriën met een biocontrole activiteit. Daarnaast stelden de onderzoekers vast dat chitine ook een groeibevorderend effect had op aardbeiplanten. Dit effect was te wijten aan de hogere beschikbaarheid van stikstof voor de plant na afbraak van chitine door het microbioom aanwezig in de bodem.

De Chinese wolhandkrab is een invasieve exoot aanwezig in de Noordzee, in brakke wateren en in zoetwaterrivieren. De wolhandkrab is in onze contreien terechtgekomen via het maritiem vrachtverkeer tussen Europa en Azië. De krab leeft in zoute wateren, maar migreert naar zoetwater om haar eieren daar af te leggen. Omdat de Chinese wolhandkrab een exoot is en de endogene biodiversiteit bedreigd wordt, worden er vallen uitgezet om deze exoot te vangen. Per week worden er twee vangsten uitgevoerd waarbij er telkens 100 tot 200 krabben worden gevangen, wat kleine volumes zijn. Zolang er geen verwerkingsproces plaatsvindt op de krabben (zoals bijvoorbeeld het verwijderen van het vlees), kan het exoskelet niet als dierlijk bijproduct gebruikt worden. Vandaag is er nog geen industriële verwerking van deze krabben omdat het enerzijds om kleine hoeveelheden gaat en anderzijds de krabben te klein zijn om ze op een industriële schaal te verwerken (voor het verwijderen van bv vlees). Er zijn geen volumes aan exoskelet van de noordzeekrab en kreeften aanwezig in Vlaanderen. Deze worden verwerkt in Engeland.

Een andere belangrijke bron van chitine is insecten FRASS. FRASS is de wetenschappelijk term voor de faeces van herbivore insecten. In de praktijk is het echter een mengeling van faeces, vervellingshuiden van larven, dode larven en resten voeding van de insectenlarven. Tijdens de kweek van de larven komen uitwerpselen en vervellingshuiden vrij, die op hun beurt terecht komen in de voedingsbodem van de larven. Omdat er veel warmte vrijkomt tijdens de kweek van larven, droogt de voedingsbodem samen met de huiden en de faeces tot een droge massa, FRASS genaamd. Per kg larven komt er één kg FRASS vrij. Dit FRASS is rijk aan chitine en micro-organismen.

Vlaanderen kent een opmars in de productie van insectenlarven. Vandaag worden er al larven van de zwarte soldatenvlieg geteeld alsook larven van meelwormen, buffalowormen, moriowormen, krekels en sprinkhanen. De larven worden gebruikt als voeding voor vissen, amfibieën, vogels, kippen, schilpadden en konijnen. Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat larven rijk zijn aan chitine, laurinezuur (= een molecule met een antibiotische werking) en antimicrobiële peptiden en blijken dus bijzonder voedzaam te zijn voor dieren.

De productiecycclus van de kweek van de larven van bv. de soldatenvlieg duurt een maand. Voor de kweek is er een voedingsbodem nodig (vaak reststromen, steeds van plantaardige afkomst gemengd met water!) en warmte (28°C) in de wintermaanden. Uit onderzoek blijkt echter dat de kweek van larven beter verloopt op gemengd afval (dierlijk en plantaardig afval). Reststromen afkomstig uit hotels en restaurants blijken hiervoor ideale voedingsbodems te zijn voor deze larven. Helaas valt de teelt van insecten onder de productie van landbouwdieren, waardoor dierlijke afvalstromen niet gebruikt kunnen worden als voedingsbodems. De sector is dan ook vragende partij om een uitzondering/ontheffing te vragen voor het gebruik van gemengd afval voor de teelt van insecten als feed voor gezelschapsdieren en dierentuindieren. De kweek van de larven kan jaarrond plaatsvinden. De verkoopprijs van de larven voor de eindgebruiker is ongeveer 20 euro per kg. FRASS behoort tot categorie II volgens de EG 1069/2009.

3.1.2.2. Biomassa van plantaardige oorsprong

***Cucurbitaceae* familie (pompoe, komkommer, meloen, courgette)**

Uit onderzoek uitgevoerd aan de Universiteit Gent¹⁵, blijkt dat koudwaterextracten van plantendelen die behoren tot de *Cucurbitaceae* familie, resistentie kunnen induceren in gewassen tegen plantpathogene aaltjes. Na bladbehandeling met koudwaterextracten van plantendelen behorend tot de *Cucurbitaceae* familie, blijken nematoden zich minder gemakkelijk te vermenigvuldigen (minder gallen, minder eitjes) op de wortels van gewassen zoals rijst, suikerbiet en tomaat. Uit onderzoek bleek dat extracten afkomstig van de schillen van de vruchten (pompoe, komkommer, courgette) meer werkzame stoffen bevatten dan extracten gemaakt uit loof, wortels of stengels. Bovendien bleek courgetteschillen de meest bioactieve componenten te bevatten, gevolgd door pompoenschillen en tenslotte komkommer. Er is nog niet gekend welke actieve bestanddelen een rol spelen in de inductie van de resistentie. Dit wordt momenteel onderzocht samen met een industriële partner.

Met een productie van 47 ha in Vlaanderen komt er 1.300 à 1.500 ton komkommerloof per jaar vrij in Vlaanderen. Het loof komt vrij een keer per jaar in november. De productie van courgette vindt plaats op kleinere schaal, zo'n 80 ha in Vlaanderen. Ook hier komen significante hoeveelheden loof vrij. Uit onderzoek bleek echter dat schillen van *Cucurbitaceae* vruchten meer bioactieve componenten bevatten dan het loof. Het is echter niet eenvoudig schillen te vinden van deze vruchten, gezien de vruchten gegeten worden met schil.

¹⁵ De Kesel et al. (2022). Cucurbitaceae Cold Peeling Extracts (CCOPEs) protect plants from root-knot nematode infections through induced resistance and nematicidal effects

Tomatenloof

In Vlaanderen wordt 95% van de tomaten geteeld onder glas op substraat, goed voor een oppervlakte van 584 ha in Vlaanderen (STATBEL 2021). Jaarlijks komt er 30 tot 50 ton loof per ha vrij wat overeenkomt met een hoeveelheid van 17.500 tot 29.000 ton/jaar. Vandaag is het loof vervuild met plastic clips en touwen en wordt het loof daarom nog vaak verbrand. Verschillende pogingen om de clips en touwen te vervangen door biodegradeerbare versies of het ontwikkelen van scheidingstechnieken hebben geen oplossing gebracht, waardoor het loof moeilijk te valoriseren is tot hoogwaardige toepassingen.

De Universiteit Gent heeft echter aangetoond dat waterextracten van tomatenloof biostimulerende eigenschappen hebben (sterkere wortelgroei na behandeling, ongepubliceerde data, Bio2Bio project). In het kader van het LA traject ZeroWaste, onderzoekt de Universiteit Gent in samenwerking met Inagro, PSKW en PCH of de opschaling van tomatenloof tot biostimulanten kan plaatsvinden. In dit project worden verschillende scheidingstechnieken onderzocht, extractiemethodes geoptimaliseerd en veldproeven aangelegd met de tomatenloofextracten.

Deze reststroom heeft ondanks het potentieel om als biostimulant gevaloriseerd te worden, enkele nadelen. De reststroom blijft sterk vervuild door clips en touwen waarvoor niet onmiddellijk een oplossing in de maak is en bovendien komt de reststroom maar één keer per jaar beschikbaar voor productie van biostimulanten (november – december).

Witloofwortel

Cichorium intybus var. *foliosum* of Belgisch witloof was in 2020 de op drie na meest gegeten groente in België¹⁶. Een recente studie van Growth For Knowledge (GfK) in opdracht van het Vlaams Centrum voor Agro- en Visserijmarketing (VLAM) toont echter een jaarlijkse daling aan in witloofconsumptie bij de Belgische gezinnen. Desalniettemin wordt er in Vlaanderen nog witloof geteeld op 1.100 ha (cijfers STATBEL). Hiermee is Vlaanderen verantwoordelijk voor 56% van de Belgische witloofproductie.

Witloof is een tweejarig gewas. In het eerste jaar worden de wortelen geteeld door in mei te zaaien in het veld, waarna in de herfst de wortelen worden geoogst. De wortelen worden vervolgens geforceerd of 'getrokken' om blad te vormen. Vroeger vond dit plaats in volle grond onder een dekzeil, maar vandaag vindt het forceren van witloofwortelen vooral plaats in hydrocultuur. Wortelen die niet onmiddellijk gebruikt worden voor het forceren of trekken, worden koel bewaard. In 3 tot 4 weken groeit de witloofkrop uit. De bladeren worden afgesneden en de wortels komen ter beschikking voor valorisatie. Vandaag worden de wortels en de bioactieve componenten gevaloriseerd voor verschillende toepassingen (cosmetica, vleesvervangers, diervoeding). Omdat de teelt van witloof jaarrond gebeurt, is dit één van de weinige agrarische reststromen die jaarrond beschikbaar zijn.

Uit onderzoek uitgevoerd door UGent¹⁷ in samenwerking met ILVO bleek dat water en solventextracten van witloofwortels wortelgroei (primair, lateraal) bij zandraket en de tropische plant *Plectractus esculentus* bevorderen. Onderzoekers stelden vast dat de wortels niet alleen langer waren

¹⁶ VLAAMS CENTRUM VOOR AGRO- EN VISSERIJMARKETING, [Groente- en fruitbestedingen boomen door coronacrisis](#)

¹⁷ Ogunaya et al. (2022). Belgian endive derived biostimulants promote shoot and root growth in vitro

maar dat er ook meer wortels geproduceerd werden. Ook de bovengrondse biomassa van zandraket en *Plecanthus esculentus* werd significant gestimuleerd na behandeling van witloofwortelextracten. Uit onderzoek bleek dat vooral waterextracten de bioactieve componenten bevatten. Onderzoek door ILVO toont aan dat waarschijnlijk de sesquiterpenen verantwoordelijk zijn voor de bioactiviteit.

Graanbostel

Graanbostel of dried distillers grains and solubles (DDGS) is een bijproduct van de ethanolproductie. In België wordt er ruwweg 450.000 miljoen liter bioethanol geproduceerd als brandstof. Twee van de drie productiebedrijven bevinden zich in Vlaanderen. Tijdens de productie van bioethanol geproduceerd uit maïs, tarwe of gerst komt er een natte koek vrij en 'solubles'. Deze worden samengevoegd en gedroogd tot DDGS. DDGS wordt vandaag gebruikt als veevoer. Volgens het CINBIOS rapport was er in 2012 117.800 ton DDGS beschikbaar in België.¹⁸

Onderzoek aan de Universiteit Gent¹⁹ in samenwerking met KULeuven heeft aangetoond dat solventextracten afkomstig van DDGS resistentie in de plant induceren tegen plantpathogene schimmels en nematoden. Na bladbehandeling bleken gewassen meer resistent te zijn tegen o.a. *Botrytis* aantastingen en wortelknobbelnematoden. Waterextracten van DDGS hebben bovendien een directe nematicidale werking. Ethanolextracten van DDGS stimuleren de groei van tomaat en de productie van adventiefwortels (biostimulantactiviteit).

Biochar

Biochar is een product dat ontstaat tijdens een pyrolyseproces, een proces waarbij organische biomassa onder zuurstofarme condities en hoge temperaturen (450°C) wordt omgezet tot biochar. Verschillende organische reststromen komen in aanmerking voor het pyrolyseproces: koffiegruis, olijfpitten, boomschors, maar ook minder hoogwaardige reststromen zoals mest, MDF reststromen, houtresten en bermmaaisel.

Uit onderzoek uitgevoerd door ILVO²⁰ in samenwerking met UGent, bleek dat biochar gemaakt van resten van steeneik een positief effect had op het immuunsysteem van aardbeiplanten wanneer deze ondergebracht werd in het substraat (dosis 2g biochar/L substraat). Aardbeivruchten vertoonden minder aantasting van *Botrytis cinerea* in vergelijking met de negatieve controle. Moleculair onderzoek toonde aan dat menging van biochar in substraat een shift veroorzaakte in de gemeenschap van bacteriën en schimmels. Hierbij stelden de onderzoekers vast dat substraat verrijkt met biochar meer biocontrole micro-organismen (zowel schimmels als bacteriën) aantrekt. Deze shift in microbiom naar meer biocontrole micro-organismen is waarschijnlijk de reden waarom er resistentie in de plant wordt geïnduceerd. Verder onderzoek is nodig om deze hypothese te bekrachtigen.

¹⁸ CINBIOS rapport (2013) Overzicht van de organische-biologische nevenstromen in Vlaanderen.

¹⁹ [Use of extracts of Distillers' dried grains with solubles as biopesticides and/or biostimulants](#)

²⁰ De Tender et al. (2021) Biochar-Enhanced resistance to *Botrytis cinerea* in Strawberry fruits (but not leaves) is associated with changes in the rhizosphere microbiome.

De rol van biochar als biostimulant is nog onvoldoende bewezen. Enkele artikels beschrijven een betere plantengroei in aanwezigheid van biochar in de bodem²¹ of substraat. Deze werking werd echter toegeschreven aan de positieve werking van biochar als bodemverbeteraar op de bodemparameters (bodem pH wijziging, nutriëntenbeschikbaarheid). In het recent goedgekeurd onderzoeksproject BASTA ²²(FWO-SBO project) onderzoeken ILVO en UHasselt het gebruik van biochar als biostimulant.

De grootste voordelen van biochar zijn het feit dat ze jaarrond geproduceerd kunnen worden uit een breed assortiment van organische reststromen. Er lijken weinig beperkingen te zijn voor de ingangsstromen. Een economische analyse toonde aan dat de minimum kostprijs van biochar varieert tussen de 560 euro/ton en 980 euro/ton om de pyrolyse-installatie en werking te bekostigen. Deze prijzen lijken aanvaardbaar voor een biopesticiden en biostimulant. Echter, gezien de werking van biochar als plantimmuunversterkend product nog onvoldoende is aangetoond, lijkt het weinig waarschijnlijk dat een (dure) registratieprocedure voor deze reststroom zal worden opgestart in de komende jaren. Eventueel kan biochar wel als 'basis substance' geregistreerd worden binnen Europa wat een eenvoudigere en minder duur proces is. Ook de wetenschappelijke bewijzen dat biochar als volwaardige biostimulant kan opereren, ontbreken nog. Er is bijgevolg meer onderzoek nodig om de werking van biochar op de plant te begrijpen. Biochar kan vandaag wel al als bodemverbeteraar of veenvervanger ingezet worden (mits de grondstofverklaring van OVAM en een ontheffing via FOD). De vraag blijft of 500 euro per ton een haalbare prijs is als bodemverbeteraar of veenvervanger.

3.2 Onderzoek

Het onderzoek naar biomassa voor de productie van biostimulanten en biopesticiden bevindt zich aan de kennisinstellingen en hogescholen in Vlaanderen, vaak in samenwerking met proefcentra. In het onderzoek wordt vooral de focus gelegd naar het screenen van nieuwe biomassastromen met bioactieve componenten, de omzetting van biomassa-reststromen naar biostimulanten en biopesticiden (pyrolyse, torrefactie, hydrolyse, fermentatie) en in mindere mate naar de productie van primaire biomassastromen zoals microalgen. Hieronder vindt u een niet-limitatieve lijst van onderzoeksprojecten die vandaag lopen of recent zijn afgerond binnen Vlaanderen:

- **Era-net – Marine Biotechnology BLUESHELL 'De exploratie van bijproducten van schaaldieren als grondstof voor blauwe bioactiviteiten' (2017-2020).** Dit project gecoördineerd door UGent in samenwerking met ILVO, Ierse, Noorse, Zweedse en Italiaanse partners onderzocht hoe chitine en chitosan uit schaaldieren kan worden vrijgesteld via microbiële fermentatie en hydrolyse. De chitine en chitosan werden onderzocht op biostimulant en gewasbeschermende eigenschappen.

²¹ Bozolla et al.(2017). Effects of moderate and high rates of biochar and compost on grapevine growth in a greenhouse experiment.

Imran et al. (2022). Biochar actions for the mitigation of abiotic stress

²² SBO-FWO project BASTA 'Biochar's Added value in Sustainable land use with Targeted Applications in processes, growing media & (future proof) open-field cultivation' (2019-2024).

- **PWO LOGAN 'Lokale gewassen als bron voor natuurlijke biopesticiden' (2018-2021)**, gecoördineerd door Karel de Grote Hogeschool, in samenwerking met UGent, UAntwerpen, Bi-Pa en Globachem. In dit project werd het potentieel om lokale onkruiden en gewasresten uit de landbouw te valoriseren als biopesticiden onderzocht. De werkzaamheid van de extracten werd getest tegen 4 schimmelsoorten die grote landbouwverliezen kunnen veroorzaken.
- **FWO-SBO project Bio2Bio 'Van organische reststromen tot biostimulanten en biopesticiden' (2018-2022)**, gecoördineerd door UGent, in samenwerking met VITO, ILVO en KULeuven. In dit SBO-project werden 12 verschillende landbouwreststromen veelvuldig aanwezig in Vlaanderen geëxtraheerd met behulp van vier verschillende solventen en gescreend op plantengroeibevorderende en gewasbeschermende eigenschappen. Dit project heeft geresulteerd in een unieke database met meer dan 50 verschillende extracten getest op meer dan 30 verschillende plantbioassays.
- **Eranet- FACCE BioSUNmulant 'Innovative applications from sunflower by-products' (2020-2023)**. Dit project, gecoördineerd door UGent in samenwerking met KULeuven, Oleon en twee Franse partners onderzoekt hoe zonnebloemstengels via extrusie kunnen gevaloriseerd worden tot biostimulant, biopesticide en plantenvezels als bouw materiaal.
- **Eranet – SUSFOOD Bio4FOOD 'High quality and nutrient rich food through crop waste derived biostimulant and biopesticides' (2020-2023)**. In dit project, gecoördineerd door UGent in samenwerking met Ajinomoto, Italiaanse, Duitse en Marokkaanse partners is onderzocht hoe gewasresten gevaloriseerd kunnen worden tot biostimulanten en biopesticiden. Gebruikmakend van de secundaire metaboliëten aanwezig in de reststromen, hopen de onderzoekers producten te ontwikkelen die enerzijds gewassen beschermen tegen ziektes, anderzijds extractie te maken die de gehaltes aan Fe, Mg en Zn in de oogstbare delen van de plant stimuleren.
- **LA traject 'Zero Waste approach voor vruchtgroenten onder glas' (2021-2025)**. In dit project, gecoördineerd door Inagro, in samenwerking met UGent, PSKW en PCH wordt er gekeken of er biostimulanten respectievelijk bionematiciden kunnen gemaakt worden van tomatenloof en komkommerloof.
- **Baekelandmandaat 'Koudwaterextract als basis voor nematodenbestrijding' (2020-2024)**. In dit project onderzoekt UGent in samenwerking met een industriële partner hoe koudwaterextracten afkomstig van o.a. komkommerloof en pompoenschil een bionematicidale werking kunnen hebben.
- **SBO-FWO project BASTA 'Biochar's Added value in Sustainable land use with Targeted Applications in processes, growing media & (future proof) open-field cultivation' (2019-2024)**. In dit project onderzoekt UHasselt in samenwerking met ILVO of biochar geproduceerd van diverse reststromen een biostimulant of biopesticide activiteit kan hebben op belangrijke Vlaamse gewassen.
- **Interreg 2 zeeën HORTI BLUE C 'Towards a more sustainable and circular soilless horticulture' (2018-2022)**. In dit interreg project onderzoekt ILVO, samen met PCH en enkele industriële partners in binnen- en buitenland of biochar en chitine, geproduceerd van mariene reststromen plantengroei kunnen bevorderen.

- **FWO-SBO project VIGOROUS – ‘Vital crop growth through usage of microalgae based biostimulants’ (2021-2025).** In dit project onderzoekt de Thomas Moore hogeschool welke microalgen in aanmerking komen voor de productie van biostimulanten. Dit project loopt in samenwerking met KULeuven.
- **Vlaio O&O project KERBIOS: van Keratine tot biostimulanten (2021-2023).** In dit project werken STAMAGRO en UGent samen om een hydrolysetechnologie te ontwikkelen om aminozuur gebaseerde biostimulanten te produceren afkomstig van eiwitten uit pluimenveren.

Bovenstaand onderzoek illustreert dat er verschillende onderzoeksactiviteiten plaatsvinden bij de Vlaamse kennisinstellingen op dierlijke en plantaardige reststromen zowel op fundamenteel niveau alsook onderzoek in samenwerking met bedrijven. Auteurs hebben kennis van andere projecten die omwille van geheimhouding niet vermeld kunnen worden. De resultaten van het fundamenteel onderzoek kunnen opgevolgd worden via de publicaties van wetenschappelijke artikels en patenten. In de gevallen waarbij het onderzoek verloopt in samenwerking met bedrijven, blijven publicaties uit omwille van geheimhouding. Dit werd ook bevestigd via een analyse van de Technopolis groep in opdracht van het Vlaams Departement Economie, Wetenschap en Innovatie (EWI (ongepubliceerd rapport)). Veel bedrijven actief in de bio-economie zijn KMO's , waar er minder affiniteit is met publicaties en waar bovendien geheimhouding belangrijk is. Volgens diezelfde studie van EWI blijkt dat Vlaanderen een sterkhouders is in publiek-privaat onderzoek in het domein van bio-economie. Artikels afkomstig van Vlaamse onderzoekers worden bovendien gemiddeld meer geciteerd in vergelijking met artikels van Vlaamse onderzoekers in een ander domein.

Echter, onderzoek naar nieuwe, innovatieve extractiemethodes, het verwerken van reststromen (drogen, stabiliseren,...) bij feedstockproviders, identificatie van nieuwe actieve ingrediënten in plantextracten (chemical biology) en mode of action studies worden nog onvoldoende of niet uitgevoerd. Hier is nog ruimte voor nieuwe kennisinzichten voor de sector. Deze kennisinzichten zijn belangrijk voor de verdere uitrol van biomassa-reststromen als biostimulanten en biopesticiden.

3.3 Logistiek

Vandaag vindt de ophaling van organische biomassa-reststromen plaats door bedrijven gespecialiseerd in ophaling van afvalstromen. De biomassa-reststromen worden opgehaald via kleinere bioboxen en rolcontainers (vooral voor ophaling van gemengd afval bij detailhandel, horeca, scholen, ziekenhuizen,...) of containers (voor grote volumes bedrijfsafval). Uit interviews met de verschillende actoren uit de sector bleek dat er nog belangrijke toegevoegde waardeactiviteiten weggelegd zijn voor de logistieke sector.

Vandaag bestaan er verschillende rapporten (CINBIOS) en een digitale databank, de symbioseplatform databank, die de beschikbare biomassa-reststromen in Vlaanderen in kaart brengen. De symbiose databank linkt vraag en aanbod digitaal aan elkaar. Uit bevraging van de sector bleek dat er behoefte is om het concept van digitale link tussen vragers en aanbieders van biomassa-reststromen ook fysiek te gaan linken via een hub of platform bij de ophalers van bedrijfsafval. De voorwaarden om dergelijk fysiek platform op te zetten zijn: i) reststromen zijn in voldoende grote hoeveelheden aanwezig

(minimum 5000 ton per jaar), ii) voldoende afnemers (een business model gestoeld op één klant maakt het model onzeker voor de afvalophalers bij wegvallen van de klant), iii) een aanvaardbare verkoopprijs voor de biomassastromen langs de vraagzijde. Behalve het ophalen en verzamelen van biomassa, kan de toegevoegde waarde van logistieke bedrijven bestaan uit: i) het verwijderen van pollutanten (plastic, metaal, aarde,..), ii) het zeven op gewenste maasgrootte, iii) het persen of verwerken (versnijden, homogeniseren,..) van de biomassastroom tot pellets of korrels iv) het nastreven van een bepaalde homogeniteit en kwaliteit door het mixen van verschillende batches; en iv) het controleren van kwaliteitsparameters (aanwezigheid van zware metalen, pesticiden, humaanpathogenen,..). Om dergelijk business model economisch rendabel en efficiënt op te zetten binnen de sector is er nood aan een uitbreiding van de bijlage 2.2 van de VLAREMA wetgeving naar grondstoffen die beschouwd kunnen worden als veilig. Indien bijlage 2.2 kan uitgebreid worden naar meer biomassa-reststromen, betekent dit dat er meer efficiënt kan omgesprongen worden met transport. Vandaag kan een leverancier van koffie of aardappelen geen koffiegruis respectievelijk aardappelschillen terug meenemen in een retourtransport daar het om een afvalstof gaat. Hierdoor worden de biomassa-reststromen afkomstig van veilige 'productieprocessen' onnodig duur door extra transportkosten. Tenslotte is het belangrijk om incentives te creëren voor de sector om hoogwaardige reststromen (bv houtachtige reststromen of droge reststromen) met potentieel niet als groene energie te gaan valoriseren via verbranding (zei uitleg verder onder pyrolyse) maar wel voor hergebruik of recycling. Hier moet de sector gesensibiliseerd en geïncentiveerd worden door bijvoorbeeld het ontwikkelen van een koolstof label voor elke kg koolstof die op een duurzame manier voor een langere periode wordt ingebouwd in een eindproduct.

3.4 Verwerking van grondstoffen

De targetmoleculen die deel uitmaken van biostimulant- en biopesticideproducten zitten vaak ingebouwd (aminozuren, chitine) in celwanden of zijn ingekapseld in plantencellen (polyfenolen, terpenen,..). Om de moleculen te kunnen vrijstellen is er nog een verwerkingsproces nodig op de biomassa(rest)stromen. Dit kan via verschillende technieken, zoals hieronder beschreven.

Solventextractie

Bij een solvent extractie worden er solventen (water, ethanol, aceton, hexaan, ethylacetaat en toluen) toegevoegd aan een vloeistof (= vloeistof/vloeistof extractie) of aan een biomassa (in de meeste gevallen van deze studie). Afhankelijk van de te extraheren bioactieve componenten wordt er gekozen voor een polair (water, ethanol, aceton) dan wel een apolair (hexaan, toluen) solvent.

De biomassa wordt eerst verkleind met behulp van een snijmachine (in het geval van plantaardige materialen zoals zeewier) of een hamermolen (in het geval van meer ligninerijke biomassa zoals houtsnippers, galnoten) om het contactoppervlak met de solvent te maximaliseren. Om het extractieproces te optimaliseren kan de biomassa na verkleining nog mechanisch verwerkt worden tot pellets. De voordelen van deze pelletisatiestap zijn i) het verwerken van de kapotgeklopte biomassa tot homogene eenheden (pellets) waardoor industriële verwerking met behulp van machines vergemakkelijkt wordt, ii) het verwijderen van stofdeeltjes door deze te samen te persen tot een pellet waardoor het stof niet rondvliegt in de fabriek, iii) de mogelijkheid om extra additieven toe te voegen

tijdens het pelletiseringsproces om de infiltratiestap van de solventen positief te beïnvloeden (bv. toevoeging van 10% water om de hydrofobiciteit van de biomassa te laten dalen of toevoegen van kalkmelk om de structuur van de poriën open te houden).

Voor de extractie van polyfenolen uit biomassa wordt in Vlaanderen gebruikt gemaakt van een continu proces waarbij de pellets via een transportband met gaatjes in contact komen met het gewenste solvent. De solventoplossing dringt de pellet binnen en wordt langs de onderzijde van de transportband opnieuw verzameld dankzij de gaten in de transportband. De solventoplossing wordt opgepompt en opnieuw op de pellets aangebracht. Dit proces kan tot tien keer herhaald worden afhankelijk van de te extraheren molecule (moeilijk te extraheren of niet). In de meeste gevallen wordt er water als solvent gebruikt, al dan niet aangelengd met ethanol of aceton. Het solvent wordt uiteindelijk verdampt tot een droog poeder. De ratio solvent/ biomassa is ongeveer factor 7. In enkele gevallen wordt er een zuiver apolair solvent gebruikt zoals toluen. Omwille van duurzaamheidsaspecten, wordt het toluen bij indamping opnieuw gerecycleerd en ingezet bij een volgende extractieproces. De solventen worden steeds opgewarmd via stoom tot boven hun upper explosion point omwille van een hoger rendement die bekomen wordt tijdens de extractie. Voor ethanol is dat boven de 50°C. Tussen elke extractiebatch moet er grondig gereinigd worden, wat een aanzienlijke economische kost is. Daarom worden er batches van gemiddeld 300 ton gedraaid. Op een dag kan er 10 ton biomassa geëxtraheerd worden op een industriële lijn. Uit een geschikte grondstof kan er ongeveer 10% polyfenolen gehaald worden. De eindproducten worden gecontroleerd op aanwezigheid van pesticiden, zware metalen, mycotoxines zoals aflatoxines en humaanpathogene bacteriën.

De toekomstige uitdagingen voor solventextractie op industriële schaal zijn enerzijds de hoge energiekosten die gepaard gaan met het opwarmen van de solventen, het reinigen van de extractielijnen en het koelhouden van de biomassastromen. Bepaalde biomassastromen moeten koel gestockeerd worden, zeker biomassa die veel water bevat. Daartoe zijn er koelcellen voorzien (4°C) alsook diepvriezers (-18°C). Ook de duurzame recuperatie van de solventen blijft een uitdaging voor de toekomst waar nog meer onderzoek moet op plaatsvinden.

Hydrolyse

Hydrolyse is een splitsing van chemische verbindingen zoals eiwitten onder opname van een watermolecule. Hydrolyse kan plaatsvinden via sterke basen en/of zuren (chemische hydrolyse), via enzymen (enzymatische hydrolyse) of onder hoge temperaturen en druk (thermische hydrolyse). Hydrolyse van biomassa-reststromen vindt plaats op dierlijke bijproducten (huiden, hoeven, horens, haar, pluimen, bloed, visresten) of op plantaardige stromen (graanbostel, reststromen van leguminosenververking, microalgen,..). De eiwitten worden tijdens een hydrolyse omgezet tot proteïne hydrolysaten die een mix zijn van vrije amozuren, oligopeptiden en langere eiwitketens. 90% van de proteïne hydrolysaten op de biostimulantenmarkt zijn afkomstig van een chemische hydrolyse van dierlijke bijproducten²³ Een hydrolyse van eiwitten is noodzakelijk om te komen tot een efficiënt plantbiostimulant omdat planten gemakkelijker vrije aminozuren en oligopeptiden

²³ Colla et al. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture

assimileren en kunnen inbouwen in hun metabolische processen. Eiwitten moeten eerst nog omgezet worden tot kleinere peptiden door bijvoorbeeld micro-organismen in de bodem.

Chemische hydrolyse kan plaatsvinden onder zure of basische omstandigheden. Bij een zure hydrolyse wordt er waterstofchloride of zwavelzuur toegevoegd bij de eiwitten en wordt de temperatuur verhoogd tot 121 °C en meer. Bij een basische hydrolyse wordt er Ca, Na of K hydroxide aan de eiwitten toegevoegd en wordt het mengsel op de gewenste temperatuur gebracht. Een chemische hydrolyse is de meest gekozen strategie voor de productie van dierlijke proteïne hydrolysaten. Een chemische hydrolyse werkt in op alle eiwitbruggen, waardoor er een grote graad van hydrolyse bekomen wordt (dus veel vrije aminozuren en oligopeptiden). Echter door toevoeging van zuren of basen, vindt er racemisatie plaats van de vrije aminozuren: L-isomeren worden omgezet tot D-isomeren. Helaas kunnen aminozuren enkel onder de L-isomeer ingebouwd worden bij levende organismen waardoor planten niet onmiddellijk D-aminozuren kunnen aanwenden in hun metabolisme. Proteïne hydrolysaten op basis van D-isomeren zijn dus minder efficiënt dan proteïne hydrolysaten op basis van L-isomeren. Tenslotte leidt het grote verbruik van zuren en basen tijdens het chemische hydrolyse proces tot een verhoging van zouten in de proteïne hydrolysaten, wat niet wenselijk is.

Bij een enzymatische hydrolyse wordt er gebruik gemaakt van enzymen om de eiwitbruggen te knippen. Hiervoor wordt er gebruik gemaakt van proteolitische enzymen afkomstig van dierlijke organismen (pepsine, pancreatine), planten (papeïne, ficine, bromaline) of van micro-organismen (alcalase,...). Enzymen knippen eiwitbruggen op een zachtere manier en zijn bovendien werkzaam bij lagere temperaturen (< 60°C). Dit betekent dat bij een enzymatische hydrolyse er meer L-isomeren in de proteïne hydrolysaten aanwezig zijn in vergelijking met een chemische hydrolyse. Echter, doordat de enzymen zo specifiek inwerken op de eiwitbruggen (bv papeïne knipt de eiwitbrug tussen phenylalanine en leucine; papeïne knipt de brug naast arginine, lysine of phenylalanine), is de hydrolysegraad lager dan bij een chemische hydrolyse. Een verwijdering van de hoog moleculaire peptiden via filtratie kan een noodzakelijk stap zijn na enzymatische hydrolyse om de biostimulantproducten efficiënter te maken. Tenslotte zijn enzymen duurder maar meer duurzaam in gebruik dan solventen.

Thermische hydrolyse: bij een thermale hydrolyse worden eiwitten gedurende 30 tot 120 minuten onder hoge druk (2 -10 bar) en temperatuur (150-180°C) gebracht om de eiwitbruggen te breken. Deze techniek is zoals de chemische hydrolyse een aspecifieke hydrolyse, gezien alle eiwitbruggen geknipt kunnen worden maar helaas vindt ook een ongecontroleerd verlies van carboxyl- en aminogroepen plaats wat de bioactiviteit van de aminozuren niet ten goede komt. Thermische hydrolyse wordt vandaag enkel/vooral in de praktijk toegepast voor de productie van proteïne hydrolysaten voor humane voeding, farmaceutische of cosmetische toepassingen, gezien de eerder duurdere techniek (veel energieverbruik). Nevenstromen die vrijkomen tijdens het hydrolyseproces (bijvoorbeeld eiwitkoek en/of vloeibare effluent) kunnen echter nog vrije aminozuren en oligopeptiden bevatten die gebruikt kunnen worden (na een extra enzymatische hydrolyse) voor de commercialisatie van plantbiostimulanten. Een installatie van reactoren voor thermische hydrolyse exclusief gericht op de productie van plantbiostimulanten is vandaag economisch niet rendabel.

Pyrolyse

Pyrolyse is een proces waarbij (organische) biomassa onder zuurstofarme condities en hoge temperaturen (450°C) in een reactor wordt omgezet tot pyrolysegas en biochar. Het pyrolysegas wordt aangewend als energiebron na verbranding of wordt omgezet tot elektriciteit²⁴. De biochar kan gecommmercialiseerd worden of verder verwerkt worden tot actieve kool, waarbij het oppervlak van de biochar zo wordt behandeld waardoor het specifieke moleculen kan binden (bv zware metalen, pesticiden, organische materiaal, vluchtige stoffen etc...). Soms worden ook de woorden carbonisatie of torrefactie gebruikt.

Bij conventionele pyrolyse wordt biomassa extern verhit in een zuurstof deficiënte atmosfeer in een reactor. Afhankelijk van het materiaal, wordt het materiaal eerst gemalen en gedroogd alvorens het de reactor binnengaat. In theorie komt elke bron van biomassa in aanmerking inclusief houtsnippers, schors, maïsstengels, cacao-doppen, mosselschelpen, exoskelet van schaaldieren, maar ook houtresten, vlasleem, mdf-resten, plastic, mest, slib en bermmaaisel. Het uitgangsmateriaal beïnvloedt in belangrijke mate de kwaliteit van de biochar. Pyrolyse kan plaatsvinden onder verschillende temperaturen, maar vaak zijn temperaturen van 450°C graden en hoger geschikt om vetten, suikers en secundaire metabolieten in de biomassa af te breken. Tijdens pyrolyse komen er ook vluchtige verbindingen uit de biomassa. Deze vluchtige verbindingen worden opgevangen en pyrolysegas genoemd. Het pyrolysegas kan op haar beurt opnieuw verbrand worden om zo het pyrolyseproces gaande te houden. Bij temperaturen van 450°C en meer blijven de ligninerijke structuren over. Deze kunnen niet ontbranden door de afwezigheid van zuurstof. Wanneer pyrolyse uitgevoerd wordt bij mildere temperaturen (200-320 °C) dan spreken we van torrefactie van biomassa. Tegenwoordig bestaan er ook al nieuwe vormen van pyrolyse waarbij gebruik wordt gemaakt van elektriciteit (en geen gas) om microgolfstralen op te wekken. De microgolfstralen worden dan gebruikt om de biomassa op te warmen. Het pyrolysegas dat vrijkomt wordt vervolgens aangewend om elektriciteit op te wekken voor de microgolfstralen.

Pyrolyse wordt volgens de VLAREM II wetgeving beschouwd als een verbrandingsactiviteit. Dit betekent dat bedrijven die biochar maken van biomassa(rest)stromen vergund worden als verbrandingsinstallaties van afval indien gebruik gemaakt wordt van biomassa(rest)stromen. Nochtans worden de biomassa(rest)stromen aangebracht met de nodige transportformulieren waarop 'recycling' staat als bedrijfsactiviteit (en dus niet verbranding). Ook grondstofverklaringen kunnen worden geleverd voor de ingangsmaterialen en het uitgangsmateriaal van de pyrolyse via de VLAREMA wetgeving. Dit betekent dat op productniveau pyrolyseactiviteiten onder 'recycling' vallen op de ladder van Lansink, maar productietechnisch onder 'verbranding'. De discrepantie in het wetgevend kader tussen product- en procesniveau leidt tot verwarrende situaties binnen de sector, zeker tijdens controles van de handhavingdiensten.

Een van de grootste uitdagingen voor de producenten van biochar (en biochargebaseerde producten zoals actieve kool) echter is niet zozeer het wetgevend kader maar de beschikbaarheid van biomassa.

²⁴ Haeldermans et al. 2020. A comparative techno-economic assessment of biochar production from different residue streams using conventional and microwave pyrolysis.

Doordat de energieprijzen enorm gestegen zijn, is er een enorme vraag naar houtachtige materialen voor de verbrandingsinstallaties (lees: volledige verbranding). Deze bedrijven kunnen meer betalen voor de biomassa omdat deze bedrijven (nog) genieten van groenestroomcertificaten. Zeker in een economische context waarbij Duitsland de groene stroomcertificaten nog enige tijd zal aanhouden, is de vraag naar houtsnippers enorm gestegen in het buitenland. Gezien er vrij verkeer van handel en goederen is binnen de Europese Unie, heeft dit zeer nadelige gevolgen op de beschikbare biomassa van houtachtige reststromen in Vlaanderen. Om de houtachtige biomassa meer beschikbaar te maken in Vlaanderen is het aangewezen om de ladder van Lansink strikter toe te passen. Volgens de ladder scoren hergebruik en recycling van biomassa-reststromen beter dan verbranding. Ondanks het zeer verdienstelijke Vlaams Actieplan Voedselverlies en Biomassa (2021-2025), wordt de sector nog steeds te weinig aangemoedigd om houtachtige biomassa-stromen te hergebruiken of recyclen in plaats van te verbranden.

Uit interviews bleek dat kleine pyrolysereactoren (0.5 ton/h) wel ingang kunnen vinden in de glastuinbouw voor het verwerken van organisch bedrijfsafval (organische substraatmatten, tomatenloof, misvormde vruchten) enerzijds, en het produceren van energie om de kassen te verwarmen anderzijds.

Overige verwerkingsmethoden

Naast bovengenoemde verwerkingsprocessen zijn er nog verschillende andere processen die vandaag reeds hun toegevoegde waarde hebben bewezen, maar nog niet op industriële schaal worden toegepast in Vlaanderen:

Fermentatie: fermentatie is een goedkope, weinig energieverbruikende technologie om bijvoorbeeld mariene reststromen zoals exoskeletten van schaaldieren of visreststromen te valoriseren. Zo kan chitine bijvoorbeeld uit schaaldieren vrijgesteld worden door de toevoeging van bacteriën die melkzuur (*Lactobacillus* spp, *Serratia marcescens*) en proteasen (*Bacillus pumilis* A1, *Bacillus parabrevis* TKU04) produceren²⁵. Tijdens de fermentatie wordt lactaat door de bacteriën die groeien op toegevoegde suikerbronnen (glucose, lactose en fructose). Het lactaat reageert op haar beurt met het calciumcarbonaat aanwezig in de chitinefractie van de schaaldieren. Op deze manier wordt chitine vrijgesteld na precipitatie van calciumlactaat.

Ultrasonische extractie: ultrasonische extractie techniek wordt gebruikt om bioactieve componenten uit o.a. plantextracten of aminozuren uit eiwitten te halen. Er wordt gebruik gemaakt van hoogenergetische ultrasonische golven (> 20 kHz) die 'reizen' door een vloeistof waardoor er afwisselend hoge en lagedruk cycli ontstaan wat resulteert in akoestische cavitatie. Akoestische cavitatie leidt op haar beurt tot plaatselijk extreme temperaturen en drukverschillen waardoor cavitatiebellen ontstaan. Deze bellen kunnen imploderen ter hoogte van de celwand of eiwitten waardoor erosie, perforatie en/of afbraak van de eiwitketens of plantencelwand ontstaat. Ultrasonificatie wordt vandaag reeds gebruikt voor het extraheren van polyfenolen en andere bioactieve moleculen uit plantextracten en dierlijke bijproducten voor de voedingssector- en de farmaceutische industrie. Deze techniek is een ideale

²⁵ Zou et al. (2021) Bioprocessing of marine crustacean side-streams into bioactives: a review.

techniek om verlies van volatiele componenten tegen te gaan gezien tijdens extractie de implosie leidt tot een zeer goede menging van de vloeibare massa (bv plantbiomassa met solvent) gevolgd door een uitstekende massatransfer (celinhoud migreert integraal naar extractievloeistof zonder verliezen van bijvoorbeeld vluchtige componenten).

Superkritische extractie: bij superkritische extractie wordt gebruik gemaakt van superkritische vloeistoffen. Dit zijn vloeistoffen die de eigenschappen hebben van een vloeistof en een gas. Ze hebben de 'zwaarte' van een vloeistof en de penetratiecapaciteit van een gas. Een superkritische vloeistof kan dus de extractie-opbrengst gevoelig verhogen omdat superkritische vloeistoffen gemakkelijk kunnen diffunderen doorheen vaste delen. Het is bijgevolg niet alleen een efficiënte methode maar ook een duurzame en milieuvriendelijke technologie. De extractie-infrastructuur bestaat uit een tank met koolstofdioxide en een co-solventtank met bijvoorbeeld ethanol. Beiden worden onder hoge druk bij de te extraheren biomassa gebracht, die zich in een oven bevindt op de gewenste temperatuur. Aangezien er bij zo'n hoge druk gewerkt wordt, kan er zelfs gewerkt worden bij kamertemperatuur, wat de kosten gevoelig vermindert. Deze techniek wordt al regelmatig gebruikt om polyfenolen te extraheren uit plantendelen voor de farmaceutische en voedingsindustrie.

Microgolfextractie: microgolfextractie is een van de meest geavanceerde extractiemethodes waarbij de techniek gebruik maakt van de mogelijkheid om een biologische matrix op te warmen zonder thermale gradiënt. Dit resulteert in een hogere extractie-efficiëntie, waarbij de bioactieve moleculen beter bewaard blijven gezien er minder energie en minder solventvolume noodzakelijk is. Polyfenolen bijvoorbeeld zijn opgebouwd uit moleculen met een permanent dipool moment waardoor ze zeer gemakkelijk energie kunnen absorberen bij frequenties tussen 300 MHz en 300 GHz. Dit resulteert in een snelle temperatuurstijging. Er kunnen dus drie stappen geïdentificeerd worden in microgolfextractie: i) de te extraheren moleculen worden gescheiden van hun actief oppervlak in de biologische matrix door de stijgende temperatuur en druk, ii) de solvent diffundeert doorheen de biologische matrix, iii) de bioactieve moleculen migreren van de biologische matrix naar het solvent. Deze techniek wordt vaak toegepast voor de extractie van bioactieve moleculen voor farmaceutische, parfum en cosmetica-industrie

3.5 Wetgevend kader

Europees kaderrichtlijn EG 98/2008 betreffende afvalstoffen. Deze richtlijn schept een kader inzake de behandeling van afval in de Europese Gemeenschap. In deze richtlijn worden de basisbeginselen vastgelegd inzake afvalbehandeling, afvalpreventie, maar ook het hergebruik van materialen (lees biomassa). Omdat afvalmaterialen opnieuw mogen gebruikt worden als grondstof, is het noodzakelijk een 'einde-afvalpunt' te definiëren. Het bepalen van een 'einde-afvalpunt' kan plaatsvinden voor materialen waarvoor er bijvoorbeeld een (nieuwe) markt voor is of vraag naar is. Biomassareststromen voor de productie van biopesticiden en biostimulanten zijn hier een mooi voorbeeld van.

De Europese kaderrichtlijn EG 98/2008 Afvalstoffen werd vertaald naar een regionale wetgeving namelijk 'Besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van het Vlaams reglement betreffende het duurzaam gebruik van materiaalkringlopen en afvalstoffen', kortweg VLAREMA genaamd. In het VLAREMA besluit wordt de afvalafbakening beschreven, waarbij een eindpunt voor afval wordt

gedefinieerd en een beginstatus van grondstof wordt gerealiseerd (cfr. artikel 2.4 Grondstofverklaring). De definitie van grondstof volgens VLAREMA zijn bijproducten of materialen die het eindpunt van de afvalfase hebben bereikt, overeenkomstig artikel 36 (er is een nuttige toepassing voorhanden en er is een markt), artikel 37 (dit artikel beschrijft wat een bijproduct is, wat verschillende is van een afvalproduct) of artikel 39 van het Materialendecreet. Bij de beoordeling of een materiaal in aanmerking kan komen voor een grondstof, toetst OVAM het materiaal aan deze artikelen af. Een grondstofverklaring wordt alleen afgegeven voor een specifiek materiaal dat wordt geproduceerd door een specifieke producent of dat voortkomt uit een specifiek productieproces, en waarvoor een specifieke toepassing wordt beoogd. Om administratieve aanvragen voor grondstofverklaringen zoveel mogelijk te beperken heeft OVAM een positieve lijst van materialen gedefinieerd die als grondstoffen worden erkend, zonder aanvraag van een grondstofverklaring. Het gaat om materialen die als veilig worden beschouwd om een grondstof te kunnen zijn. Deze materialen worden opgelijst in bijlage 2.2 van VLAREMA. Echter de grondstoffen op deze positieve lijst mogen enkel gebruikt worden voor de productie van bodemverbeteraars en meststoffen. Helaas werd bijlage 2.2 van de VLAREMA normen nog niet uitgebreid voor de productie van biostimulanten naar aanleiding van de publicatie van de harmonisatie van de Europese wetgeving voor EU bemestende producten. Dit betekent dat producenten die wensen gebruik te maken van biomassa-reststromen zelf een eindpunt ('einde afvalpunt') moeten definiëren in het productieproces van de biomassa-reststroom die ze wensen te gebruiken en een grondstofverklaring dienen aan te vragen aan OVAM. Het opentrekken van bijlage 2 naar biostimulanten (en biopesticiden) toepassing zou reeds een belangrijke opheffing zijn van een administratieve barrière voor de sector. Ook het uitbreiden van bijlage 2.2 naar meer verschillende grondstoffen zou het hergebruik van reststromen faciliteren. Concreet: koffiegruis in koffietoestellen bij bedrijven wordt beschouwd als afval. Daardoor kunnen de leveranciers van koffie, het koffiegruis niet terug meenemen na levering van de koffie, gezien koffiegruis een afvalstof is en geen grondstof. Opname van koffiegruis in bijlage 2.2 kan ervoor zorgen dat leveranciers van koffie ook het gruis terug meenemen, wat het hergebruik van reststromen mee ondersteunt.

[Europese verordening EG 1069/2009 tot vaststelling van gezondheidsvoorschriften inzake niet voor menselijke consumptie bestemde dierlijke producten en afgeleide producten.](#) Deze Europese wetgeving heeft als doel om gezondheidsvoorschriften te definiëren voor het verzamelen, vervoeren, verwerken en op de markt brengen van dierlijke bijproducten voor niet menselijke consumptie. Verschillende aminozuur gebaseerde biostimulanten zijn afkomstig van de hydrolyse van dierlijke bijproducten. Deze wetgeving is dus erg belangrijk voor plantbiostimulanten die afgeleid zijn van dierlijke bijproducten.

Naar aanleiding van verschillende gezondheids crises (BSE, dioxinecrisis, mond- en klauwzeer) is duidelijk geworden dat het verkeerd gebruik van dierlijke bijproducten ernstige gevolgen kan hebben voor de volksgezondheid, de diergezondheid en de veiligheid van de voedsel- en voederketen. Daarom werd in 2009 de Europese verordening inzake de verwerking en vermarkting van dierlijke bijproducten in veiligheidsvoorschriften vastgelegd. Deze Europese wetgeving maakt onderscheid tussen drie verschillende categorieën in dierlijke bijproducten. Dierlijke bijproducten die behoren tot categorie I omvat o.a. kadavers besmet met BSE, wilde dieren, circusedieren en proefdieren. Deze dieren worden verbrand, gesteriliseerd en/of hun resten worden gestort. Tot categorie II behoren o.a.

mest, niet-gemineraleerde guano, maag-darmkanalen en foetussen. Dierlijke bijproducten die behoren tot categorie II kunnen in bemestende producten verwerkt worden. De meest interessante dierlijke bijproducten voor de productie van biostimulanten behoren tot categorie III: karkassen en/of delen van gezonde dieren, veren, varkenshaar, dierenhuiden, bloed, wol, horens, schalen van schaaldieren met weke delen of vlees. Schalen van schaaldieren waaruit de weke delen en vlees reeds verwijderd zijn, zijn dierlijke bijproducten, maar vallen niet onder EG 1069/2009, maar onder de afvalstoffenwetgeving.

Gezien de verschillende crises in het verleden, worden er strikte controles uitgevoerd op de verwerking van dierlijke bijproducten. Als er echter een eindpunt kan gedefinieerd worden in de productieketen voor dierlijke bijproducten die niet langer rechtstreeks van belang zijn voor de veiligheid van de voedselketen, dan moeten de producten die dit eindpunt bereiken hebben, vrijgesteld worden van controles op grond van verordening 1069. Het zijn dan ook enkel die dierlijke bijproducten die een eindpunt hebben bekomen in de productieketen die gebruikt mogen worden voor de productie van biostimulanten.

Naast de kaderrichtlijn Afvalstoffen en de Verordening op dierlijke bijproducten is er ook nog de wetgeving rond de regulatie van transport van afval over de landsgrenzen heen. Deze wordt gereguleerd door de [Europese Verordening Overbrenging Afvalstoffen \(EVOA\) EG 1013/2006](#). Tenslotte is ook de Vlaamse omgevingswetgeving van toepassing bij de omzetting van biomassa(rest)stromen naar eindproducten. Vaak volgt de wetgeving minder snel dan de ontwikkeling van de innovatieve verwerkingsprocessen waardoor vergunningen worden uitgeleverd onder eerder aparte categorieën (pyrolyse onder verbranding, microalgenkweek als groentekwekers).

[Verordening EG 1009/2019 tot vaststelling van voorschriften inzake het op de markt aanbieden van EU-bemestingsproducten](#). Deze verordening beschrijft de voorschriften inzake het op de markt brengen van EU-bemestingsproducten waartoe potgrond, minerale, organo-minerale en organische meststoffen, bodemverbeteraars, (nitrificatie)remmers en plantbiostimulanten toe behoren. Vóór de publicatie van de EG 1009/2019 werd de handel in plantbiostimulanten op lidstaatniveau georganiseerd. Elke lidstaat had haar eigen wetgevend kader, in bepaalde lidstaten ontbrak zelfs een wetgevend kader. Dit creëerde een ongelijke toegang tot de markt voor plantbiostimulanten tussen de verschillende lidstaten. Gezien de Europese meststoffenwetgeving aan een herziening toe was, werd er een nieuwe productcategorie toegevoegd: de plantbiostimulanten.

In de verordening 1009/2019 wordt een plantbiostimulant als volgt gedefinieerd: 'een product dat de voedingsprocessen van een plant stimuleert onafhankelijk van het gehalte aan nutriënten van het product, met als enige doel één of meer van de volgende eigenschappen van de plant of de rhizosfeer van de plant te verbeteren: a) de efficiëntie van het gebruik van nutriënten; b) de tolerantie voor abiotische stress; c) kwaliteitskenmerken; d) de beschikbaarheid van in de bodem of in de rhizosfeer vastgehouden nutriënten.' Plantbiostimulanten behoren tot productfunctiecategorie 6 of kortweg PFC6 genaamd. In deze productcategorie wordt er een opsplitsing gemaakt tussen microbiële plantbiostimulanten (PCF6A) en niet-microbiële biostimulant voor planten (PFC6B). Biostimulanten kunnen ook verkocht worden in een mix met potgrond, bodemverbeteraar of meststoffen. Dan

behoort het eindproduct tot PFC7 namelijk een bemestingsproductenblend van twee of meerdere producten.

Elke productiecategorie kan samengesteld worden door één of meerdere bestanddelen of CMCs (component material category). Biostimulanten die onderwerp zijn van deze marktstudie kunnen samengesteld worden door bestanddelen uit CMC1, CMC2, CMC6, CMC10 en CMC11. CMC1 beschrijft stoffen als primair materiaal. Denk hierbij aan opgezuiverde bioactieve componenten van plantextracten na solventextracten. CMC2 beschrijft planten, delen van planten of plantenextracten die geen andere bewerking hebben ondergaan dan snijden, fijnmaken, malen, zeven, schiften, centrifugeren, persen, drogen, behandelen door bevriezing, vriesdrogen of extraheren met water of superkritische CO₂-extractie. CMC6 zijn bestanddelen uit de levensmiddelenindustrie zoals vinasse, melasse en graanbostel. CMC10 beschrijft de dierlijke bijproducten uit de Verordening (EG) nr. 1069/2009 op voorwaarde dat de dierlijke bijproducten het eindpunt in de productieketen hebben bereikt. CMC11 beschrijft de bijproducten in de zin van Richtlijn EG 98/2008.

De nieuwe wetgeving voor plantbiostimulanten is in 2019 gepubliceerd en zou in voege treden in juli 2022. Tijdens de implementatie van de wetgeving, botste de sector helaas al snel op enkele belangrijke tekortkomingen. Er is voor geen enkel dierlijk bijproduct een eindpunt in de productieketen gedefinieerd, waardoor biostimulanten op basis van dierlijke bijproducten nog niet conform de Europese wetgeving op de markt kunnen gebracht worden. Chitosan bv viel onder geen enkele CMC omdat polymeren uitgesloten zijn voor CMC1 en CMC11. Na overleg met de Europese Commissie zouden er geen beperkende maatregelen meer zijn natuurlijke polymeren, zodat chitosan alsnog onder CMC1 en/of CMC11 kan vallen. Dit moet echter nog officieel bevestigd worden.

Bovendien blijven de CEN normen, normen die beschrijven hoe de plantbiostimulanten moeten geëvalueerd en gecontroleerd worden, uit. Concreet moeten er o.a. CEN normen beschreven worden hoe de verbeterde nutriëntenefficiëntie van planten na behandeling met plantbiostimulanten moet gemeten worden in alle lidstaten in Europa. Er moeten verschillende tientallen normen geschreven en gevalideerd worden, waardoor de implementatie van de wetgeving nog niet kan plaatsvinden.

Belangrijk is mee te geven dat de Europese verordening 1009/2019 de nationale wetgevingen in de verschillende lidstaten niet vervangt. Dit betekent dat beide wetgevingen naast elkaar in voege zijn en dat bedrijven kunnen kiezen conform de Europese verordening 1009/2019 dan wel conform de nationale wetgeving te handelen. Voor België is er geen wetgevend kader in voege, producenten van biostimulanten worden verzocht een ontheffing aan te vragen bij het FOD volksgezondheid voor het op de markt plaatsen van hun plantbiostimulanten. Producten die een ontheffingsnummer hebben bekomen mogen verhandeld worden in België. De ontheffingen van biostimulanten voor België kan je raadplegen op www.fytoweb.be.

[Verordening EG 1107/2009 betreffende het op de markt brengen van gewasbeschermingsmiddelen.](#)

Deze verordening heeft als doel een hoog niveau van bescherming van de gezondheid van mens, dier en het milieu te waarborgen en tegelijkertijd het concurrentievermogen van de Europese landbouw te vrijwaren. Deze verordening heeft betrekking op de vermarkting van zowel de chemische alsook de biologische gewasbeschermingsmiddelen. Concreet beschrijft de wetgeving de verschillende stappen

die voorafgaan aan het op de markt brengen van gewasbeschermingsmiddelen. De eerste stap houdt in de werkzame stof te registreren. De criteria voor het goedkeuren van de werkzame stof houden onder andere in i) het aantonen van de afwezigheid van schadelijke effecten op mens en dier; ii) het aantonen van afwezigheid van onaanvaardbare effecten op milieu; iii) aantonen dat de werkzame stof voldoende doeltreffend is. Voor dit laatste criterium wordt er geen richtlijn gehanteerd. Registratiedossiers worden via een rapporterende lidstaat (bv. België) ingediend bij EFSA, het Europees Agentschap voor Voedselveiligheid. In het allerbeste geval verloopt een aanvraagproces voor een registratie van een werkzame stof minimum 3 jaar, in de praktijk duurt dit helaas tot twee keer zolang. Eens een werkzame stof wordt goedgekeurd, dan geldt dit voor 10 jaar, tenzij het om een werkzame stof gaat met een laag risico, dan geldt de goedkeuring voor 15 jaar. Vandaag zijn o.a. COS-OGA en het waterig extract van de kiemende zaden van *Lupinus albus* als werkzame stoffen met laag risico geregistreerd. Na afloop van de eerste goedkeuring kan een verlenging aangevraagd worden (voor 15 jaar). Alle goedgekeurde werkzame stoffen werden vroeger gepubliceerd in Bijlage I van Richtlijn 91/414/EEG, nu eenvoudig te consulteren via de [EU pesticides database](#). Werkzame stoffen op basis van plantextracten die reeds goedgekeurd zijn voor Europa zijn ui-extract, lookextract, extracten van kiemende zaden van *Lupinus albus*, *Margosa* extract en extracten van de theeboom. Dossiers onder evaluatie zijn extracten van wilgenbast, gemberextract en *Yucca shigidera* extract. Na goedkeuring van de werkzame stof moet het eindproduct zelf, het gewasbeschermingsmiddel inclusief sticker en/of adjuvants ook nog geregistreerd worden. Hier is een minimale doorlooptijd van 12 maanden vooropgesteld. In de praktijk duurt dit langer.

Registratiedossiers voor werkzame stoffen op basis van plantextracten worden geëvalueerd onder de noemer "Botanicals". Voor de registratie van Botanicals is er een [gidsdocument](#) uitgeschreven met dataveren die aangeleverd moeten worden alsook richtlijnen voor een meer eenvoudig registratieproces op basis van literatuurdata indien deze voorhanden zijn (SANCO/11470/2012). In dit gidsdocument worden botanicals gedefinieerd als volgt: *"A 'botanical active substance' consists of one or more components found in plants and obtained by subjecting plants or parts of plants of the same species to a process such as pressing, milling, crushing, distillation and/or extractions. The process may include further concentration, purification and/or blending, provided that the chemical nature of the components is not intentionally modified/altered by chemical and/or microbial processes."* Registratiedossiers op basis van plantextracten moeten onder andere volgende zaken bevatten: een beschrijving van de oorsprong en eigenschappen van het bronmateriaal, een gedetailleerde beschrijving van het productieproces, data die de stabiliteit van het plantextract aantonen en data inzake de chemische samenstelling van het plantextract, met inbegrip van de identificatie/specificatie van de bioactieve componenten en identificatie van componenten met mogelijke (negatieve) impact voor mens en dier. Plantextracten kunnen namelijk componenten bevatten die schadelijk kunnen zijn voor mens en dier. EFSA heeft een [lijst](#) gepubliceerd van plantextracten die mogelijks giftige moleculen bevatten. Van de hierboven beschreven onderzoeksprojecten blijken volgende plantextracten op de EFSA lijst voor te komen: komkommer, pompoen en courgette omwille van aanwezigheid van curcubitacines B en C en tomaat omwille van de moleculen solanicine en tomatidine. In het registratiedossier moeten producenten aantonen dat deze moleculen ofwel afwezig zijn ofwel in zeer lage concentraties in het plantextract voorkomen. Het is daarom belangrijk om inzicht te hebben in de

biochemische samenstelling van plantextracten en meer in te zetten op innovatieve extractie en zuiveringsmethoden om bioactieve moleculen op te concentreren en ongewenste moleculen te verwijderen.

Tijdens de evaluatie van het registratiedossier worden verschillende zaken geëvalueerd. Voor de evaluatie van het productieproces worden 5 onafhankelijke plantextract batches afkomstig van 2 onafhankelijke landbouwseizoenen getest op de werkzame stof(fen): hierbij moet de technical grade van de werkzame stof gelijkaardig zijn tussen de batches. Om de oorsprong en identiteit van het bronmateriaal correct te evalueren, worden plantextracten ingedeeld in drie verschillende klassen: klasse 1 omvat plantextracten met gekende chemische specificaties en bevatten de plantextracten geen moleculen die een negatief effect hebben op mens, dier en omgeving. Klasse 2 bevat plantextracten met gevestigde specificaties maar bevatten mogelijks componenten die een negatief effect kunnen hebben op mens, dier en omgeving. Klasse 3 bevat plantextracten waarvan geen specificaties gekend zijn. De meeste plantextracten die vandaag als biopesticide aangemeld worden vallen onder klasse 3 omdat de chemische specificaties (“chemical profile”) doorgaans (nog) ontbreekt. Vandaar het belang aan meer onderzoek naar actieve componenten in plantextracten.

Naast de chemische specificaties moet er voor plantextracten ook een analyse komen voor humane toxicologie (pesticideaanwezigheid, mycotoxines, zware metalen,...), ecotoxicologie en gedrag van het plantextract in de omgeving. Echter, plantextracten die geproduceerd worden op basis van ‘food grade’ biomassa-reststromen hoeven deze analyses niet noodzakelijk te doorlopen. Het volstaat om via schriftelijke argumentatie uit te leggen waarom er geen schadelijke effecten voor mens, dier en omgeving te verwachten valt.

Op verschillende niveaus (industrie, beleidsmakers, sectorfederaties) gaan er stemmen op om het gidsdocument voor plantextracten te vereenvoudigen zodat de doorlooptijd voor het registratieproces van plantextracten goedkoper en sneller kan verlopen. Het argument hiervoor is dat plantextracten reeds jaar en dag gebruikt worden in de landbouw en geneeskunde zonder nadelige gevolgen voor mens, dier en omgeving.

Biopesticiden afkomstig van dierlijke bijproducten vallen onder de natuurlijke bestanddelen (“natural substances”). Hiervoor bestaan er geen gidsdocumenten met datavereisten en vereenvoudigde richtlijnen zoals bij de “botanicals”. Natuurlijke bestanddelen volgen dus het evaluatieproces van de chemische gewasbeschermingsmiddelen. Er is vandaag een sterke beweging gaande op Europees vlak om een gidsdocument op te maken voor natuurlijke bestanddelen zodat deze conform de plantextracten op een snellere en goedkopere wijze kunnen geregistreerd worden. Tijdens deze oefening wenst de sector o.a. ook microalgen en plantextracten onder natuurlijke bestanddelen onder te brengen.

In bepaalde gevallen zijn er moleculen die verkocht worden voor andere doeleinden, maar waarvoor toch een directe of indirecte werking tegen ziekten en plagen kan aangetoond worden. Deze moleculen behoren tot de klasse van de ‘basic substances’ Relevante voorbeelden voor deze marktstudie die behoren tot de ‘basic substances’ zijn fructose, ui-extract, equisetum arvense, L-cysteine, lecithine, mosterdzaadpoeder, ui-olie, sucrose, brandnetel, wilgenschors, zonnebloemolie,

wei en sinds kort ook chitosan. Er is een positieve lijst aangelegd door Europa met producten die behoren tot 'basic substances'. Moleculen die tot de 'basic substances' behoren hebben geen hormoonverstorende, neurotoxische of immunotoxische eigenschappen. Ze vallen niet onder de 1107/2009 wetgeving en hoeven dus geen registratieproces te doorlopen, maar kunnen toch gebruikt worden om planten te beschermen, mits verwijzing op het etiket naar artikel 23 van de 1107/2009 verordening. Vermoedelijk kan biochar onder de categorie van 'basic substances' vallen.

Uit bovenstaande beschreven wetgevingen blijkt dat de bevoegdheden inzake productie en vermarkten van biopesticiden en biostimulanten verdeeld zijn over verschillende overheden voor België. De vermarkting van de eindproducten (biostimulant, biopesticiden) zijn federale bevoegdheden op basis van de Europese wetgevingen, terwijl het productieproces (omzetting van biomassarestromen naar biopesticiden, biostimulanten) een regionale bevoegdheid is op basis van Europese kaderrichtlijnen. Handhaving van de verschillende wetgevende kaders worden uitgevoerd door Vlaamse en federale (FAVV) diensten. Hoewel de controles zich op andere aspecten toespitsen (eindproduct versus productieproces) moeten er vaak dezelfde documenten aangeleverd worden. Uitwisseling van documenten en informatie en afstemming van de te controleren parameters zouden belangrijke tijdsinstellingen kunnen opleveren voor producenten van biostimulanten en biopesticiden.

Uit de interviews met beleidsmakers blijkt dat er overlegorganen zijn om wetgevingen onderling af te stemmen. Zo is er het Intra-Belgisch Platform voor Circulaire Economie (IPBCE). Dit overlegplatform werd opgezet door de administraties van de drie verschillende gewesten. Het doel was de uitwisselingen tussen de overheidsdiensten te vergemakkelijken en aldus de samenhang van de door elk van hen uitgevoerde acties te waarborgen. Naar aanleiding van de publicatie van [het federaal actieplan voor circulaire economie \(2021-2024\)](#) op initiatief van minister Pierre-Yves Dermagne en minister Zhakia Khattabi, wenst men het IPBCE op te waarderen en meer taken toe te kennen. Er zullen extra middelen tegenover gezet worden om het platform om te vormen tot een structureel instrument met een politieke draagwijdte voor een betere coördinatie van het beleid op het gebied van circulaire economie. De leden van het IPBCE werden verzocht om een rapport met de sterke punten en de verbeterpunten van het huidige platform op te stellen. Het toekomstig rapport zal eveneens de onderwerpen aangeven waarvoor een versterkte medewerking/samenwerking nodig is tussen de federale en de regionale overheden.

Daarnaast is er ook het meststoffencomité. In het meststoffencomité zetelen de federale overheid (FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu), de gewesten (voor Vlaanderen: VLM en OVAM) en onderzoeksinstituten ILVO en Vlaco). Het comité komt normaal 3 keer per jaar samen en houdt zich bezig met het afstemmen van gewestelijke en federale wetgeving inzake productie en gebruik van bodemverbeteraars en meststoffen. Vandaag buigt dit meststoffencomité zich nog niet over biostimulanten.

4. Conclusies

Uit de vele interviews werd bevestigd dat Vlaanderen koploper is in de valorisatie van biomassa voor diverse doeleinden: nieuwe startups werden recent opgericht rond circulaire economie, bestaande bedrijven wijzigden hun business modellen naar hergebruik van biomassa-reststromen, nieuwe actieplannen worden vandaag vormgegeven. Echter, uit de gesprekken bleek dat er nog enkele belangrijke barrières weg te nemen zijn, om het hergebruik van biomassa-reststromen meer te gaan ondersteunen. De grootste quick wins zijn te halen in het onderzoek dat nog meer een ondersteunende rol kan bieden voor de sector en een betere afstemming van het wetgevend kader op de praktijk.

4.1. Suggesties voor onderzoek

Voor verder onderzoek en ontwikkeling binnen Vlaanderen worden volgende suggesties geformuleerd:

Nood aan overzicht, duidelijkheid en leren van andere sectoren:

- Documenteren van lopende projecten zodat er verder kan gebouwd worden op bestaande of afgelopen projecten (te veel fragmentatie op Europees gebied van projecten, niet opnieuw het warm water willen uitvinden).
- Bekijken wat er in de farmaceutische industrie heeft plaatsgevonden inzake onderzoek naar plantextracten (extractie, opzuivering, formulatie,...). Farma-industrie heeft deze transitieperiode 50 jaar geleden reeds doorlopen. Er valt veel te leren en adopteren uit deze sector.

Elke stap in de onderzoeksketen kan verbeterd worden:

- Onderzoek naar teelt van biomassa (productie van garnalen, zeewier en microalgen onshore)
- Ontwikkelen van machines om meer verschillende vormen van biomassa te oogsten naar analogie met de garnaalpelmachine (bv. machines om touwen en clips uit tomatenloof te verwijderen, machine om broccoliresten op veld te verzamelen,..)
- Meer onderzoek naar stabilisatie van biomassa-stromen (is een barrière voor bedrijven om biomassa-reststromen te gebruiken in productieproces)
- Meer onderzoek naar scheidingstechnieken voor het opzuiveren en scheiden van pollutanten (plastic, touwen, clips,..) uit biomassa-reststromen
- Extractie van bioactieve componenten:
 - o Meer onderzoek naar duurzamere extractiemethodes (met minder of zonder solventen)
 - o Integratie van extractiemodellen van bioactieve moleculen voor farma en landbouw
 - o Meer inzetten op onderzoek waarbij de bioactieve componenten in de extracten chemisch worden geïdentificeerd en gekarakteriseerd (is noodzakelijk voor soepel registratieproces)

- Meer onderzoek naar mode of action studies (om een correcte positionering van het product in de markt te ondersteunen)

Financiële steun voor onderzoek:

- Bestendigen van financiële middelen om van onderzoeksfase naar ontwikkelingsfase te gaan
- Fiscale voordelen zoals lagere bedrijfsvoorheffing voor mensen werkzaam in R&D en minder belasting betalen op winst behaald uit de verkoop van producten die afkomstig zijn van een octrooi behouden. Dit is een belangrijke hefboom om bedrijven die R&D activiteiten hebben in Vlaanderen hier te houden en innovaties bij KMO's te stimuleren
- Public private samenwerkingen blijven (financieel) stimuleren (via Vlaio, Vlaanderen Circulair, BBI calls,...)

4.2 Suggesties wetgevend kader

Aangezien het gebruik van biopesticiden en biostimulanten afkomstig van biomassa-reststromen nog geen ingeburgerd concept is, wordt vastgesteld dat de afvalwetgeving hier nog niet op afgestemd is. De toepassing van biomassa-reststromen voor biopesticiden of biostimulanten bijvoorbeeld wordt nog niet als genormeerde toepassing in het VLAREMA vermeld waardoor het generieke afwegingskader voor de beoordeling van de einde afvalstatus/bijproductstatus van toepassing is. Op Europees niveau biedt de Verordening Bemestingsproducten (VO 2019/1009) wel een concreter normenkader voor biostimulanten (PFC 6), maar een aantal uitvoeringsmodaliteiten van deze Verordening zijn nog niet vastgesteld. Verder zou een nieuwe Vlaamse aanpak van de organisatie van dierlijke bijproducten van categorie I, II en III tot nieuwe innovaties en hoogwaardigere valorisatie kunnen leiden, bv. met behulp van incentives voor het maximaal valoriseren van dierlijke bijproducten uit categorie III.

Wat betreft specifieke wetgeving voor biopesticiden kan vooruitgang geboekt worden indien gidsdocumenten en evaluatietijden geoptimaliseerd worden. Voor biostimulanten kan dit gebeuren d.m.v. CEN normen en productieketens verder te ontwikkelen, verduidelijken en optimaliseren.

Op wetgevend vlak worden volgende afzonderlijke suggesties geformuleerd:

4.2.1. Afval – grondstof - dierlijke bijproducten - verwerking

- Uitbreiding van de VLAREMA bijlage 2.2 naar toepassing voor biostimulanten (en biopesticiden)
- Uitbreiding van VLAREMA bijlage 2.2 met food grade grondstoffen zoals koffiegruis, garnaalpellen, aardappelschillen, venkelresten, snijresten van groenten,...
- Bronsortering voor dierlijke bijproducten voor categorie I, II en III strikter controleren zodat er meer biomassa uit categorie III ter beschikking komt voor innovaties (VLAREMA normen strikter toepassen)
- Incentives installeren om meer dierlijke bijproducten uit categorie III hoogwaardig te gaan valoriseren (biostimulanten, cosmetica, menselijke voeding). Minder dierlijke bijproducten categorie III naar vergisters brengen (eventueel afraden door een taks te heffen of verbod opleggen)

- Statuut van nieuwe feedstockproviders (microalgen, insecten FRASS, pyrolyse) beter definiëren
- Controles op eindproduct en productieproces vereenvoudigen d.m.v. meer communicatie en het delen van documenten tussen de handhavingsdiensten op federaal en Vlaams niveau
- Meer investeren in incentives om biomassaströmen in Vlaanderen te houden en zorgen dat ze niet naar het buitenland vertrekken (cfr. garnaalpellen, visresten, houtachtige gewassen)

4.2.2. Biopesticiden

- Gidsdocument voor plantextracten aanpassen waardoor het registratieproces sneller en goedkoper kan doorlopen worden
- De tijd voor de evaluatie van een registratiedossier (voor plantextracten) door experts maximaliseren tot enkele maanden
- Een gidsdocument uitwerken voor natuurlijke bestanddelen

4.2.3. Biostimulanten

- Het toekennen van eindpunten in de productieketen voor gehydrolyseerde aminozuren/eiwitten, chitine en insecten FRASS
- CEN normen sneller ontwikkelen zodat er sneller conform de Europese wetgeving biostimulanten op de markt kunnen gebracht worden

4.3. Logistiek en verwerking biomassaströmen

Op gebied van logistiek zou het meer selectief en gescheiden ophalen van biomassaströmen niet alleen een voordeel zijn voor biopesticiden en -stimulanten maar voor de ganse Vlaamse bio-economie. Biomassahubs kunnen een centrale rol spelen in het verzamelen, opwaarderen (verhakselen, zeven, pelletiseren,...) en verder aanbieden van bruikbare grondstoffen voor bv. de extractie-industrie. Idealiter worden deze grondstoffen aangeboden aan bedrijven die mikken op hergebruik en recycling eerder dan op verbranding (groene energie) en gebeurt dit op een economisch haalbare manier zodat de gate fee kan vervangen worden door een aankoopprijs.

Op gebied van logistiek zijn volgende specifieke suggesties geformuleerd:

- Nog meer inzetten op het selectief, gescheiden ophalen van biomassaströmen bij bedrijven. Oprichting van een concept zoals 'Valpak' of 'Fost plus' voor biomassaströmen
- Omzetting van het digitaal smartsymbiose platform naar een fysieke smartsymbiose platform: bedrijfsafval wordt gescheiden opgehaald en naar een hub gebracht waar de biomassaströmen worden opgewaardeerd (verhakselen, zeven, pelletiseren,...) tot een bruikbare grondstof voor de extractie-industrie.
- Logistieke sector stimuleren om grondstoffen te verhandelen naar bedrijven die mikken op hergebruik & recycling eerder dan op verbranding (groene energie)
- Stimulering om een economisch haalbaar business model te ontwikkelen voor het ophalen en verwerken van bedrijfsafval, waarbij de gate fee kan vervangen worden door een aankoopprijs

4.4 Suggesties voor overkoepelden acties voor ganse sector

Concluderend kan gesteld worden dat het organiseren van meer overlegmomenten tussen sectorexperten en sectoronderzoekers met de overheid, meststoffencomités, IBPCE en het wetgevend kader de sector grote stappen vooruit kan helpen. Een evident advies maar iets dat momenteel nog ontbreekt.

- Symbioseplatform opnieuw nieuw leven in blazen: meer visibiliteit creëren inzake het platform en herorganisatie van matchmaking events per regio
- Overleg tussen overheid en sectoroverleg organiseren om meer dierlijke bijproducten uit categorie III beschikbaar te maken (monopoliepositie van enkele bedrijven doorbreken).
- Uitbreiding van het meststoffencomité naar biostimulantexperten. Biostimulanten moeten eveneens besproken worden door het meststoffencomité.
- Stimuleren van bedrijfsactiviteiten waarbij koolstof afkomstig uit nevenstromen op een duurzame en langdurige manier worden ingebouwd in hoogwaardige producten via koolstofcertificatie/label?
- Biopesticiden en biostimulanten afkomstig van biomassa-reststromen op de agenda van het IBPCE plaatsen
- Overleg tussen sector en wetgevend kader om te zien hoe meer houtachtige biomassa-reststromen richting hergebruik en recycling kunnen gaan. Door de groene stroomcertificaten zijn verbrandingsinstallaties bereid meer te betalen voor houtachtige biomassa-reststromen dan verwerkers van houtachtige biomassa-reststromen (voor hergebruik, recycling)
- Overleg tussen OVAM en kennisinstellingen om het onderzoek meer te aligneren met de behoeften van de sector. Nu is er veel mogelijkheid om bottom up projecten in te dienen (bij Circulair Vlaanderen) maar omgekeerd moet ook zeker kunnen. Ontwikkelen van scheidingstechnieken en “biomassa-oogstmachines” lijken een volgende belangrijke stap te zijn.

Bedanking

De auteurs van dit rapport wensen uitdrukkelijk onderstaande mensen te bedanken voor hun tijd en het aanleveren van waardevolle informatie voor dit rapport.

Alloo Ceder	EMPRO
Callebaut Bert	Certis
Ceusters Johan	KULeuven
Claes Stephan	Renewi
Craeye Simon	Inagro
Debode Jane	ILVO
De Cleyn Timoty	Ajinomoto
Denis Jeremy	FOD volksgezondheid (biopesticiden)
De Norre Heleen	FOD Volksgezondheid (biostimulanten)
Gemoets Johan	VITO/Symbiose
Jaeken Peter	BelFertil, BelPlant
Leppin Thomas	EBIC/COMPO
Murrin David	Rovensa
Pockelee Stefaan	Lima Europe
Ricquier Patrick	Ajinomoto
Robbens Johan	ILVO
Schoeters Floris	Thomas Moore Hogeschool
Spotbeen Bart	Blacksoldierfly.be
Swinnen Erwin	Thomas Moore Hogeschool
Vanaken Nico	OVAM
Vandaele Stefaan	Sotecna
Vanhavermaet Robin	COMPO
Vanoverschelde Vaast	EMPRO
Vanreppelen Kenny	ActandSorb
Vermaete Ann	BiPA
Versluys Willy	