



Vlaanderen
is omgeving



Verzamelen van data voor de verdere verfijning van de RUSLE gewas- en bedrijfsvoeringsfactor C voor de Vlaamse teeltpraktijken en erosiebestrijdingsmaatregelen

 **Eindrapport**

**DEPARTEMENT
OMGEVING**

omgevingvlaanderen.be

Verzamelen van data voor de verdere verfijning van de RUSLE gewas- en bedrijfsvoeringsfactor C voor de Vlaamse teeltpraktijken en erosiebestrijdingsmaatregelen

Deze studie omvat een inventarisatie van de benodigde inputparameters voor een verfijning van de berekening van de gewas- en bedrijfsvoeringsfactor C van de *Revised Universal Soil Loss Equation* (RUSLE), een cruciale parameter voor de modellering van bodemerrosie. Hierbij wordt niet alleen rekening gehouden met de in Vlaanderen voorkomende hoofdteelten, maar ook met de voor- en nateelten en met de gangbare Vlaamse teeltpraktijken. Tevens wordt een overzicht gegeven van de impact van teelttechnische erosiebestrijdingsmaatregelen op de reductie van erosie en run-off. Deze literatuurstudie baseert zich op onderzoekresultaten in Vlaanderen en aanpalende regio's.

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Peter Cabus
Departement Omgeving
Vlaams Planbureau voor Omgeving
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel
vpo.omgeving@vlaanderen.be
www.omgevingvlaanderen.be

Auteurs

Andreas Cecelja, Greet Ruyschaert en Thijs Vanden Nest – ILVO
Petra Deproost – Departement Omgeving

Wijze van citeren

Cecelja, A., Ruyschaert, G., Vanden Nest, T. & Deproost, P. (2019). Verzamelen van data voor de verdere verfijning van de RUSLE gewas- en bedrijfsvoeringsfactor C voor de Vlaamse teeltpraktijken en erosiebestrijdingsmaatregelen. Rapport in opdracht van Departement Omgeving. 28p.

PARTNERS

ILVO

Instituut voor Landbouw-
Visserij- en Voedingsonderzoek

MANAGEMENTSAMENVATTING

Om een becijfering te bekomen van de hoeveelheid erosie die op Vlaamse landbouwgrond plaatsvindt, voert het Departement Omgeving een gebiedsdekkende erosiemodellering uit op basis van 'The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)' (Renard et al., 1997). Het model berekent de hoeveelheid bodem, uitgedrukt in ton per hectare, die verloren gaat als gevolg van erosie door neerslag (watererosie). In totaal kent het model 6 hoofdfactoren, waarvan de C-factor de 'gewas- en bedrijfsvoerings-factor' is. Deze factor is in hoofdzaak gerelateerd aan de bodembedekking door gewassen of gewasresten enerzijds en de bodemruwheid als gevolg van bodembeheer anderzijds. Tot op heden werd in Vlaanderen een vaste C-factor per hoofdteelt gebruikt en werd de impact van voor- en nateelten en andere teeltpraktijken via een algemene reductiefactor in rekening gebracht. Om de berekening van bodemerosie te verbeteren wil het departement Omgeving deze aanpak verfijnen. In deze studie werden de nodige inputparameters verzameld om een C-factor te kunnen berekenen, rekening houdend met voor-, hoofd- en nateelten op een perceel en met de meest gangbare teeltpraktijken. In Vlaanderen betekent dit bijvoorbeeld een geploegd systeem waarbij het stro van graan wordt afgevoerd.

In een tweede luik van deze studie werd via een literatuurstudie nagegaan in welke mate teelttechnische erosiebestrijdingsmaatregelen, zoals niet-kerende bodembewerking, strip-till of drempeltjes bij ruggenteelten, erosie en run-off kunnen reduceren in vergelijking met een standaardpraktijk (doorgaans ploegen). Hiervoor werd een overzicht gemaakt van de resultaten van Vlaamse studies en studies afkomstig van de ons omliggende landen. Deze algemene reductiefactoren zullen aanvullend gebruikt worden om impact van teelttechnische erosiebestrijdingsmaatregelen mee in rekening te brengen bij de berekening van de C-factor.

1 INLEIDING

'The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)' werd in de Verenigde Staten in de jaren '90 ontwikkeld door Renard et al. (1997) gebaseerd op een eerdere versie daterend van de jaren '60-'70. Deze vergelijking berekent de totale massa bodem die per oppervlakte-eenheid en jaar verloren gaat als gevolg van erosie door neerslag (watererosie, uitgedrukt in ton.ha⁻¹.jaar⁻¹). Er wordt rekening gehouden met 6 hoofdfactoren, waarvan de C-factor de 'gewas- en bedrijfsvoeringsfactor'. Deze factor is gerelateerd aan de bodembedekking door gewassen en gewasresten enerzijds en de bodemruwheid als gevolg van bodembeheer anderzijds. De factor is dimensieloos en duidt de gemiddelde reductie op het massaverlies aan door het beschouwen van teelten en teeltpraktijken. Alle andere factoren van de RUSLE-vergelijking zijn gerelateerd aan de intrinsieke erosiegevoeligheid van een perceel (bv. helling, bodemtextuur, jaarlijkse erosiviteit van de neerslag) en kunnen niet aangestuurd worden door teeltkeuzes en landbouwpraktijken.

De C-factor kan variëren van 0 tot 1. Een waarde gelijk aan 0 betekent dat de bodem zeer goed beschermd is tegen de inwerking van de neerslag en/of dat afstromend water ofwel niet optreedt ofwel niet erosief is; er treedt dan ook geen bodemverlies op. Een waarde gelijk aan 1 houdt in dat er evenveel bodemverlies optreedt als op een braakliggend terrein (geen vegetatie) onder gelijke omstandigheden van bodem, neerslag en helling (Verstraeten et al., 2001).

Voor een gekozen periode (bvb. een groeiseizoen, een kalenderjaar of een teeltrotatie) kan de C-factor bepaald worden door voor elk gewasstadium binnen deze periode de bodemverliesverhouding SLR (Soil Loss Ratio) te berekenen als het product van 5 subfactoren. Net zoals de C-factor variëren zowel de SLR-factor als de 5 subfactoren tussen 0 en 1. De C-factor voor de periode wordt berekend als:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n SLR_i \cdot R_i}{R} \quad (1)$$

met SLR_i de 'bodemverliesverhouding (Soil Loss Ratio)' van gewasstadium i , R_i de totale regenerosiviteit van gewasstadium i , R de totale regenerosiviteit van de gekozen periode en n het aantal gewasstadia in de gekozen periode.

De bodemverliesverhouding SLR wordt gedefinieerd als:

$$SLR = SC \times CC \times SR \times SM \times PLU \quad (2)$$

met SC de bodembedekking-subfactor (Surface Cover), CC de bladerdek-subfactor (Canopy Cover), SR de bodemruwheid-subfactor (Surface Roughness), SM de bodemvocht-subfactor (Surface Moisture) en PLU de voorgaand bodemgebruik-subfactor (Prior Land Use) (Renard et al. 1997).

Tot nu gebruikt het Departement Omgeving bij de erosiemodellering een vaste C-factor per gewascode van de perceelsregistratie. Deze lijst met C-factoren is gebaseerd op literatuurgegevens en inschattingen van experts. Voor- en nateelten worden in rekening gebracht via algemene reductiefactoren. Het departement Omgeving wil de berekening van de C-factoren per perceel verfijnen door de gewasgegevens van de voorkomende combinaties van teelten (voor-, hoofd- en nateelten) rechtstreeks om te rekenen naar C-factoren, gebruik makend van de gewaskenmerken

en van bovenstaande formules. Specifieke teelttechnische erosiebestrijdingsmaatregelen, bvb. niet-kerende bodembewerking, strip-till of drempeltjes bij ruggenteelten, die niet kunnen vertaald worden naar de inputparameters voor de SLR-berekening, zullen via algemene reductiepercentages in rekening gebracht worden.

De doelstelling van voorliggende opdracht aan het ILVO was om de benodigde gewasgegevens te verzamelen voor de belangrijkste teelten in Vlaanderen via literatuurstudie en expertbevragingen, rekening houdend met de voorkomende combinaties van hoofd, voor- en nateelten en de meest gangbare landbouwpraktijken (Luik I van de opdracht, hoofdstuk 2 van dit rapport). Hierbij geldt de basisaanname dat er geploegd wordt. Daarnaast werd een literatuurstudie uitgevoerd naar de reductiefactoren voor erosie bij toepassing van teelttechnische erosiereducerende maatregelen (Luik II van de opdracht, hoofdstuk 3 van dit rapport).

2 GEWASGEGEVENS VOOR DE BEREKENING VAN DE C-FACTOR

2.1 METHODE

2.1.1 Gewassen en gewascombinaties

Het departement Omgeving wenst een geautomatiseerde berekening van de C-factor per landbouwperceel te kunnen uitvoeren op basis van de teelten (voor-, hoofd- en nateelten) die jaarlijks door de landbouwers ingegeven worden bij de perceelsregistratie. Uit de lijst met gewascode's die hiervoor beschikbaar is, werden de belangrijkste gewassen geselecteerd op basis van de meest voorkomende teeltcombinaties, zijnde de combinaties van voor-, hoofd- en nateelten per perceel en per jaar, op erosiegevoelige percelen (kleurcode voor het potentieel watererosierisico: geel, oranje, rood of paars) van 2008 tot 2016. Deze gegevens werden aangereikt door het Departement Omgeving. Als selectiecriteria gold dat de groep van weerhouden teeltcombinaties ca. 95% van de totale perceelsoppervlakte binnen elke kleurcode bedekte. Vervolgens werden de teeltcombinaties van alle kleurcodes samengevoegd en werden alle unieke teeltcombinaties behouden. Uit deze lijst van teeltcombinaties werd dan een lijst opgesteld van individuele hoofdteelten, voor- en nateelten. De resulterende lijst vormde de selectie van teelten waarop de rest van deze studie zich toeleide. In totaal resulteerde dit in 86 gewascode's uit de perceelsregistratie (Departement Landbouw en Visserij, 2019). Het aantal resterende gewascode's bedroeg 254, maar werd wegens de beperkte oppervlakte die deze innamen, voor deze studie buiten beschouwing gelaten. Aan deze teelten zal een vaste C-factor toegekend worden op basis van de bestaande lijst met C-factoren.

2.1.2 Benodigde inputparameters

Om de RUSLE C-factor te verfijnen op basis van vergelijking (1) moeten inputparameters verzameld worden voor de diverse subfactoren van vergelijking (2). Verbist et al. (2004) en Gabriëls et al. (2003) verzamelden deze gegevens reeds voor een reeks akkerbouw- en groentegewassen. Deze vormen het vertrekpunt van deze studie. Gabriëls et al. (2003) berekenden erosie met behulp van het USLE-mode (versie vóór RUSLE) voor de belangrijkste gewassen binnen een bepaalde regio (rond de Kemmelbeek, West-Vlaanderen) en verzamelden inputgegevens op basis van literatuurstudie en expertbevragingen. Zij besloten dat een lokale aanpassing van de rotatie tot een reductie (of verhoging) van erosie kan leiden. Verbist et al. (2004) gebruikten het RUSLE-model voor de berekening van C-factoren voor een aantal belangrijke teelten in Vlaanderen en konden hun gewasgegevensbasis uitbreiden door deze van Gabriëls et al. (2003) aan te vullen met bijkomende literatuurgegevens, proefveldgegevens van de Bodemkundige Dienst van België en het Ministerie van Middenstand en Landbouw.

Concreet wordt invulling gegeven aan de eerste drie subfactoren (SC, CC en SR) van de berekening van de SLR volgens vergelijking (2). De laatste twee subfactoren (SM en PLU) worden in de toepassing van de modelberekeningen gelijk gesteld aan 1, analoog aan Verbist et al. (2004) en Verstraeten et al. (2001).

a. Bodembedekking-subfactor SC (Surface Cover)

Voor deze subfactor werden de volgende gegevens verzameld:

- B_s : hoeveelheid gewasresten na de oogst (kg vers gewicht/ha);
- α : initiële bodembedekking door deze gewasresten (m^2/m^2);
- p : gemiddelde tijd (dagen) dat de hoeveelheid gewasresten is gehalveerd.

b. Bladerdek-subfactor CC (Canopy Cover)

Deze subfactor wordt in rekening gebracht wanneer het gewas op het perceel groeit (tussen inzaai- of plantdatum en oogstdatum). Het groeiverloop wordt bepaald door een sigmoïdale curve te tekenen tussen de inzaai- of plantdatum en de tijd waarna onderstaande eigenschappen hun maximale waarde bereiken:

- F_c : bodembedekking (m^2/m^2);
- H : effectieve valhoogte (m).

Voor een aantal teelten wordt de sigmoïdale curve vervangen door meer specifieke groeicurven, waarbij voor een reeks van tijdstippen een waarde wordt toegekend aan bovenvermelde eigenschappen. De effectieve valhoogte wordt afgeleid van de gewashoogte via een omrekenfactor, afhankelijk van de basisstructuur van de plant. Dit gebeurt volgens een indeling, gebruikt door Verstraeten et al. (2001) en Verbist et al. (2004), waarbij er drie opties zijn. Indien de bladeren onderaan de plant geconcentreerd zijn, neemt men een omrekenfactor van $1/4$ x hoogte. Indien de bladeren uniform verdeeld zijn, gebruikt men $1/3$ x hoogte. Indien de bladeren bovenaan de plant geconcentreerd zijn, wordt $2/3$ x hoogte toegepast. De tweede groep is veruit de meest voorkomende en geeft dus de meest gebruikte omrekenfactor.

c. Bodemruwheid-subfactor SR (Surface Roughness)

Voor deze subfactor moet de volgende parameter gekend zijn:

- R_i : initiële bodemruwheid na de voorgaande bewerking (mm)

Voor deze inputparameter volgen we een analoge aanpak als voor de berekening van de effectieve valhoogte (H). Er worden drie categorieën onderscheiden om de bodemruwheid van het zaaibed te bepalen. De grofste categorie, met graangewassen als typevoorbeeld, krijgt een ruwheidswaarde van 10.2 mm; de middelste categorie, met bieten als typevoorbeeld, krijgt een waarde van 7.6 mm; en de fijnste klasse, voor bv. de groentegewassen, krijgt een waarde van 6.1 mm.

2.1.3 Methode expertenbevraging

Voor het verzamelen van de nodige inputparameters voor elke gewas/teeltcombinatie werd vertrokken van Verbist et al. (2004) en Gabriels et al (2003). De initiële indeling volgens omrekenfactor voor de effectieve valhoogte H en de indeling volgens initiële bodemruwheid R_i is terug te vinden in de powerpointtemplate voor de expertbevragingen (bijgeleverd bij de studie). Deze gegevens werden voorgelegd aan diverse experts ter validatie van hun juistheid. Verder werd bij de experts ook gevraagd naar ontbrekende informatie.

Tussen februari en april 2019 werden experts van onderzoeksinstituten, praktijkcentra en het beleidsdomein Landbouw en Visserij en een teler bevestigd. Voor elke teelt werd minstens één expert bevestigd die sterk vertrouwd is met de teeltpraktijk. In Bijlage 1 is een lijst met alle bevestigde experts en hun expertise weergegeven. Steunend op deze praktijkervaring werd bij elke bevestiging een vaste template gebruikt om alle benodigde concrete gegevens te overlopen. Ten eerste werd gevraagd naar een algemeen teeltschema (Tabel 1 en 2) dat de bewerkingsdata, inzaaidatum of

plantdatum en oogstdatum weergeeft met een resolutie van een halve maand (dus selectie van halve maand i.p.v. een datum). Bij de expertbevragingen werd in eerste instantie de hoofdteelt beschouwd en werd er vervolgens gevraagd of het algemeen schema in bepaalde gevallen afwijkt, vb. in functie van voor- of nateelt, bodemtextuur en/of regio.

Tabel 1: Voorbeeld van teeltschema's voor wintergranen. In de tweede rij wordt een alternatieve inzaaidatum voor wintertarwe voorgesteld, indien deze als nateelt na bieten komt. De afkortingen gebruikt in de tabel worden onderaan verklaard.

	Teeltcombinatie	Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1	Wintertarwe								O		Z	P KI Z	Z
2	Bieten Wintertarwe								O			Z	P KI Z
3	Wintergerst of brouwergerst							O			P KI Z		
4	Triticale en spelt								O		P KI Z		
5	Snijrogge: zaai en oogst afhankelijk van hoofdteelt												

Afkortingen: O = oogst, Z = zaai, P = ploegen, KI = klaarleggen. Vetgedrukt duidt op de meest representatieve halve maand, gewone druk duidt op de range.

Tabel 2: Voorbeeld van teeltschema's voor aardappelteelten. Voor de vroege teelt werden twee verschillende scenario's uitgeschreven. De afkortingen in de tabel worden onderaan verklaard.

	Teeltcombinatie	Jan	Feb	Maa	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
1	Vroege teelt consumptie		W	Vv P	P	Pla							
2	Vroege teelt consumptie Groente (boemkool, prei, spinazie, bonen)		W	Vv P	P	Pla							
3	Late teelt consumptie					Pla	Pla	Pla					
4	Pootgoed				Pla				LD	O	O		

Afkortingen: Vv = vernietiging voorteelt, P = ploegen, Pla = planten, O = oogst, GB = inzaai groenbedekker, KI = klaarleggen, NT = inzaai nateelt, LD = loofdoding. Vetgedrukt duidt op de meest representatieve halve maand, gewone druk duidt op de range.

Vervolgens werden gewasgroeigegevens overlopen. Om een groeicurve voor zowel hoogte als bodembedekkingspercentage te kunnen opstellen zijn er minimaal vier gegevens per teelt nodig, zijnde de maximale hoogte, maximale bodembedekking en het aantal dagen na inzaai of aanplant dat nodig is om deze waarden te bereiken in een gemiddeld klimatologisch jaar (Tabel 3).

Tabel 3: Voorbeeld van gewasgroeigegevens ingevuld voor wintertarwe, triticale en spelt, die alle drie dezelfde gegevens toegeschreven krijgen.

Wintertarwe, triticale of spelt	Waarde	Na hoeveel dagen
Maximale bodembedekking door gewas (%)	100	100
Maximale hoogte (cm)	100	200

De volgende bevroegde eigenschap is de initiële bodemruwheid, anders gezegd de grofheid van het zaaibed, waarbij wordt gevraagd een van de hierboven beschreven ruwheidscategorieën aan het

gewas in kwestie toe te schrijven. De laatste bevroegde eigenschappen hebben betrekking op de gewasresten, zijnde de hoeveelheid en het bedekkingspercentage direct na oogst en de halfwaardetijd voor afbraak. Hier kon gewerkt worden met schattingen of gegevens rechtstreeks uit proeven. Samen vormt dit geheel aan data de input ter verfijning van de RUSLE C-factor. Hieronder wordt toegelicht hoe de gegevens uit de bevragingen worden toegepast en hoe de volledige database af te lezen.

2.2 DATABANK VAN GEWASGEGEVENS

De bij de expertbevragingen verzamelde gegevens werden samengevat in een databank ('Verfijning erosie C-factor – gewasgegevens' (xlsx-bestand) met verschillende tabbladen. De structuur van de databank koppelt per teelt alle gegevens aan elkaar, vertrekkende van de gewascode uit de perceelsregistratie.

Tabblad 'gewas_id GWSCOD'

Het eerste tabblad met als titel 'gewas_id_GWSCOD', bevat een overzicht van alle teelten met vermelding van hun gewascode uit de perceelsregistratie (GWSCOD) en hun naam (GWSNAM). Aan de gewascode (GWSCOD) wordt een 'groep_id' gekoppeld. Gewascode werd dezelfde 'groep_id' toegekend indien ze overeenkomen op basis van alle eigenschappen die in de bevraging werden overlopen. Zo is er vanuit de teeltpraktijk bijvoorbeeld geen reden om spinazie voor de industrie te onderscheiden van deze voor de versmarkt. Evenzo komen teelten als bladrammenas en gele mosterd zodanig sterk overeen in eigenschappen relevant voor de C-factor dat het praktisch is beide dezelfde datareeks toe te kennen. In de teeltenlijst zijn er twee specifieke aanduidingen gemaakt. Enerzijds worden alle groenbedekkers aangeduid met een omkadering. Wanneer deze teelten als voor- of nateelt ingevuld zijn, worden de oogst- en inzaaidata aangepast aan deze van de hoofdteelt (zie hieronder). Met een groene celopvulling worden meerjarige teelten aangeduid. Dit zijn teelten die voor langer dan 1 jaar een 100 % bodembedekkingswaarde krijgen toegeschreven. Meerjarige teelten met erosiegevoelige perioden worden gemarkeerd met een oranje celopvulling.

Tabblad 'teelten schema'

In het tweede tabblad 'teelten_schema' worden de teeltschema's ingevoegd (zie bv. Tabel 1). In de databank werd enkel de inzaai- of plantdatum en oogstdatum vermeld. De bodembewerkingen werden eveneens bevroegd, maar de aannames i.v.m. bodembewerking worden in de volgende sectie besproken. Andere bemerkingen of beschrijvingen werden wel in het tabblad teelten_schema samengevat. Ze zijn ook raadpleegbaar in de ingevulde powerpointbestanden van de expertbevragingen. Inzaai-, plant en oogsttijdstippen werden als periodes van 'halve maanden' bevroegd. In de databank worden deze halve maanden aangeduid op basis van hun begindatum. Indien voor de inzaai van een gewas bv. de eerste helft van november gekozen werd, zal hiervoor de datum 1 november vermeld staan. Voor de tweede helft van november, wordt dan 15 november genoteerd, tenzij een specifiekere datum werd opgegeven. In Gabriëls et al. (2003) worden er soms alternatieve zaaidata voorgesteld. In de databank worden deze weergegeven als 'zaaidatum 1' en 'zaaidatum 2'. Voor elke groep_id zijn er meerdere teeltschema's voorhanden afkomstig van verschillende bronnen (bronnummer 'ggg_id' in kolom F; bronbeschrijving in kolom G). Meestal is de bron een expertbevraging en wordt 'familienaam (organisatie) 2019' vermeld, dus bv. Vanden Nest (ILVO) 2019. De expertbevragingen zijn per teelt te raadplegen in de bijgevoegde powerpointbestanden. Soms wordt ook verwezen naar bestaande literatuur en wordt de

referentienaam vermeld. Deze referenties zijn opgenomen in de referentielijst van dit rapport. Elk teeltschema wordt aan gewasgroeigegevens in het derde tabblad gelinkt via de unieke 'ggg_id'.

Tabblad 'teelt gewasgroeigegevens'

In het derde tabblad genaamd 'teelt_gewasgroeigegevens' werden de gewasgroeidata ingevuld (zie bv. Tabel 2). In de niet-betitelde kolom A wordt het lijnnummer (0-n, met n het aantal rijen per ggg_id) aangeduid per ggg_id ter assistentie van de modellering. Bij de meeste teelten worden twee (indien maximale hoogte en bodembedekking gelijk bereikt worden) of drie (indien beide op verschillende momenten bereikt worden) rijen ingevuld. Bij de gewasgroeigegevens afkomstig van Gabriëls et al. (2003) zijn meer dan drie rijen terug te vinden omdat de gewasgroei in groter detail wordt weergegeven. Alle gewasgroeigegevens zijn naar een referentie terug te traceren via de ggg_id die ook in het tabblad 'teelten_schema' vermeld staat. De effectieve valhoogte wordt (indien beschikbaar) berekend uit de hoogte met een omrekenfactor die met een kleurcode te herkennen is, aangeduid in kolom I en toegelicht in kolom J.

Tabblad 'teelteigenschappen'

Het tabblad 'teelt_eigenschappen' geeft de resterende gewaseigenschappen mee. Dit zijn telkens vier parameters, zijnde 'B_s', 'alpha', 'p' en 'Ri_id'. Deze parameters zijn respectievelijk de initiële hoeveelheid gewasresten in kg per ha, de oppervlakte ratio tussen de oppervlakte gewasresten op de totale oppervlakte in m² per m² of in m² per kg, de halfwaardetijd voor de afbraak van gewasresten in dagen en de klasse voor de initiële bodemruwheid. Voor deze laatste werden de teelten opgedeeld in 3 klassen zoals eerder toegelicht. Aan de experts werd gevraagd in welke klasse elke teelt kan ingedeeld worden. De eigenlijke waarden van Ri_id voor elke klasse staat in het tabblad 'initiële_bodemruwheid'. De vragen in verband met de bodemruwheid verliepen tijdens de bevragingen doorgaans vlot, mede doordat er reeds voorbeelden voorhanden waren om de teelt in kwestie mee te vergelijken. Over het algemeen waren de experts het eens over de indeling, hoewel er soms getwijfeld werd tussen de fijnste en middelste klasse. Sommige teelten werden meermaals verplaatst naar een andere groep. Zo werd cichorei bij enkele bevragingen in de fijnste categorie geplaatst in plaats van de middelste (Baert 2019 en Debussche 2019). Data met betrekking tot gewasresten konden echter zelden compleet gegeven worden. Meestal waren hier geen cijfers voorhanden en in zulke gevallen waren slechts enkele experts voldoende zeker om een schatting op basis van praktijkervaring te geven. De minst ingevulde parameter is de halfwaardetijd voor massa gewasresten (p).

Consensusversies

Gezien voor één teelt gegevens beschikbaar kunnen zijn van verschillende bronnen werd er beslist om voor elke oorspronkelijk opgestelde groep_id een 'consensusversie' op te stellen die finaal zal gebruikt worden bij de berekening van de nieuwe C-factoren. Hierbij werd aan bepaalde bronnen voorrang gegeven (bv. meer recente) of werd een gemiddelde waarde voor een parameter berekend op basis van de verschillende bronnen. Voor teelten waarvoor maar één bron beschikbaar is, werden de gegevens gekopieerd naar een consensusversie voor de overzichtelijkheid en voor de eenvoud bij het verdere programmeren en verwerken. Bij de nummering voor de consensusversies werd steeds het oorspronkelijke groep_id-nummer (af te lezen in het eerste tabblad) vermeerderd met 100. Voor prei (groep_id 33) werd dit dus 133. Het bijhorende ggg_id kreeg hetzelfde nieuwe consensusnummer toegekend. Indien er voor een teelt meerdere opties mogelijk waren (bv. bij teeltcombinaties of verschillende teeltvarianten), werd het honderdtal van het consensusnummer verder verhoogd. In het geval van prei zijn er in totaal drie consensusversies, namelijk zomerprei (133), herfstprei (233) en winterprei (333). Gezien aan de drie varianten van prei dezelfde

gewasgroei-curve werd toegekend, werden de drie versies gekoppeld aan dezelfde nieuwe ggg_id 133.

Bij het invullen van de databank en het gebruik van de data bij de berekening van de C-factor werden verder nog een reeks assumpties gemaakt, die in onderstaande sectie (2.3) worden toegelicht.

2.3 ASSUMPTIES BIJ DE TOEPASSING VAN DE GEWASGEGEVENS

De toepassing van de gegevens afkomstig uit de expertbevragingen is gebaseerd op een aantal aannames die het compromis vormen tussen de praktijk en de modelberekening.

Algemeen teeltschema – Tijdens elke expertbevraging werd gevraagd om de meest representatieve halve maand op te geven waarin een bepaalde teelt wordt gezaaid of geplant en geoogst, ook al is er een bredere range waarbinnen dit in de praktijk mogelijk is (meestal bepaald door de weersomstandigheden). Voor teelten die binnen een groeiseizoen meerdere combinaties met andere teelten kunnen aangaan (bv. spinazie, prei of bloemkool), werden voor de (belangrijkste) varianten verschillende consensusnummers voorzien. Deze varianten kunnen ten eerste geselecteerd worden op basis van de combinaties met andere teelten, waardoor er vroeger of later wordt gezaaid of geoogst dan in het gemiddelde scenario. Ten tweede kunnen teeltvarianten gekozen worden op basis van het seizoen waarin ze geteeld worden, zoals bv. bij prei (zie hierboven). Voor grote akkerbouwteelten daarentegen kan men met vaste gemiddelde data werken waaraan de vernietiging van de voorteelt of de inzaai van de nateelt (normaliter groenbedekkers) kan ondergeschikt worden. Om de C-factor van specifieke combinaties van voor-, hoofd- en nateelt te berekenen, wordt de volgende methode gevolgd:

- Bij de opmaak van een teeltschema voor een gegeven jaar i zal de 'oogstdatum' (collectieve term voor oogst of vernietiging) van de voorteelt en de inzaaidatum van de nateelt aangepast worden aan, respectievelijk, de inzaai- of plantdatum en de oogstdatum van de hoofdteelt. Hierbij wordt gewerkt met een marge van een halve maand tussen de opeenvolgende teelten.
- Daarnaast wordt er ook gewerkt met een flexibele inzaaidatum van wintergraan. Indien de oogstdatum van de vorige hoofdteelt echter na 15 oktober valt, valt de marge van een halve maand weg en zal de inzaaidatum van het wintergraan direct aansluiten bij de oogstdatum van die vorige teelt.
- Indien de zaai- of plantdata en de oogstdata niet overlappen, wordt er tussen de teelten een C-factor voor een braak perceel verondersteld.
- Indien de voorteelt in jaar i niet gelijk is aan de nateelt van het vorige jaar $i-1$, wordt de oogstdatum van die nateelt hieraan ondergeschikt, en dus aangepast aan de inzaaidatum van de voorteelt. Indien in jaar i geen voorteelt wordt ingegeven, maar wel een nateelt in het jaar $i-1$, zal deze teelt als voorteelt in jaar i overgenomen worden. Eén uitzondering: wanneer een wintergraan als nateelt wordt aangegeven in jaar $i-1$, zal dit ook de hoofdteelt zijn in jaar i en is een voorteelt dus niet van toepassing.

Groenbedekkers – De algemene aanname voor groenbedekkers is dat de inzaai- en vernietigingsdatums (oogstdatums) ondergeschikt zijn aan de start- en einddata van de hoofdteelt. Een groenbedekker vóór of na de hoofdteelt zal hier dus vlak vóór of na aansluiten. In realiteit kan er tussen deze acties een periode van braak of 'bewerkte en niet ingezaaide' bodem voorkomen (bv. bij vroegtijdige vernietiging van de groenbedekker). Maar gezien hier geen informatie over

beschikbaar is, wordt het best uitgegaan van het meest toegepaste scenario. Italiaans raaigras is een groenbedekker met nog een extra functie als voedergewas. Wanneer de inzaai van de hoofdteelt laat genoeg valt (bv. kuilmaïs eind april), kan er nog een snede van genomen worden alvorens de zode in te ploegen. Een noot die hier dus moet gemaakt worden is dat veetelers in dit geval iets langer zullen wachten met het inzaaien van kuilmaïs (de hoofdteelt) zodat een productieve snede kan genomen worden van het Italiaans raaigras. De tijdsrange voor het inzaaien van kuilmaïs is echter relatief klein (slechts 5 à 10 dagen) en wordt daarom gelijkgesteld voor alle scenario's. Door aangepaste rassenkeuze zal de oogstdatum bovendien steeds min of meer dezelfde blijven.

Bodembewerking – Voor ploegen zou men op basis van de streek en de bodemtextuur twee verschillende scenario's kunnen aannemen:

- Op poldergrond, kleigrond en de zwaardere leemgronden in Limburgs Haspengouw wordt altijd vóór de winter geploegd (eind november – begin december, dus gemiddeld op 1/12) (Vanden Nest (ILVO) 2019, later bevestigd door Euben (KBIVB) 2019). Een groenbedekker ingezaaid als nateelt zal op dat moment worden ingeploegd.
- Op de andere leemgronden, net als op zandleem- en zandgrond, wordt meestal geploegd vlak vóór de inzaai van de hoofdteelt. Voor de scenario's waarin 'wintervoerploegen' niet voorkomt, wordt aangenomen dat alle bewerkingen – i.e. van ploegen of niet-kerende bodembewerking tot klaarleggen en zaaien – in één beweging gebeuren binnen een periode van maximaal een halve maand. In deze gevallen wordt dus onmiddellijk de overgang gemaakt van de groenbedekker of het braakliggend perceel naar het hoofdgewas.

Gewasresten – Wat de gewasresten betreft kan men aannemen dat deze zullen blijven liggen indien er geen nateelt volgt, op een belangrijke uitzondering na. In het geval van (winter)graan zal de stoppel altijd ondiep ingewerkt worden omdat deze anders niet tijdig verteerd geraakt. Aannemen dat hierna het veld er 'braak' bij ligt is echter niet representatief. Een ingewerkte stoppel houdt de bodem nog altijd vast en bovendien zullen oogstresten (graantjes) later in het jaar kiemen, alsof er 'vlekgewijs' een groenbedekker is ingezaaid (Vanden Nest (ILVO) 2019). Men kan hier dus het scenario toepassen waarbij er een groenbedekker (cfr. snijrogge) met "50% efficiëntie" werd ingezaaid, tenzij de landbouwer een bepaalde groenbedekker opgeeft. Deze praktijk vergt dus de definiëring van een specifieke C-factor voor deze periode of de gedeeltelijke overname van gegevens van een andere teelt (bv. snijrogge) waarbij de parameter voor bodembedekking wordt aangepast. In alle andere gevallen wordt er van uitgegaan dat gewasresten (als die er zijn) op het veld blijven liggen en er geen bodembewerking meer plaatsvindt.

Een belangrijke noot is dat indien via de perceelsregistratie geen nateelt wordt ingevuld, dit een foutieve aanname kan zijn als de landbouwer het nalaat zijn nateelt in te vullen. Zowel naar gewasresten als bodembedekking toe worden er dan verkeerde aannames gemaakt. Zolang een accurate perceelsregistratie niet afdwingbaar is, is dit probleem echter onvermijdbaar. Scenario's waarbij bij de opvolging van twee teelten geen gewasresten worden ingewerkt (bv. strip-till of directe inzaai) behoeven hiervoor geen aanpassing in de gewassenmerken gezien dit als een globale bijkomende reductie factor zal in rekening gebracht worden (zie deel 2 van de studie).

Meerjarige teelten – In geval van meerjarige teelten wordt jaarrond een bedekking van 100% aangenomen, tenzij men het jaar ervoor deze teelt niet kon vaststellen op het perceel. In dat geval wordt er met een standaard aanplantings- of inzaaidatum gewerkt. Tot de meerjarige teelten behoren deze die minstens 2 jaar op het perceel worden aangehouden. Deze omvatten alle laagstamfruitteelten (appel en peer), blauwe en rode bes, en permanent grasland. Voor het bepalen

van de duur van grasland – i.e. of het al dan niet over een groenbedekker gaat – dient men voor het perceel in kwestie terug te gaan in de tijd in de perceelsregistratie. Voor grasland, waaronder de groenbedekker Italiaans raaigras, worden de volgende aannames gemaakt voor een jaar i:

- Als er geen gras als hoofdteelt én als nateelt in jaar i-1 is aangegeven, wordt als inzaaidatum 1 april toegepast;
- Als er gras staat als voorteelt in jaar i+1 en als nateelt in jaar i (en geen hoofdteelt in jaar i) dan wordt er met een inzaaidatum van 1 september gewerkt;
- Als er gras staat aangegeven als voorteelt in jaar i+1, als nateelt in jaar i of als hoofdteelt in jaar i wordt de oogstdatum van het vorige gewas + 15 dagen als inzaaidatum aangenomen. Deze halve maand wordt ingecalculeerd als marge voor het inzaaien en laten opkomen van het gras.

Daarnaast bestaan er teelten waarbij een volledige bedekking pas voor een klein deel van de teeltduur wordt bereikt. In geval van boomkwekerijen wordt dit effect gecreëerd door sluiting van de boomkruinen (en beworteling) (Van Haecke (PCS) 2019, Colda (Carolus) 2019).

3 IMPACT VAN EROSIEREDUCERENDE MAATREGELEN OP RUN-OFF EN EROSIE

De C-factoren die op basis van luik I van deze studie kunnen berekend worden zijn gebaseerd op gangbare teeltpraktijken waarbij geploegd wordt en weerspiegelen het effect van teeltkeuzes en teelteigenschappen. Erosiereducerende maatregelen zijn erop gericht de kracht van inslaand en afstromend water bijkomend te breken, bijvoorbeeld door de bodemruwheid te vergroten of de bodem meer te bedekken. In het tweede luik van deze opdracht werd een literatuurstudie uitgevoerd over het effect van teelttechnische erosiereducerende maatregelen. Het vertrekpunt van deze opdracht was een interne literatuurstudie die werd uitgevoerd door het departement Omgeving (vroeger LNE), waarin een aantal cijfers werden verzameld over de impact van enkele erosiereducerende maatregelen op erosie (LNE, 2015). Hieruit kwam voort dat voor niet-kerende bodembewerking een reductiecijfer voor erosie van 85 % kon aangenomen worden (Gillijns et al. 2005, Leys et al. 2007, Van Herck et al. 2010). De maatregel van directe inzaai kreeg hetzelfde reductiecijfer toegeschreven (Van Herck et al. 2010). Voor het aanleggen van drempels tussen aardappelruggen werd een reductiecijfer van 60 % gevonden (Olivier 2010, Olivier and Fonder 2011). Om deze cijfers bij te staan, aan te vullen en een meer genuanceerd beeld te bieden van de impact van diverse erosiereducerende maatregelen werd nieuwe literatuur opgezocht onder de vorm van studierapporten van onderzoeksinstituten, online beschikbare presentaties of wetenschappelijke artikels. De publicaties werden zowel gevonden op basis van online zoekmachines als door rechtstreeks (West-) Europese onderzoekers binnen het domein te contacteren. In Bijlage 2 wordt de lijst van personen weergegeven die voor deze studie werden gecontacteerd. De volgende sectie biedt een gebruikshandleiding bij de datatabel die het resultaat is van deze studie.

3.1 DATABANK REDUCTIEMAATREGELEN

De gevonden data zijn samengevat in het bestand met naam 'Verfijning erosie C-factor – reductiemaatregelen' (xls-tabel). Hierbij zijn de data achtereenvolgend gerangschikt volgens maatregel, land, jaar en studie. Soms staan onderlinge vergelijkingen van verschillende maatregelen binnen eenzelfde studie dus niet vlak onder elkaar. Directe vergelijking is dan mogelijk door een filter toe te passen. Eén lijn in de tabel stelt voor een bepaalde maatregel één relatief cijfer voor t.o.v. een controle binnen dezelfde studie, uitgedrukt als een reductiepercentage. Zo zullen een erosie- en een run-off reductiepercentage van eenzelfde behandeling in eenzelfde studie op twee aparte rijen weergegeven worden om, indien beschikbaar, de range van elke waarde apart te kunnen geven. Om de tabel zo compact mogelijk te houden, is een belangrijk deel van de duiding bij de resultaten onder de vorm van opmerkingen toegevoegd bij bepaalde cellen. Voor een goede interpretatie van de resultaten is het dus cruciaal om deze te raadplegen. Voor de data van het VLAIO-LA traject Gomerros (2015-2019) zijn twee afzonderlijke tabbladen gemaakt. Hierin zijn de resultaten van de eerste drie proefjaren 2016, 2017, 2018 opgenomen (Vanden Nest et al., 2017, 2018, 2019). Van deze data is er een tabblad met sortering per proef en een tabblad met sortering per maatregel en gewastype.

3.2 INTRODUCTIE IN MEETMETHODEN

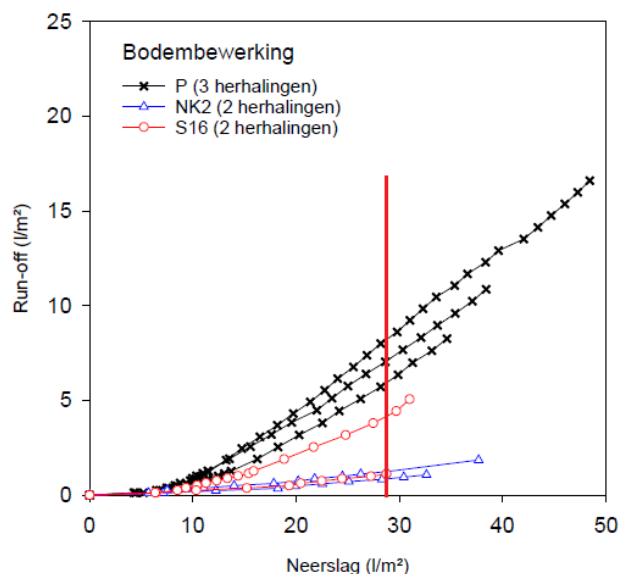
Run-off en erosie kunnen op verschillende manieren gemeten worden en dit op verschillende ruimtelijke schaalniveaus. Hieronder wordt een overzicht gegeven van verschillende types metingen die gebruikt werden in de gevonden studies.

3.2.1 Erosiemonitoring

De studies die onder deze methodeklasse worden ondergebracht bestudeerden erosie in het veld over grote oppervlaktes (> 250 ha) en in twee van de drie gevallen over lange termijn (> 10 jaar). Bij deze methode wordt een schatting gemaakt van de hoeveelheid bodemverlies via visuele data in het veld en dit bodemverlies wordt per jaar gelinkt aan de bodembewerkingspraktijk die dat jaar op het perceel werd uitgevoerd. In een Zwitserse studie door Prasuhn (2012) werd gedurende 10 jaar op 203 velden, goed voor 263 ha, jaarlijks geulerosie ('linear erosion') opgemeten. Een Duitse studie door Steinhoff-Knopp and Burkhard (2018) gebruikte dezelfde aanpak gedurende 16 jaar over 86 velden, goed voor 465 ha. In beide gevallen werd het totale bodemverlies vervolgens ingeschat door het opgemeten volume van de geulen te vermenigvuldigen met de lokale bulkdensiteit van de bodem. In een derde, Duitse studie door Brandhuber and Kistler (2014) werden via luchtbeelden over twee jaar data verzameld van erosieschade. De gefotografeerde percelen werden vervolgens ingedeeld in klassen, gaande van 'geen schade' tot 'sterke schade'. Het verschil tussen bodembewerkingsbehandelingen werd gekwantificeerd door het verschil in het oppervlakte aandeel met op zijn minst lichte erosieschade. Een mogelijk nadeel van monitoringgegevens van grote gebieden is dat verschillende maatregelen niet gelijkmatig of 'random' verspreid zijn over het studiegebied, wat kan leiden tot een vergelijking die niet onafhankelijk is van weersomstandigheden of topografie. Dit kan echter wel deels gecounterd worden door over lange periodes te meten.

3.2.2 Veldexperiment met regenvalsimulaties

Bij een regenvalsimulatie worden erosie en run-off over een kleine oppervlakte (bv. 1-10 m²) gemeten over een zeer korte periode (bv. 20-60 minuten) waarbinnen aan een constante intensiteit regenval wordt gesimuleerd. Onderaan de helling van de afgebakende oppervlakte wordt het afgespoelde water en sediment opgevangen. Tijdens een dergelijke simulatie worden de opgevangen volumes continu gemeten, wat een cumulatieve curve oplevert voor erosie en run-off in functie van het beregende volume (Figuur 1).



Figuur 1: Voorbeeld van een simulatiegrafiek voor run-off in functie van het beregende volume, waarbij strip-till (S16) vergeleken wordt met ploegen (P) en niet-kerende bodembewerking (NK2) (Vanden Nest et al. 2017). De rode lijn geeft aan waar de eerste curve stopt, in dit geval bij een simulatie in een strip tillbehandeling (S16). Bij dit neerslagniveau wordt de vergelijking tussen de behandelingen gemaakt.

De lengte van de curves kan variëren tussen verschillende behandelingen of herhalingen binnen één experiment. Dit komt omdat er soms door omstandigheden gekozen wordt om de simulatie voor een bepaalde behandeling of herhaling langer te laten doorgaan. Maar zelfs als de simulatietijd dezelfde is, kan de totale hoeveelheid neerslag (en dus de lengte van de curve) verschillen omdat er in de praktijk altijd schommelingen zijn in de neerslagintensiteit. Bij de vergelijking van verschillende behandelingen uit resultaten van het GOMEROS-project werd de vergelijking tussen de behandelingen gemaakt op het punt waar de eerste lijn op de grafiek stopt (zie Figuur 2). Bij dit neerslagniveau kan men een vergelijking maken tussen de behandelingen. Gezien elke curve in variërende mate een vlak en stijgend gedeelte heeft, heeft de keuze van het punt van vergelijking een impact op de hieruit afgeleide reductiewaarden voor een bepaalde behandeling. Voor een genuanceerde interpretatie dienen reductiecijfers voor run-off of erosie dus steeds in combinatie met de curves geraadpleegd te worden (zie verder). Een belangrijke implicatie van deze methode is dat op eenzelfde locatie de simulatie niet kan herhaald worden in de tijd, gezien de impact van de simulatie op de bodem.

3.2.3 Veldexperiment met natuurlijke neerslag

Een tweede type van veldexperiment houdt in dat binnen een eveneens afgebakend gebied de run-off en erosie worden gemeten na natuurlijke neerslag. Hierbij worden bakken ingegraven onderaan de afgebakende plots en worden het sediment en de run-off gedurende langere periode opgevangen. Na periodes met hevige (erosieve) buien worden de bakken tussentijds gecontroleerd en leeggemaakt. Het voordeel van deze methode is dat verschillen tussen behandelingen gemeten kunnen worden over een volledig seizoen en vaak ook over een grotere oppervlakte. Het nadeel is dat de resultaten afhangen van de weersomstandigheden. In jaren met minder hevige buien bestaat het risico dat er geen run-off of erosie wordt opgemeten en dat verschillen tussen behandelingen dus niet aangetoond kunnen worden.

3.2.4 Erosiegevoeligheidsmetingen

Bij dergelijke metingen wordt er ook een experimentele aanpak gebruikt, maar dan in een laboratoriumomgeving. Bodemstalen uit percelen met verschillende beheersvormen worden uitgegraven en de gevoeligheid voor bodemverlies bij afstroming wordt in het laboratorium bepaald met een vooraf bepaalde afstroomintensiteit en helling.

3.2.5 Modellerings

Bij modelsimulaties worden bodemverliezen berekend voor verschillende behandelingen door gebruik te maken van verschillende inputparameters bekomen uit praktijkgegevens (bv. fysische landschapseigenschappen, bodemeigenschappen).

3.3 TOELICHTING BIJ DE TYPES MAATREGELEN

3.3.1 Niet-kerende bodembewerking

De maatregel niet-kerende bodembewerking (NKB) is tot op heden het meest frequent bestudeerd in het kader van erosie. De literatuurstudie door het departement Omgeving (LNE, 2015) schuift een reductiepercentage voor erosie naar voor van 85% voor 'niet-kerende bodembewerking met voldoende bodembedekking' en verwijst naar metingen op perceelsniveau uitgevoerd in Vlaanderen door Gillijns et al. (2005) en Leys et al. (2007). Bij het nader bekijken van deze publicaties blijkt dat Leys et al. (2007) een overkoepelende analyse uitvoerden van 184 regenvalsimulaties uitgevoerd door de KU Leuven op kleine plots (ca 0.73m²), dus niet op perceelsniveau. In 88% van de gevallen was erosie gereduceerd en de gemiddelde erosiereductie van NKB ten opzichte van ploegen was 38%. Het artikel van Leys et al. (2007) bevat de regenvalsimulaties van Gillijns et al. (2005). Gillijns et al. (2005) vonden een gemiddelde erosiereductie van 54% (n=32) gebaseerd op regenvalsimulaties met eenzelfde plotgrootte als bij Leys et al. (2007). Gillijns et al. (2005) tonen echter ook resultaten van erosiekartering op perceelsniveau waarbij het volume aan erosiegeulen wordt opgemeten. De gemiddelde erosiereductie op perceelsniveau bedroeg 88% (n=15). Dit toont meteen ook het effect van schaal aan. Tijdens regenvalsimulaties op een beperkte oppervlakte wordt vooral interrill erosie gemeten. Erosiekartering begroot geulerosie en kan de resultante zijn van meerdere buien. Leys et al. (2010) toonden dit schaaffect ook aan op basis van een literatuurstudie, waarbij de gemiddelde erosiereductie 48% was voor plots met een hellingslengte < 2m, 67% voor een hellingslengte van 2-30m en 86% voor een hellingslengte van > 30m. De literatuurstudie van het departement Omgeving (LNE, 2015) vermeldt ook nog een studie door Bayer (2013; geen geschreven referentie vermeld) op 'plotniveau' (plotgrootte niet vermeld) waarbij sedimentreducties van 56% tot 98% werden gemeten, afhankelijk van de NKB-methode, in een jaar met relatief weinig erosie in de geploegde referentie (1 ton/ha). De studie van Leys et al. (2007) is gebaseerd op experimenten met maïs en suikerbieten, bij Gillijns et al. (2005) zijn er daarnaast ook nog enkele data van wintertarwe en aardappelen.

In deze, zij beperkte, literatuurstudie zijn in totaal 47 bijkomende cijfers verzameld voor erosiereductie en 40 cijfers voor run-offreductie. Resultaten zijn afkomstig van erosiegevoeligheidsmetingen, veldexperimenten met natuurlijke en gesimuleerde neerslag, modelberekeningen en erosie monitoring. In de literatuur vonden we voornamelijk data voor grotere akkerbouwteelten, met als meest bestudeerde gewas maïs. Enkel het GOMEROS-project onderzocht

recent een grotere diversiteit aan gewassen, zijnde koolgewassen, zaaiui, erwten, witloofwortelen op ruggen en maïs (Vanden Nest et al. 2017, 2018, 2019). De variatie in reductiecijfers voor erosie en run-off is teeltafhankelijk. Voor de akkerbouwgewassen was de mediaan van erosiereductie van NKB ten opzichte van ploegen 80% (n=26) en van run-offreductie 32% (n=20) (AREAS, 2012; Armand, 2010; Baets, 2015; Nitzsche et al., 2002; Prasuhn, 2012; Steinhoff-Knopp & Burkhard, 2018; Vanden Nest et al., 2017, 2018, 2019; Van den Putte et al., 2011). Twee datapunten voor erosie en run-off van Gomers zijn hierbij buiten beschouwing gelaten omdat de waarden bij de referentie heel laag waren (Vanden Nest et al., 2018). In vier gevallen was erosie hoger voor NKB dan voor ploegen (negatief reductiepercentage), dit was telkens in de studie van Van den Putte et al. (2011) met aardappel en wintertarwe. Van den Putte et al. (2011) wijten het geringere effect van NKB bij aardappelen aan de intense verstoring bij het maken van de aardappelruggen.

Voor kolen schommelden de erosiereductiepercentages tussen -37% en 66% met als mediaan 39% (n=4) en de run-offreductiepercentages tussen -51% en 56% met als mediaan 23% (n=4) (Vanden Nest et al., 2019).

In het Gomersproject waren er vier veldproeven met erwt, wat zes datapunten opleverde (Van den Nest et al., 2017, 2018, 2019). Erosiereductie was -13 tot 99% (mediaan 30%) en run-offreductie -69% tot 69% (mediaan 11%); bij één datapunt waren erosie en run-off bij de referentie nul en konden geen percentages berekend worden. Ook bij de andere datapunten bleken de run-off en erosie heel laag bij zowel de referentie als bij NKB, behalve bij één punt waar de regenvalintensiteit (opgewekt door simulator KU Leuven) een stuk hoger was dan normaal. Erosiereductie was daar 99% en run-offreductie 69%. Niet-kerende bodembewerking bij erwt lijkt dus geen grote meerwaarde ten opzichte van ploegen. Dit komt omdat de teelt van erwt weinig erosiegevoelig blijkt te zijn, zelfs vrij kort na de zaai wanneer de bodembedekking door de erwt nog minimaal is (zoals tijdens de simulaties). De manier van zaaien en de gewaseigenschappen spelen hier vermoedelijk een grote rol. Erwten worden gezaaid met een hoge zaaidichtheid, (ca 1.000.000 zaden/ha), in rijen kort naast elkaar (ca. 15 cm). Bij het zaaien wordt tevens gewerkt met een zaai combinatie (rotoreg + zaaimachine), zodat geen erosiegevoelige wielsporen in het zaai bed achterblijven (zoals bv. bij maïs). De opkomst en jeugdgroei is snel en zelfs bij een zeer beperkte bedekking van de bodem door de kiemplantjes (enkele dagen na opkomst), zijn er reeds goed ontwikkelde worteltjes aanwezig die het zaai bed stabiliseren.

Bij zaaiui blijkt niet-kerende bodembewerking eveneens weinig effectief (Van den Nest et al., 2017, 2018, 2019). Erosiereductie schommelt tussen -662% en 57% (mediaan -47%; n=4) en run-offreductie tussen -337% en 55% (mediaan -45%; n=4). Bij ui wordt het zaai bed zo fijn gelegd, dat er zowel bij ploegen als bij NKB veel erosie optreedt. Een fijn zaai bed is nodig voor het welslagen van de opkomst van het gewas. Experimenten met een grover zaai bed leidden bij de teelt van ui steevast tot opbrengstderiving. Verder kent zaaiui ook een zeer trage opkomst en jeugdgroei (een maand na zaai is er nauwelijks aanwezigheid van een gewas te merken). Dit maakt dat regenbuien het fijne zaai bed snel doen verslepen en na uitdrogen kan korstvorming plaatsvinden die het infiltreren van latere regenbuien bemoeilijkt en sneller run-off doet ontstaan.

In de erosiegevoelige ruggenteelt witloof was de reductie in run-off 46% en in erosie -63% (resultaat van opvangbakken op één perceel) (Van den Nest et al., 2018). Net zoals bij aardappelen (Van den Putte et al., 2011) zijn deze resultaten wellicht te verklaren door de intensieve bodembewerking en zaai bed bereiding bij het trekken van ruggen.

Algemeen kan men de maatregel niet-kerende bodembewerking het best samenvatten als effectief, maar niet even effectief in alle teelten. De resultaten van aardappel, erwten, zaaier en witloofwortelen (hoewel minder bestudeerd dan maïs) illustreren dat erosie en run-off niet alleen afhangen van het type hoofdbewerking, maar in grote mate ook van de intensiteit van de zaaibedbereiding, de zaaierwijze en de gewaseigenschappen. Daarnaast zal niet-kerende bodembewerking een sterker effect hebben indien de voortelt een grote hoeveelheid gewasresten nalaat.

3.3.2 Directe inzaai

Directe inzaai is een maatregel waarbij per definitie de enige vorm van bodembewerking de zaaier inhoudt. Deze maatregel kan dus niet in elke teelt toegepast worden en is tot op heden het meest haalbaar gebleken in akkerbouwgewassen, waar alle gevonden studies zich dan ook op focusten. Vele groentegewassen vereisen een fijnere zaaibedbereiding en dus zal directe inzaai hier tot te lage opbrengsten leiden. In totaal zijn voor deze maatregel 4 cijfers voor erosiereductie verzameld, 4 cijfers voor run-offreductie (AREAS, 2012; Armand, 2010; Nitzsche et al., 2002; Prasuhn et al., 2012; Van Dijk et al., 1996) en één cijfer uitgedrukt in het aandeel beschadigde oppervlakte op het perceel door erosie (Brandhuber & Kristler, 2019). Data zijn afkomstig van veldexperimenten uit het buitenland met natuurlijke en gesimuleerde neerslag en erosie monitoring. Hoewel bij deze laatste studie (Brandhuber & Kistler 2014) slechts een beperkt effect (10% erosiereductie; gebaseerd op aandeel oppervlakte met minstens lichte erosieschade) werd vastgesteld, blijkt uit de overige proeven dat directe inzaai een zeer effectieve maatregel was in de teelten waarin het toegepast werd, met erosiereductiecijfers van 78 tot 98 % (mediaan 94%) en reductiecijfers voor run-off van 10 tot 89 % (mediaan 78%).

3.3.3 Strip-till

Bij strip-till wordt de bodem enkel bewerkt in de rijen waar er gezaaid zal worden. De rest van het oppervlak blijft ongemoeid. Deze methode is dan ook enkel toepasbaar in teelten waarbij de rijen ver genoeg uit elkaar staan, zoals bij maïs of suikerbiet. Wat erosie betreft werden enkel cijfers gevonden van het Gomerros-project (Vanden Nest et al., 2017, 2018, 2019) en één cijfer uit Frankrijk (AREAS, 2012). De cijfers van Gomerros, 10 voor erosie en 9 voor run-off, zijn allemaal afkomstig van 5 veldexperimenten met maïsteelt. De cijfers zijn afkomstig van regenvalsimulaties met uitzondering van één cijfer dat werd bekomen na het opmeten van geulerosie. De mediaan van erosiereductie is 95%, variërend van 72 tot 100% behalve voor één cijfer waar erosie bij strip-till een veelvoud was van erosie bij de referentie omdat er bij de referentie nauwelijks erosie werd opgemeten. De mediaan van run-offreductie is 62%, met variaties tussen 33 en 100%, behalve dan die ene waarde met erg hoog negatief reductiecijfer zoals bij erosie. In landen waar directe inzaai meer ingeburgerd is, wordt strip-till vaak hier mee vergeleken in plaats van met ploegen. Dit was ook het geval in de gevonden Franse studie. In deze studie werd strip-till vergeleken met “travail superficiel” i.p.v. met ploegen. De gemeten run-off was afkomstig van natuurlijke neerslag en werd in bakken opgevangen. Men vond hier een reductie van de run-off van 35 % (AREAS 2012).

3.3.4 Drempeltjes en/of tandbewerking bij ruggenteelten

Beide maatregelen zijn zowel afzonderlijk als in combinatie getest. Alle cijfers voor deze maatregelen zijn afkomstig van veldexperimenten met natuurlijke of gesimuleerde neerslag (Olivier

et al., 2010, 2011; Poulet et al., 2009; Vanden Nest et al., 2017, 2018, 2019). Drempeltjes delen de tussenruggen op in compartimenten waardoor ze afstroming vertragen en infiltratie stimuleren. Eenzelfde effect wordt met diepe tandbewerking bereikt door een ‘verruwing’ van de tussenruggen en het (oppervlakkig) losbreken van verdichte lagen. Bij de aanleg van drempels wordt de grond in dezelfde werkgang soms eerst losgemaakt met een tand om meer losse aarde te hebben om de drempeltjes te vormen. Ruggenteelten waarvoor er cijfers m.b.t. drempeltjes werden gevonden zijn aardappelen (Poulet et al., 2009; Olivier et al., 2010), prei, wortelen en witloof (Vanden Nest et al. 2017, 2018, 2019). De gebruikte machines voor drempelvorming zijn de Barbutte en de Dyker. Voor alle behandelingen waarin drempeltjes voorkwamen, schommelde de erosiereductie tussen 27 en 100% en was de mediaan 97% (n=19). De run-offreductie varieerde tussen -7% tot 100 % met een mediaan van 83% (n=14). Drempelvorming in ruggenteelten kan met of zonder tandbewerking gepaard gaan. In enkele GOMEROS experimenten met prei, witloof en wortelen werd het effect van enkel een tandbewerking onderzocht, met een erosiereductie die schommelde tussen 44 en 100% en een mediaan van 100% (n=13). De run-offreductiecijfers varieerden tussen 13% en 100% met een mediaan van 92% (n=7). In de ruggenteelten prei, wortelen en witloof worden de tussenruggen intensief bereiden bij de opbouw van de ruggen, het zaaien, het aangieten en het schoffelen. Hierdoor ontstaat een verdichting en kan een tandbewerking een goed effect hebben omdat het die verdichting terug opheft. Bij aardappelen is die berijding minder intensief. Het is dus mogelijk dat een tandbewerking bij aardappelen daardoor minder effectief is.

3.3.5 Drempeltjes bij vlakveldse teelten

Voor deze maatregel werden in totaal 9 reductiecijfers verzameld voor maïs (Baets, 2015; Vanden Nest et al., 2018, 2019) en 1 voor knolselder (Vanden Nest et al., 2018). Bij maïs schommelde erosiereductie tussen -41% en 100% met een mediaan van 76% (n=8) en run-offreductie tussen 24% en 100% met een mediaan van 70% (n=8). Eén datapunt wordt buiten beschouwing gelaten omdat er zowel bij de referentie als bij de drempels geen erosie en run-off werden opgemeten. Alle data zijn afkomstig van veldexperimenten met natuurlijke en gesimuleerde neerslag. In een studie in opdracht van Bayer door Baets (2015) maakte men de vergelijking tussen twee systemen voor het creëren van drempeltjes in maïs, zijnde gekartelde schijven en een kooirol met aangepaste beugels.



Figuur 3: Foto uit Baets (2015) die de vergelijking toont tussen het effect van gekartelde schijven (boven) en een kooirol (onder)

Hieruit bleek dat het tweede systeem duidelijk efficiënter was in het reduceren van erosie (54 en 59 % versus 74 en 81%). Lagere percentages bij drempelmaatregelen kunnen ook te verklaren zijn doordat de effectiviteit van deze maatregelen afneemt als de drempeltjes niet volledig evenwijdig met de hoogtelijnen zijn aangelegd of wanneer er een secundaire helling in het perceel voorkomt. Hierdoor zullen drempels leeglopen naar de maislijn toe, waarlangs water en sediment kan afstromen. Dit werd waargenomen op het GOMEROS-proefveld in Vollezele in 2018 (Vanden Nest et al., 2019; systeem van landbouwer Marnik Van Mello), maar dit effect is mogelijk niet even sterk voor alle types drempelmachines.

In één veldproef werden drempels in knolselder uitgetest (Vanden Nest et al., 2018). Run-off en erosie waren hoger bij deze behandeling dan in de referentie. Hoewel de drempels het water goed konden bufferen bleek het effect van de aandruklijn (effect van de aandrukwielen om de perskluitjes aan te drukken) te groot om enig effect van de behandeling te kunnen zien. In de teelt van knolselder zijn dus eveneens maatregelen in de aandruklijn nodig (zie verder).

3.3.6 Volleveldszaai maïs

In een Franse studie leidde het breedwerpig zaaien van maïs tot een gemiddelde reductie van run-off van 50% (AREAS, 2012). Het GOMEROS-project onderzocht volleveldszaai van maïs op twee proefvelden (Vanden Nest et al. 2017, 2018). Op het proefveld in 2016 werd erosie bepaald aan de hand van het opmeten van geulen na natuurlijke neerslag. Door vollevelds te zaaien na ploegen was er een erosiereductie van 71% in vergelijking met de klassieke zaai. Volleveldszaai na niet-kerende bodembewerking leidde niet tot een bijkomende reductie in erosie, maar tot zelfs een, wellicht toevallige, lichte stijging (21%) in vergelijking met klassieke zaai. De erosiereductie door niet-kerende bodembewerking was op zichzelf groter dan het gecombineerd effect van volleveldszaai en niet-kerende bodembewerking. Het combineren van niet-kerende bodembewerking met volleveldszaai leidde in dit geval dus niet tot een cumulatief effect. In de proef van 2017 werd volleveldszaai alleen geëvalueerd in de geploegde behandelingen. Waar een band van de zaaimachine had gereden was de erosie in de volleveldszaai 50 tot 92% lager dan bij de klassieke zaai en de run-off 70 tot 88% lager. Waar geen band had gereden waren de erosie en run-off in de referentie quasi nihil zodat qua reductie weinig uitspraak gedaan kan worden. Bij de klassieke zaai van maïs, zorgen de plantarchitectuur en de korte afstand in de rij tussen de planten ervoor dat regenwater opgevangen door de bladeren geconcentreerd wordt onderaan de stam waardoor een hoge run-off ontstaat in de plantlijn. Door de zaaidichtheid te behouden, maar de planten homogeen te spreiden over dezelfde oppervlakte, wordt het regenwater meer verspreid en wordt het punt waarop run-off ontstaat uitgesteld. In het veld worden wel kleine stroomlijnen waargenomen, maar de afstromende bodemdeeltjes sedimenteren vaak weer op korte afstand.

3.3.7 Ruwer zaai bed

Ook bij de klassieke praktijk van het ploegen kan erosie gereduceerd worden door het zaai bed minder fijn te leggen. In een klassiek referentiesysteem wordt na een ploegbewerking 1 tot 3 maal de rotoreg, frees of cultivator gebruikt voor de zaai bed bereiding. De combinatie van het bodemtype en de bodemtoestand (voorgaande vrucht, weersomstandigheden, kruimeligheid, enz.) bepalen hoeveel fijner het zaai bed of plant bed wordt bij iedere bijkomende bodembewerking. De ene teelt heeft een fijner zaai bed/plant bed nodig dan de andere voor een geslaagde zaai of plant en voor een geslaagde jeugd groei. Bij ui moet het zaai bed bv. veel fijner liggen dan bij maïs. Dit zal in de praktijk

het aantal passages van machines bepalen en de intensiteit van bewerken. Door het weglaten van 1 of meerdere passages, of de machine minder intensief te laten werken (lager toerental), zijn er meer kluiten aanwezig in het zaaibed/plantbed en treedt er ook minder snel erosie op. Eén Franse studie vond hierdoor een reductie in run-off van 87 % (in de datatabel als ‘grof ploegen’ benoemd) (AREAS, 2012). Binnen het GOMEROS-project werd het effect van een grover zaaibed onderzocht in drie proefvelden met zaaui en erwt (Vanden Nest et al., 2017, 2018). In de onderzochte behandelingen werd de rotoreg 1 of 2 keer minder ingezet dan bij de referentie. De erosiereductie varieerde van 19% tot 93% met een mediaan van 71% (n=6). De run-offreductie schommelde tussen 26% en 56% met een mediaan van 52% (n=6). Er moet worden opgemerkt dat het grover leggen van het zaaibed soms leidt tot lagere gewasopbrengsten, zeker bij fijnzadige gewassen zoals ui.

3.3.8 Ruwere aandruklijnen bij kolen en knolselder

Bij kolen en knolselder is het mogelijk om drempels te maken tussen de rijen (zie hoger, Vanden Nest, 2018). Soms worden deze het hele seizoen behouden, in andere gevallen tot de eerste keer geschoffeld wordt voor mechanische onkruidbestrijding. De drempels lijken op zichzelf goed te werken, maar het is duidelijk dat erosiebestrijding bij kolen en knolselder alleen kan werken als de afstroming in de aandruklijnen van de planten vermeden kan worden. Daarom werd in het GOMEROS-project naar oplossingen gezocht. De aandruklijnen werden verruwd met een V-press aandrukwiël of torsiewieder, die de bodem vlak strijkt ter hoogte van de aandruklijn. In drie veldproeven met knolselder, savooikool en spruitkool schommelde de erosiereductie tussen 13 en 100% (n=4) en run-offreductie tussen 42% en 100% (n=4) voor torsiewieders (Vanden Nest et al., 2019). Voor de V-press wielen varieerden de cijfers voor erosiereductie tussen 68% en 100% (n=4) en voor run-offreductie tussen -188% en 100% (n=4). Uit de proeven werd duidelijk dat er potentieel zit in de techniek, zeker voor de torsiewieders, maar dat de techniek nog geoptimaliseerd moet worden. De techniek kan bijvoorbeeld niet op zichzelf staan, maar moet gecombineerd worden met een techniek in de tussenrij, zoals drempels of het wegwerken van bandensporen met een sporenwisser. Ook in 2019 werd verder met de techniek geëxperimenteerd, maar deze data zijn nog niet beschikbaar.



Figuur 4: Foto uit Vanden Nest et al. (2019): V-press aandrukwielen en torsiewieder die na aandrukwiël terug aarde over de aandruklijn strijkt.

3.3.9 Effect van berijding en bandenspoor

In het GOMEROS-project kon in sommige veldproeven het effect van een bandenspoor van de zaaimachine op run-off en erosie gemeten worden. Bij maïs kon de reductie van run-off en erosie in

een tussenrij met passage van een band worden berekend ten opzichte van een tussenrij zonder passage van een band en dit bij dezelfde behandeling (ploegen, NKB, strip-till, deltazaai (=zaai in dubbele lijnen), drempels, volleveldszaai). Merk op dat in sommige behandelingen het spoor van de zaaimachine werd weggewerkt door de zaicombinatie. Dat was het geval bij drempels, volleveldszaai en deltazaai. Ondanks het wegwerken van het bandenspoor blijken run-off en erosie in de meeste gevallen toch nog hoger dan waar geen band heeft gereden. Dit illustreert het belang van een lage bandenspanning en lage wiellast om verdichting zoveel mogelijk te vermijden. Erosiereductie schommelde over alle proeven en behandelingen heen tussen -213% en 100% met een mediaan van 97% (n=14). Run-offreductie varieerde tussen -24% en 100% met een mediaan van 78% (n=14). Eén vergelijking kon niet gemaakt worden omdat in de referentie (strip-till) geen run-off en erosie werden opgemeten (gebaseerd op Vanden Nest et al., 2017, 2018 en 2019).

Bij de ruggenteelt van prei worden de tussenruggen vaak bereden. Dit gebeurt bijvoorbeeld door een tractor om de prei kort na het planten te begieten. Sommige telers voeren nog een extra passage met de aangiettractor uit omdat ze ervan overtuigd zijn dat het beter is dat de tussenrijen goed aangedrukt zijn. In de GOMEROS-proef in Heuvelland in 2017 werd voor elke behandeling door middel van regenvalsimulaties de vergelijking gemaakt tussen een tussenrug die één keer was bereden en een tussenrug die twee keer was bereden. De mediaan van erosiereductie was 57% (n=5), van run-offreductie 26% (n=5) (Vanden Nest et al., 2018). In 2016 werden op het preiperceel opvangbakken geplaatst waar 97% erosiereductie werd gemeten bij een niet-bereden tussenrug in vergelijking met een bereden tussenrug (Vanden Nest et al., 2017).

In een proef met kuilmaïs werden run-off en erosie in een tussenrij met passage van de zaaimachine waar de sporen niet werden gewist vergeleken met een tussenrij met passage van de zaaimachine waar de sporen waren gewist met de rotoreg. De gemeten verschillen waren verwaarloosbaar: een erosiereductie van -6% en een run-offreductie van 4%. Waarom het wegwerken van het spoor in dit geval niet gewerkt heeft ligt wellicht aan het feit dat samen met het wisselen van de sporen ook het zaai-bed werd fijner gelegd door de rotoreg (Vanden Nest et al., 2019).

3.3.10 Diverse maatregelen met beperkt aanbod aan data

Voor het behouden van teeltresten als maatregel konden twee erosiereductiecijfers en één cijfer voor run-offreductie gevonden worden. In een Nederlandse experimentele studie met maïs die na mulching met de groenbedekker rogge werd ingezaaid (Van Dijk et al. 1996), werd 70 % erosiereductie gemeten en 1 % run-offreductie met natuurlijke en gesimuleerde neerslag. Eén Zwitserse grootschalige erosie-monitoring (263 ha) met visuele waarnemingen van geulerosie in akkerbouwrotaties kon een erosiereductie van 99 % toeschrijven aan de zogenaamde 'mulch tillage' praktijk, waarbij zonder ploeg wordt gewerkt en een bodembedekking van > 30 % met gewasresten wordt gerealiseerd (Prasuhn 2012). Hoewel dit laatste ook onder een 'niet-kerend' systeem kan gerekend worden, wordt het reducerend effect hier specifiek aan de gewasresten toegeschreven.

Het zaaien volgens de hoogtelijnen als maatregel leverde één cijfer op voor erosiereductie (44 %), één cijfer voor run-offreductie (1 %) (Vanden Nest et al. 2017) en twee cijfers voor reductie in het oppervlakte aandeel dat beschadigd was door erosie (10 en 11 %) (Brandhuber & Kistler 2014). Alle cijfers werden in maïs vastgesteld. Uit de cijfers afkomstig van het GOMEROS-project (Vanden Nest et al. 2017) blijkt dat de maatregel relatief ineffectief is in vergelijking met andere maatregelen. Dit

kan in de omstandigheden van het onderzoek verklaard worden door de aanwezigheid van een secundaire helling, waardoor de zaailijnen niet steeds volgens de hoogtelijnen lopen.

Mechanische onkruidbestrijding (schoffelen) zorgt voor een hogere bodemruwheid. In 2018 onderzocht het GOMEROS-project het effect van schoffelen in de teelt van zaaiui en savooikool. Door hevige neerslag en daarna een droge periode was een erosiegevoelige korst ontstaan die werd gebroken door het schoffelen. De erosiereductie door schoffelen was 90% tot 97%, terwijl de run-offreductie op beide percelen 97% bedroeg. Gezien deze maatregel de bodem losser maakt, is deze enkel effectief tot de bodem waterverzadigd is. Van zodra het water begint te stromen kan dit tot meer sedimentverliezen leiden (Vanden Nest et al., 2019). Eén Franse studie die het breken van een korst in de wintermaanden op een braak perceel onderzocht, stelde een run-offreductie vast van 40 % (Lecomte 2009).

De teelt van zaaiui is erosiegevoelig door de lage bodembedekking en het fijne zaaibed. De 'tussenzaai' van een ander gewas kan hier een oplossing voor bieden. In een recent experiment door het GOMEROS-project werd bij een tussenzaai van zomergerst een 100 % reductie in erosie en run-off gemeten (Vanden Nest et al. 2019). Er was door deze maatregel echter een sterke opbrengstderving. Verder onderzoek is noodzakelijk om te zien of deze praktijk verder geoptimaliseerd kan worden. Uit de proeven van 2019 bleek alvast dat een mulchlaag van compost veel belovend is naar erosiereductie toe (Vanden Nest et al., in voorbereiding).

3.4 ALGEMENE DISCUSSIE EROSIEREDUCERENDE MAATREGELLEN

Cijfers voor erosie- en run-offreductie kunnen erg variabel zijn binnen een bepaalde maatregel. Het reductiepercentage hangt dan ook af van een hele reeks factoren zoals de intensiteit van neerslag of waterafstroming, het hellingspercentage, de hellingslengte, de bodemtextuur, het koolstofgehalte, het vochtgehalte van de bodem, de hoeveelheid gewasresten, de intensiteit van zaaibedbereiding en de aanwezigheid van een korst. Het moment van de meting heeft ook invloed op sommige factoren. Bij de maatregel van onderzaai in maïs, bijvoorbeeld, is de klassieke meting in het voorjaar ongeschikt gezien de invloed op erosie van deze maatregel pas in juni maximaal werkzaam is. De verklaring voor negatieve resultaten bij bepaalde maatregelen (meer erosie dan bij het controlesysteem) is niet eenvoudig te vinden. Soms kunnen onderliggende mechanismen spelen als diepere verdichte lagen of het voorkomen van erosiegevoelige wielsporen (Vermang, 2012). Door de variabiliteit in meetgegevens is het belangrijk dat maatregelen herhaaldelijk getest worden onder verschillende omstandigheden en op verschillende locaties. Voor veel maatregelen zijn er nog niet zoveel data beschikbaar. Meer onderzoek is daarom nodig om algemene conclusies te kunnen trekken.

Om resultaten van regenvalsimulaties correct te kunnen interpreteren is het beter om niet alleen gebruik te maken van reductiepercentages. Heel hoge of heel lage erosie bij de referentiebehandeling kan het reductiepercentage beïnvloeden. Zo vonden Van den Putte et al. (2011) dat reductiepercentages van NKB bij maïs en suikerbiet stegen naarmate de erosie bij de referentie hoger werd. Verder hangt het er ook van af wanneer in het verloop van regenvalsimulaties reductiepercentages berekend worden. De curves van run-off en erosie in functie van de tijd zijn immers meestal niet linear. Run-off en erosie zijn in het begin van de simulatie heel laag, maar nadat een 'breekpunt' is bereikt kunnen run-off en erosie heel snel toenemen.

Daarom kan het voor een correcte interpretatie van gegevens beter zijn om ook het verloop van run-off en erosie tijdens de metingen te bekijken.

Resultaten van reductiepercentages van één teelt kunnen niet zomaar geëxtrapoleerd worden naar andere teelten. Niet alleen de gewaseigenschappen zelf zullen het effect van de maatregel beïnvloeden, maar ook de specifieke teeltpraktijken die bij een bepaalde teelt horen zoals de intensiteit van zaaibedbereiding en de zaaiwijze (bv. zaaidichtheid en gebruik rotoreg).

Een andere belangrijke bemerking is dat er in de praktijk soms enige overlap bestaat tussen verschillende types maatregelen. Zo behoren maatregelen als directe inzaai, strip-till of het behouden van teeltresten, tot systemen van niet-kerende bodembewerking. In sommige studies zullen dan ook verschillende vormen ervan onder één noemer geplaatst worden ('niet-kerend' zijn alle systemen die geen ploeg gebruiken). Bovendien worden definities niet altijd strik gehandhaafd. Bij gebrek aan duidelijke afbakening tussen de verschillende maatregelen, werd gekozen om de cijfers per studie toe te wijzen aan een specifieke maatregel die er naar eigen oordeel het beste bij past. Bij de verdere hantering van deze cijfers kan echter steeds teruggegaan worden naar bijgevoegde referenties om deze keuze te herevalueren.

Tenslotte is een onderbelicht fenomeen de rol van bandensporen in het bepalen van run-off en erosie. Deze vorm van erosie wordt in de meeste studies niet bekeken, bijvoorbeeld in de regenvalsimulaties uitgevoerd door de KU Leuven (Gillijns et al., 2005; Leys et al., 2007; Van den Putte et al., 2011). Uit de GOMEROS-data is gebleken dat erosie- en run-off in deze sporen zeer hoog kunnen zijn (Van den Nest et al., 2017, 2018, 2019).

REFERENTIES

- AREAS. 2012. Maïs et ruissellement - Point sur les pratiques culturales permettant de limiter les ruissellements des cultures de maïs en Haute-Normandie. ppt presentatie.
- Armand, R. 2010. Etude des états de surface du sol et de leur dynamique pour différentes pratiques de travail du sol. Mise au point d'un indicateur de ruissellement. Géographie, Université de Strasbourg. 210p.
- Baets, D. 2015. Erosiebestrijding in maïs. Presentatie Bayer, 4/03/2015.
- Brandhuber, R., and M. Kistler. 2014. Wirksamkeit von Erosionsschutzmaßnahmen. Ergebnisse aus dem Projekt "Evaluierung der Cross Compliance Bestimmungen zum Erosionsschutz in Bayern". Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft. ppt-presentatie
- Departement Landbouw en Visserij. 2019. Tabel : Teeltcodes, verzamelaanvraag 2019.
- Gabriëls, D., G. Ghekiere, W. Schiettecatte, and I. Rottiers. 2003. Assessment of USLE cover-management C-factors for 40 crop rotation systems on arable farms in the Kemmelbeek watershed, Belgium. Soil & Tillage Research 74 74:47–53.
- Geopunt Vlaanderen. 2017. Digitale bodemkaart van het Vlaams Gewest: bodemtypes, substraten, fasen en varianten van het moedermateriaal en de profielontwikkeling. <http://www.geopunt.be/catalogus/datasetfolder/5c129f2d-4498-4bc3-8860-01cb2d513f8f>.
- Gillijns, K., A. Leys, G. Gover, G. Verstraeten, G. Verlinden, and A. Gobin. 2005. Toetsing van erosiebeperkende teeltsystemen in een löss bouwplan met akkerbouwgewassen. Eindrapport Interregproject erosiebestrijding PA 033108.
- KMI. 2003. www.KMI.be
- Knapen, A., J. Poesen, S. De Baets. 2007. Seasonal variations in soil erosion resistance during concentrated flow for a loess-derived soil under two contrasting tillage practices. Soil&Tillage Research 94:425-440.
- Lecomte, V. 2009. Écroumage des céréales en sortie d'hiver. Bulletin D'informations Agricoles 1, mars 2009.
- Leys, A., G. Govers, K. Gillijns, E. Berckmoes, I. Takken. 2010. Scale effects on runoff and erosion losses from arable land under conservation and conventional tillage: The role of residue cover. Journal of Hydrology 390: 143-154.
- Leys, A., G. Govers, K. Gillijns, and J. Poesen. 2007. Conservation tillage on loamy soils : explaining the variability in interrill runoff and erosion reduction. European Journal of Soil Science 58:1425–1436.
- LNE 2015. Haalbaarheid en effectiviteit randvoorwaarden erosie. Eindrapport expertengroep evaluatie beheereisen randvoorwaarden erosie 21/09/2015. 30p.
- Nitzsche, O., S. Krück, B. Zimmerling, W. Schmidt. 2002. Boden-und gewässerschonende Landbewirtschaftung in Flusseinzugsgebieten. Berichte aus der Pflanzenproduktion, Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 11 (7): 1-22.
- Olivier, C. 2010. Controle van waterafvoer en de effecten ervan in de aardappelteelt in Wallonië. Presentatie op demonstratiedag Prosenols.
- Olivier, C., and N. Fonder. 2011. Le cloisonnement des interbuttes : Résultats de l'essai réalisé à la ferme de démonstration de Bayer CropScience (Huldenberg 2011).
- Poulet, V., Xanthoulis, N. Fonder, P. Lebrun, J.-P. Barthélémy. 2009. 9.3 Dremfels tussen de aardappelruggen om afspoeling en erosie tegen te gaan. Landbouwcentrum Aardappelen resultaten 2009. 6p.
- Prasuhn, V. 2012. On-farm effects of tillage and crops on soil erosion measured over 10 years in Switzerland. Soil & Tillage Research 120:137–146.
- Renard, K. G., G. R. Foster, D. K. Weesies, D. K. McCool, and D. C. Yoder. 1997. Predicting Soil Erosion

- by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).
- Schmidt, W. 2009. Stand der konservierenden Bodenbearbeitung und Direktsaat in Sachsen. Landesamt Für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Freistaat Sachsen. ppt-presentatie.
- Schob, A., A. Michael. 2006. Einsatz des Erosionssimulationsmodells Erosion 3D bei der Erosions- und Gewässerschutzplanung. Technische Universität Bergakademie Freiberg. Ppt presentatie.
- Sivacheva, M. 2018. Validation d'un indicateur de ruissellement via la dynamique des états de surface dus sol arable. Rapport de stage, Université de Strasbourg. 46p.
- Steinhoff-Knopp, B., and B. Burkhard. 2018. Soil erosion by water in Northern Germany : long-term monitoring results from Lower Saxony. *Catena* 165:299–309.
- Van den Putte, A., K. Nackaerts, G. Govers, J.P. Vandergeten, K. Demeulemeester. 2011. Van demonstratie naar optimalisatie: Ontwikkeling van een beslissingsondersteunend instrument voor de optimalisatie van niet-kerende bodembewerking uitgaande van een multidisciplinaire benadering. Wetenschappelijk-technologisch eindverslag IWT-landbouwonderzoek project 60665. 121p.
- Van Dijk, P. M., M. Van der Zijp, and F. J. P. M. Kwaad. 1996. Soil Erodibility Parameters Under Various Cropping Systems of Maize. *Hydrological Processes* 10:1061–1067.
- Van Herck, B., A. Wautelet, R. Dessers, A. Verspecht, P. Arts, and R. De Vreese. 2010. Mid term evaluatie van het Vlaams Programmadocument voor Plattelandsontwikkeling 2007-2013 - Achtergronddocument.
- Vanden Nest, T., T. Van De Sande, D. Horemans, M. De Boever, and G. Ruyschaert. 2017. Brongerichte erosiebestrijdingstechnieken bij groenten en maïs - Proefveldresultaten van het GOMEROS-project in 2016. ILVO Mededeling 226. 247p.
- Vanden Nest, T., T. Van De Sande, M. De Boever, D. Dekeyser, and G. Ruyschaert. 2018. Brongerichte erosiebestrijdingstechnieken bij groenten en maïs - Proefveldresultaten van het GOMEROS-project in 2017. ILVO Mededeling 241. 256p.
- Vanden Nest, T., T. Van De Sande, M. De Boever, D. Dekeyser, and G. Ruyschaert. 2019. Brongerichte erosiebestrijdingstechnieken bij groenten en maïs - Proefveldresultaten van het GOMEROS-project 2018. ILVO Mededeling 251. 243p.
- Vermang, J. 2012. Erosion processes and physical quality of loamy soils as affected by reduced tillage. Ghent university. Faculty of Bioscience Engineering, Ghent, Belgium.
- Verbist, K., W. Schiettecatte, and D. Gabriels. 2004. Eindrapport - "Computermodel RUSLE C-factor."
- Verstraeten, G., K. Van Oost, A. Van Rompaey, J. Poesen, and G. Govers. 2001. Integraal land- en waterbeheer in landelijke gebieden met het oog op het beperken van bodemverlies en modderoverlast (proefproject gemeente Gingelom).

BIJLAGE 1: LIJST VAN BEVRAAGDE EXPERTEN

Naam expert	Instituut, vzw of bedrijf	Gewassen
Filip De Brouwer	Inst. voor Landb.- Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO)	Maïs, grasland en groenbedekkers
Joost Baert	Inst. voor Landb.- Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO)	Cichorei
Johan Van Waes	Inst. voor Landb.- Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO)	Vlas
Joke Pannecoucq	Inst. voor Landb.- Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO)	Voederbieten en cichorei
Thijs Vanden Nest	Inst. voor Landb.- Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO)	Maïs, grasland en groenbedekkers
Bart Debussche	Departement Landbouw en Visserij	Groenten en groenbedekkers
Veerle De Blauwer	Proefcentrum voor Aardappelteelt (PCA)	Aardappelen
Kristof Boone	Landbouwcentrum Granen Vlaanderen (LCG)	Granen
Lies Willaert	Landbouwcentrum Granen Vlaanderen (LCG)	Hop en vlas
Gert Van de Ven	Landbouwcentrum voor Voedergewassen (LCV)	Maïs, grasland en voederbieten
Ronald Euben	Koninklijk Belg. Inst. tot Verbetering van de Biet (KBIVB)	Suikerbieten
Joos Latré	Hogeschool Gent	Voederbieten, erwten en bonen
Wilfried Vossen	B.N.D. telersvereniging	Erwten en bonen
Maarten De Boever	Provinc. Proefc. voor de Groenteteelt Oost-Vl. (PCG)	Ajuinen
Luc De Rooster	Proefstation voor de Groenteteelt	Groenten
Danny Callens	Inagro	Groenten
Francis Jans	Inagro	Courgettes, sla en spinazie
Geert Desmedt	Inagro	Kolen
Marc Vanheule	Inagro	Groenten
Peter Maenhout	Inagro	Witloofwortelen
Tomas Vandesande	Inagro	Groenten
Tim De Clerq	Nationale Proeftuin voor Witloof	Witloofwortelen
Jef Vercammen	Proefcentrum Fruitteelt	Appel en peer
Kris Vandewijngaert	Proefcentrum Fruitteelt	Wijnstokken
Geert Colda	Boomkwekerij Carolus	Boomkweek fruitteelt
Peter Melis	Proefcentrum Hoogstraten	Aardbeien
Sam Neefs	Proefcentrum Pamel	Aardbeien, kleinfruit
Luc Herreman	Proefcentrum Pamel	Aardbeien, kleinfruit
Yves Hendrickx	Proefcentrum Pamel	Aardbeien, kleinfruit
Dominique Van Haecke	Proefcentrum voor Sierteelt	Boomkweek
Liesbet Blindeman	Proefcentrum voor Sierteelt	Chrysanten

BIJLAGE 2: CONTACTLIJST VAN LITERATUURSTUDIE NAAR EROSIEREDUCERENDE MAATREGELEN

Naam	Instituut	Land
Franz Hölz	Landwirtschaftskammer Oberösterreich	Oostenrijk
Andreas Baumgarten	Ages GmbH	Duitsland
Peter Strauss	BAW GmbH	Duitsland
Karin Marschall	TLL Thüringen	Duitsland
Ralf Bischoff	TLUG Thüringen	Duitsland
Marcus Schindewolf	TLLLR Thüringen	Duitsland
Walter Schmidt	SMUL Sachsen	Duitsland
Paul Van Dijk	Chambagri.fr	Frankrijk
Jean-Pierre Goffart	CRA Wallonie	België
Pierre Lebrun	FIWAP	België
Guy Foucart	UCLouvain	België
Gilles Manssens	UCLouvain	België
Marc Sneyders	Bayer	België
Gert Van de Ven	Voedergewassen LCV	België
Kurt Cornelissen	Aardappelen PCA	België
Maarten de Boever	Ajuin PCG	België
Barbara Manderyck	Suikerbieten KBIVB	België
Dany Bylemans	Fruitteelt PCF	België
Greet Tavernier	Groenten PCG	België
Joris De Nies	Groenten PSKW	België
Annelies Pollentier	Groenten Inagro	België
Veerle De Blauwer	Aardappelen Inagro	België
Martijn Denaegel	Groenten Inagro	België
Bram Van Nevel	Groenten Inagro	België
Thomas Vandesinde	Groenten, Erwt Inagro	België
Martine Peumans	PIBO	België