

De donkere kant van het bos: kansen voor rijkstrooisel

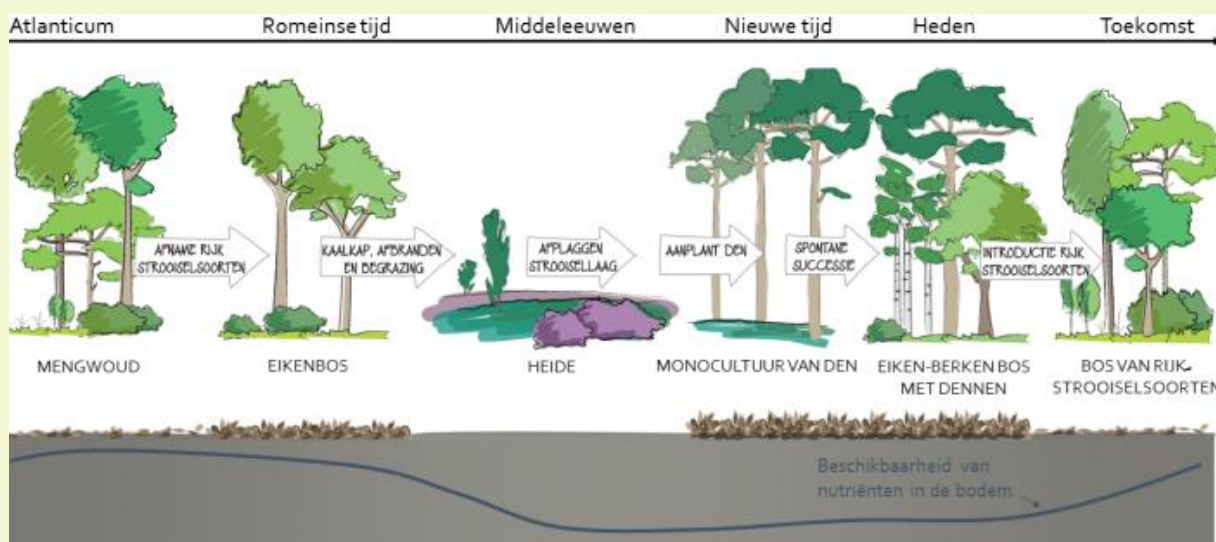
14 oktober 2021 om 10:00 door Ellen Desie, Karen Vancampenhout, Bart Muys



Na het afronden van mijn masterthesis, vijf jaar geleden, schreef ik voor de Bosrevue het artikel [*“De donkere kant van het bos: hoe beïnvloedt omvorming naar fijnspar de vastlegging van bodemkoolstof in het bos van de Gaume?”*](#) Het voelt erg symbolisch om ook na het afronden van mijn doctoraat deze fascinerende kant van het bos verder te belichten. Sinds 2016 is er veel veranderd in het veld: de klimaatverandering heeft zich laten voelen in onze bossen (de fijnsparren uit mijn thesis zijn gekapt...), beheerders zitten vaker met hun handen in de grond en rijkstrooisel is ondertussen een begrip ook gekend buiten Zuid-Nederland. In mijn doctoraatsonderzoek bestudeerde ik de potentie van “rijk” strooisel als beheermaatregel tegen bodemverzuring om zo het functioneren van het ondergrondse ecosysteem beter te begrijpen.

Bodemverzuring als bedreiging voor onze bossen

Bodems van talrijke Belgische en Nederlandse bossen zijn gedegradeerd als gevolg van menselijke invloed, zowel in het verleden als het heden. Door eenzijdige boomsoortkeuze, landgebruiksveranderingen en atmosferische depositie van zwavel- en stikstofverbindingen is de nutriëntenhuishouding niet meer in balans: door bodemverzuring is er een tekort aan basische kationen (die zijn uitgespoeld en vervangen door protonen en aluminium op het bodemcomplex) en de door de hoge lading atmosferische depositie is er een overdaad aan stikstof. Dit nutriënten onevenwicht vormt een belangrijk knelpunt voor de vitaliteit en het goed functioneren van het bos. Bovendien kan het leveren van ecosysteemdiensten in het gedrang komen wanneer nutriënten niet langer efficiënt worden gerecycleerd. Een essentieel deel van de nutriëntenkringloop is het teruggeven van nutriënten aan de bodem via strooiselproductie en -afbraak (blad, vrucht, takjes, ...). Hier zijn per boomsoort grote verschillen in strategie op te merken: sommige soorten hebben een conservatieve strategie en houden zo veel mogelijk nutriënten bij wanneer het herfstblad valt terwijl anderen heel veel nutriënten afgeven met hun strooisel. Die laatste zijn de zogenaamde rijkstrooiselsoorten. In mijn doctoraat onderzochten we of het inmengen van rijkstrooiselsoorten in bossen op gedegradeerde zandgronden (waar het soortenpalet vaak sterk beperkt is) bodemverzuring kan tegengaan.

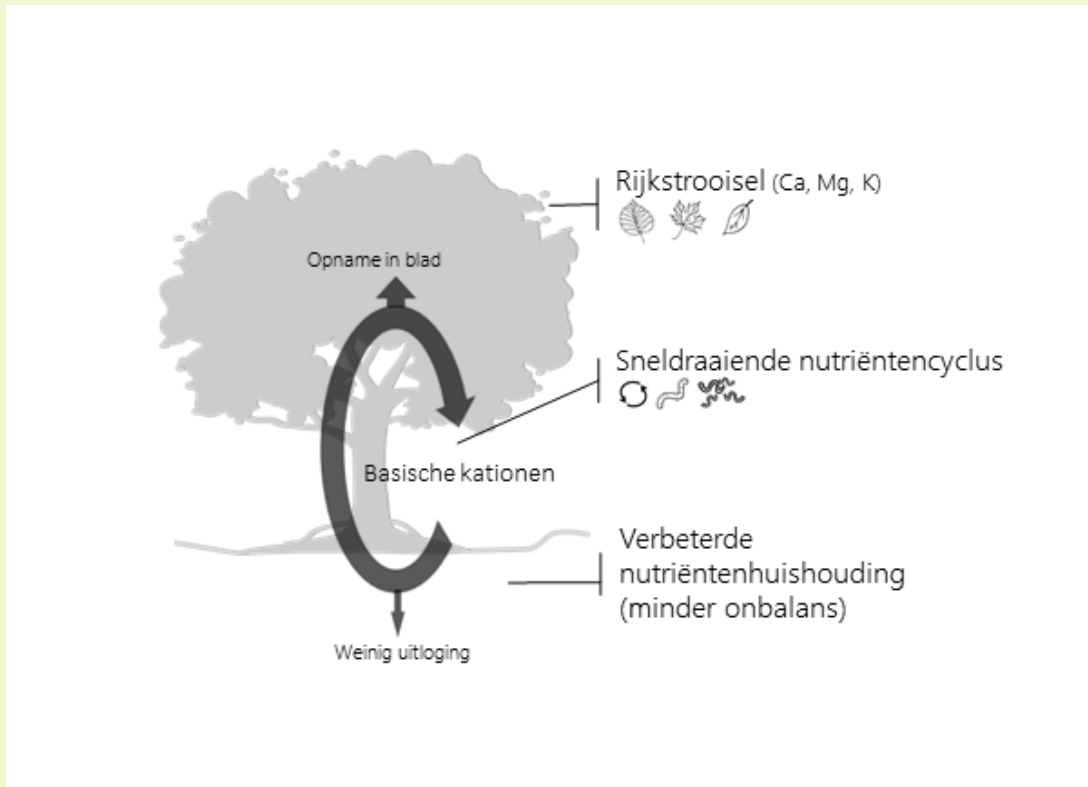


Figuur 1: Effect van landgebruiksveranderingen doorheen de tijd in de Kempen op de nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem. Het Atlanticum werd gedomineerd door gemengde bossen met hazelaar, eik, linde, olm en den. Door toenemende druk op deze bossen werd eik steeds dominantier. De overexploitatie leidde zelfs tot heidecultuur (en bodemdegradatie) in de middeleeuwen. De gedegradeerde heidebodems werden bebost met plantages van naalddhout die het organisch stofgehalte opkrikten maar de nutriëntenbeschikbaarheid niet aanzienlijk verbeterden. De huidige eiken-berken bossen met bijmenging van den slagen er ook niet in de verzuringsprocessen voldoende om te keren. Bossen van rijkstrooiselsoorten zouden zo een bodemverbetering kunnen teweegbrengen (naar Nyssen et al., 2018).

Rijkstrooisel als mechanisme

Rijkstrooisel staat voor een mechanisme waar herfstblad met hoge nutriëntenconcentraties een snelle nutriëntencyclus veroorzaakt, zorgt voor een hogere nutriëntenbeschikbaarheid en op die manier verzuring tegenwerkt. Dit kan op twee manieren: (1) boomsoorten met diepe wortels kunnen nutriënten oppompen uit diepere lagen en via hun (rijk) strooisel in het systeem brengen en zo de

absolute hoeveelheid nutriënten in de cyclus verhogen (Hommel et al., 2007), en (2) boomsoorten die zorgen voor een efficiëntere recyclage van nutriënten waardoor de relatieve beschikbare hoeveelheid nutriënten in de cyclus toeneemt (Figuur 2). Voor het rijkstrooiselmechanisme hoeven er dus niet per definitie rijke leemlagen aanwezig te zijn (al kan dat het effect vergroten, zie onder).



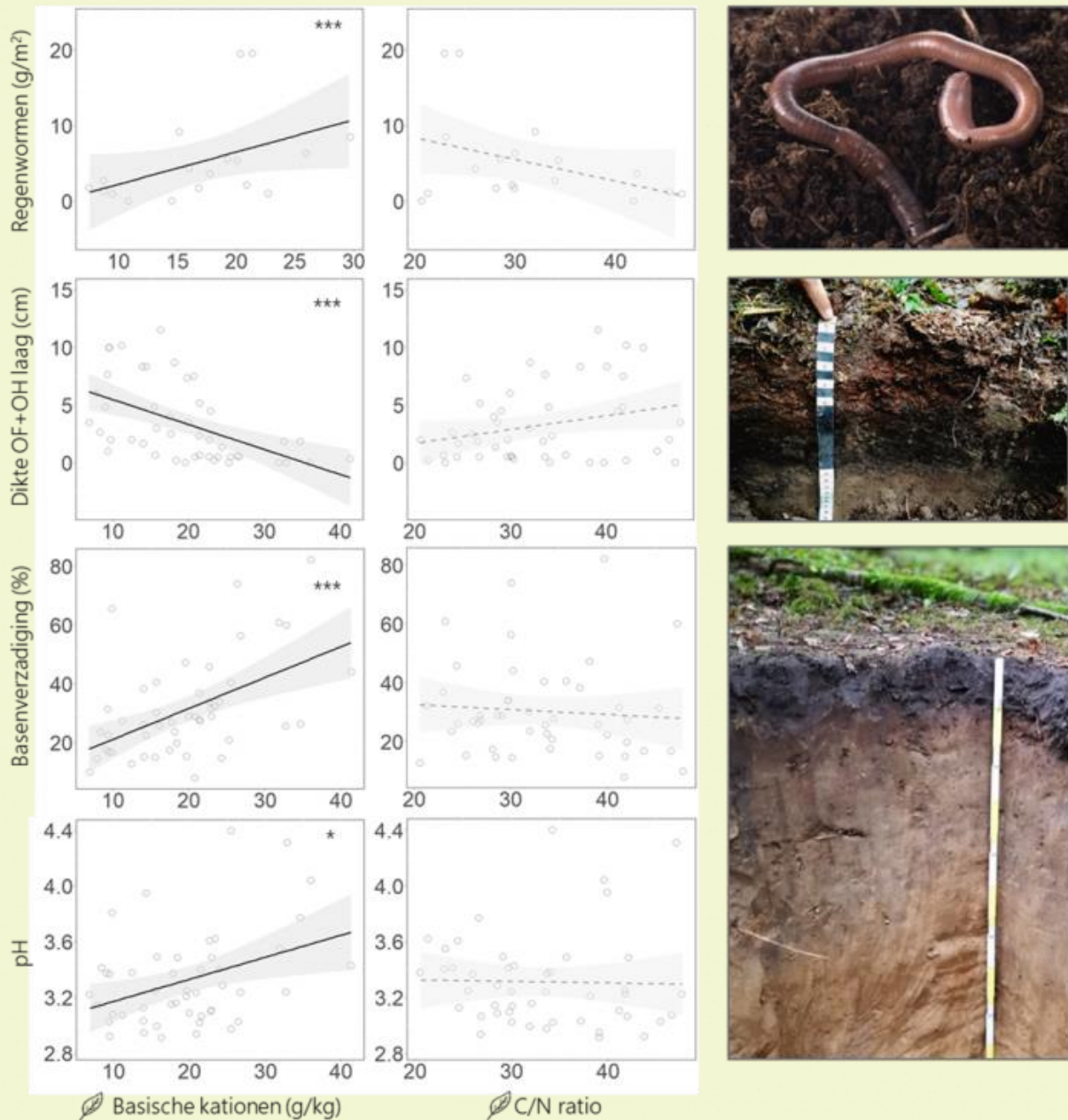
Figuur 2: Het rijkstrooiselmechanisme is gebaseerd op een snelle nutriëntencyclus met weinig verlies van nutriënten uit het systeem. Bodemleven speelt hier een cruciale rol.

Boomsoorten met een “arm” strooisel volgen een andere strategie: zij proberen de weinige basische kationen die ze beschikbaar hebben zoveel mogelijk te behouden. In het najaar slaan ze deze mineralen, samen met suikers, op in hun wortels en laten zo weinig mogelijk nutriënten verloren gaan via de bladeren. Dit zorgt ervoor dat hun strooisel zeer weinig basische kationen bevat, en (daardoor) ook slecht afbreekt. Bij dit systeem zitten de nutriënten ’s winters dus vooral in de wortels, en niet in de bodem. Deze soorten gaan ook vaker symbioses aan met ectomycorrhiza, die de weinige mineralen die in de bodem voorkomen op zeer efficiënte manier opnemen en beschikbaar stellen aan de boom in ruil voor suikers.

Wat maakt het blad “rijk”?

Binnen het bosbeheer wordt al langer de term “rijkstrooisel” gebruikt – maar wat houdt dat nu eigenlijk in? Of meer bepaald, welk kenmerk maakt strooisel (voornamelijk het blad) rijk of arm? Van oudsher staat een hoge strooiselkwaliteit synoniem voor een lage C/N ratio: niet te veel moeilijk verteerbare koolstofverbindingen (C) en voldoende stikstof (N) nodig voor de proteïnen van de afbraakorganismen. Uit ons onderzoek bleek dat de C/N ratio van het bladstrooisel geen invloed heeft op de dikte van de humuslaag, de zuurtegraad en basenverzadiging van de bodem of de hoeveelheid regenwormen in de bodem (uitgedrukt in aantal gram regenwormen); de concentratie van kationen

(calcium, magnesium, kalium en natrium) in het blad had wel een sterk effect op het ondergrondse bosecosysteem (Figuur 3) (Desie et al., 2020b).



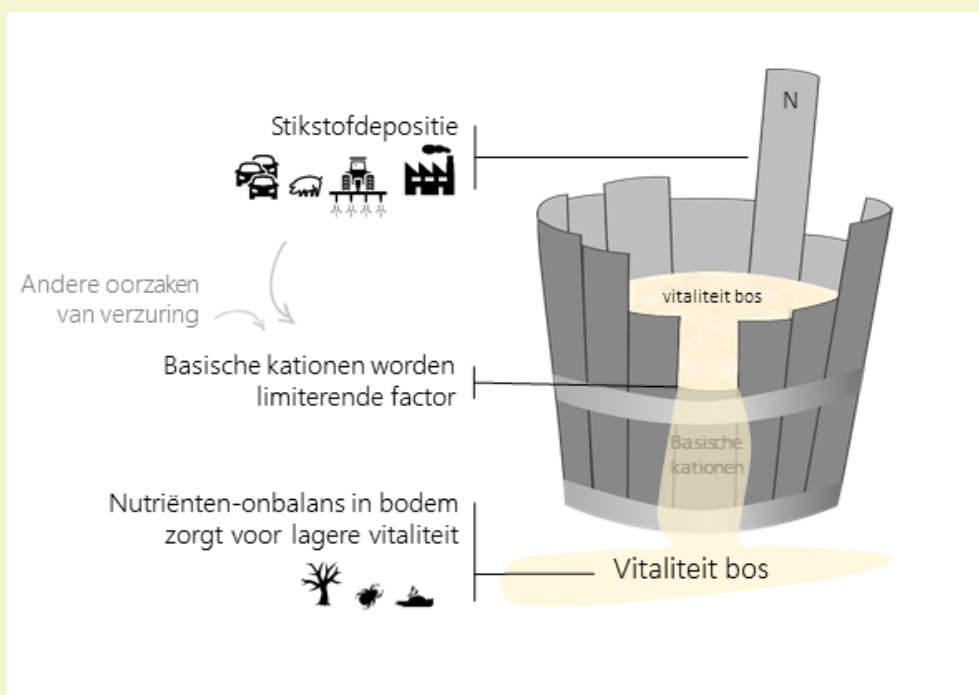
Figuur 3: Effect van de concentratie basische kationen (som van Ca, Mg, K, Na) en de C/N ratio van vers bladstrooisel op de biomassa regenwormen, de dikte van de humus- en fragmentatielaag (OH en OF), de beschikbaarheid van basische kationen in de bodem (basenverzadiging) en de zuurtegraad (pH) van de bosbodem. Significante relaties worden aangeduid met volle lijnen; niet-significante relaties worden aangeduid met een stippellijn. De resultaten voor de bodemchemie zijn gebaseerd op 50 monoculturen van 12 verschillende boomsoorten op dekzand in België en Nederland. De regenwormen werden bemonsterd in een subset van 3 locaties.

De rol van bodemleven

Bodemleven speelt een cruciale rol bij het efficiënt recyclen van nutriënten. Hoe rijker (ook wel 'lekkerder') het strooisel, hoe meer er zal gegeten worden en hoe sneller de nutriënten ook terug beschikbaar komen. Strooisel met hoge nutriëntenconcentraties promoot bacteriële afbraak en de aanwezigheid van regenwormen (die graag Ca-rijk blad eten). Doordat regenwormen basische kationen (zoals calcium) gebruiken in hun spijsverteringstelsel, zal blad met hoge concentraties van deze kationen geprefereerd worden. De regenwormen zorgen verder voor een diepere verdeling van nutriënten in het bodemprofiel. Op die manier kunnen ze rijkstrooiseffecten zelfs versterken (Desie et al., 2020a). De snelle afbraak door bacteriën en inmenging door regenwormen zorgt dat de humuslaag dun blijft. Het resultaat is een mull-humus profiel (Box 1). Wanneer schimmels de decompositieprocessen domineren, bijvoorbeeld in zure milieus, zal de afbraak veel trager gebeuren en accumuleert er elk jaar organisch materiaal bovenop de bodem. De nutriënten uit deze laag organisch materiaal komen niet snel terug beschikbaar. In zulke dikke humuslagen (mor, Box 1) worden extra zuren geproduceerd die de onderliggende bodemlaag nog verder kunnen verzuren.

De stikstof context

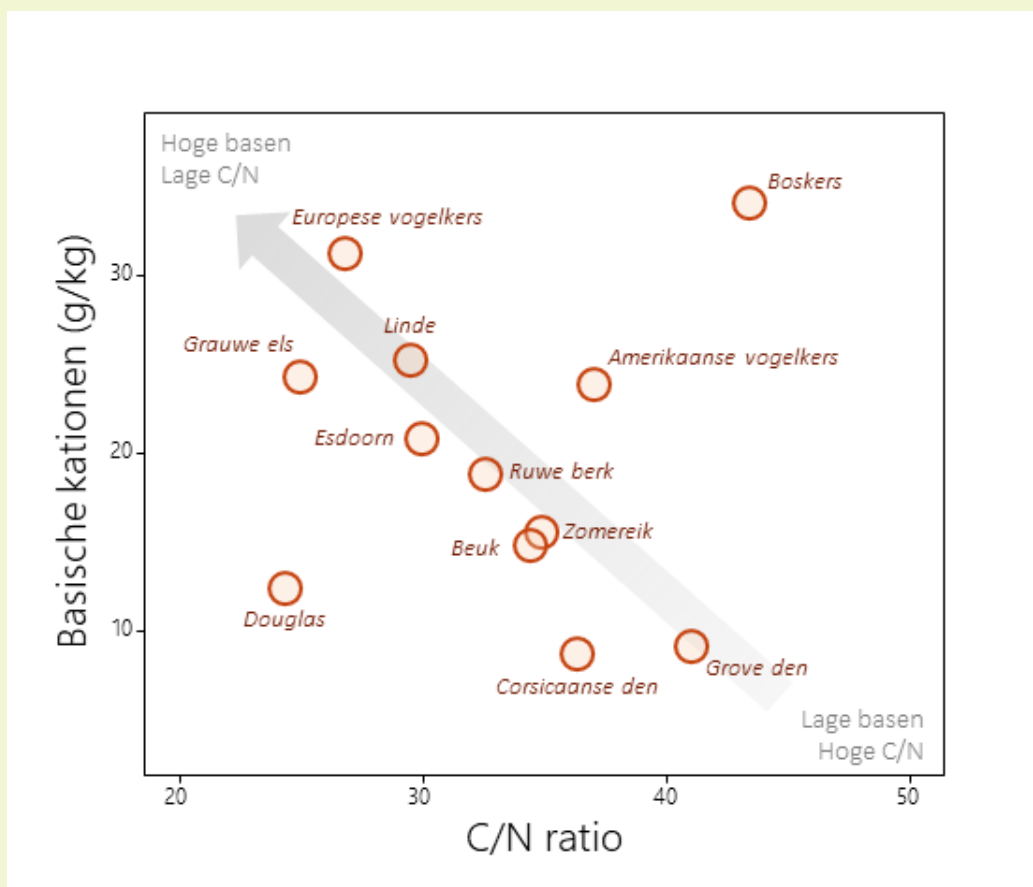
In ons onderzoek vonden we een verwaarloosbare impact van de C/N-ratio van strooisel op de ondergrondse nutriëntenbeschikbaarheid (Figuur 3) (Desie et al., 2020b). Nochtans is de C/N-ratio in vele "schoolboeken" de eigenschap om strooiselkwaliteit samen te vatten! Het verminderd belang van C/N zou een gevolg kunnen zijn van de hoge concentraties stikstof die al aanwezig zijn in de bestudeerde bossen, vanwege de hoge N-depositie in de regio. Het meest limiterende element bepaalt de beschikbaarheid van het meest abundante element (een wet die we al in 1873 meekregen van Liebig) en in onze verzuurde en vermistte systemen is stikstof niet langer het meest limiterende element, maar zijn het basische kationen die de doorslag geven (Figuur 4).



Figuur 4: Wet van het minimum. In een bosesysteem waar stikstof niet langer limiterend is, wordt de vitaliteit en productiviteit niet bepaald door stikstof, maar door de hoeveelheid basische kationen.

Welke soorten produceren rijkstrooisel?

Soorten met hoge basenconcentraties in het blad (Figuur 5), zoals linde, kers (boskers, zoete kers, Amerikaanse vogelkers) en esdoorn, hebben het potentieel om bodemverzuring tegen te gaan, de nutriëntenstatus in de bodem te verbeteren en een snelle nutriëntencyclus (en de bijbehorende omzetting van organische stof) te bevorderen (Desie et al., 2020b) (Figuur 3). Ook (zwarte of grauwe) els heeft een hoge concentratie basische kationen in het blad maar heeft als stikstof-fixeerder een eerder verzurend effect op de bodem. Cultuurpopulieren, ratelpopulier en grauwe abeel zijn rijkstrooiselsoorten die niet werden opgenomen in ons onderzoek. Eerder onderzoek toont echter dat de hoogste basenconcentraties worden gemeten bij populieren (Thomaes, 2014).



Figuur 5: Basische kation concentratie en C/N-ratio van boomsoorten opgemeten in monoculturen. De pijl toont de significante lineaire relatie tussen basische kationen en C/N ratio aan. Hoe hoger de basische kationen en hoe lager de C/N ratio, hoe lekkerder het strooisel, hoe beter de strooiselkwaliteit. In deze figuur werden observaties van winterlinde en Hollandse linde gegroepeerd tot linde en Noorse esdoorn en gewone esdoorn tot esdoorn.

Hoe als beheerder strooiselkwaliteit evalueren?

Als beheerder kan je de strooiselkwaliteit en afbraaksnelheid zelf inschatten in het veld door de humuslaag te bekijken en de humusvorm te bepalen. Deze humusvorm geeft veel informatie over hoe het ondergrondse ecosysteem functioneert (Zanella et al., 2014). Mull-humusvormen wijzen op een snelle nutriëntencyclus en een actieve bodemgemeenschap. Mor-humusvormen wijzen daarentegen op een trage nutriëntencyclus waar schimmels de afbraakprocessen domineren.

Box 1: Humusvorm als tool om strooiselafbraak te evalueren in het veld.

Mull-humusvormen zijn het gevolg van snelle strooiselafbraak en mor(moder)-humusvormen van trage afbraak en accumulatie bovenop de bodem.

Hoe strooiselafbraak evalueren in het veld?

DE HUMUSVORM

MULL
Snelle inwerking van organisch materiaal in de bodem.

MODER
Graduele overgang van de organische laag naar de minerale bodem.

MOR
Accumulatie in de OH laag en scherpe overgang tussen de organische laag en de minerale bodem.

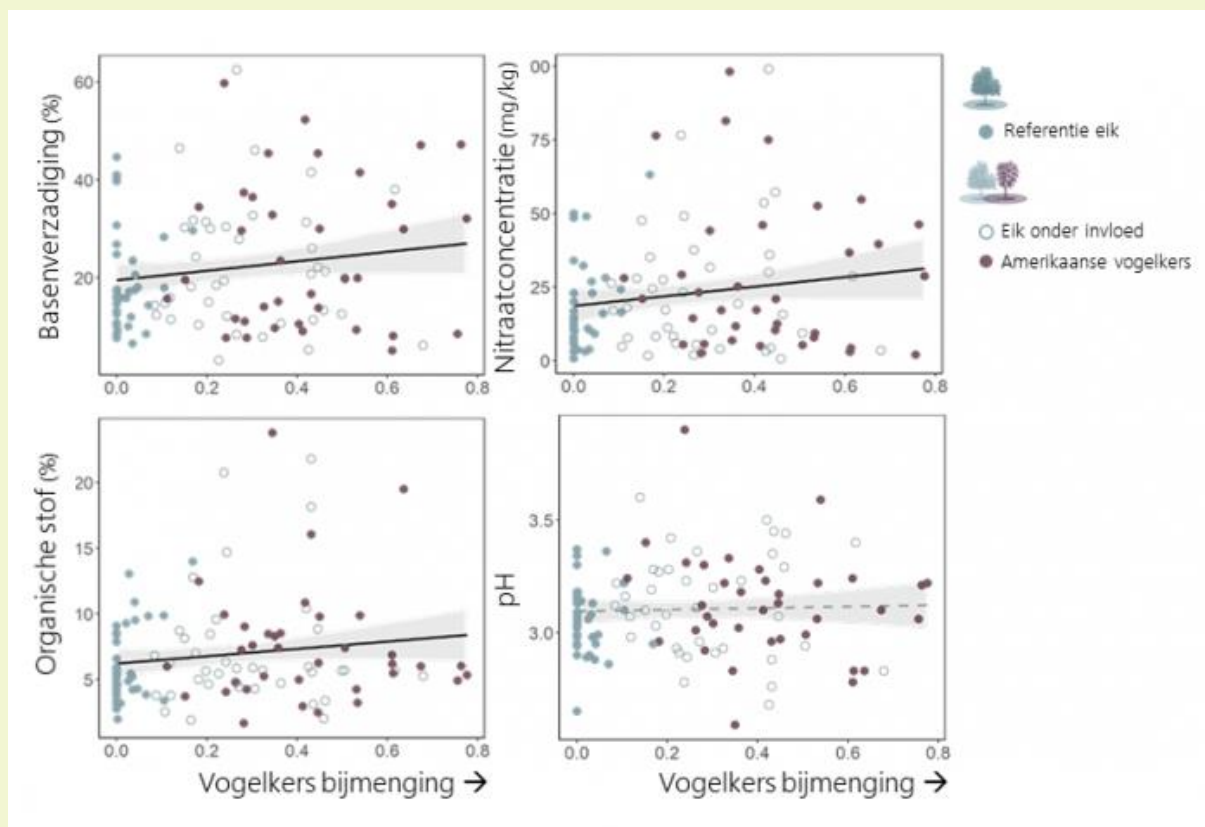
STAPPENPLAN:
(zie aanduiding per stap in foto rechts)

1. Zoek waar de minerale bodem begint. Zit dit aan het oppervlak? Ja: **MULL**
2. Hoeveel organisch materiaal is er opgestapeld bovenop de minerale bodem? Dikte humuslagen zijn typisch **MODER** of **MOR** humusvormen.
3. Is er een fragmentatielaag (OF-laag)?
4. Is er een humificatielaag (OH-laag)?
5. Is de transitie tussen de organische laag en de minerale bodem heel scherp (zone < 3mm)?
Ja: **MOR**
Nee: **MODER**

Meer info over de European Humus Reference Base in Zanella et al. (2014)

Inmenging rijkstrooisel als beheermaatregel: mogelijkheden en beperkingen

In realiteit zullen onze toekomstige bossen eerder bestaan uit mengingen dan monoculturen (waar bovenstaande resultaten op gebaseerd zijn). Een erg relevante vraag is dus hoe groot het effect is van inmenging van rijkstrooiselsoorten in gemengde bossen. Ons onderzoek (Desie et al., 2020c) toont aan dat een rijkstrooiselsoort (hier Amerikaanse vogelkers als studiesoort) in menging met zomereik een bodemverbeterend effect kan hebben; de basenverzadiging, NO_3^- concentratie en organische stofgehalte van de bodem stegen (Figuur 6) maar dat de impact erg klein is. Dat wijst erop dat een belangrijk aandeel aan rijkstrooisel (en dus bomen) nodig is om een meetbare verbetering in de chemische toestand van de bodem te bewerkstelligen. Dit komt overeen met grote hoeveelheden rijkstrooiselboomsoorten in termen van grondvlak (> 30%).



Figuur 6: Bijmenging van Amerikaanse vogelkers (maat van 0 tot 1 berekend als aandeel vogelkers in 15m radius rekening houdend met afstand en diameter van de kersen) heeft een klein significant effect op de bodem: basenverzadiging, nitraat concentratie en organische stof stijgen. Er werd geen significant effect gevonden op de zuurtegraad van de bodem. Deze resultaten zijn gebaseerd op 10 gemengde bossen waar telkens 12 bomen (3 categorieën) werden bemonsterd: de dominante vogelkers, een naburige co-dominante eik onder invloed van de vogelkers en een referentie-eik in hetzelfde bestand die onder geen/bepaalde invloed van vogelkers staat.

Context: waar en wanneer heeft rijkstrooisel potentieel?

De grootte van het rijkstrooiseffect hangt af van de groeiplaats. Voor zandbodems geldt dat hoe meer leem of klei aanwezig is, hoe groter het rijkstrooiseffect is. Daarom suggereren we dat er een “*window of opportunity*” is voor zandige bodems met een fijne fractie (klei en leem) groter dan 10%. In deze bodems hebben beheerkeuzes de grootste impact: bodemverzuring kan makkelijker tegengegaan worden omdat er minder aluminium het bodemcomplex blokkeert en de fijne fractie heeft positieve effecten op vlak van waterhuishouding. Wanneer de fijne fractie te laag is domineren de negatieve effecten (o.a. het gebrek aan watervasthoudend vermogen, structuurgebrek, etc) en is het heel moeilijk om de bodem in een basen-gedomineerde toestand te houden. Bovendien kan het ook moeilijk zijn voor bepaalde (rijkstrooisel)soorten om zich succesvol te vestigen op deze bodems (Verheyen, 2021 (i.e. het tweede [artikel](#) in deze Bosrevue)). Ook geschikt zijn locaties die via het grondwater basische kationen kunnen aanvoeren, of waar ondiepe basenrijke lenzen (kleilenzen, schelpenbanken) voorkomen in de ondergrond. Wanneer deze mineralen voor de boomwortels bereikbaar zijn kunnen rijkstrooiselsoorten hier als ‘mineralenpomp’ fungeren, en geleidelijk de basenverzadiging verbeteren. Daarentegen, wanneer de fijne fractie hoog is (lemige en kleiige

bodems), is het vooral belangrijk om verzuring juist te vermijden want eens verzuurd vragen deze systemen veel meer input van basische kationen om te herstellen (Tabel 1).

Essentieel bij al deze situaties is dat de verzurende depositie in onze bossen sterk moet worden teruggedrongen. Alle herstelpotentieel wordt immers sterk gehypothethekeerd en ongedaan gemaakt door de overmaat aan verzurende depositie.

Tabel 1: Potentiële maatregelen voor beheerders (en beleidsmakers) om bodemverzuring tegen te gaan per context (textuur en organische stofgehalte). We onderscheiden die contexten op basis van textuur en organische stof (lemig of fijner / zandig leem of zand met hoog organisch stofgehalte / zand) en bespreken wat mogelijk is per toestand (gedomineerd door basen of al verzuurd). De laatste kolom geeft weer hoelang het duurt om te verzuren of de verzuring te overkomen. (Desie, 2020) Klik op de afbeelding voor een vergroting.

Bodem	Status	Actie	Potentiële maatregelen	Tijd →
1 Lemige bodems (of nog fijnere textuur)	OK	Vermijden van verzuring	- BELEID! Terugdringen van verzurende en vermestende depositie - Vermijden van nutriëntenafoer (kroonhout, takhout en bovenstammen laten liggen, geen strooisel verwijderen), vermijden van monotone keuze van boomsoorten die verzurend strooisel produceren (meer loofboomsoorten inmengen).	
	Verzuurd	Enkeelmael verzuurd zijn deze bodems moeilij k te herstellen	/	
2 Zandige leem, lemig zand of zand met hoog organisch stof gehalte	OK	Vermijden van verzuring	Al bovenstaande maatregelen	
	Verzuurd	Regime shift naar basen-gedomineerde status	Al bovenstaande maatregelen PLUS Blokking van aluminium op bodemcomplex doorbreken door: - Toevoegen van basische kationen - Bekalking of toevoegen van steenmeel - Rijkstrooiselsoorten met perwortel inmengen - EN efficiëntie van nutriëntencyclus verhogen door rijkstrooiselsoorten in te mengen Overkomen van gebrek regenwormen: - Creëer geschikte habitat (pH verhogen en rijkstrooiselsoorten toevoegen) - Regenwormen inoculeren - Diversiteit van bodemfauna verhogen door de diversiteit aan strooisel te verhogen (= boomsoortdiversiteit blijven verhogen)	
3 Zand (<10% fijne fractie) en laag gehalte organisch stof	Verzuurd	OPTIE 1: verdere verzuring vermijden en werken naar situatie 2 door het organische stof gehalte te verhogen	Al bovenstaande maatregelen PLUS - extra maatregelen nemen om gehalte organische stof te verhogen (mulchen bij inplanten kloempen, enkel stamstukken afvoeren, geen kaalslagen of grote groepenkappen, ...) - zoveel mogelijk rijkstrooiselsoorten inbrengen - geen klassieke grootschalige bestrijding Amerikaanse vogelkers ("quick recycler")	
		OPTIE 2: Aanvaarden van de oligotrofische toestand	/	

Conclusie

Alles bij elkaar toont mijn doctoraat de impact van strooiselkwaliteit op het ondergrondse ecosysteem en hoe abiotische (textuur) en biotische (regenwormen) factoren de grootte van die impact bepalen. Deze resultaten benadrukken ook het potentieel voor bosbeheerders om de selectie van boomsoorten (in functie van de strooiselkwaliteit) te gebruiken om het ondergrondse functioneren te sturen en daardoor de diensten die worden geleverd door het ecosysteem te beïnvloeden. Rijkstrooiselinmenging is geen mirakeloplossing tegen verzuring maar biedt een alternatief ontwikkelingspad voor bossen op verzuurde zandbodems en kan een rol spelen bij het herstel van gedegradeerde bodems en het verhogen van de veerkracht van onze bossen. Het is aan de beheerder om een keuze te maken, aangepast aan de context en de specifieke doelen die hij/zij wil bekomen; men kan de huidige basen-arme toestand bestendigen, bijvoorbeeld om specifieke soorten of een specifiek landschapsbeeld te behouden, of streven naar een bosontwikkeling met meer variatie en waar meer basische kationen beschikbaar zijn, door het inbrengen van rijkstrooiselsoorten. Er is een verscheidenheid aan opties voor de beheerder en, vooral, deze opties zijn niet exclusief, maar moeten

voor elke situatie en locatie opnieuw geëvalueerd worden. De keuzevrijheid van de beheerder blijft voorlopig echter beperkt: ons onderzoek toont aan dat voor effectieve bodemverbetering het aandeel rijkstrooisel groter moet dan huidige beleidsrichtlijnen aan eigenaren ruimte laten. In die zin blijft het huidige beleidskader verstikkend voor de opbouw van resiliëntie en klimaatrobuust bos.

De toekomst

Uiteraard, blijf ik achter met minstens evenveel (nieuwe) vragen als 5 jaar geleden. Verder onderzoek is nodig om te beoordelen of de verhoogde nutriëntenbeschikbaarheid in de bodem, als gevolg van rijkstrooiselinmenging, terugkoppelt naar het bovengrondse ecosysteem (bijvoorbeeld door opname van de nutriënten en een verbeterde vitaliteit). Bovendien moeten toekomstige studies rekening houden met het strooisel afkomstig van boomwortels, naast bladstrooisel, en de nutriëntenkringloop verder linken met de koolstofvastlegging in de bodem, want daar wacht ons een gigantische uitdaging... De donkere kant van het bos laat ik dus nog niet los. Tot over vijf jaar?

Referenties

Desie, E., 2020. Litter effects on belowground ecosystem functioning in temperate forests. KU Leuven.

Desie, E., Van Meerbeek, K., De Wandeler, H., Bruelheide, H., Domisch, T., Jaroszewicz, B., Joly, F.X., Vancampenhout, K., Vesterdal, L., Muys, B., 2020a. Positive feedback loop between earthworms, humus form and soil pH reinforces earthworm abundance in European forests. *Functional Ecology* 1–13. [doi:10.1111/1365-2435.13668](https://doi.org/10.1111/1365-2435.13668)

Desie, E., Vancampenhout, K., Nyssen, B., van den Berg, L., Weijters, M., van Duinen, G.-J., den Ouden, J., Van Meerbeek, K., Muys, B., 2020b. Litter quality and the law of the most limiting: Opportunities for restoring nutrient cycles in acidified forest soils. *Science of The Total Environment* 699, 134383. [doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.134383](https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.134383)

Desie, E., Vancampenhout, K., van den Berg, L., Nyssen, B., Weijters, M., den Ouden, J., Muys, B., 2020c. Litter share and clay content determine soil restoration effects of rich litter tree species in forests on acidified sandy soils. *Forest Ecology and Management* 474, 118377. [doi:10.1016/j.foreco.2020.118377](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118377)

Hommel, P., de Waal, R., de; Muys, B., den Ouden, J., Spek, T., 2007. Terug naar het lindewoud : strooiselkwaliteit als basis voor ecologisch bosbeheer. KNVV Uitgeverij, Zeist.

Nyssen, B., Van Der Burg, R., Desie, E., 2018. Regime shift in bossen op zandgronden. *De Levende Natuur* 117, 230–234.

Thomaes, A. 2014. Tree species effects on herb layer development in post-agricultural forests. Doctoraatsverhandeling UGent.

Verheyen, K., Terry, R., De Schuyter, W., Seynaeve, J., 2021. [Rijkstrooiselsoorten op arme groeiplaatsen: limits to growth?](#) Bosrevue 97b

Zanella, A., Jabiol, B., Ponge, J.F., Sartori, G., De Waal, R., Van Delft, B., Graefe, U., Cools, N., Katzensteiner, K., Hager, H., Englisch, M., Brethes, A., Broll, G., Gobat, J.M., Brun, J.J., Milbert, G., Kolb,

Bosrevue 97a

E., Wolf, U., Frizzera, L., Galvan, P., Koll, R., Baritz, R., Kemmers, R., Vacca, A., Serra, G., Banas, D., Garlato, A., Chersich, S., Klimo, E., Langohr, R., 2014. European Humus Forms Reference Base.

Gelieve als volgt te citeren: Ellen Desie, Karen Vancampenhout & Bart Muys (2021) De donkere kant van het bos: kansen voor rijkstrooisel. Bosrevue 97a, 1-11.

Coverfoto: Ellen Desie

ISSN 2565-6953 – Bosrevue 97a