

*De Toekomstboom wordt jaarlijks uitgereikt aan de beste studentenscriptie in het vakgebied van bosecologie en bosbeheer uit Nederland en Vlaanderen. De prijs is een initiatief van de Stichting Toekomstboom, wier missie is het bevorderen van bosbeheer op wetenschappelijke grondslag. De jury bestaat uit vertegenwoordigers van de bosbouwpraktijk uit Vlaanderen en Nederland. De Toekomstboom 2016 werd toegekend aan Ellen Desie (Katholieke Universiteit Leuven) voor haar masterthesis "As above, so below? Influence of overstory induced acidification on the soil carbon sequestration dynamics in the Gaume forest". Dit artikel is een samenvatting van haar scriptie.*

# De donkere kant van het bos

## STUDENTENARTIKEL

— Ellen Desie, Bart Muys en Karen Vancamphout (KU Leuven)



## *Hoe beïnvloedt omvorming naar fijnspar de vastlegging van bodemkoolstof in het bos van de Gaume?*

Bosbodems hebben het potentieel om te fungeren als een natuurlijke opslagplaats voor CO<sub>2</sub> uit de lucht. Bijgevolg kwam koolstofopslag in bossen op de politieke agenda als een mogelijke strategie voor het tegengaan van de klimaatverandering. Om deze strategie verder te optimaliseren is een beter begrip van de koolstofvastlegging en stabiliteit in functie van bosbeheer essentieel. In deze studie werd het effect van omvorming van half-natuurlijk loofbos naar fijnspar op de koolstofdynamiek onderzocht.

> Klimaatverandering is alomtegenwoordig in onze tijd en zal een van de grootste uitdagingen van de 21ste eeuw worden. Bossen kunnen in deze context een belangrijke rol spelen: door het opslaan van atmosferische koolstof in de bosbodem. Naast het opslaan en vasthouden van een in de lucht ongewenste overmaat aan CO<sub>2</sub>, heeft deze koolstofopslag ook verschillende positieve effecten op de bodemvruchtbaarheid. Een betere nutriëntenbeschikbaarheid, bodemstructuur en waterhuishouding zijn maar enkele voorbeelden van zulke positieve effecten. Het optimaliseren van de koolstofopslag in bosbodems is dus een relevant en erg actueel onderwerp in de huidige literatuur. Toch missen we nog inzicht in het effect van boomsoortkeuze, een belangrijk onder-

deel van bosbeheer, op de koolstofvastlegging in het ondergrondse ecosysteem.

### **Omvorming naar productiebos**

Voor houtproductiedoeleinden werd in het verleden vaak gekozen voor een omvorming van oud loofbos naar monoculturen van naaldhout, vooral naar aanplantingen van fijnspar of grove den. Deze soorten zijn populair omwille van hun snelle groei en degelijke houtkwaliteit. Momenteel bestaan de bossen in Wallonië voor 37 procent uit fijnspar, een aanzienlijk percentage, wetende dat dit niet tot zijn natuurlijke verspreidingsgebied hoort. Onderzoek heeft aangetoond dat deze naaldbos monoculturen de verzuring van de bodem versnellen. Dit door

middel van hun verzurende naalden en omdat ze meer zure regen opvangen en door laten lekken naar de bodem. Hun effect op de hoeveelheid en stabiliteit van organische koolstof in de bodem is echter nog nauwelijks gekend.

### Bodemverzuring als gevolg

Bodemverzuring is de accumulatie van waterstofionen ( $H^+$ ) in de bodem. De beste indicator voor deze zuurheid is de pH-waarde van de bodemoplossing. De respons van pH op stijgende  $H^+$ -productie in de bodem is echter niet lineair: een extra aan  $H^+$  wordt gebufferd door meerdere bodemmechanismen en resulteert dus niet onmiddellijk in een dalende pH. De buffercapaciteit van een specifieke bodem is afhankelijk van de aanwezige hoeveelheid klei, carbonaten, silicaten, aluminium en ijzer. Wanneer de buffercapaciteit uitgeput raakt, zal de bodem plots erg sterk reageren op de extra toevoer aan zuren, wat dan weer effect heeft op het functioneren van die bodem. Bodemverzuring is bijvoorbeeld rampzalig voor bepaalde bodemfauna zoals diepgravende regenwormen die daarin niet lang kunnen overleven. Door vertering van moedermateriaal en humusvorming is bodemverzuring in bossen een natuurlijk proces. Dit natuurlijk proces kan echter versneld worden door antropogene invloeden zoals boomsoortkeuze of atmosferische depositie. De impact van dergelijke antropogene processen op het bodemsysteem is zeer complex door de trage responstijd en lange levenscyclus van bomen. Het is daarom erg belangrijk dat bossen opgewassen zijn tegen schokken in omgevingsfactoren of met andere woorden veerkrachtig zijn.

### Studieopzet

Deze studie naar de invloed van fijnspar werd uitgevoerd met behulp van een uniek "twin-plot" ontwerp in de Gaume-streek (Wallonië). Twin-plots zijn aangrenzende stukken loof- en sparrenbos (figuur 1) die toelaten het effect van boomsoort te vergelijken onafhankelijk van de invloed van geologie, klimaat of topografie. In deze twin-plots werden bodemmonsters genomen die vervolgens werden geanalyseerd in het lab. Met behulp van een koolstof-fractionering, dit is het splitsen van de koolstof aanwezig in de bodem op basis van chemische stabiliteit, werden de bodemstalen gesplitst over twee labiele en twee stabiele koolstof fracties. Koolstof in een stabiele fractie wordt minder snel afgebroken door bodemfauna en is minder gevoelig voor temperatuurveranderingen. Dit komt doordat de koolstof chemisch meer wordt beschermd in zulke stabiele fracties. Labiele fracties daarentegen worden snel afgebroken en zijn erg gevoelig aan veranderingen. De verdeling van koolstof over deze fracties is een belangrijke indicator voor de totale stabiliteit van organische koolstof in de bodem. Omdat de twin-plots verspreid liggen over een gebied met twee geologische onderlagen, bevat het studiegebied heel wat natuurlijke variatie in buffercapaciteit. Aan de hand van gemeten bodemeigenschappen, bodemfauna en de geologische kaart van de regio hebben we deze natuurlijke variatie beschreven. Zo kan met behulp van een statistische analyse onderscheid gemaakt worden tussen het boomsoorteffect en het omgevingseffect.

### Boomsoort als trigger naar armer systeem

Uit de analyses blijkt dat de meeste variatie

binnen het studiegebied kan verklaard worden door geologie en pH, waarvan pH de verzuring door de naaldbomen weergeeft. In dit onderzoek zijn aanwijzingen gevonden voor het bestaan van twee alternatieve stabiele toestanden in het ondergrondse ecosysteem. We zien het 'basen-gedomineerde bodemprocesdomein' en het 'ijzer-aluminium-gedomineerde bodemprocesdomein'. We zien dus voor twee bossen met eenzelfde geologische ondergrond en klimaat toch twee verschillende toestanden: een rijk en complex systeem met veel bodemfauna en veel basische nutriënten of een veel zuurder systeem met minder bodemfauna, accumulatie van onafgebroken organisch materiaal aan het bodemoppervlak en de aanwezigheid van het toxische aluminium in de bodemoplossing. Dit model van alternatieve stabiele toestanden (figuur 2) is reeds lang aanvaard in de aquatische ecologie maar relatief nieuw voor de bodemkunde. Tot nu toe gingen er van uit dat enkel geologie en klimaat het bodemprocesdomein bepalen. In ons conceptueel model is de omvorming naar fijnspar de trigger die een verschuiving veroorzaakt van het rijke systeem naar het arme systeem. Zelfs de meest gevarieerde loofbossen van onze studie met de beste humuskwaliteit en de rijkste geologische ondergrond vervallen naar de lagere alternatieve toestand wanneer het loofbos wordt vervangen door fijnspar.

### Cascade door de voedselkringloop

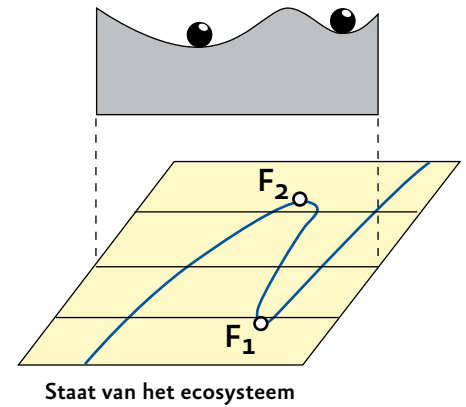
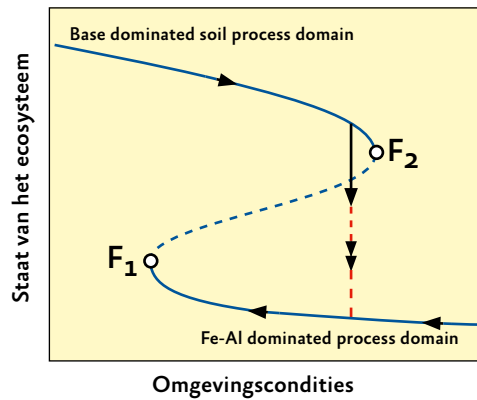
Wanneer ijzer en aluminium de bodemprocessen domineren verdwijnen basische kationen, met name de nutriënten kalium, calcium en magnesium, nodig voor groei, uit de bodem en treedt



**Figuur 1.** Een twin-plot bestaande uit een plot met gemengd loofhout (links) en een plot met monocultuur van fijnspar (rechts)

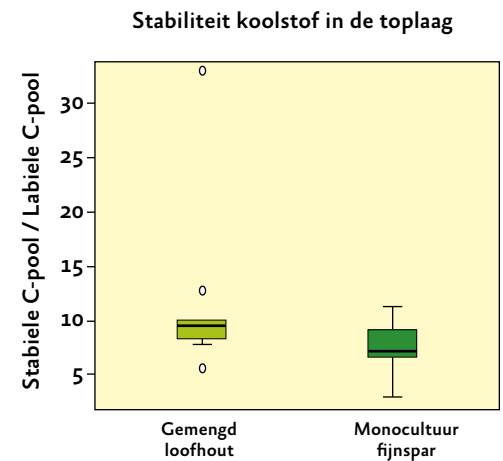
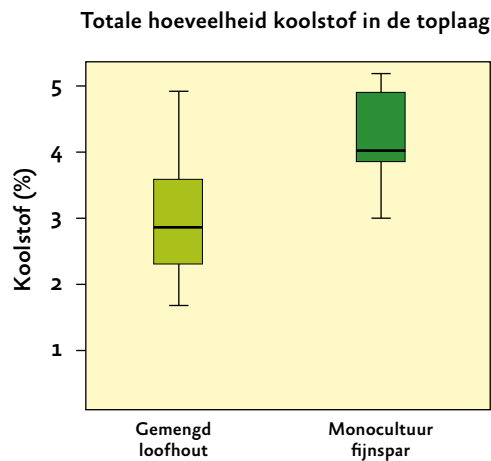
**Figuur 2:** Schematische weergave van alternatieve stabiele toestanden in de staat van het bosecosysteem voor bepaalde omgevingscondities (geologie en klimaat). Een omvorming naar fijnspar (zwarte pijl) duwt het systeem over de grens (F2) naar een armer bosecosysteem en veroorzaakt een shift van het basen-gedomineerde bodemdomein (base-dominated soil process domain) naar het ijzer-aluminium-gedomineerde bodemdomein (Fe-Al dominated soil process domain).

Het systeem kan enkel hersteld worden naar het basen-gedomineerde bodemdomein als de omgevingscondities zo erg verbeteren dat ze F1 benaderen. Dit fenomeen waarbij de degradatie veel sneller gebeurt dan het herstel noemt men hysteresis. Deze figuur is gebaseerd op de theorie over catastrofale shifts van Martin Scheffer.



**Figuur 3:** Links: gemiddelde hoeveelheid koolstof (uitgedrukt in percentage van de bodem) opgeslagen in toplaag (0-5 cm) onder loofhout (licht) en onder monocultuur van fijnspar (donker).

Rechts: gemiddelde stabiliteit van de opgeslagen koolstof in de toplaag onder loofhout (licht) en fijnspar (donker). Deze stabiliteit geeft de verdeling van de aanwezige koolstof over stabiele reservoirs (pools) en labiele reservoirs weer: hoe meer koolstof in labiele reservoirs, hoe minder stabiel de koolstofopslag.



er bij verschillende boomsoorten aluminium-toxiciteit op. Omdat regenwormen niet langer kunnen aarden in zulke zure systemen stopt de door hen uitgevoerde vermenging van organisch materiaal met de minerale bodem. Dit veroorzaakt een loskoppeling van de top- en onderlagen in de bodem en het nutriëntentransport ertussen. De terugval in variabiliteit van zowel biotische als abiotische bodemeigenschappen (zoals gemeten in het lab), werd veroorzaakt door de omvorming naar fijnspar. Deze afname in variabiliteit komt overeen met de afname in biodiversiteit, vroeger al gerapporteerd bij monoculturen van fijnspar.

#### Meer koolstof, minder stabiel

Omdat de afbraak van organische koolstof door bodemfauna vertraagt als gevolg van de bodemverzuring kan er onder fijnspar meer koolstof accumuleren in de toplaag (figuur 3 links). De studie toont echter aan dat hoewel een omvorming naar fijnspar de totale koolstofopslag verhoogt, de extra koolstof wordt opgeslagen in labiele reservoirs. Vandaar dat we kunnen besluiten dat de koolstof-stabiliteit in de toplaag afneemt (figuur 3 rechts). De omvorming naar fijnspar had geen significante effecten op de koolstof-dynamiek dieper

in de bodem (dieper dan 25cm) in ons onderzoek. Andere onderzoeken hebben echter ook in de diepere bodem een afname in koolstof onder fijnspar aangetoond. Grotere datasets zijn nodig om dergelijke, meer subtiele maar erg relevante, effecten aan te tonen.

#### Conclusie

Een omvorming naar fijnspar veroorzaakt een verval naar het ijzer-aluminium-gedomineerde bodemprocesdomein. Deze shift resulteert in domino-effecten doorheen de bodem-voedselkringloop met desastreuze gevolgen voor bodemchemie en bodemfauna en heeft daarnaast ook een effect op de koolstofopslag van het ondergrondse bosecosysteem. De afname in koolstof-stabiliteit suggereert dat door de omvorming naar fijnspar, een groter aandeel koolstof in de toplaag kwetsbaar wordt voor veranderingen van het klimaat en dat onder extreme omstandigheden zulke bosbodems zelfs een emissiebron van CO<sub>2</sub> kunnen worden. Boomsoortkeuze moet een weloverwogen beslissing zijn die zowel houtproductie als ecosysteemdiensten, zoals koolstofopslag, mee in rekening neemt. Om deze keuze bewust te kunnen maken,

is een beter begrip van de koolstofdynamieken in het ondergrondse bosecosysteem vereist. Een mogelijke strategie om het verval naar een lager bodemprocesdomein tegen te gaan, en zo ook de desastreuze gevolgen voor de koolstofopslag, is het innemen van bodem-verbeterende boomsoorten, de zogenaamde rijkstrooisel-soorten, in opstanden van verzurende naaldboomsoorten. Voor een gefundeerd advies over welke soorten onder zowel fijnspar als grove den gebruikt kunnen worden, is echter nog meer kennis nodig.<

Ellen Desie (Ellen.Desie@kuleuven.be)  
Bart Muys (Bart.Muys@kuleuven.be)  
Karen Vancampenhout (Karen.Vancampenhout@kuleuven.be)

Desie, E. 2016. As above, so below? Influence of overstory induced acidification on the soil carbon sequestration dynamics in the Gaume forest.