



# Bodemonderzoek in een waterinstituut

**Prof.dr.ir. Cees J.N. Buisman**  
**19 November 2024**

# Twée types kennis

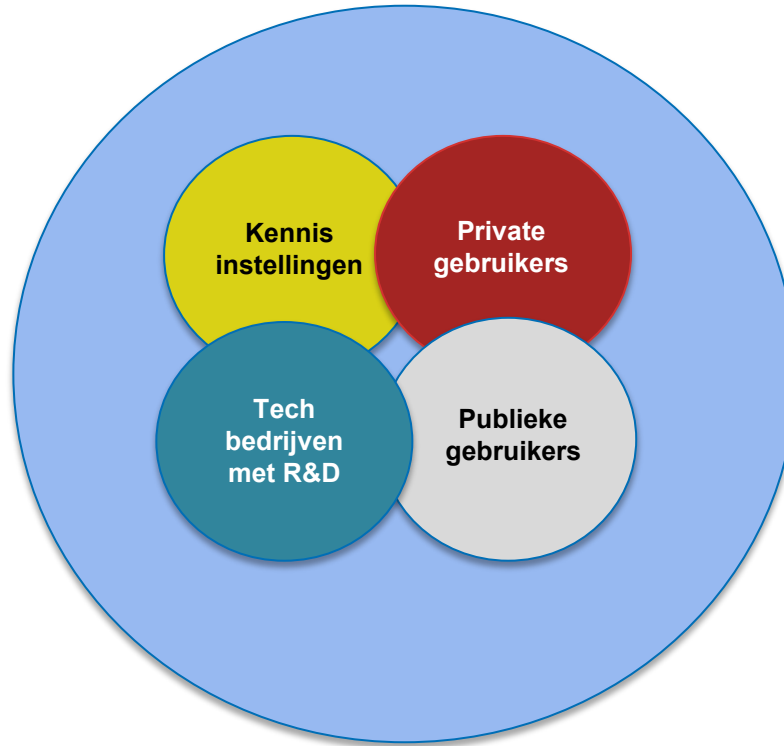
## Onderwijsbaar

- Wiskunde
- Modellen
- Scheikunde

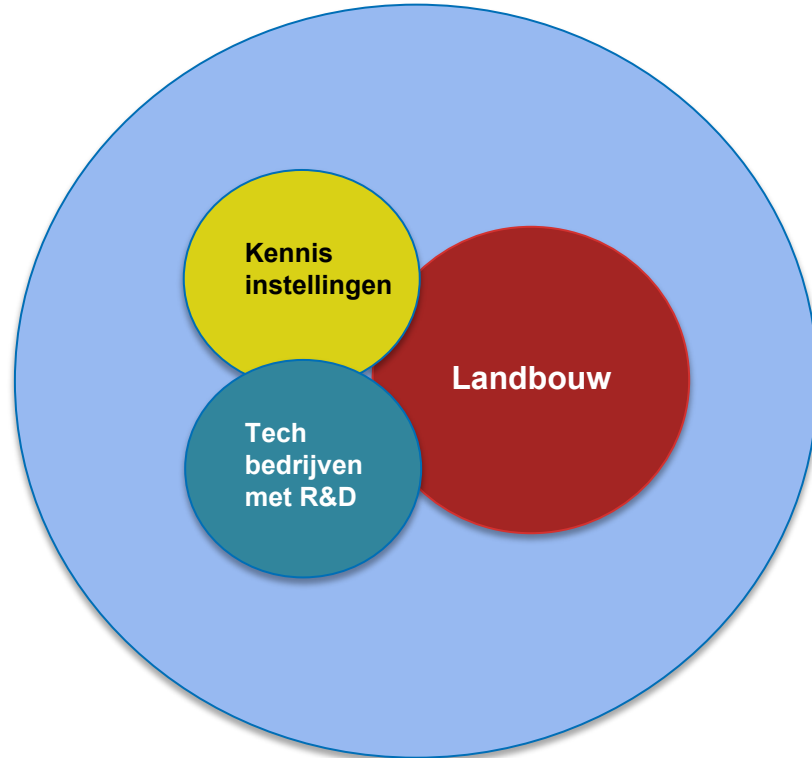
## Niet te onderwijzen

- Vakmanschap
- Intuïtief knutselen
- Ervaring

# Wetsus community



# Innovation community



# Bedrijven in het bodem thema



FB Oranjewoud



WON



Universiteit  
Leiden



# Aangesloten partijen

Federatie Agricycling



BoerenNatuur Fryslân



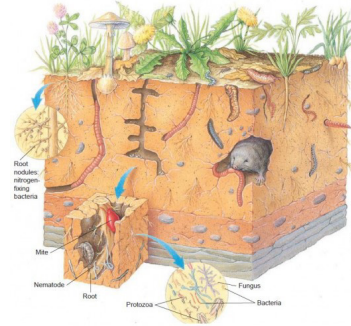
# Visie op innovatie

Coherent

Gezonde levensstijl



Bodemorganisme



Rioolwaterzuivering



Bron:lv-groep.nl

Niet  
coherent

Medicijnen



Pesticide



PFAS



# Guiding principles

Renewable



Circular



Toxic-free

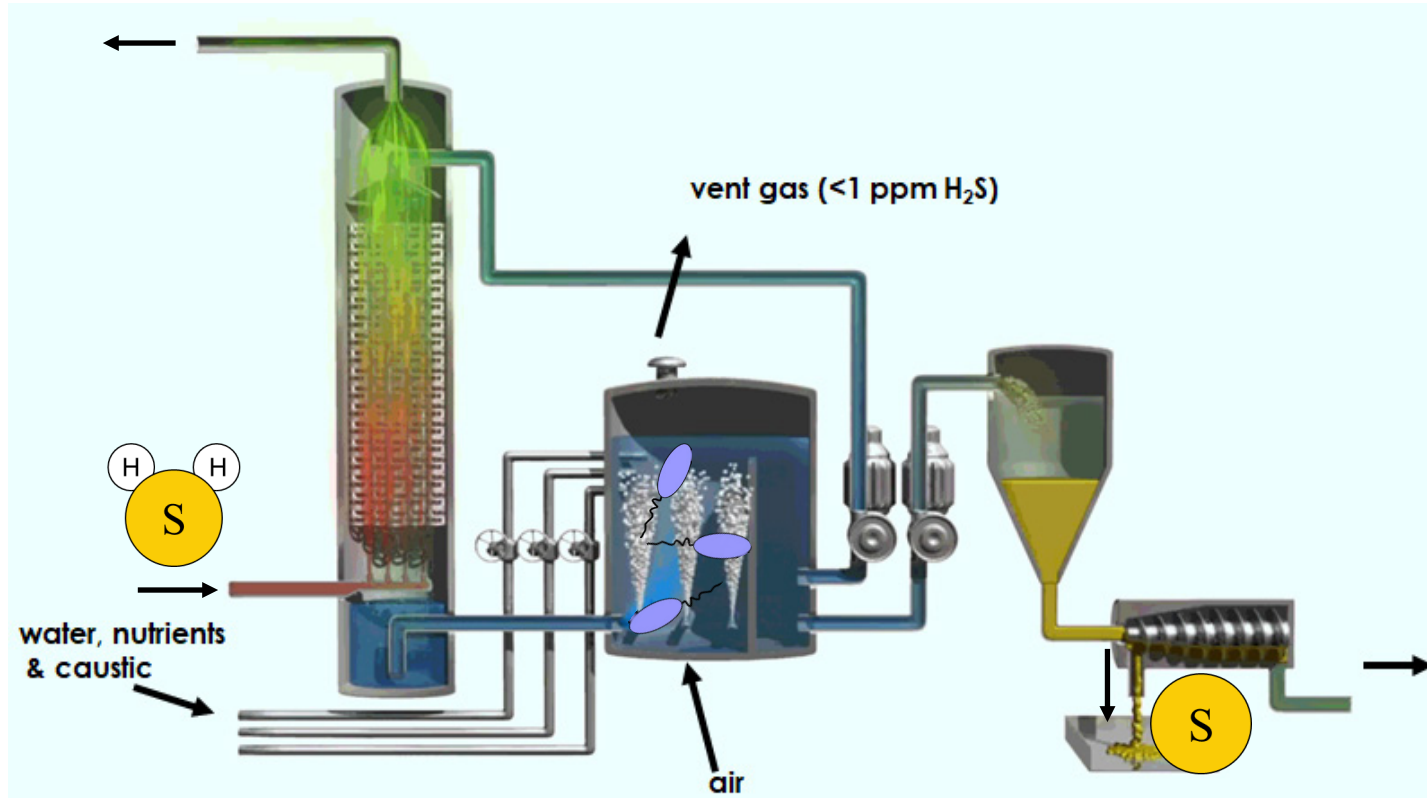




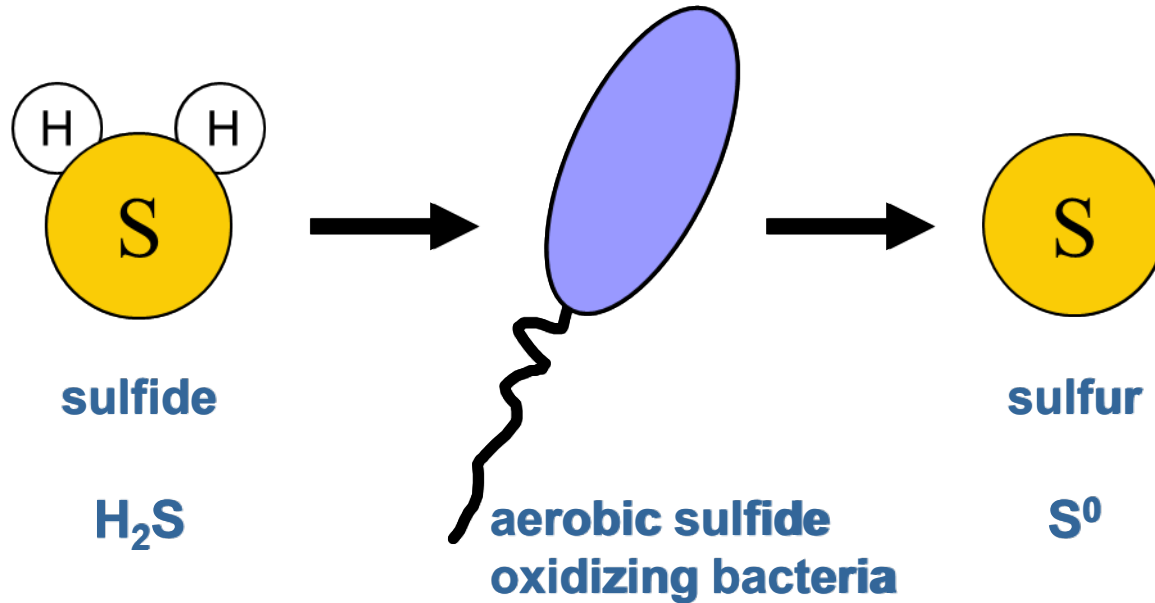
# 1993 Industriewater Eerbeek (Netherlands)



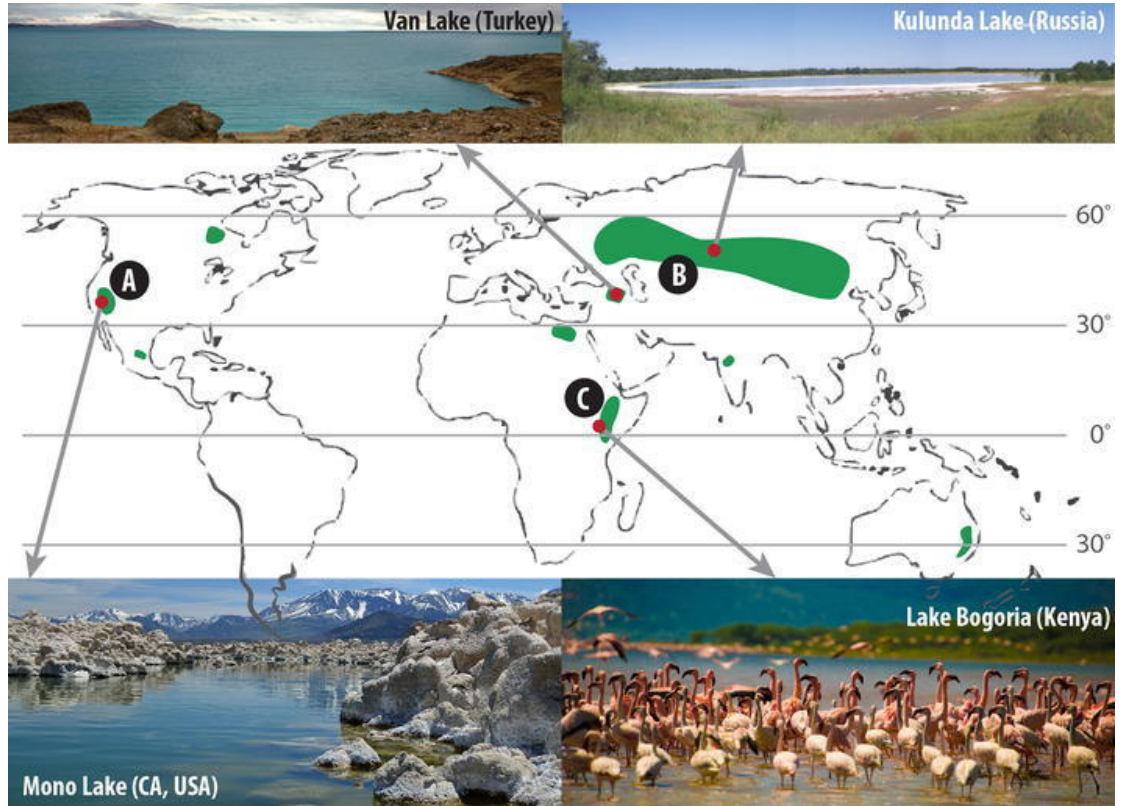
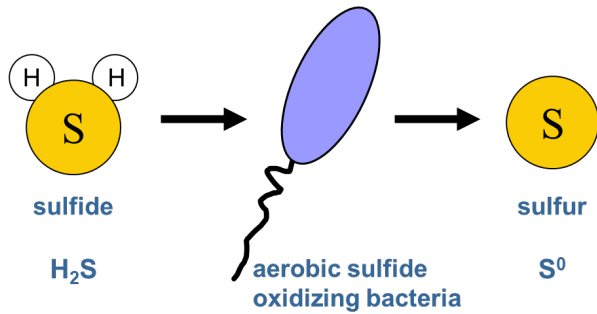
# Biologische biogas ontzwalling



# Uitgevoerd door bacterien

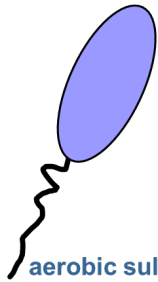


# Biologisch proces – *natuurlijk voorkomende bacteriën*

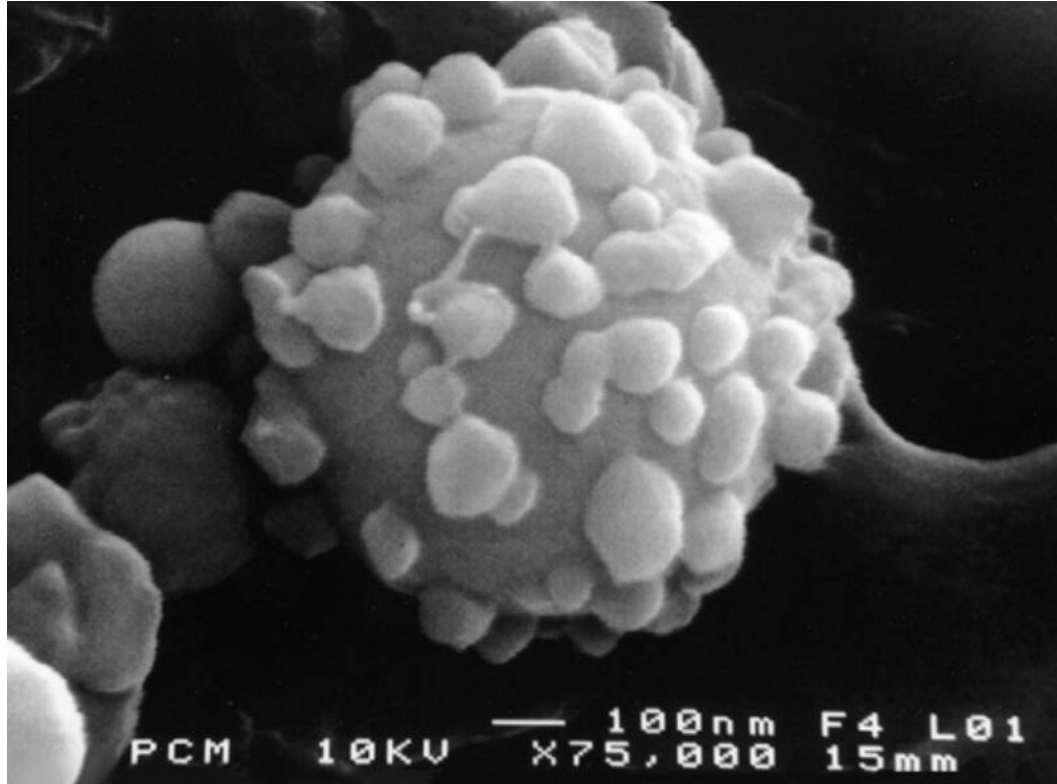


source: Sorokin et al. (2014)

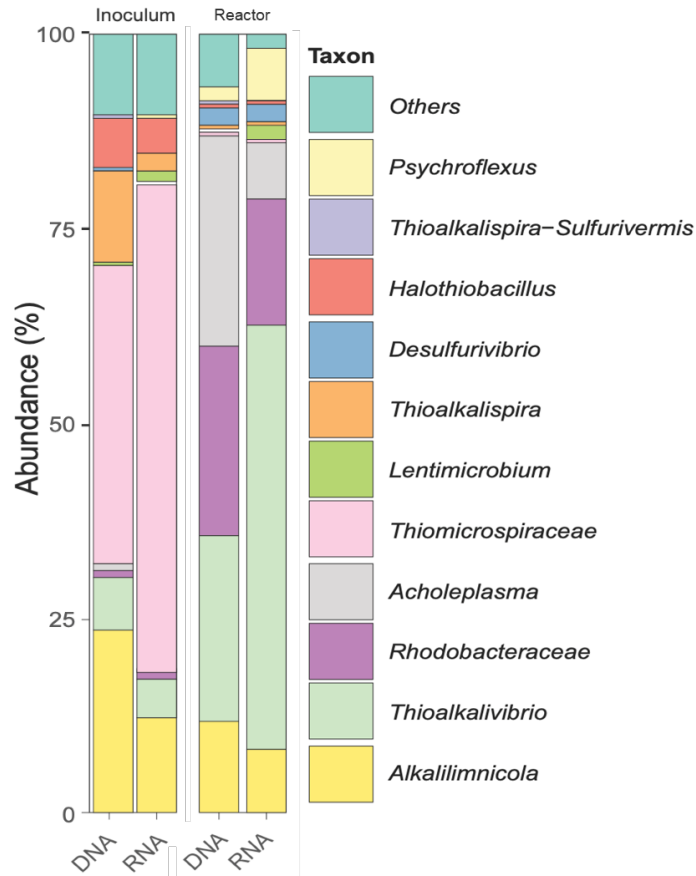
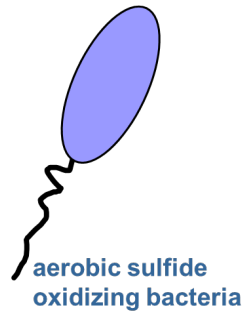
# Sulfur Excreting Bacterium



aerobic sulfide  
oxidizing bacteria



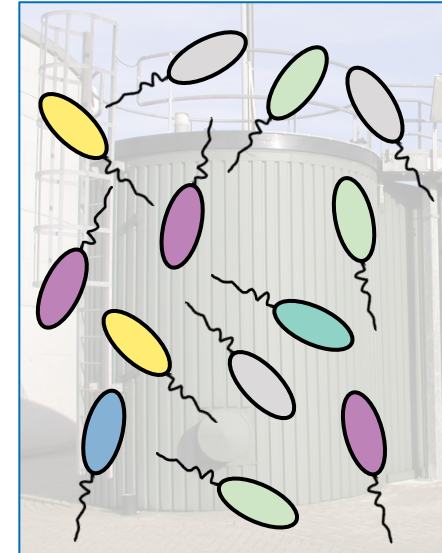
# Microbiom in kaart brengen met DNA en RNA



Inoculum

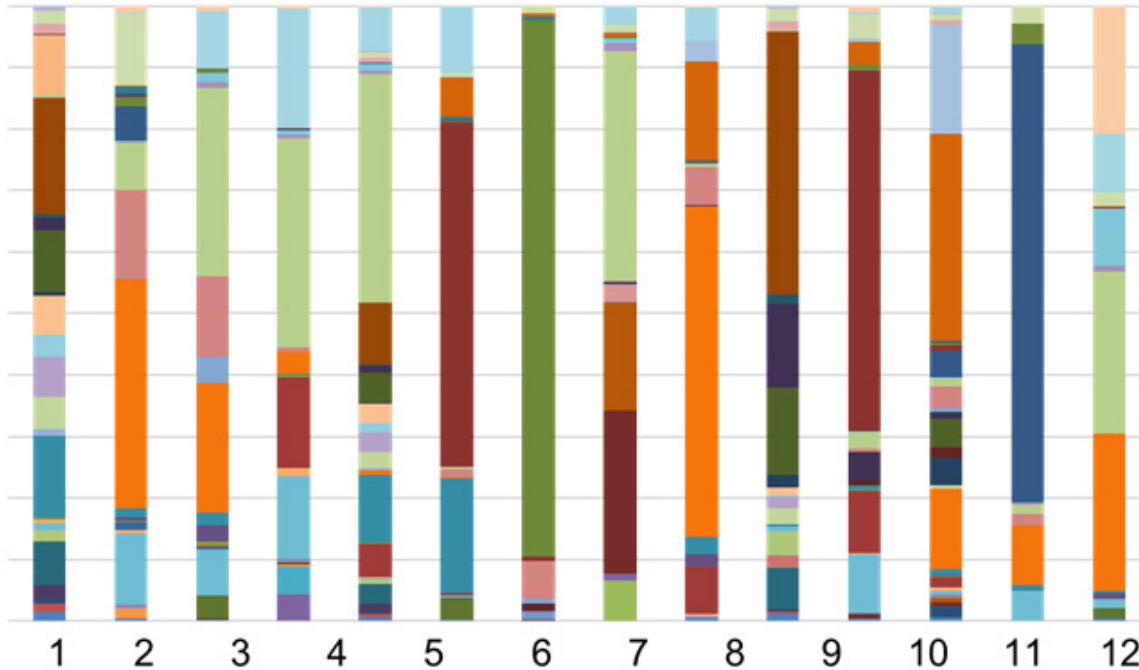


Reactor

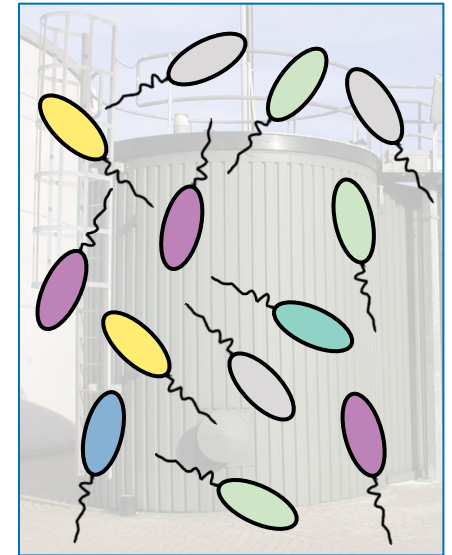


# Biological variety in THIOPAQ O&G

Analysis of DNA showing bacterial variety in Thiopaq, depending on **feed gas composition** and **operation**

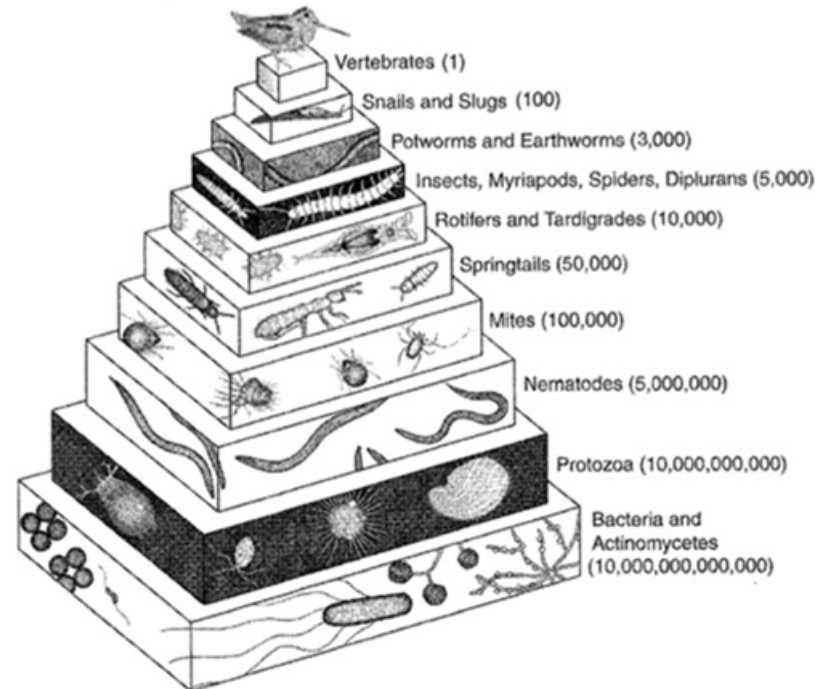
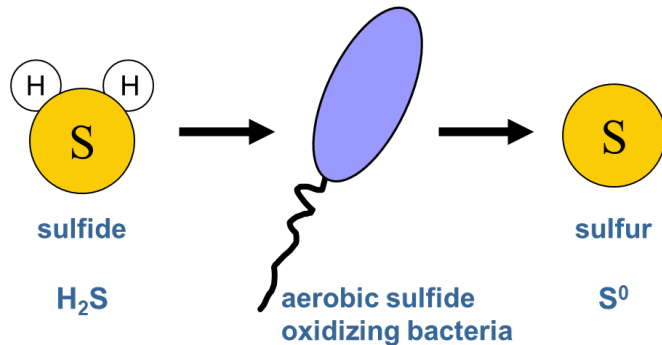


Reactors 1-12



# Complexere microbioms

- Rioolwaterzuivering
- Darmmicrobioom
- Bodemmicrobioom

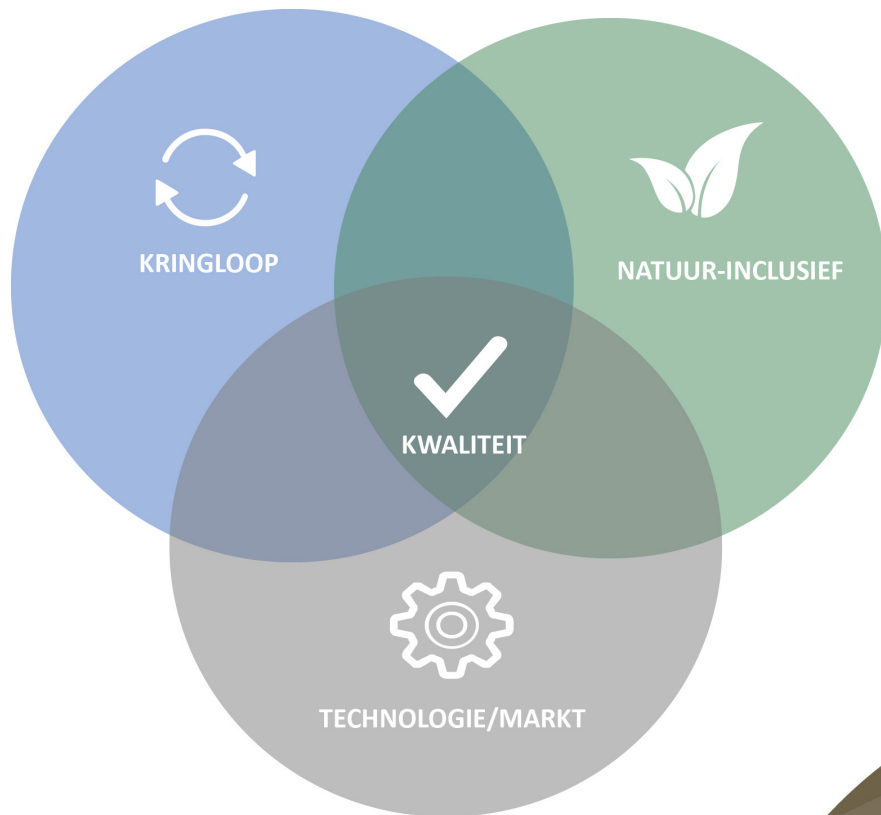




# Zoektocht gezonde bodem

- Is het microbioom effectief te beïnvloeden?
- Levert een biologische index meer inzicht op dan een chemische index?

# Kunnen we met kringloop transitie het bodemmicrobioom in kwaliteit verbeteren?



Süne Grün



IWA Resource Recovery Conference 2025  
*From Novel Concepts to Business*

May 19-23, 2025  
Leeuwarden, Friesland, the Netherlands

© Marleen Annema



# Het menselijke microbioom

Betekenis voor ziekte en gezondheid

combining scientific excellence with commercial relevance

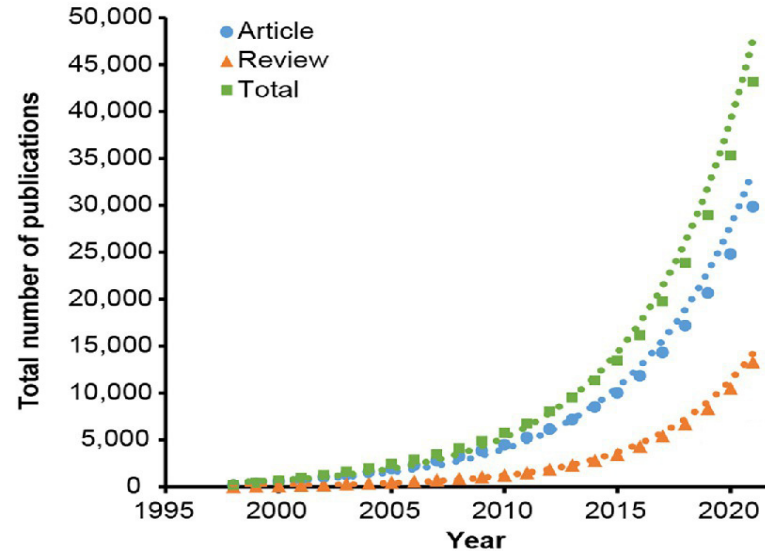
# Even kennismaken ?



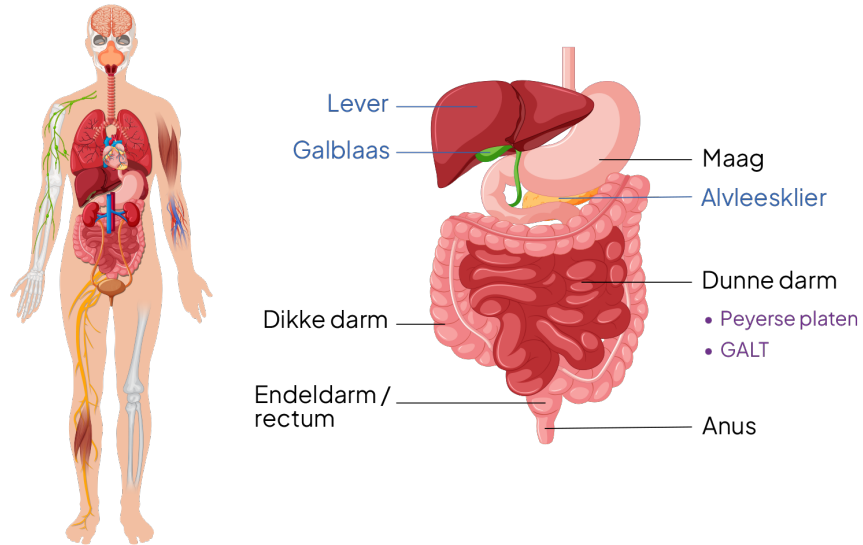
Dr. Gijsbert J. Jansen

Microbioloog / CSO, NL-Lab

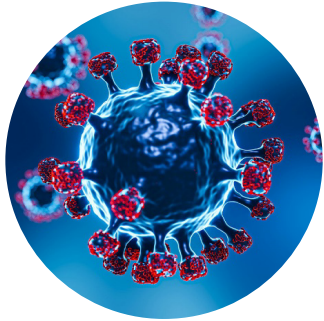
# Recente ontwikkelingen in wetenschap



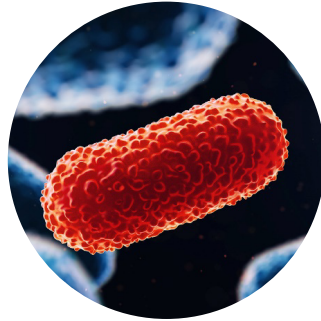
# Het maag darm kanaal



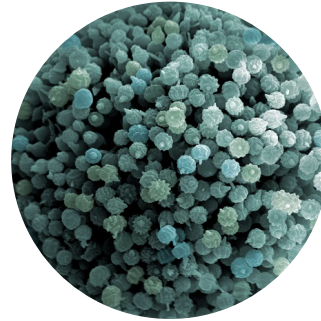
# Welke micro-organismen in de darm?



Virussen



Bacteriën



Gisten  
Schimmels



Parasieten

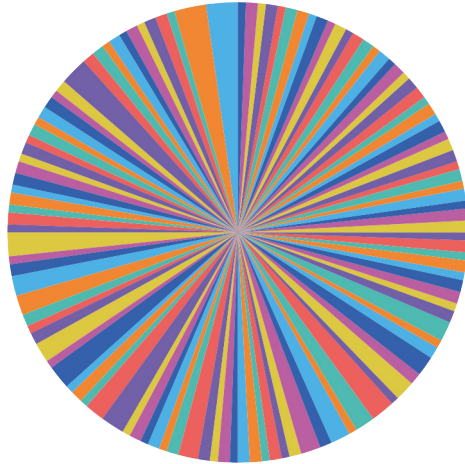




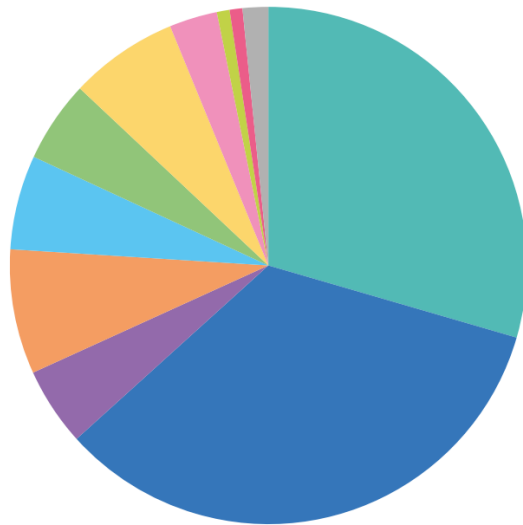
# Bacteriën in de darm, intro

- Ongeveer  $10^{14}$  bacteriën
  - Meer (bacterie)cellen in de darmen dan het menselijk lichaam (!)
  - 10x meer DNA informatie dan in het humane genoom (!)
- Onderverdeeld in meer dan 1200 soorten
- Essentieel voor onze vertering, energievoorziening en afweer
- Samenstelling o.a. afhankelijk van omgeving, leeftijd, voedingspatroon en medicijngebruik

# 1200 soorten? Een postzegelverzameling!

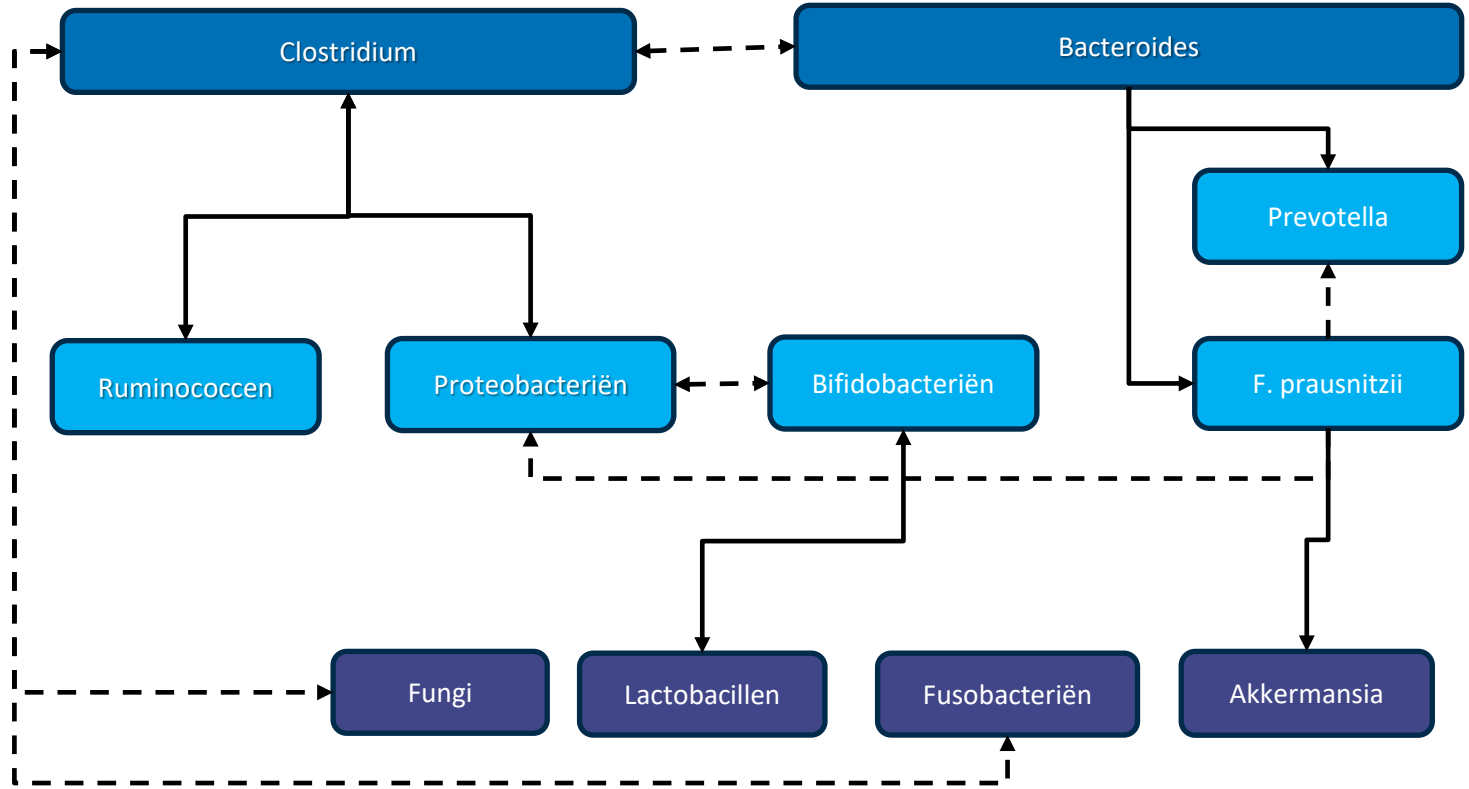


# Functionele Bacterie families

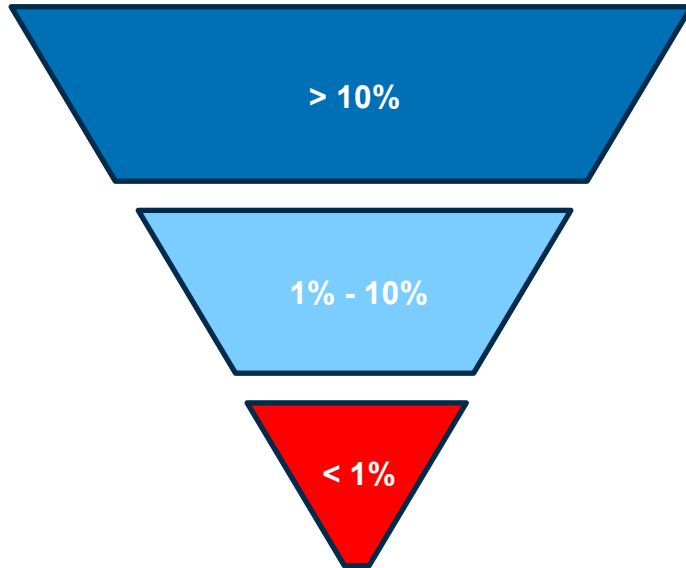


29,5%	Bacteroides
33,8%	Clostridia
4,9%	Faecalibacterium
7,8%	Ruminococcus
5,9%	Proteobacteriën
5,1%	Prevotella
6,8%	Bifidobacteriën
3,0%	Akkermansia
0,8%	Lactobacillen
0,8%	Fusobacteriën
0%	Gisten en schimmels
1,6%	Overige

# Het ecosysteem van het humane microbioom



# Funcities microbioom

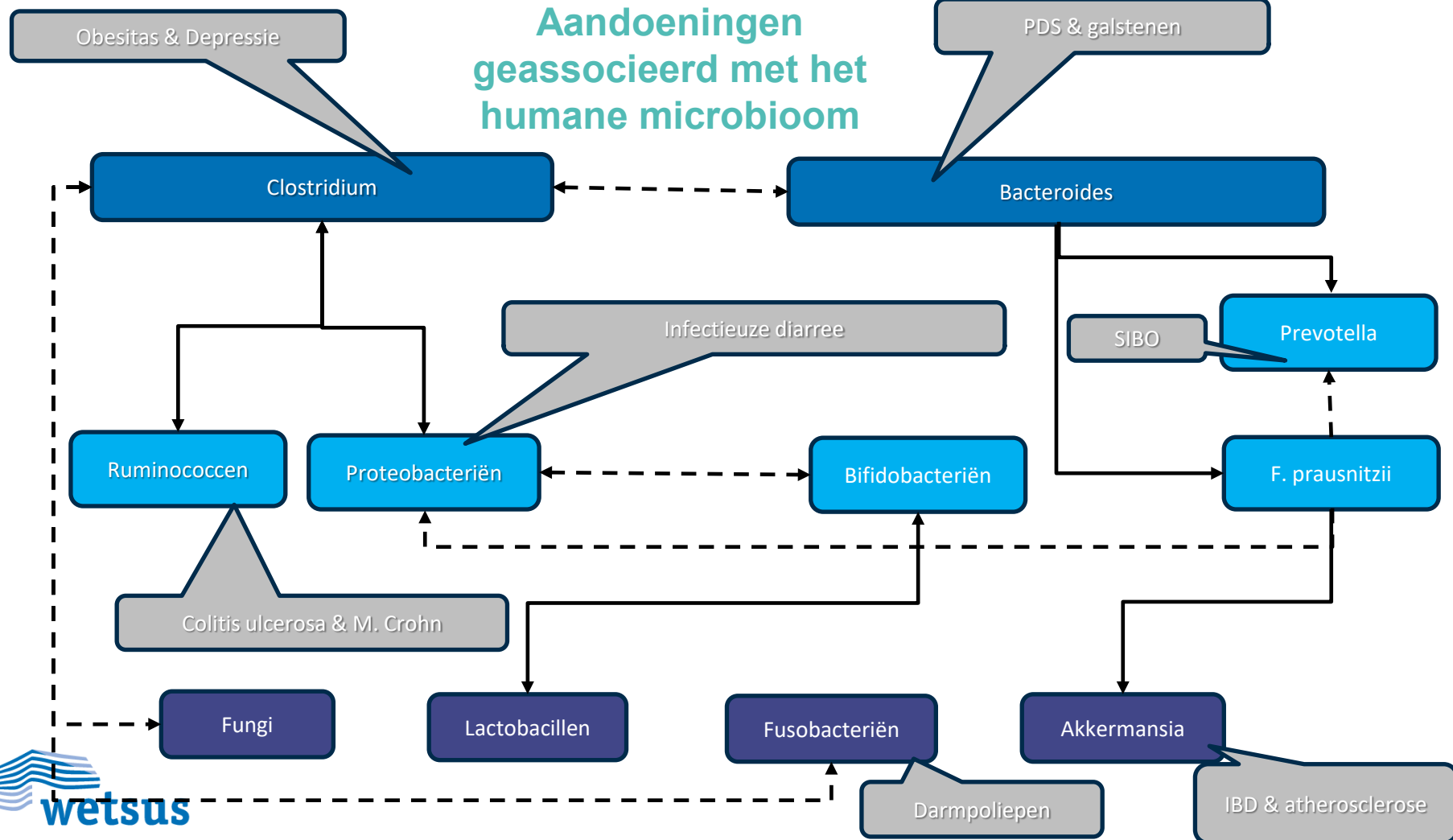


Spijsvertering en programmeren  
immuunsysteem

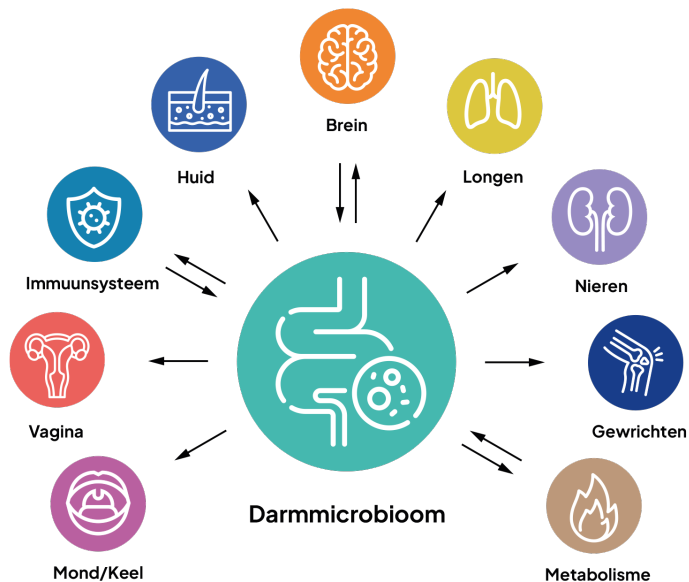
Energie productie, mentaal welbevinden,  
darmperistaltiek, preventie ontstekingen en  
kwaliteit darmslijmvlies

Preventie ontstekingen, potentieel pathogenen

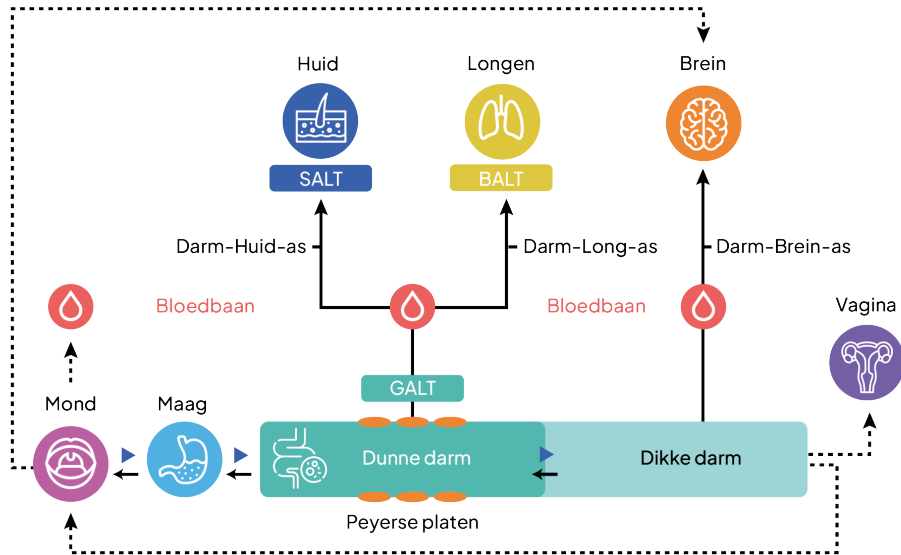
# Aandoeningen geassocieerd met het humane microbiom



# Darm assen



# Uitwerking darm assen





# De Darm-Huid-As en Eczeem

De darm-huid-as toont hoe darmbacteriën het immuunsysteem beïnvloeden. Bij een verstoorde darmflora (dysbiose) worden immuuncellen geactiveerd die ontstekingen in de huid kunnen veroorzaken, wat leidt tot eczeem. Eczeem is een ontstekingsaandoening die gepaard gaat met roodheid en jeuk. Het verbeteren van de darmgezondheid kan helpen om deze immuunreacties te verminderen en de huid te herstellen.

# De Darm-Long-As en Long Aandoeningen

De darm-long-as verwijst naar de bi-directionele communicatie tussen de darmmicrobiota en de longen, voornamelijk via immuun- en metabole routes. Dysbiose in de darm kan systemische ontstekingsmediatoren vrijmaken, zoals cytokinen en metabolieten, die via de bloedbaan immuuncellen beïnvloeden. Dit kan leiden tot een verhoogde ontstekingsrespons in de longen, wat aandoeningen zoals astma en COPD kan verergeren. Behandeling met pre- en probiotica toont potentieel in het reguleren van deze as en het verminderen van luchtwegontstekingen.

# De Darm-Brein-As en Neurotransmitters

De darm-brein-as wordt sterk beïnvloed door de intestinale productie van neurotransmitters. Specifieke darmbacteriën zijn betrokken bij de synthese van neurotransmitters zoals serotonine (90% geproduceerd in de darm), gamma-aminoboterzuur (GABA), en dopamine. Deze neurotransmitters moduleren het autonome zenuwstelsel en hebben directe effecten op hersenfunctie en gedrag via neuronale (nervus vagus), endocriene, en immuun routes. Dysbiose kan de productie van deze neurotransmitters verstoren, wat gerelateerd is aan psychiatrische aandoeningen zoals depressie en angst. Gerichte modulatie van de darmflora met pre- en probiotica kan een invloedrijke rol spelen bij het herstellen van de neurotransmitterbalans en het ondersteunen van mentale gezondheid.

# Microbioom geassocieerde ziekten

Richting	Route	Aandoening
Proximaal	Lokaal	Ziekte van Crohn
		Colitis Ulcerosa
		Diverticulitis
		Osmotische diarree
		Infectieuze diarree
		Verteringsproblemen
		Prikkelbare Darm Syndroom

Richting	Route	Aandoening
Distaal	Darm-Brein-as	Depressie
		ADHD
		ME/CVS
		Verminderde concentratie
	Darm-Long-as	COPD
		Astma
	Darm-Huid-as	Eczeem
		Atopische dermatitis

# Kan ik daar zelf iets aan doen?

## Symptomen

Buikkrimp en diarree

Hyper activiteit

Sloomheid en somberheid

Allergieën

## Huisremedie\*

ongepasteuriseerde zuivel

rundvlees en ve-tsin

(deels) vegetarisch eetpatroon

vermijden voorbewerkt voedsel bij  
volwassenen en vermijden over-  
hygiëne bij kinderen

**\*Maar wel met wetenschappelijke onderbouwing**

# Overgang naar het bodembioom (feitjes)

- In één gram aarde bevinden zich tussen de  **$10^8$  en  $10^9$  bacteriën** (dat wil zeggen tussen de 100 miljoen en 1 miljard bacteriën)..
- In één gram natuurlijke aarde kunnen er **meer dan 3.000 verschillende soorten bacteriën** aanwezig zijn.
- Het microbiom van de grond heeft een **grotere biodiversiteit** dan dat van de mens

# Bacteriën in en op de planten wortels

- Binden stikstof
- Recyclen voedingsstoffen
- Beschermen planten tegen pathogenen
- Stimuleren plantengroei door de productie van hormonen
- Verbeteren ze de bodemstructuur
- Helpen bij de afbraak van toxische stoffen
- Vergroten van de weerstand van planten tegen abiotische stress, zoals droogte en zoutgehalte
- Door symbiose en signaaluitwisseling bevorderen van de wortelgroei en plantontwikkeling

# Vragen?





# Kunnen we sturen in de bodem?

Martijn Bezemer



**Universiteit  
Leiden**

**combining scientific excellence with commercial relevance**

De bodem is meer dan een substraat voor planten!



# In een goede bodem krioelt het van het leven

## Aantal per gram grond

Bacterien	600.000
Schimmels	400.000
Algen	100.000
Protozoen	50.000

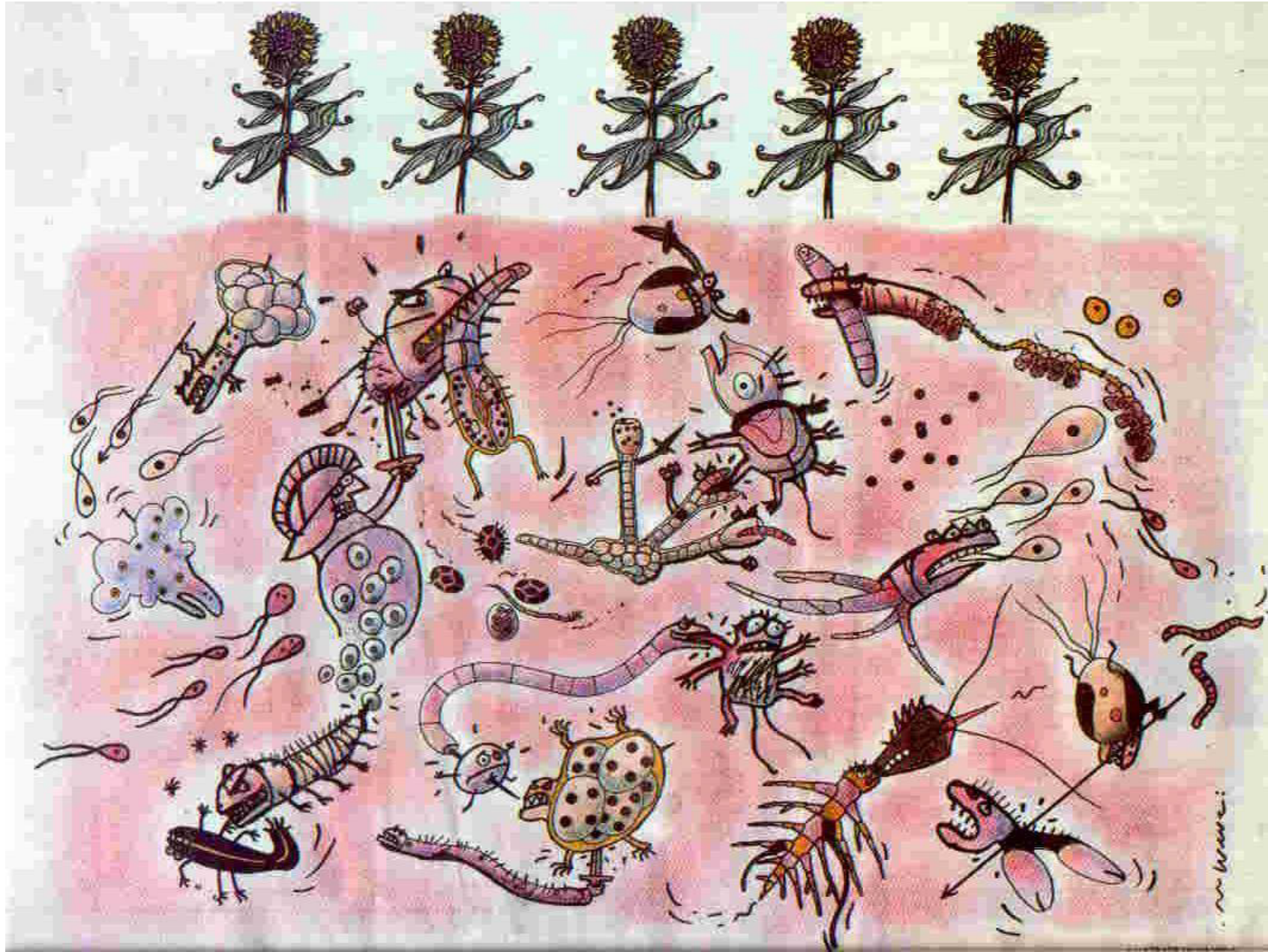
## Aantal per liter grond

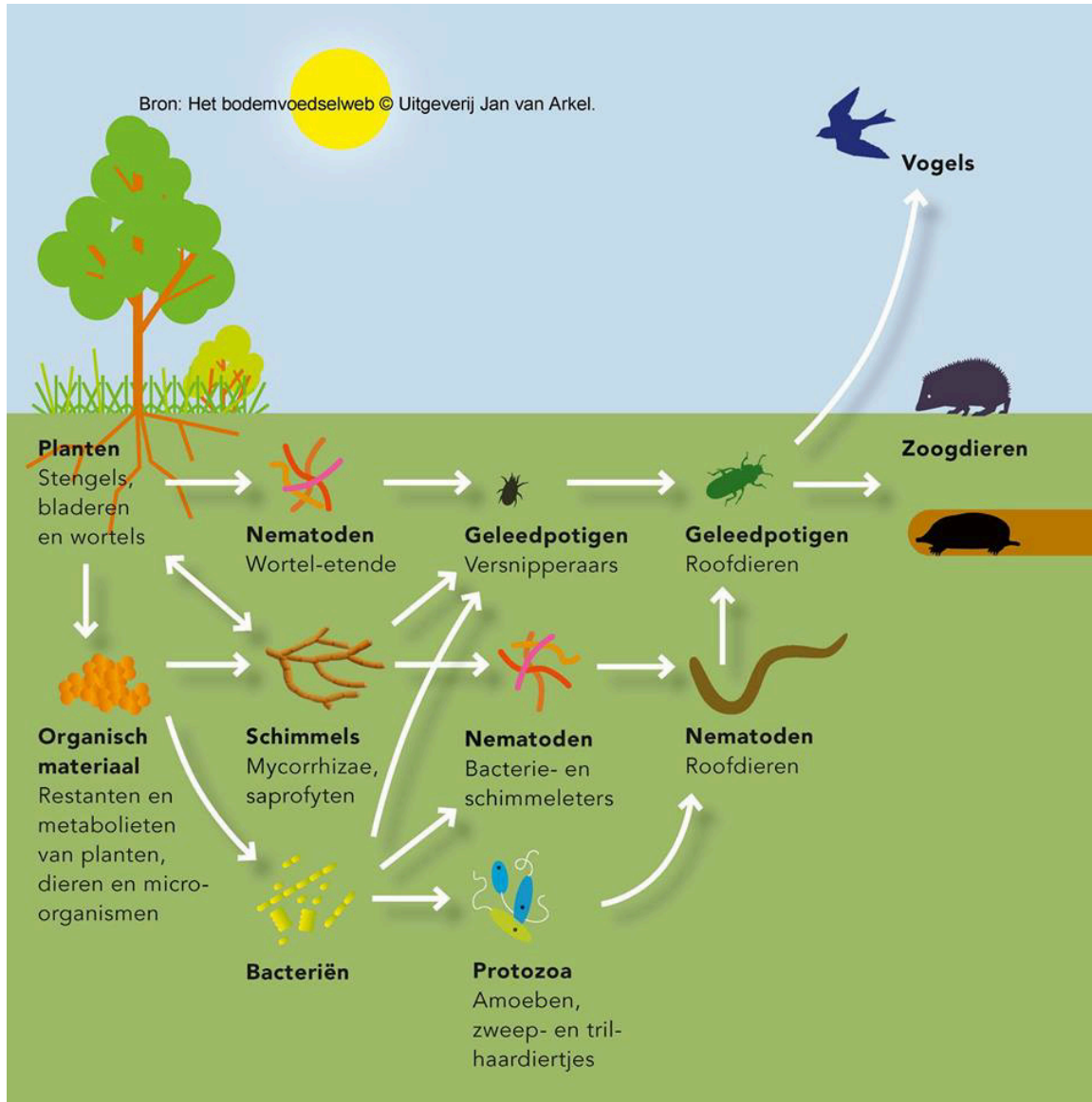
Nematoden	50.000
Mijten	250
Potwormen	50
Geleedpotigen	50
Springstaarten	220
Regenwormen	2

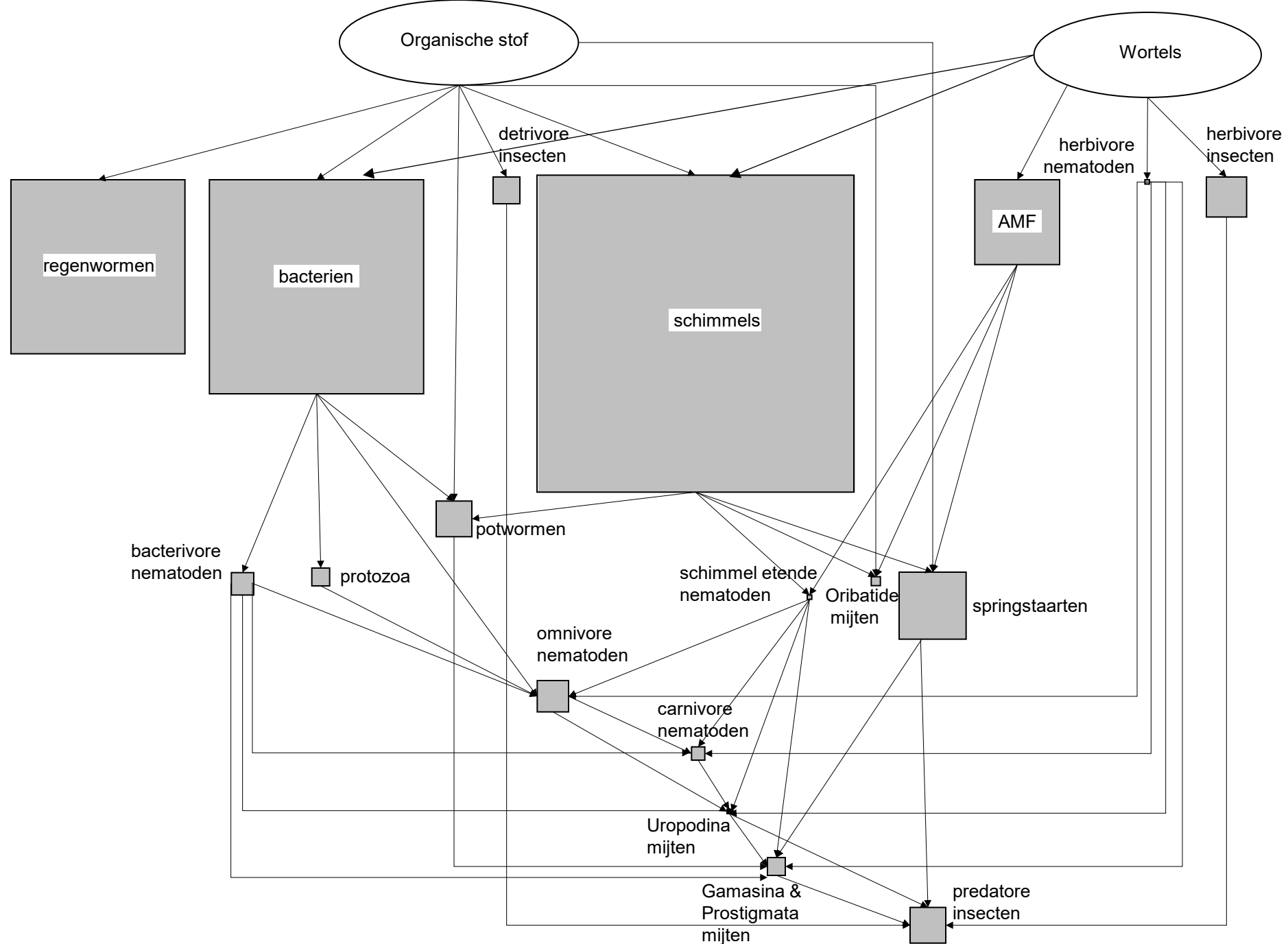


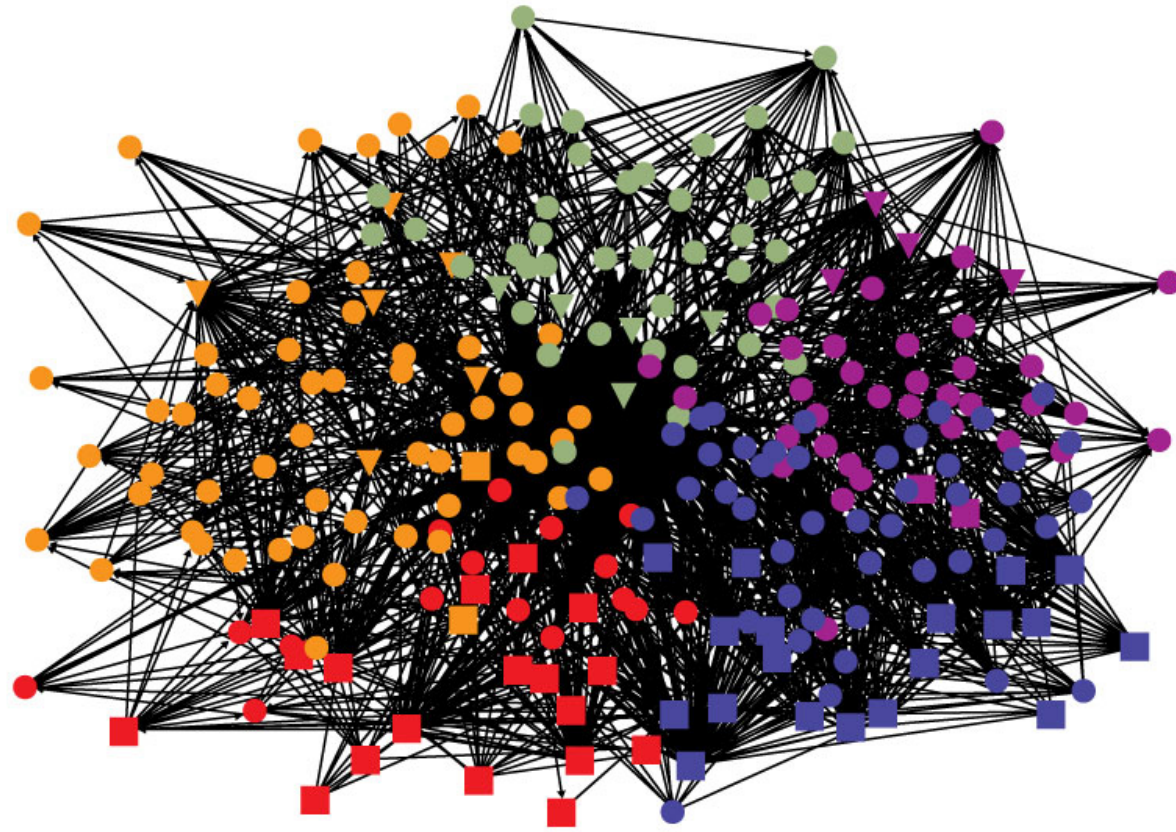
# Wat doen bodemorganismen voor de plant?

- Bodemstructuur (aggregaten, doorwatering)
- Voedingsstoffen huishouding (Beschikbaar maken, N fixatie)
- Groei van de plant (ook: hormoon huishouding, stress)
- Gezondheid van de plant (plantweerbaarheid, biologische bestrijding)



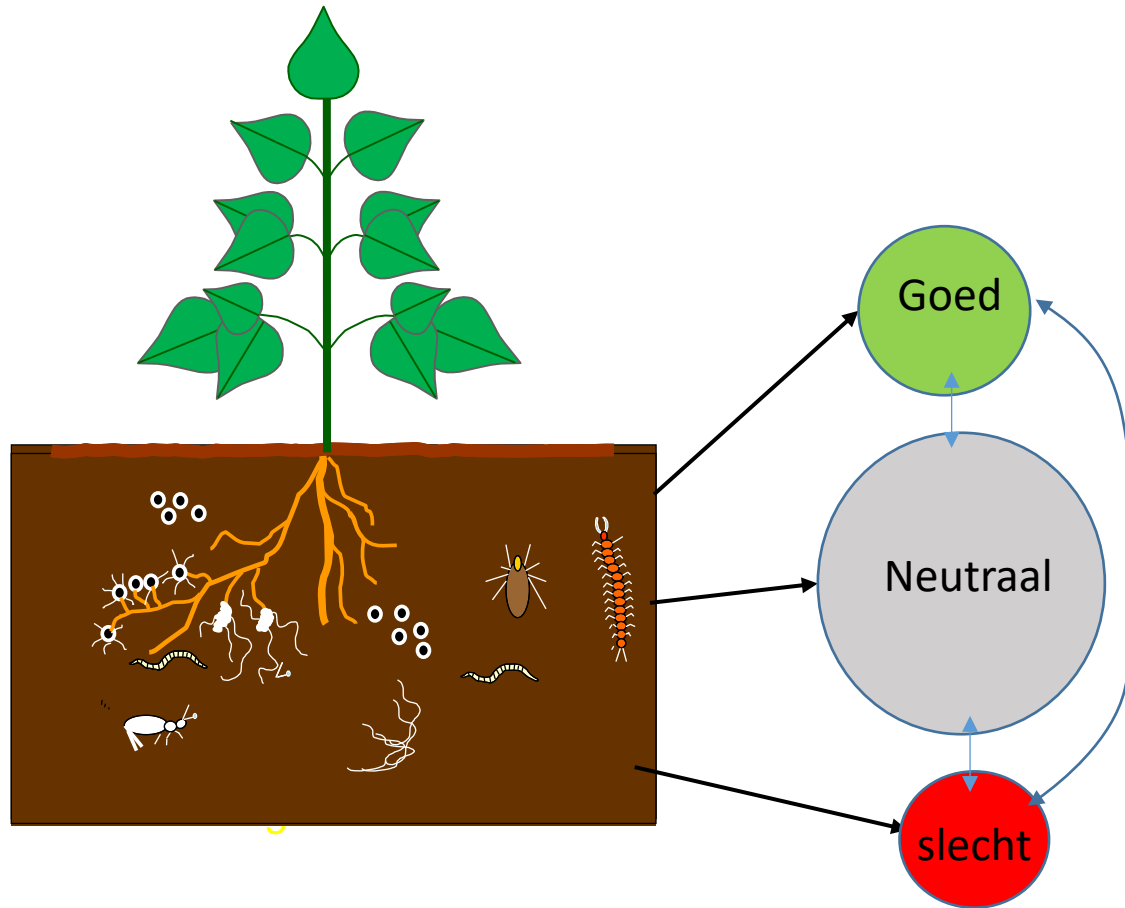








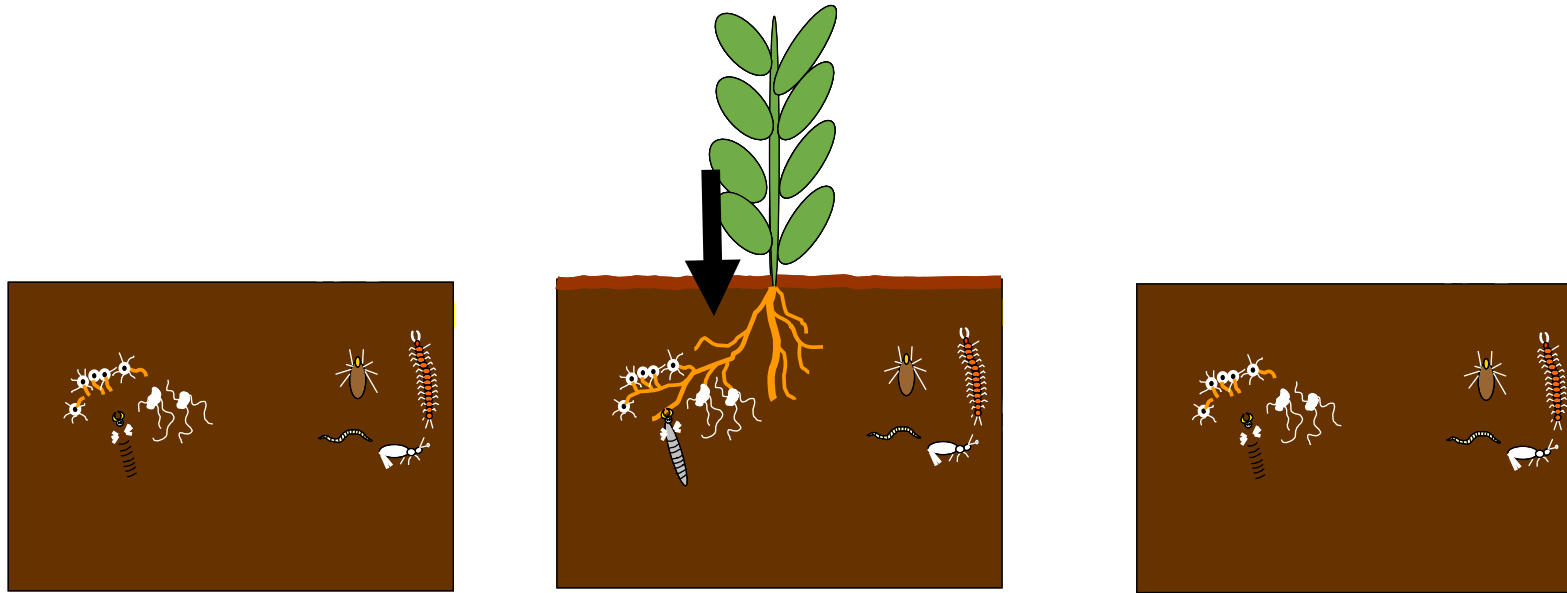
# Simpele visie van het bodemvoedselweb vanuit plant perspectief



Een bodemvoedselweb bestaat altijd uit goede en slechte organismen!

Alleen goed is onrealistisch, we willen de balans veranderen

# Hoe kun je het bodemvoedselweb veranderen?



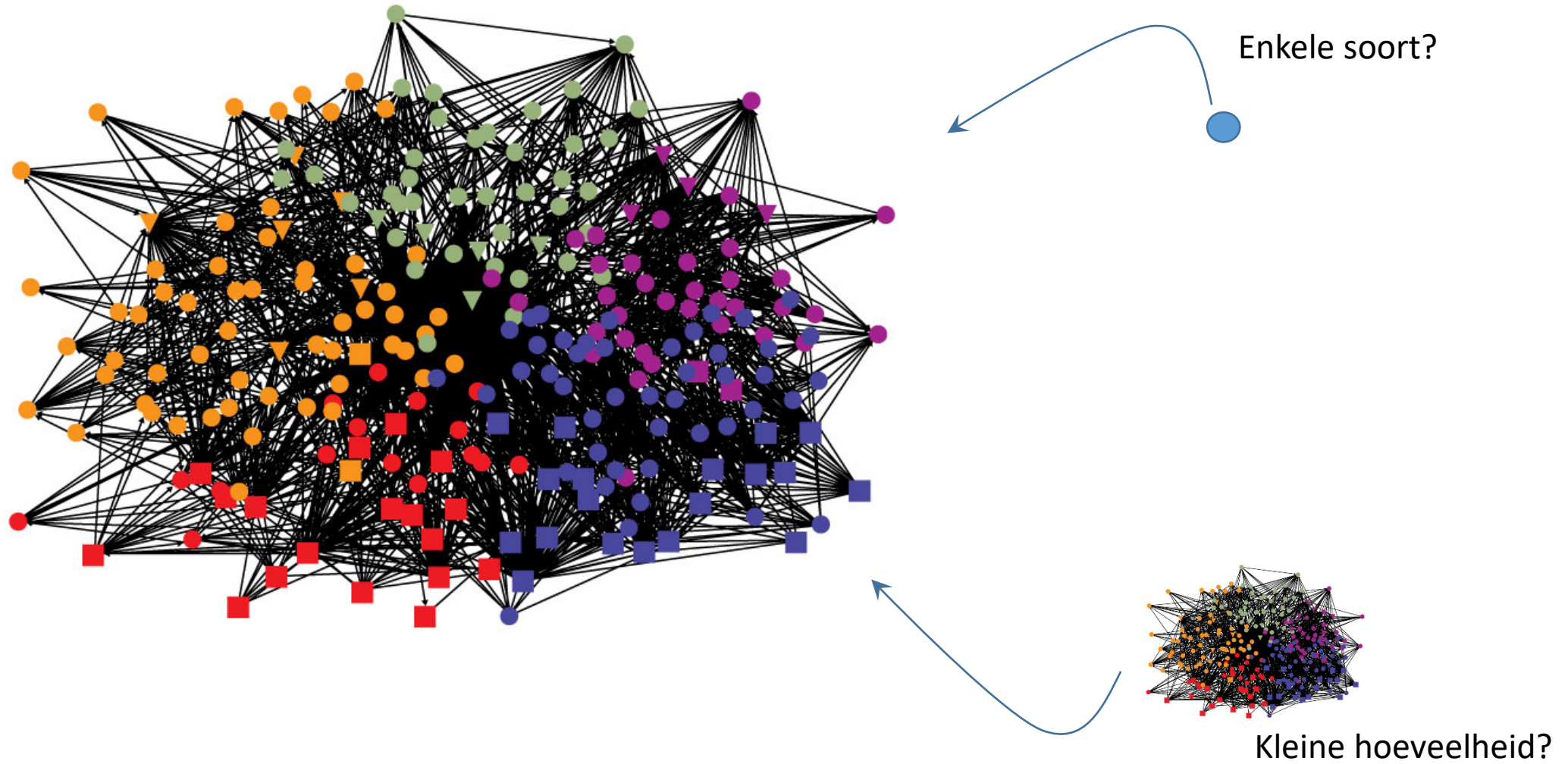
1. Via  
inoculatie/enten

2. Via de plant

3. Via bodembeheer

- compost
- bodembewerking
- bemesting
- etc

# Hoe kunnen we een complex bodemvoedselweb veranderen: 1. Inoculatie



## Toplaag verwijderen: gebruikelijk in natuurherstel

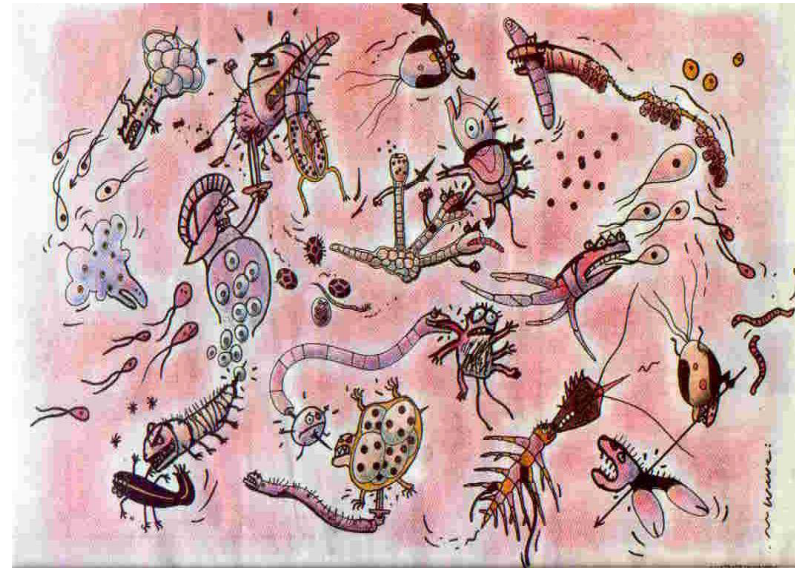




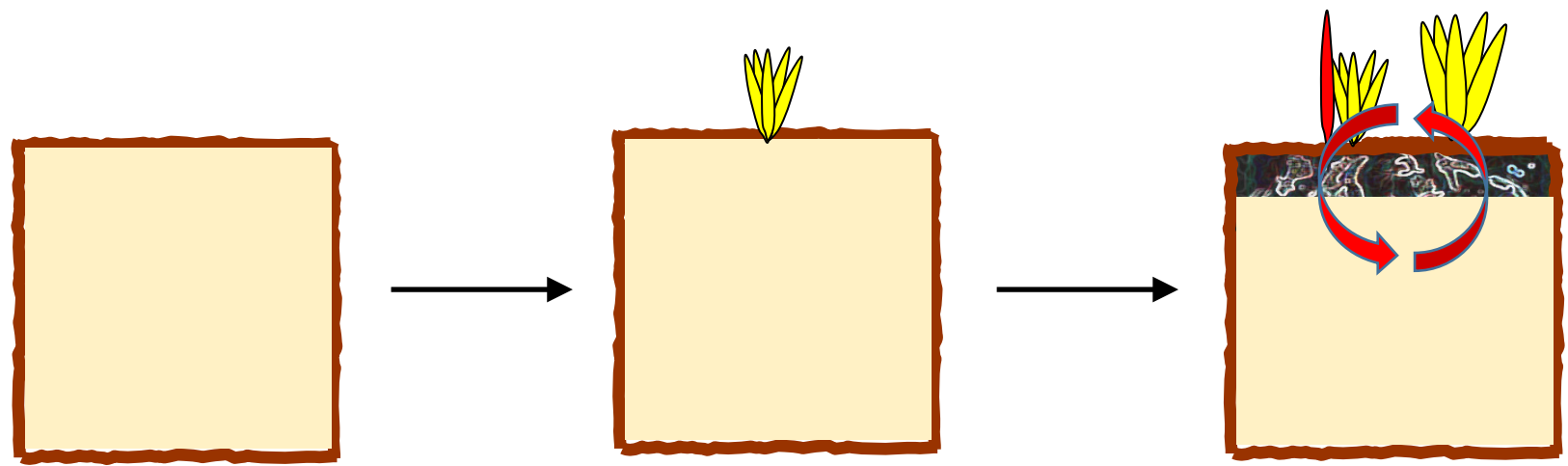
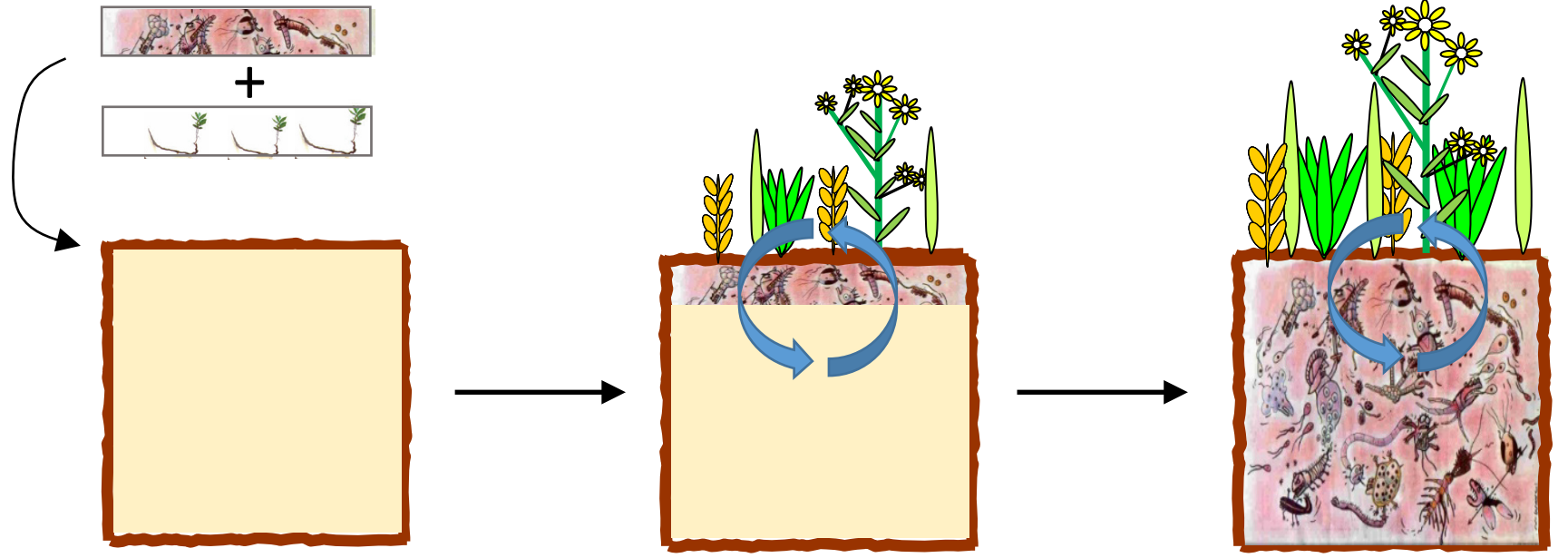
# Inoculatie met een klein beetje grond uit donor gebied



Zaden en wortels



Bodem (micro) organismen







## Zes jaar na enten van bodem



Niet geënt



Geënt met grassland bodem

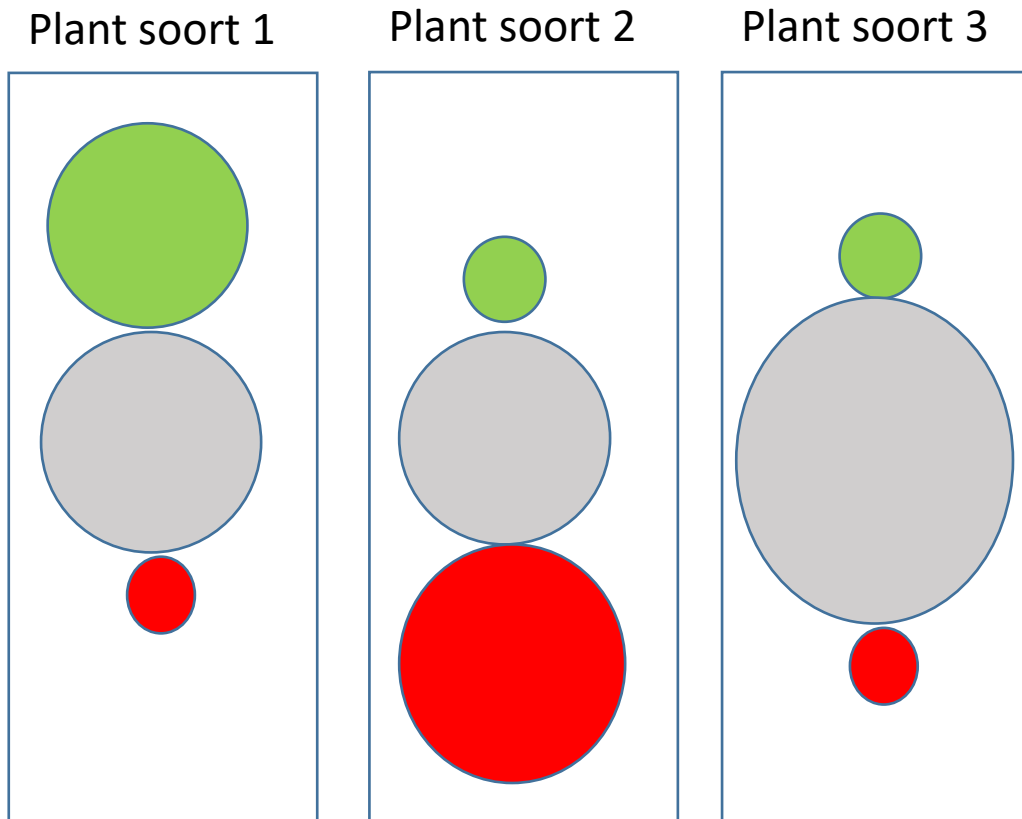


Geënt met heide bodem

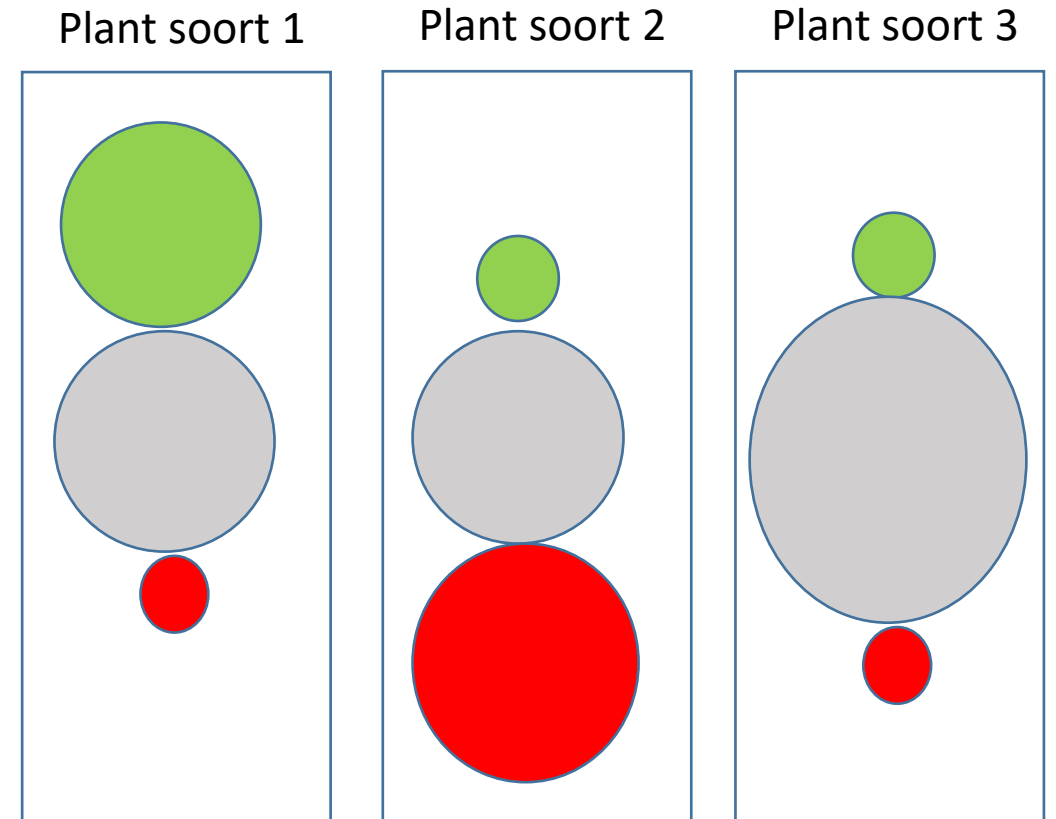
Testen met alleen alleen zaaien of maaisel uitstrooien niet succesvol

# Hoe kunnen we een complex bodemvoedselweb veranderen: 2. Via de plant

## Invloed van verschillende planten op de bodem



## Perceptie van een bodem door verschillende planten



Iedere plant beïnvloedt de bodem op een andere manier

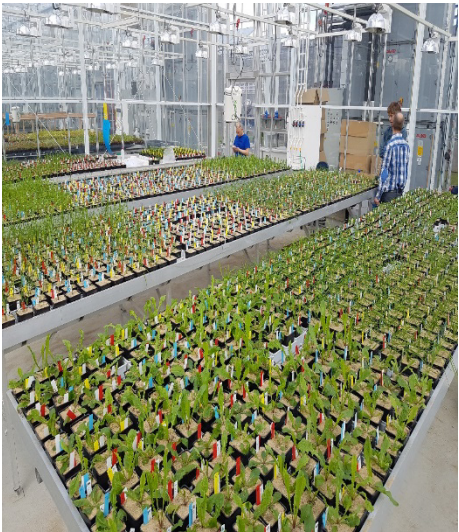


*Data mogen nog niet gedeeld worden*



# Doel: Selectie van plant-plant combinaties via het bodem microbiom (wilde grassland soorten)

plant die reageert op de bodem



Plant die de bodem beïnvloedt

*Data mogen nog niet gedeeld worden*

Invloed  
op de  
bodem



# Bewijs voor “bodem nalatenschap” in productie grasland



Fase 1:  
Monocultures (2 jaar)  
(en mengsels)

Grassen / kruiden/ klavers

Fase 2:  
Italiaans raaigras

# Invloed van bodem nalatenschap op productie van Italiaans raaigras

## Fase 2: Italiaans raaigras in alle veldjes

■ 17-jun-22

■ 19-jul-22

■ 22-sep-22

*Data mogen nog niet gedeeld worden*



er

# Bodem schimmelgemeenschap einde van fase 1 en 2

Schimmels eind fase 1 (Oct 2021)  
Verschillende monoculturen

Schimmels eind fase 2 (Oct 2022)  
Italiaans raaigras overal heel seizoen

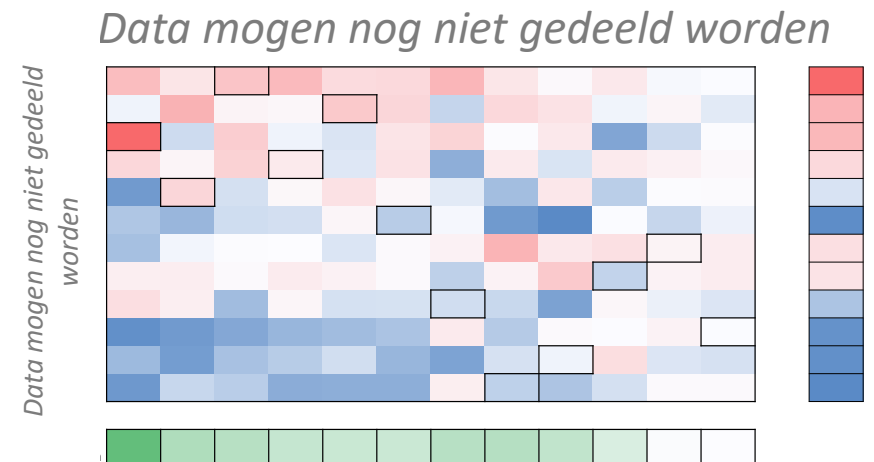
*Data mogen nog niet gedeeld worden*

# Hoe kunnen we een complex bodemvoedselweb veranderen: 3. Via bodembeheer



Topbodems in Noord Nederland!

- wat is er nodig voor elke bodem
- Hoe goed en snel te meten
- wat doen verschillende toevoegingen met de bodem
- optimalizeren (gevarieerd aanbod matchen met vraag)





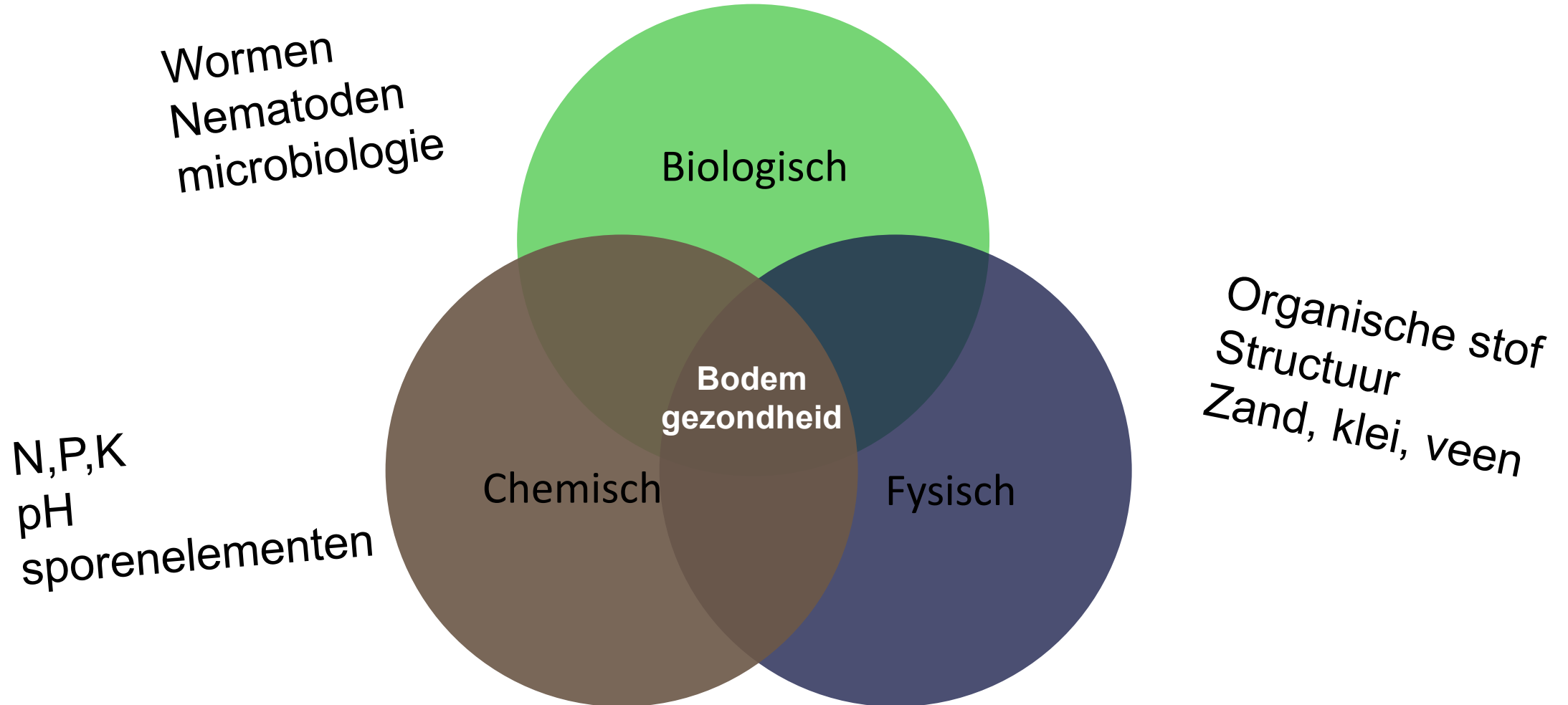
# Hoe beïnvloeden mest en digestaat het bodemmicrobioom?

Eline Keuning

19 november 2024

Wetsus, Leeuwarden

# Bodemgezondheid: samenspel van 3 factoren



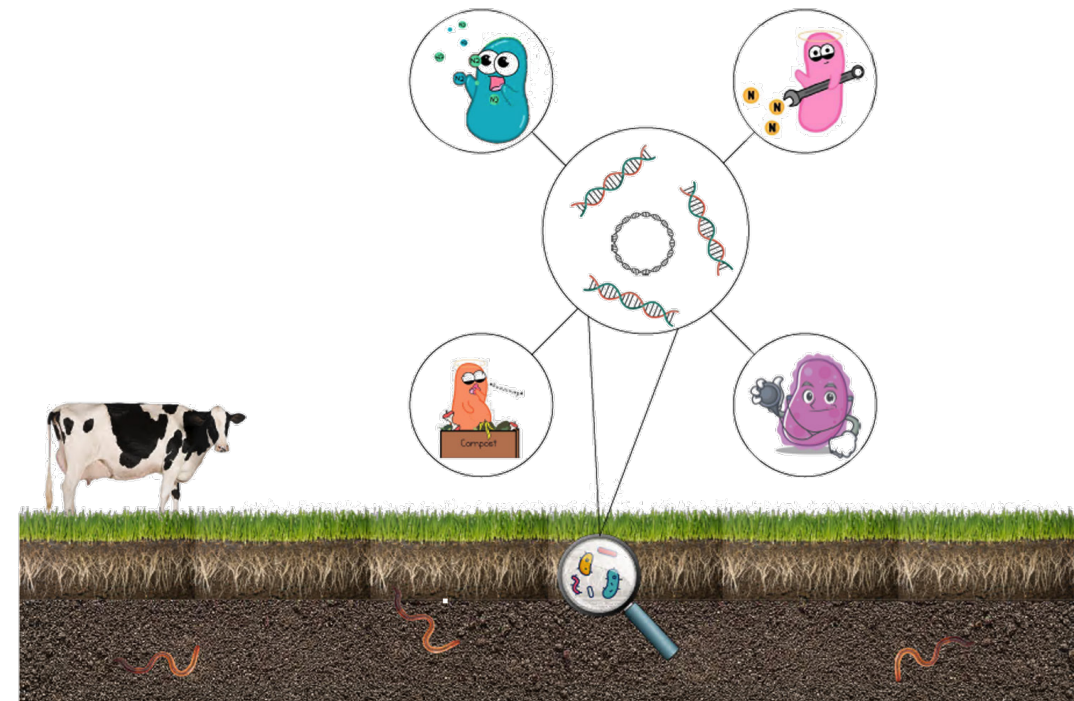
creating with the power of nature

# Waarom bodemmicrobiologie onderzoeken?



In 1 gram grond zit tot wel:

- 1500 km DNA
- $10^{10}$  bacteriën
- $10^6$  schimmels
- Nutriëntenkringlopen, groeibevordering gewas, bescherming tegen ziekte, zout, droogte en meer...



**b**

Time Points ● 1<sup>st</sup> ● 2<sup>nd</sup> ● 3<sup>rd</sup> ● 4<sup>th</sup>



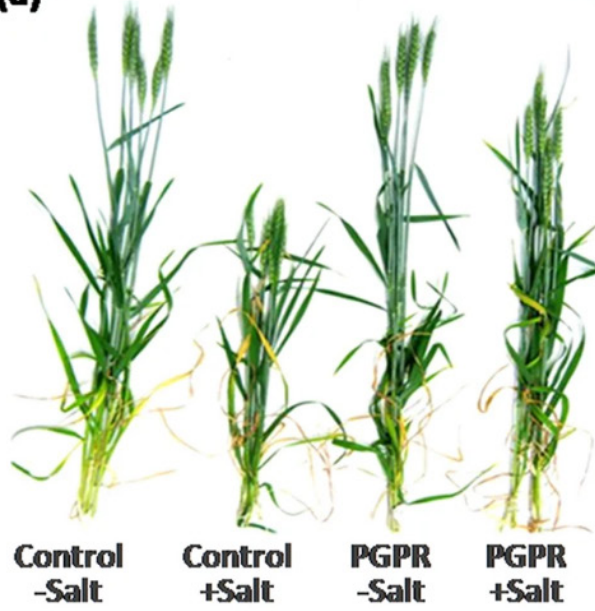
**c**



**Treated**

**Control**

**(a)**



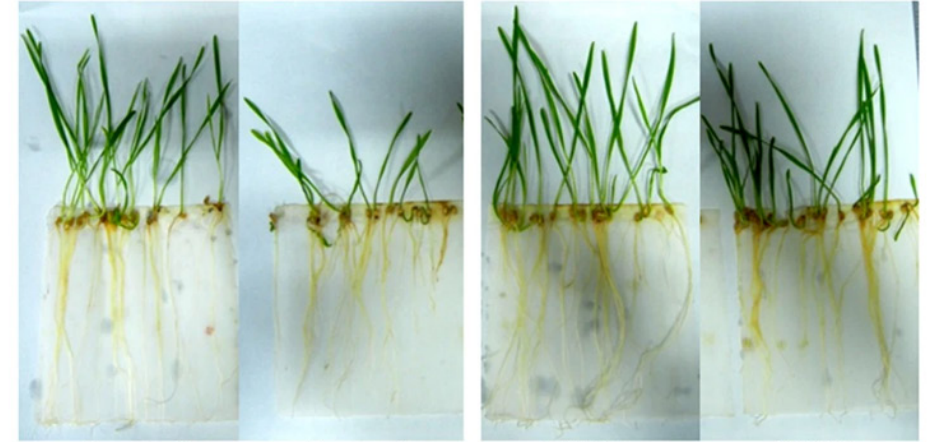
**Control -Salt**

**Control +Salt**

**PGPR -Salt**

**PGPR +Salt**

**(d)**



**Control -Salt**

**Control +Salt**

**PGPR -Salt**

**PGPR +Salt**




**creating with the power of nature**

# DNA als kenteken

Voertuiggegevens raadplegen

Vul hier je kenteken in:



Gegevens opvragen



- Volkswagen Polo
- Hatchback
- Blauw



- *Bacillus subtilis*
- Verlicht zoutstress
- Plantengroei bevorderend



creating with the power of nature



# Mest, Stikstof en Bodemgezondheid

*“ Wat is het effect van verschillende types bemesting op de stikstofkringloop en bodemgezondheid?”*

## 1. Invloed van bemesting

- Digestaat
- Drijfmest
- Vaste mest

## 2. Invloed van manier van aanwenden

- Zodebemesting
- Bovengronds



creating with the power of nature

provincie Drenthe

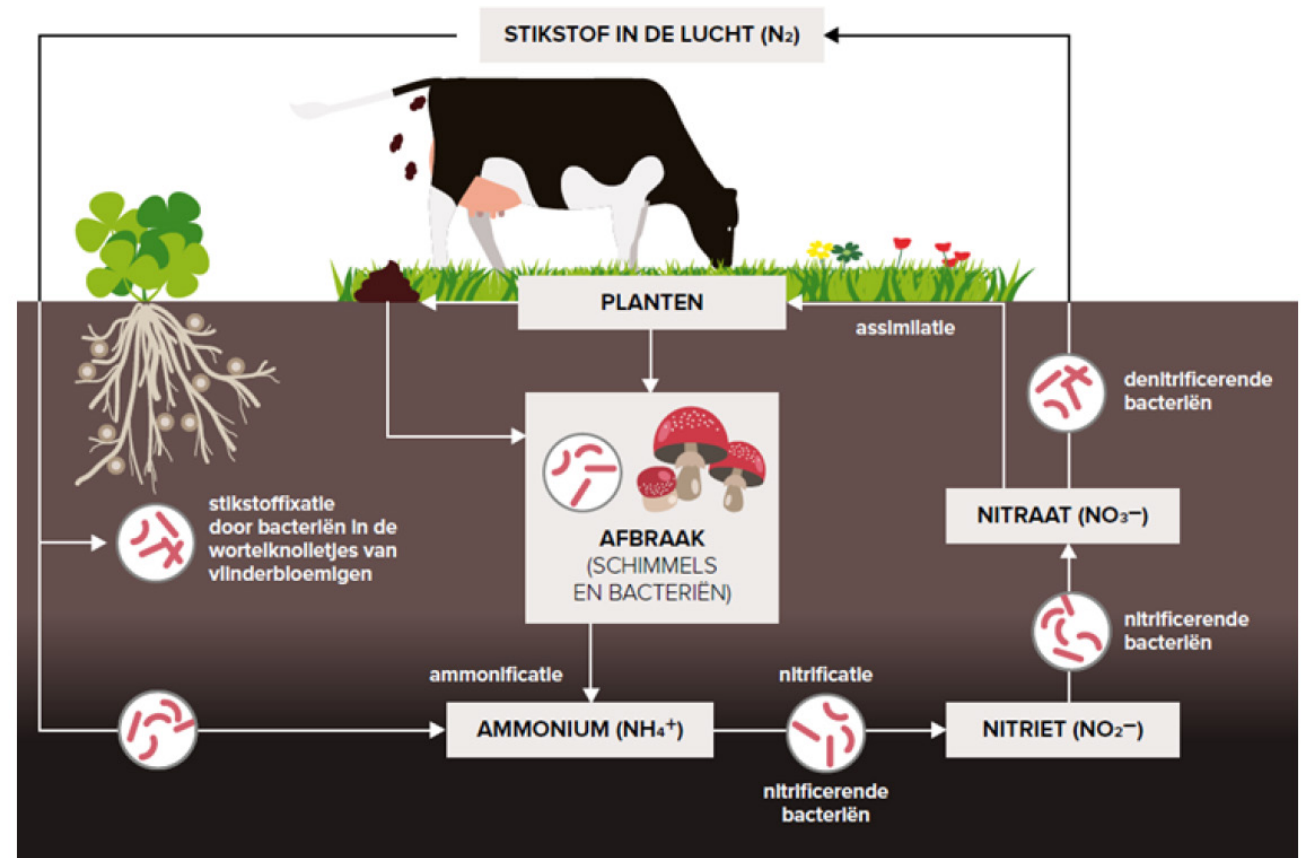
provinsje fryslân  
provincie fryslân



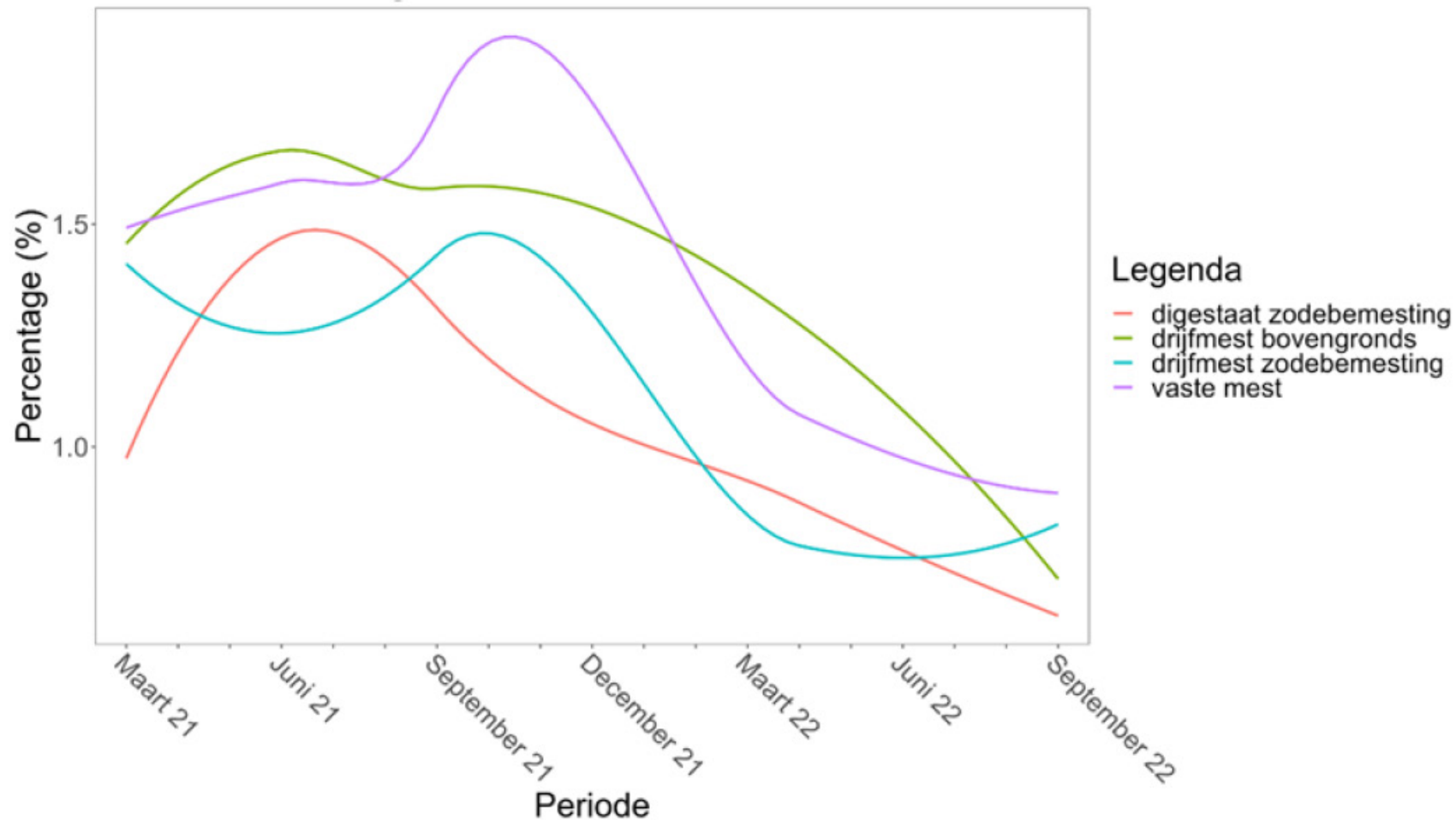
# De stikstofcyclus

Microbiologische processen

1. Stikstof fixatie → Stikstof uit lucht
2. Nitrificatie → Opneembare stikstof voor plant



# Hoger aandeel stikstof vastleggende soorten bij bovengronds bemesten



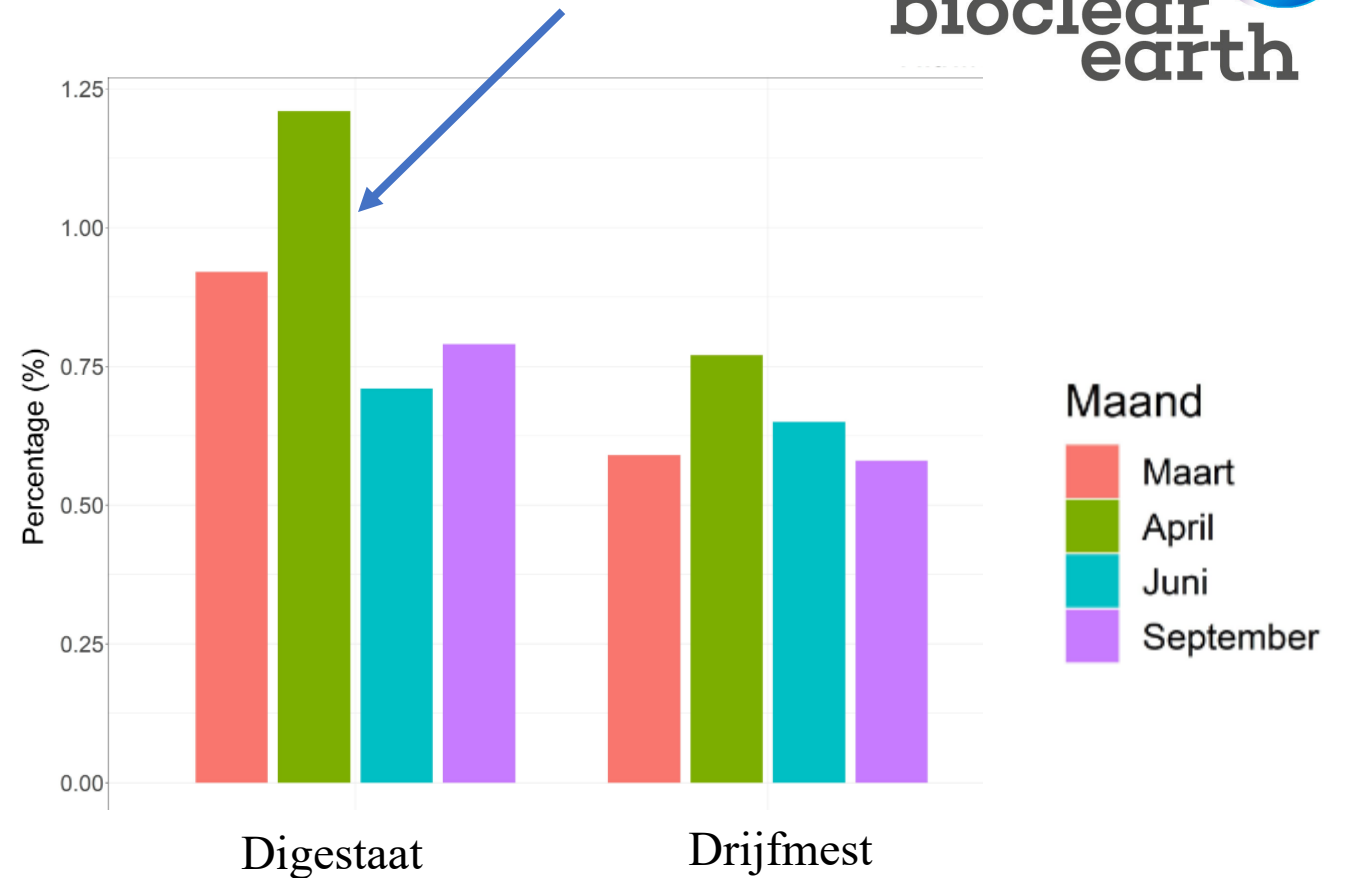




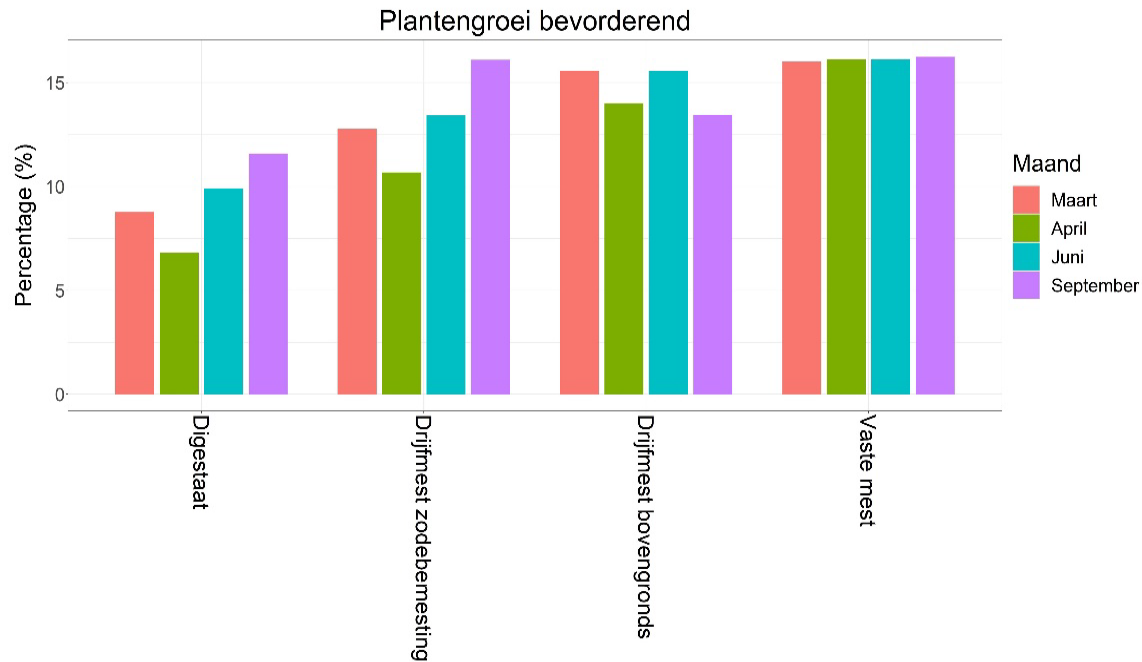
# Nitrificatie

- Bacteriën die ammonium omzetten in nitraat
- Toename nitrificatie na eerste mestgift
- Risico op uitspoeling naar milieu wanneer er meer nitraat is dan plant kan opnemen

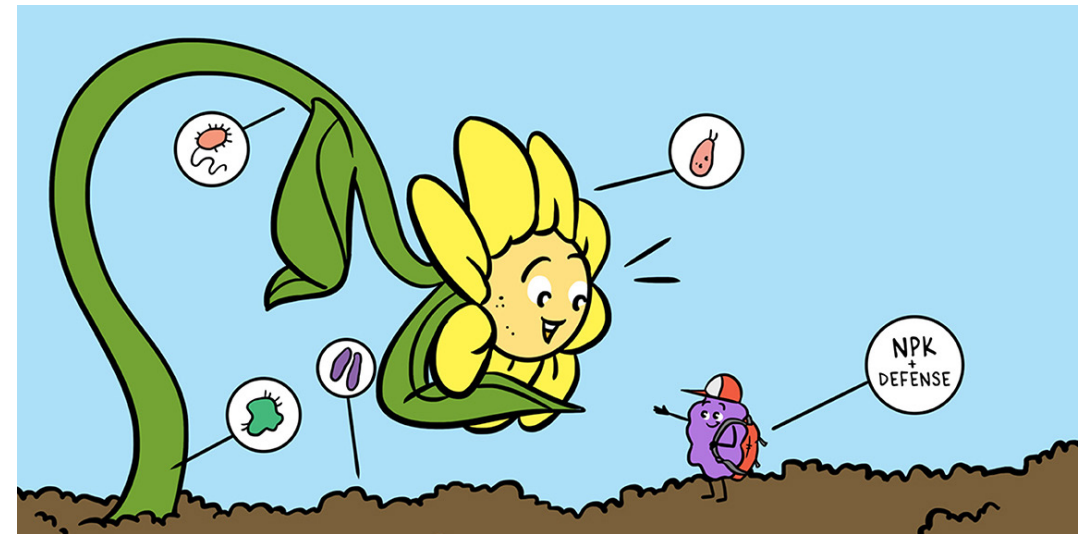
→ Digestaatgift april optimaliseren?



# Plantengroei bevorderende bacteriën



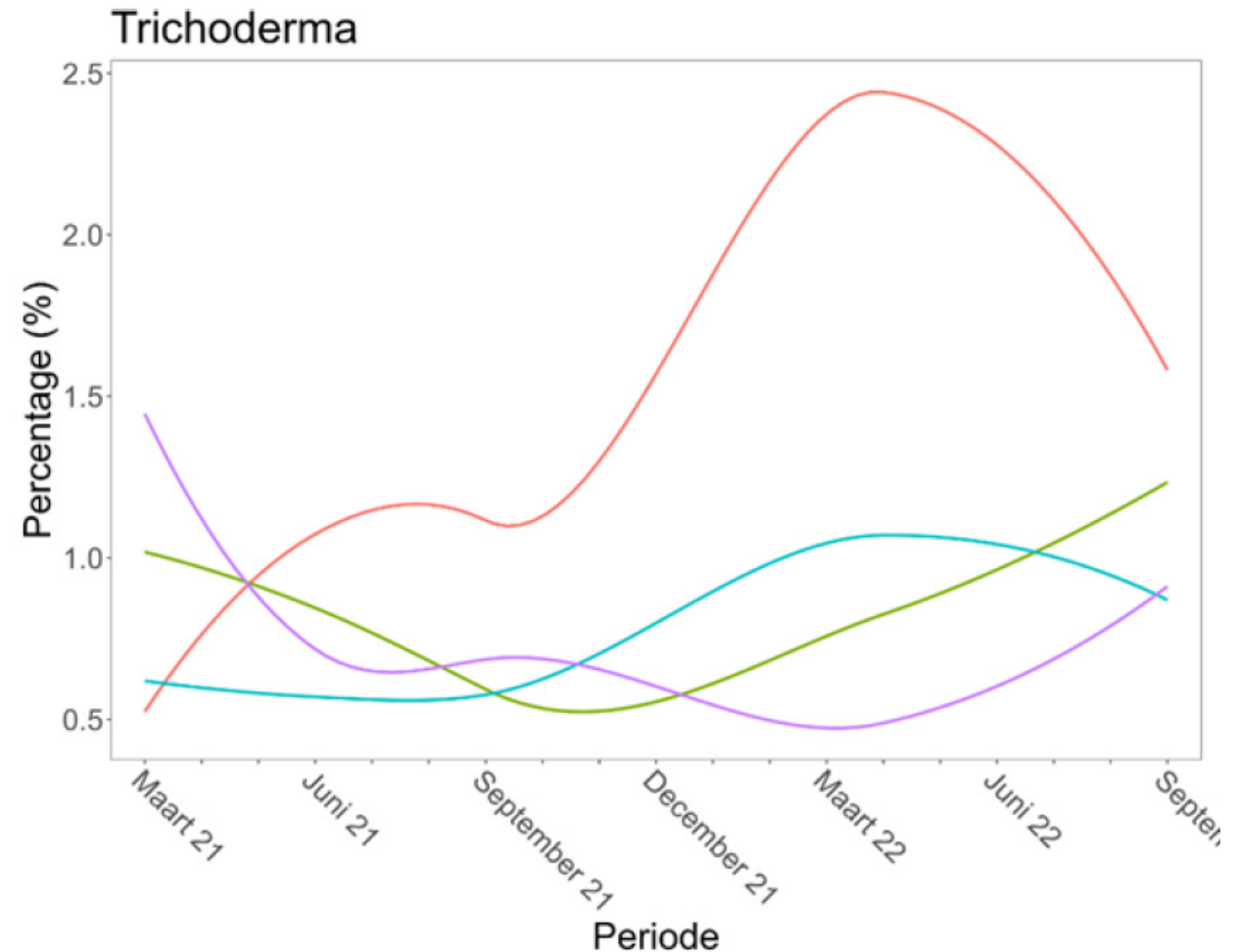
- Meer bij bovengronds bemesten
- Hoogst en meest stabiel bij vaste mest



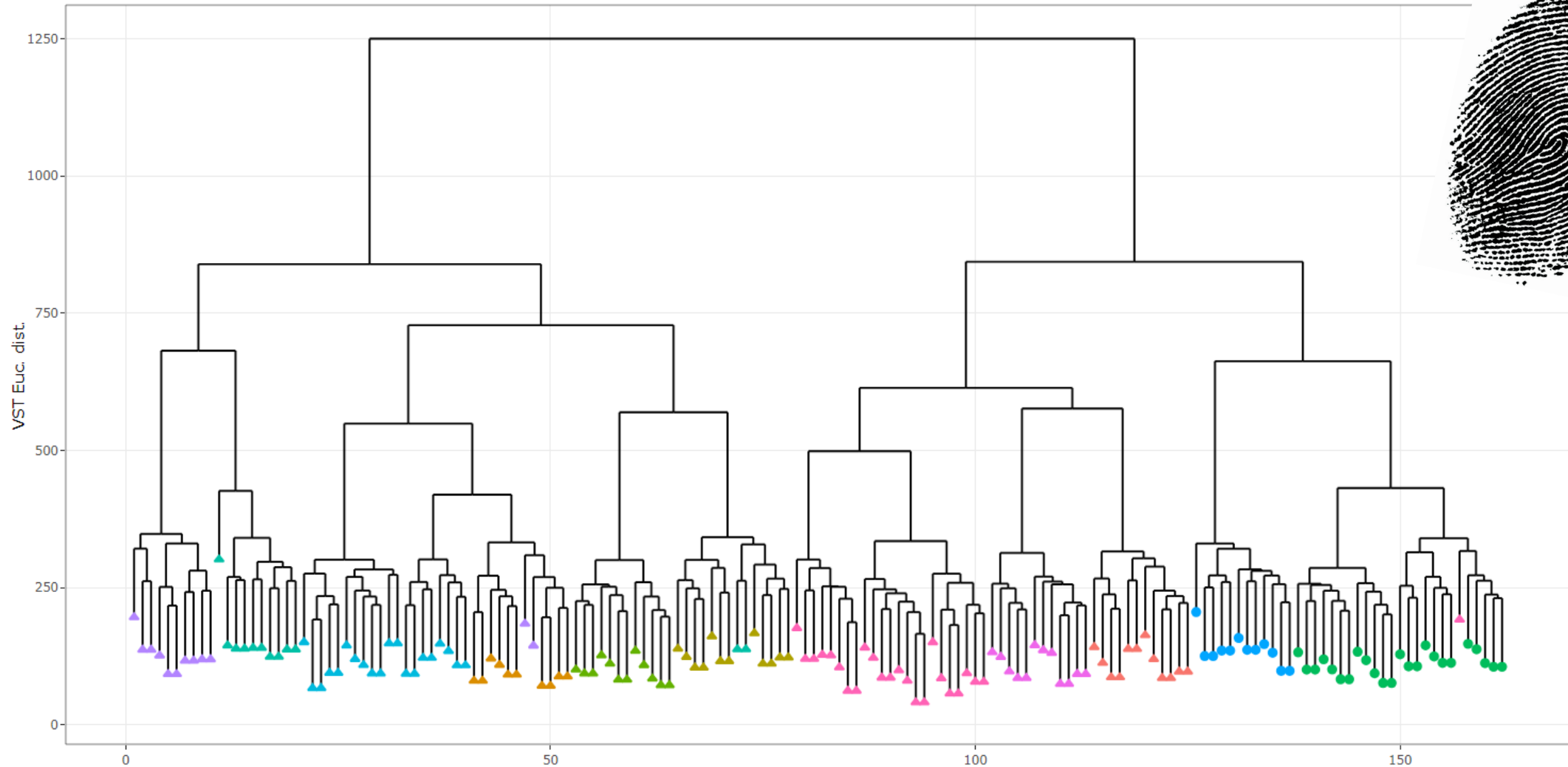


# Wat doet monomest-digestaat met het bodemleven?

- Gemiddeld een even hoge of zelfs hogere biodiversiteit
- Geen introductie van ziekteverwekkers
- Meer nitrificerende bacteriën
- Minder plantgroei bevorderende bacteriën
- Stimulatie van goede schimmels zoals **Trichoderma**



# De microbiële vingerafdruk van het bedrijf





# Take home messages

- Landbouwbodems zijn enorm biodivers
- De bodemmicrobiologie is stuurbaar door bodembeheer
- Organische meststoffen zijn in staat het bodemmicrobioom te beïnvloeden, waaronder bacteriën en schimmels die bekend staan om hun positieve eigenschappen voor planten



**creating with the power of nature**