



CYCLE DE CONFÉRENCES
REGARDS CROISÉS
SUR LE VIVANT EN SOCIÉTÉ

Également en direct sur

▶ MSHSUD.ORG

**Défis
Clés**
OCCITANIE



CYCLE DE CONFÉRENCES REGARDS CROISÉS SUR LE VIVANT EN SOCIÉTÉ

Programme 2024 | 2025

08
OCT

LA SANTÉ DES SOLS, UN OBJET EN CONSTRUCTION

Exceptionnellement en Salle des colloques 1, site Saint-Charles 2, UPV

Alain BRAUMAN (écologie)

Philippe BILLET (droit de l'environnement)

12
NOV

ENTRE BIOLOGIE ÉVOLUTIVE ET ÉCONOMIE EXPÉRIMENTALE REGARD CROISÉ SUR L'ADAPTATION LOCALE DANS LES POPULATIONS HUMAINES

Michel RAYMOND (écologie)

Marc WILLINGER (économie)

10
DEC

LES SFN EN VILLE : DES SERVICES FOURNIS PAR LA NATURE AUX SOLUTIONS FONDÉES SUR LA NATURE ?

Exceptionnellement proposée de 18h à 20h dans le cadre du colloque Biodivoc
« Recherche et gestion de la biodiversité en temps de crises écologiques ».

Joana GUERRIN (sciences politiques)

Bernard KAUFMANN (écologie)

Tous les 2^e mardi du mois de 17h30 à 19h30

et en direct sur [▶ MSHSUD.ORG](https://www.mshsud.org)

14
JAN

PESTICIDES ET SANTÉ DES TRAVAILLEURS AGRICOLES

Nathalie JAS (histoire et sociologie des sciences)

Laurence MAURICE (géochimie environnementale)

11
FEV

AMÉNAGEMENT DES TERRITOIRES ET ZONES HUMIDES LITTORALES QUELLE PLACE POUR LA LUTTE CONTRE LES MOUSTIQUES ?

Stéphane GHIOTTI (géographie)

Raquel GUTIERREZ-CLIMENTE

11
MAR

FAIRE COMMUN AVEC L'AGROBIODIVERSITÉ LES HIATUS ENTRE LA THÉORIE DES COMMONS ET LES OUTILS DE MISE EN ŒUVRE

Mathieu THOMAS (génétique des plantes)

Frédéric THOMAS (histoire des sciences)

08
AVR

GESTION DES ÉCO-ÉMOTIONS FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Arielle SYSSAU (psychologie)

Intervenant à préciser

13
MAI

VIVRE AVEC LES ALGUES VERTES

Alix LEVAIN (anthropologie)

Catherine BLANC (biologie)

Ce cycle de conférences est ouvert à tous les scientifiques (chercheur.euse.s et étudiant.e.s) toutes disciplines confondues. Il est également proposé aux doctorant.e.s dans le cadre de leur formation par les Ecoles Doctorales d'Occitanie (Inscription obligatoire sous ADUM pour les doctorants).



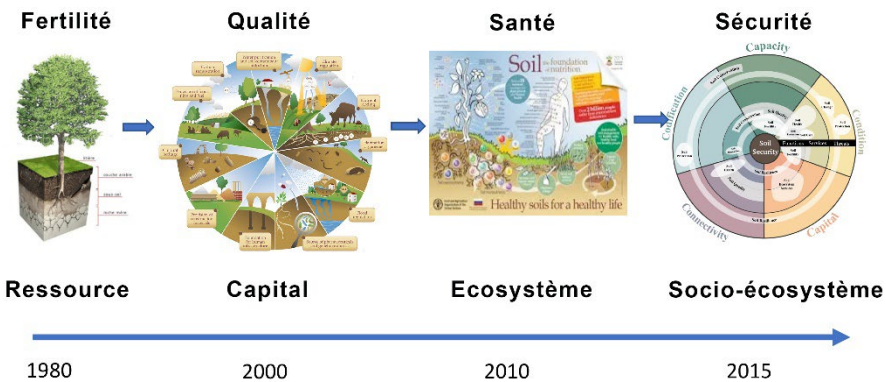


CYCLE DE CONFÉRENCES
REGARDS CROISÉS
SUR LE VIVANT EN SOCIÉTÉ

08
OCT
2024

SÉMINAIRE INAUGURAL

LA SANTÉ DES SOLS, UN OBJET EN CONSTRUCTION



Alain BRAUMAN

Écologue du sol, UMR ECO&SOLS, Montpellier

Philippe BILLET

Professeur de droit à l'Université Lyon 3, Directeur de l'Institut de droit de l'environnement, UMR 5600 – EVS-IDE, Lyon



Notions abordées dans ce regard croisé

C'est quoi un sol ?

Histoire d'une métaphore

Un peu de sémantique

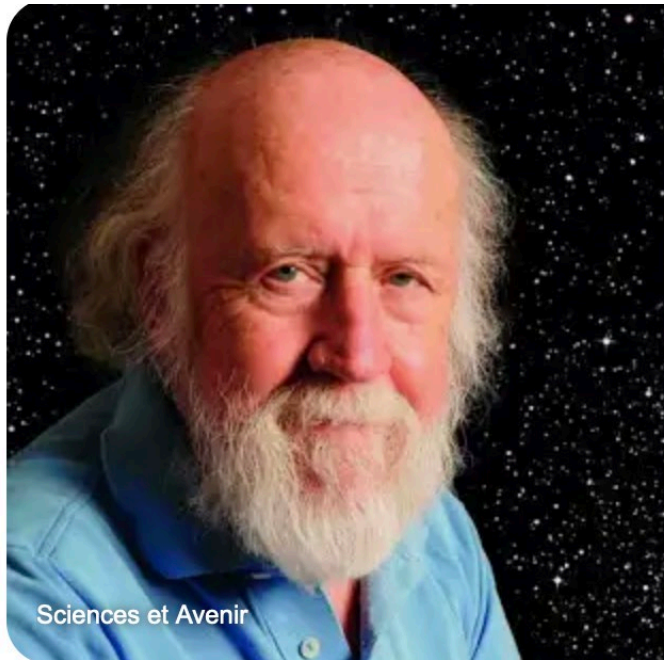
Une notion qui fait débat

Emergence de cette notion dans le champs scientifique et Sociétal

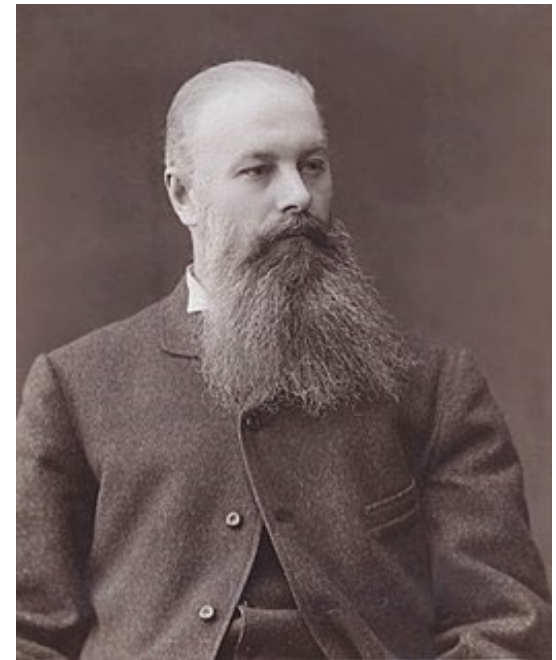
Comment la mesurer ?



Galilée

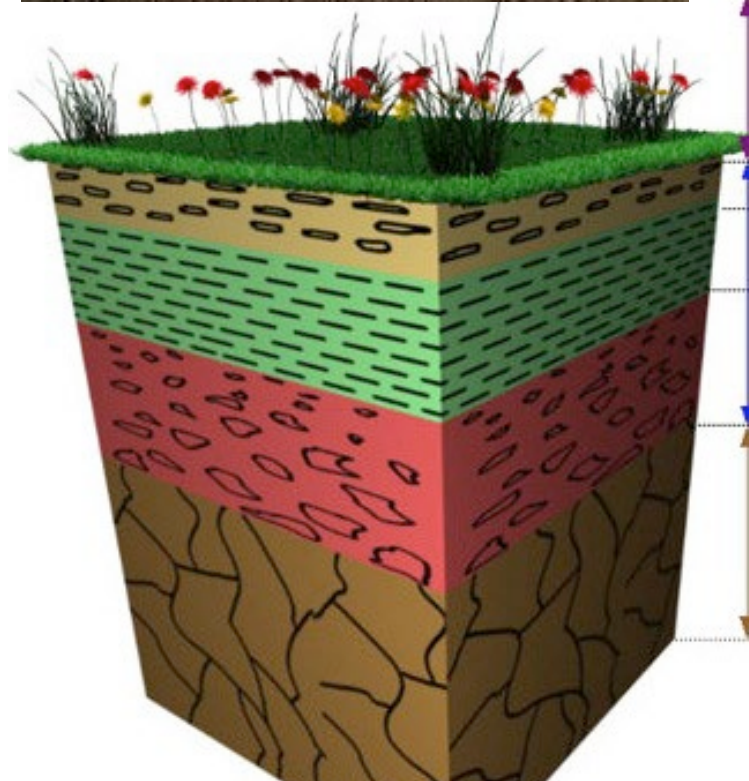


Hubert Reeves



Basil V. Dokuchaev, 1888
Père de la pédologie

C'est quoi un sol ?



Le terme **sol** a plusieurs définitions selon le contexte

Géologique : Formation superficielle résultant de l'altération des roches par l'eau, l'air, les êtres vivants, et de leurs mélanges avec la matière organique

Agriculture : couche arable superficielle considérée pour ses qualités productives

Ecologique : milieu naturel complexe et dynamique essentiel pour la croissance des plantes et qui abrite une riche biodiversité

Juridiques :

- interface entre le dessus et le dessous (552 Cciv)
- *couche superficielle de l'écorce terrestre située entre le substratum rocheux et la surface. Le sol est constitué de particules minérales, de matières organiques, d'eau, d'air et d'organismes vivants* (Dir. 2010/75/UE du 24 nov. 2010 relative aux émissions industrielles)

Sol-surface vs Sol-matière

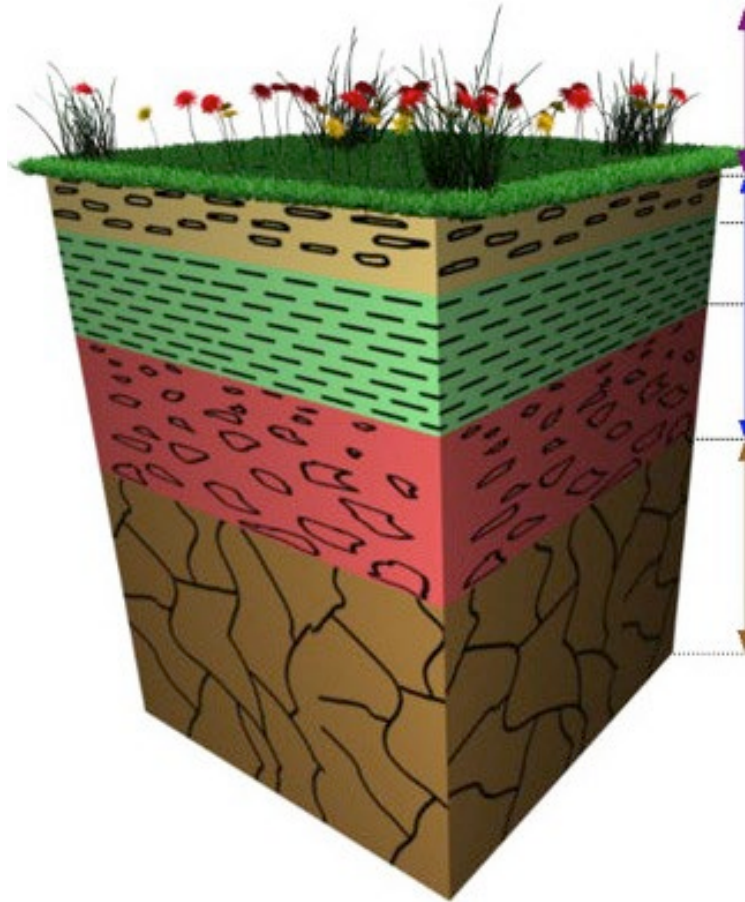


95% de nos aliments



Atténuation climatique

5 ODD (2-Faim 0, 3-Bonne santé,
6- eau propre, 13 CC, 15- vie terrestre



60% de la biod. terrestre



Land Grabbing

De quel sol parle-t-on?



Alain Brauman & Philippe Billet, Oct.2024

Les sols, une ressource vivante à préserver

Sol ou terre ?

Dénomination variable en fonction de la réglementation considérée, qui ne recouvre pas la même réalité d'un texte à l'autre :

- « sol(s) »,
- « terre(s) »,
- « territoire »,
- « surface »,
- « espace »,
- « fonds ».

Déclinent le même sol mais avec angles d'attaque et préoccupations différents, selon qu'il s'agit de valoriser le sol à des fins agricoles, de l'occuper par des constructions, aménagements et ouvrages, de le communautariser en tant que « patrimoine commun de la nation » ou de le publiciser comme circonscription administrative.

Histoire d'une métaphore la santé des sols

Métaphore santé humaine/ santé des sols



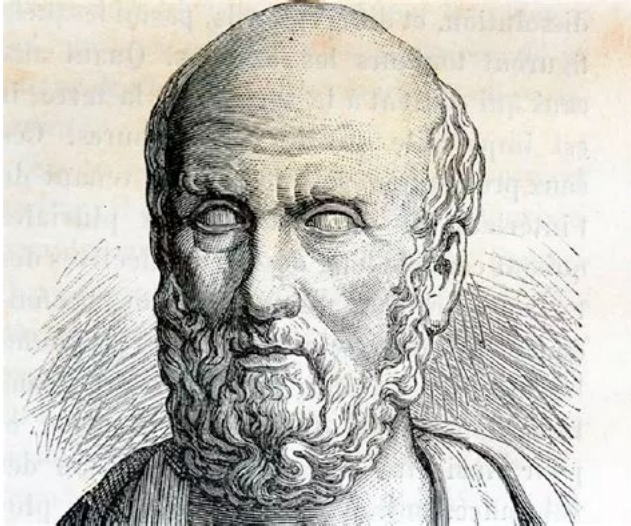
Carbone et nutriments (énergie apportée au sol)

Sol minéral

Sol Organique



La métaphore liant santé humaine et santé des sols est très ancienne



Hippocrate, env. 400av. J-C

*« **La terre est l'estomac des plantes, qui en reçoivent la nourriture sous forme prête à la digestion. Elle possède une quantité immense de forces qui nourrissent les plantes. La fertilité, l'infertilité d'un sol, dépendent (...) de l'humidité nécessaire aux plantes dans un sol donné. Les caractéristiques du sol varient facilement d'un endroit à l'autre»***

Histoire du terme dans la littérature scientifique



Années	Notions mis en avant	Références
1910	Première mention du terme très liée à la fertilité	Thèse de Henry. A Wallace
1930	Intégration de la biologie du sol à ce concept, premiers liens entre santé des sols -santé humaine	Staffort, 1931, Soil health and National wealth, USDA 1936
1940-50	Forte augmentation de la littérature liant santé des sols-santé humaine. Apparition du concept santé des terres par Aldo Léopold	Wrench, 1943 , Picton, 1946, Aldo Leopold, 1944, 1949
1950-60	Première reconnaissance de l'importance des organismes du sol mais le concept reste très fertilité centrée	Tarrant, 1956 ; Keets, 1967
1970-80	Lien santé-fertilité reste majoritaire mais le concept commence à s'élargir et intègre la notion de santé sociétale (des pratiques comme l'agroforesterie sont reconnues comme bénéfiques)	Georges, 1977 ; Jain, 1988 ; Swaminathan, 1987),
90 -2000	Le concept devient plus défini (Doran, Karlen)) se détache de la notion de fertilité. Première distinction qualité-santé et apparition des notions de durabilité et de performance	Acton and Gregorich 1995; Doran et al., 1996, 2000 ; Karlen et al., 1997 : Mausbach et Tugel, 1995
2000-10	Explosion du concept dans la littérature (x 6 des articles). Recherche d'indicateurs. Apparition de la notion de résilience, intégration de nouvelles disciplines (microbiologie et chimie). Dépassement du cadre agricole et intégration de l'espace urbain et milieux naturel	Van Bruggen & Semenov, 2000 ; Neher, 2001 ; Kibblewhite et al., 2008 ; Gregorich et al., 2006 ; Enriqueta Arias et al., 2005; Brevik, 2009
2010-23	Investissement du champs institutionnel (création du « Soil Health Institute », « Soil Health Division » à l'USDA etc.). Définition institutionnelle du concept par USDA. Apparition de la notion de « Soil Security » et de « One Health »	Soil health Institute, 2016 ; Stott, et Moebius-Clune. 2017 ; McBratney et al., 2014, Brevik et al., 2017

Première prise de conscience politique de l'importance des sols



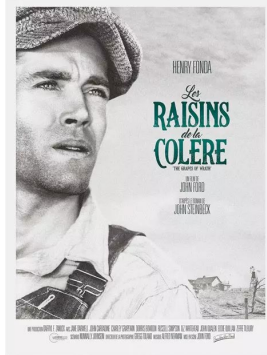
« Une nation qui détruit ses sols s'autodétruit (*A nation that destroys its soils destroys itself*). »

— président américain Franklin Delano Roosevelt,
1937¹

Le dust bowl : preuve grandeur nature de l'impact des pratiques agricoles sur le sol



Une crise écologique qui a entraîné une des plus grandes crises sociales aux EU



Cette période a profondément marqué l'écologie scientifique nord-américaine.



Aldo Leopold (1944, 1949) a introduit le concept de «santé des terres »

En France, le sol devient un « milieu vivant » dans les années 30

Père de l'écologie microbienne des sols

A découvert le
concept
d'autotrophie
microbienne et
le cycle de
l'azote (fixation,
nitrification)



1856- 1953 :
Sergei Winogradski
Resp. Microbiologie agricole Inst. Pasteur



1881-1954
Albert Demolon
Fondateur de l'AFES
A fondé la pédologie française

**Pour Demolon, le
sol n'est pas un
simple support ou
un milieu chimique
pour les plantes;
c'est un milieu
vivant**

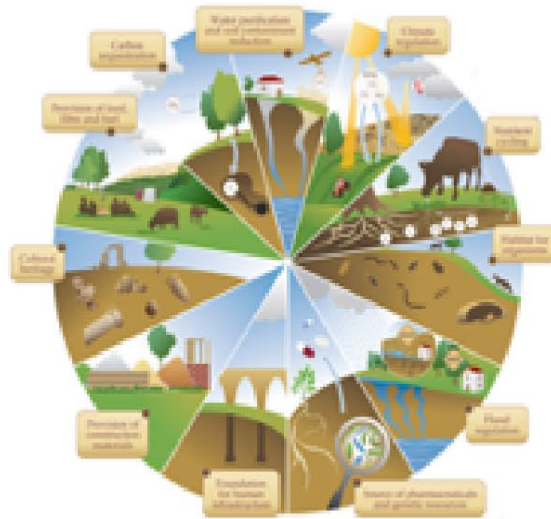
Cette histoire est fait d'oublis et d'absences ! de sciences non produites et de mobilisations sociales

Forte évolution de notre perception du sol depuis les années 70

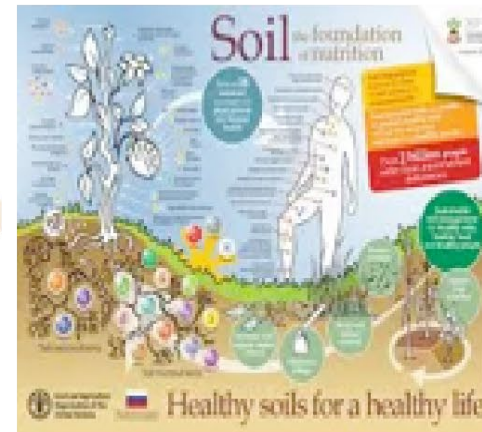
Fertilité



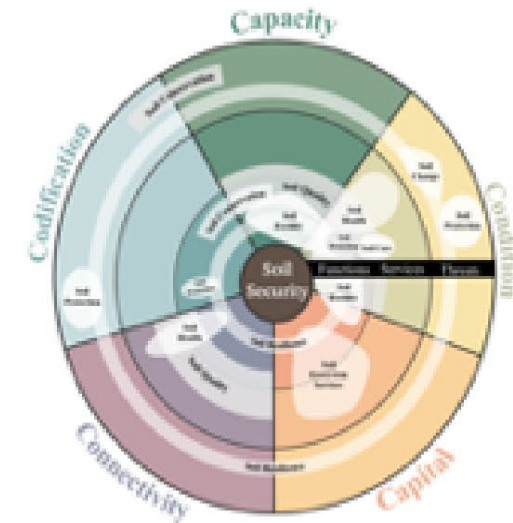
Qualité



Santé



Sécurité

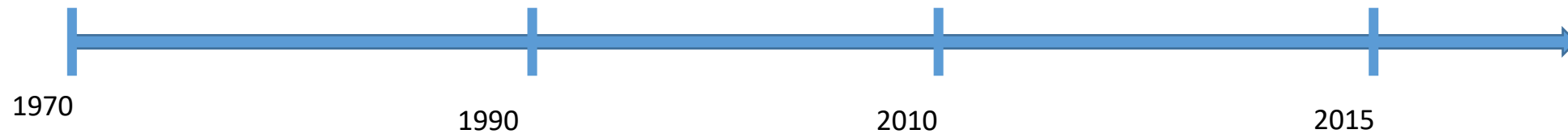


Ressource

Capital

Ecosystème

Socio-écosystème



Le sol « malade » envahit l'espace juridique

« Sol affecté » comme seul objet de préoccupation du droit

. Sols pollués en droit de l'environnement

*La prévention et la remédiation de la pollution des sols comprennent des mesures destinées à atténuer les effets des processus de dégradation des sols, à mettre en sécurité des sites dont les sols présentent, en surface ou dans le substratum rocheux, des substances dangereuses et à remettre en état et **assainir les sols** dégradés de manière à leur restituer un niveau de fonctionnalité au moins compatible avec les intérêts (de santé humaine et d'environnement), au regard de leur utilisation effective et de leur utilisation future autorisée.*

• Sols pollués en droit rural

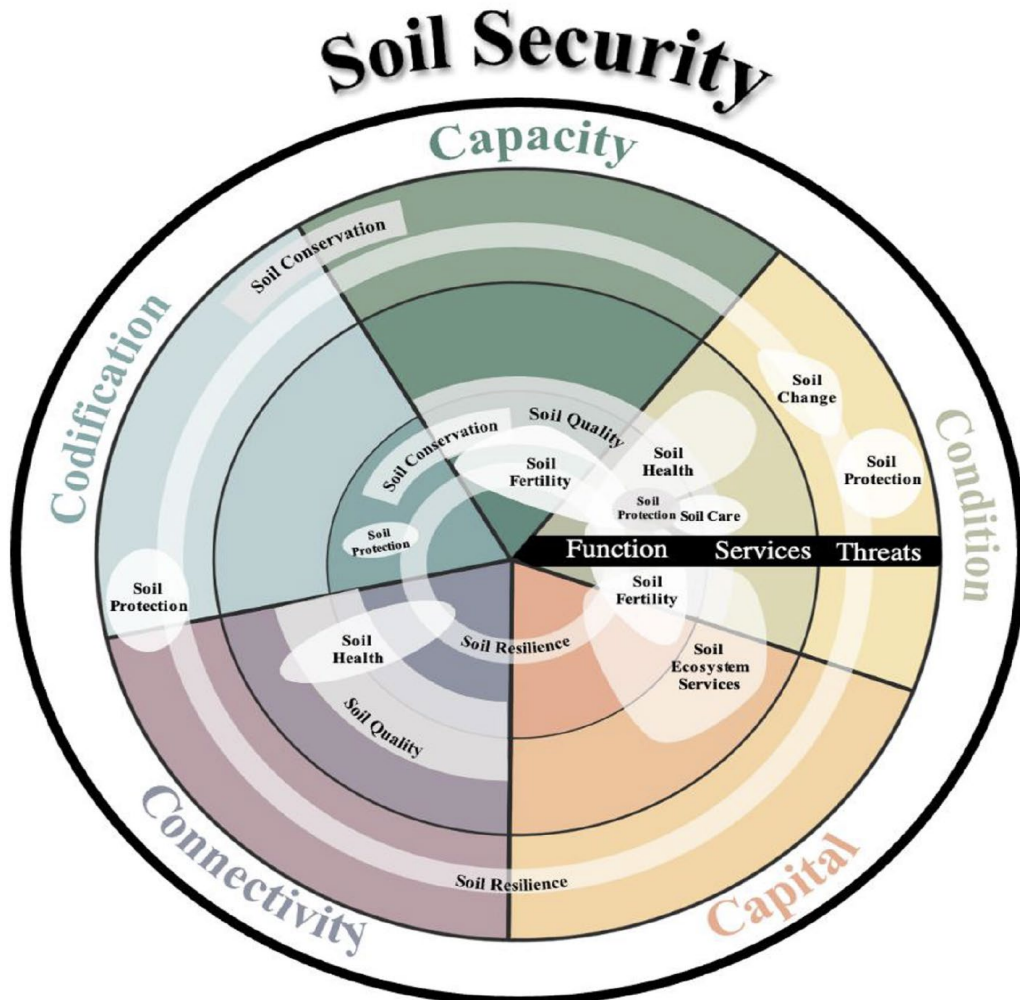
Cause de rupture anticipée du bail rural : agissement de nature à compromettre la bonne exploitation du fonds (eg : épuisement du sol)

• Sols pollués en droit civil

Cause de responsabilité civile (de droit commun ou trouble anormal de voisinage)

Schéma supposé intégrateur de toutes les concepts évoqués

Soil Security 10 (2023) 100086



Condition : ce que le sol est

Capacity : ce que le sol fait

Capital : ce que le sol vaut (économique)

Connectivity : ce que le sol vaut (valeur accordée au sol par la société)

Codification : Comment le sol est « gouverné » (dimension politique et jeux d'acteurs qui influencent son utilisation et sa réglementation)

Commentaire : notion intéressante car intègre la dimension sociale, juridique et politique mais notion encore très complexe) qui nécessite le développement d'un volet opérationnel

Evolution qui traduit aussi un changement d'échelle

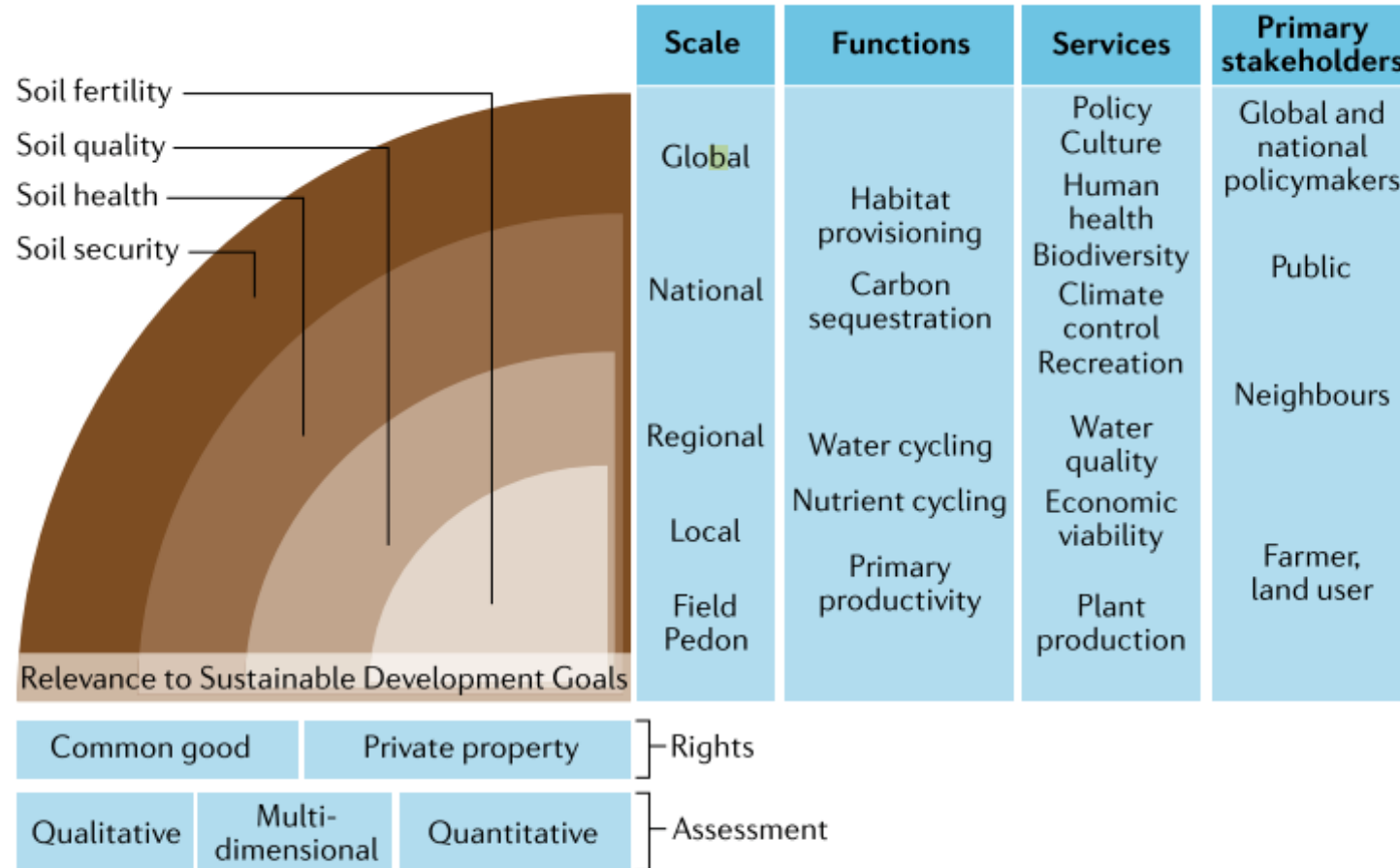


Fig. 1 | **Soil fertility, quality, health and security.** The concepts vary by what relevant spatial scales, functions, ecosystem services and stakeholders they capture (listed as nested concepts on the right of the figure). The concepts also differ in the view of soil rights and assessments. Soil health encompasses a broad range of ecosystem functions, services and actors, impacting a wide array of sustainability goals. The five functions listed here impact overall soil-ecosystem services^{3,4,6}

Vous reprendrez bien un peu de sémantique

Définition de la santé des sols

Soil health is the capacity of soil to function as a vital **living system**, within ecosystem and land-use boundaries, to sustain plant and animal productivity, maintain or enhance water and air quality, and promote plant and animal health.

(Doran et al., 2000)

The continued capacity **of soil to function** as a vital living ecosystem that sustains plants, animals, and humans

USDA, NRCS, Lehmann, 2020

Definitions from the SIREN & SERENA projects

Soil Health is the **current capacity** of a soil to function as a vital living system, within natural or managed ecosystem boundaries and land-use boundaries, to sustain plant and animal productivity and health, maintain or enhance water and air quality, and to further provide ecosystem services on the long-term without (increased) trade-offs between ecosystem services.

Adapted, from SIREN final report (Faber et. al., 2022)

- 1- Met l'accent sur la mesure de fonctions et services
- 2- Sur la réalité du fonctionnement et pas sa potentialité
- 2- Sur les limites à la fois de l'écosystème sol et celles liées à l'usage
- 3- Inclut la notion de résilience (services écosystémiques sur le long terme)

Définition “provisoire” de la santé des sols

«santé du sol» : *l'état physique, chimique et biologique du sol qui détermine la capacité de celui-ci à fonctionner comme un système vivant essentiel et à fournir des services écosystémiques*

(projet de directive relative à la surveillance et à la résilience des sols)

Avec une finalité

Instaurer un cadre de surveillance solide et cohérent pour tous les sols de l'Union et à favoriser une amélioration constante de la santé de ces derniers en vue de parvenir à un bon état de santé des sols d'ici à 2050 et de les maintenir dans cet état, afin qu'ils puissent fournir différents services écosystémiques à une échelle suffisante pour répondre aux besoins environnementaux, sociétaux et économiques, prévenir et atténuer les effets du changement climatique et de la perte de biodiversité, accroître la résilience face aux catastrophes naturelles et en matière de sécurité alimentaire, et afin de réduire la contamination des sols à des niveaux qui ne soient plus considérés comme nocifs pour la santé humaine et l'environnement

1^{er} problème : « Soil Quality » et « Soil Health » sont employés indistinctement dans la littérature

Qualité des sols

« *The capacity of a specific kind of soil to function, within natural or managed ecosystem boundaries, to sustain plant and animal productivity, maintain or enhance water and air quality, and support human health and habitation* » (Karlen et al. 1997).

Santé des sols

« *The continued capacity of soil to function as a vital living system, within ecosystem and land-use boundaries, to sustain biological productivity, promote the quality of air and water environments, and maintain plant, animal and human health* ». Doran et Safley (1997)

La qualité et la santé des sols sont toutes les deux liées à la *capacité des sols à fonctionner ! (et à produire des services)*

Bilan...



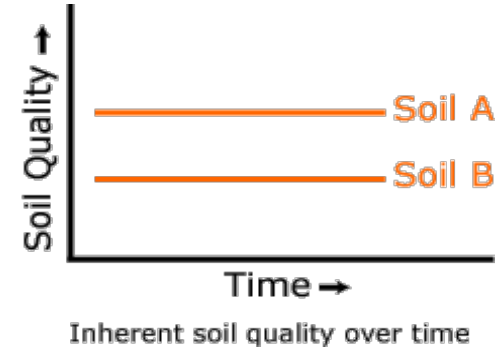
Entre définitions aux limites floues et critiques, que faire avec ces notions ?

Pourquoi ne pas les redéfinir ?

Une proposition..

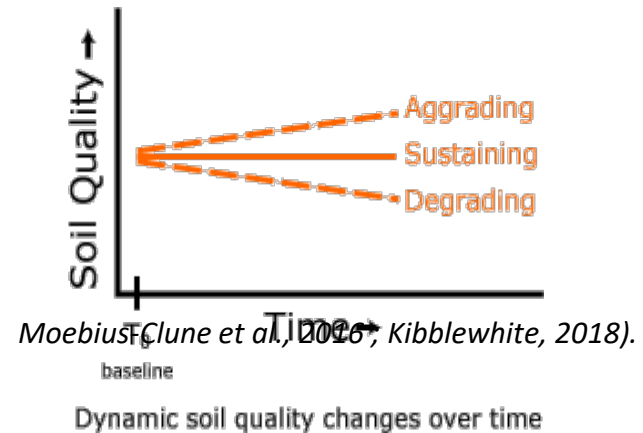
- **Qualité** : liée aux propriétés inhérentes du système sol

Texture, profondeur, type d'argile, CEC, et classe de drainage



- **Santé** : liée aux propriétés dynamiques du système sol (et impactées par les pratiques)

MO, structure du sol, infiltration, densité apparente, quantité de nutriments, maintien de la biodiversité

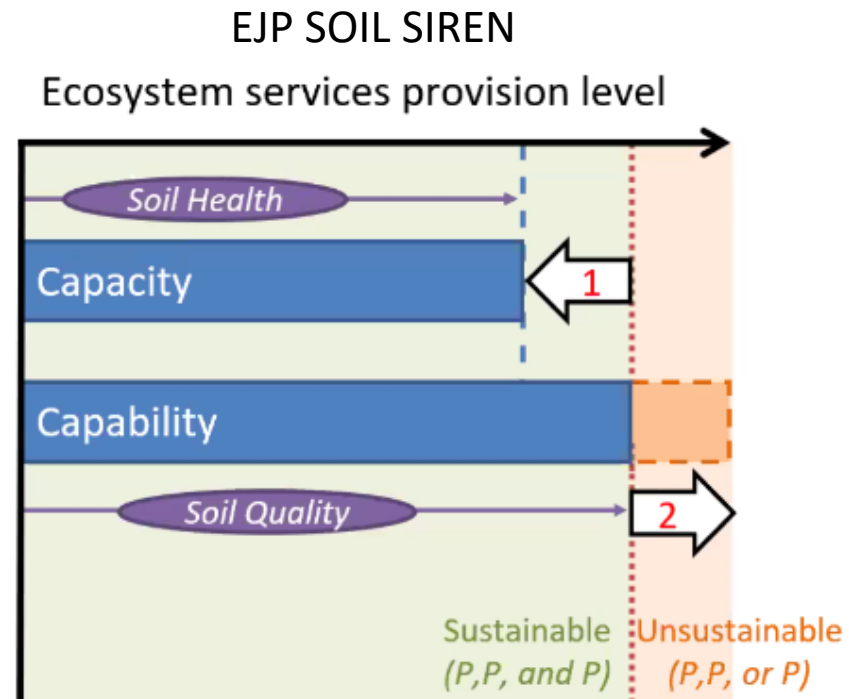
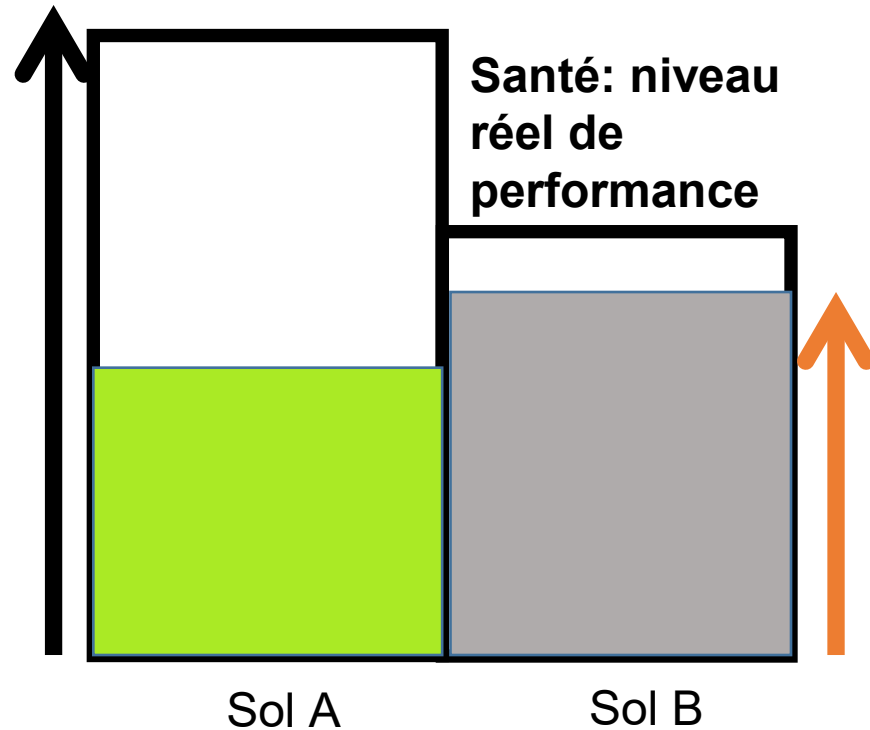


Des mesures qui seraient complémentaires

Qualité des sols = potentialité intrinsèque du sol à fournir des services à partir de ses fonctions

Santé des sols = performance ou fonctionnement réel du sol relatif à son potentiel

Qualité : niveau potentiel de performance



Comment inclure l'utilisateur dans cette définition ?

Niveau potentiel de la fonction = qualité

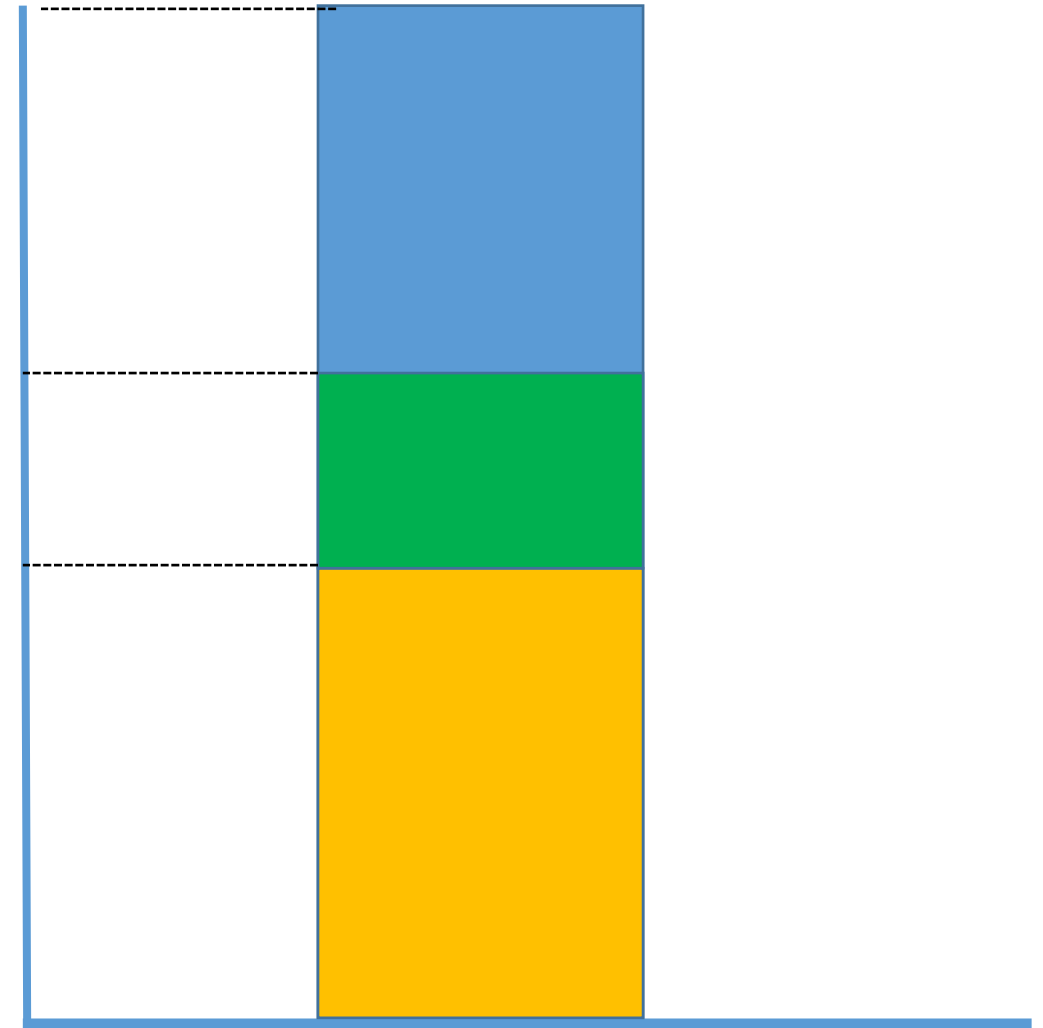
Niveau « souhaité »
de la fonction



Niveau réelle de la fonction = santé

Peut être perturbé, modifié ou amélioré par l'utilisateur

Niveau de la fonction



Deux visions de la mesure de santé-qualité des sols

Vision monitoring qualité

Echelle	Régional à Nationale
Objectif	Niveau de dégradation des sols
Temporalité	Décennale
Indicateurs	Propriétés pérennes
Référentiel	National (RMQS), international (LUCAS)
Type d'impact	Menaces (érosion, salinisation)

Vision terrain santé

Locale (Exploitation agricole / commune)
Niveau fonctionnel
Annuelle
Propriétés dynamiques
Locale, approche comparative
Usages, pratiques

Pas de consensus non plus sur le mot fonction !

- (Seybold et al., 1998) – ***c'est ce que fait le sol !*** *soil functions refer to "what the soil does" i.e., intrinsic processes occurring in soils irrespective of any human interest".*
- Helming et al. (2018) proposent une définition liant fonctions et services : "*soil functions are **the linkage from soil systems' processes to the valuation of performance or their services in the context of sustainable development.***".
- Bunemann et al. (2018) reprennent une proposition de **Kibblewhite et al. (2008)** et proposent de considérer **les fonctions comme des bouquets de processus**
- **Le code de l'environnement propose : les services écologiques, c'est-à-dire les fonctions assurées par les sols**
- **4 possibilités** (Jax et al., 2005)
 - 1. Les fonctions sont des processus
 - 2. Les fonctions sont « ce qui permet à un système de fonctionner »
 - 3. Les fonctions sont des « rôles »
 - 4. Les fonctions sont des « services »

Sélection des fonctions par le droit !

- **Caractère tardif**

- Loi sur la responsabilité environnementale (1^{er} août 2008)
- Loi Biodiversité (8 août 2016)
- Loi Climat et résilience (22 août 2021)
- Loi APER (Accélération de la production d'EnR) (10 mars 2023)

- **Morceaux choisis**

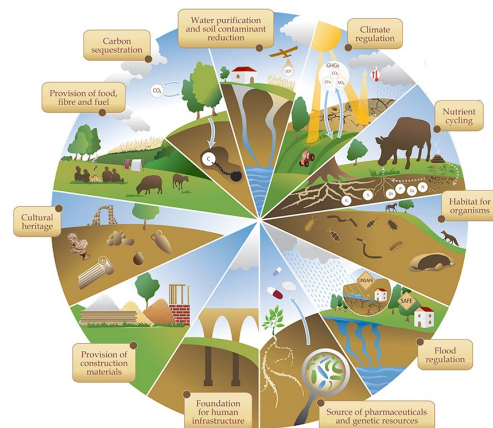
- Les ORE ont pour finalité le maintien, la conservation, la gestion ou la restauration d'éléments de la biodiversité ou de **fonctions écologiques**.
- L'artificialisation est définie comme l'altération durable de tout ou partie des **fonctions écologiques d'un sol**, en particulier de ses **fonctions biologiques, hydriques et climatiques**, ainsi que de son **potentiel agronomique par son occupation ou son usage**
- La renaturation d'un sol, ou désartificialisation, consiste en des actions ou des opérations de **restauration ou d'amélioration de la fonctionnalité** d'un sol, ayant pour effet de transformer un sol artificialisé en un sol non artificialisé.

Il n'y a pas consensus sur le nombre de fonctions fournis par les sols

L'Europe en compte 7 (Liste de la commission européenne, 2006)

- **Food and biomass production** (*biomass production, including agriculture and forestry*)
- **Storing, filtering, transformation** (*storing, filtering and transforming nutrients, substances and water*)
- **Habitat and gene pool** (*biodiversity, such as habitats, species and genes*)
- **Physical and cultural environment for mankind** (*physical and cultural environment for humans and human activities*)
- **Source of raw material** (*source of raw material*)
- **Carbon pool** (*acting as carbon pool*)
- **Geological and archeological archive** (*archive of geological and archeological heritage*)

La FAO 11



Infographie de la FAO (2015) Philippe Billet, Oct.2024.

Santé des sols

Une notion qui fait débat

La santé des sols : un concept qui fait débat au sein de la communauté scientifique

SOIL HEALTH

The Theory of Everything (Terrestrial) or Just another Buzzword?

Soil Biology and Biochemistry 159 (2021) 108167



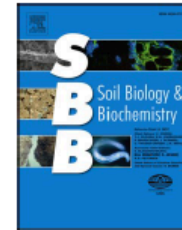
Richard Dick
SSSA President
dick.78@osu.edu
614-247-7605



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Soil Biology and Biochemistry

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/soilbio>



The 'soil health' metaphor: Illuminating or illusory?

H. Henry Janzen^{a,*}, David W. Janzen^b, Edward G. Gregorich^c

Published November 1, 2018

Agricultural &
Environmental
Letters

Research Letter

What We Talk about When We Talk
about Soil Health

Ryan D. Stewart,^{*} Jinshi Jian, Ayush J. Gyawali, Wade E. Thomason,
Brian D. Badgley, Mark S. Reiter, and Michael S. Strickland

e Billet, Oct.2024.

La santé des sols à la croisée des chemins

Philippe C. Baveye

(2021 Soil Use and Management)

Critiques scientifiques de la notion

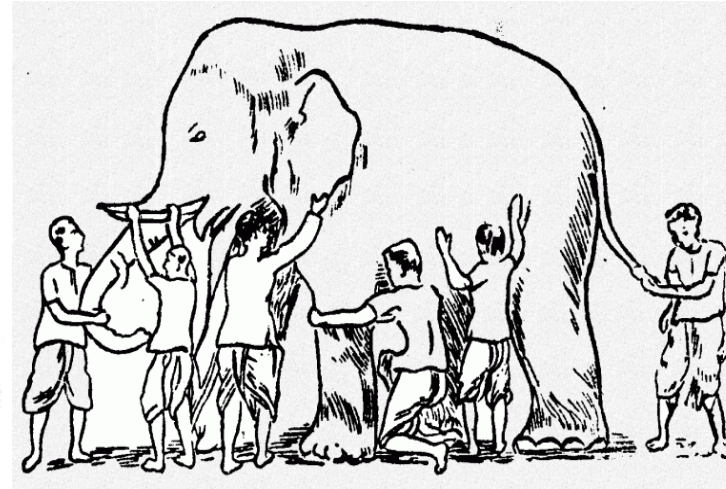
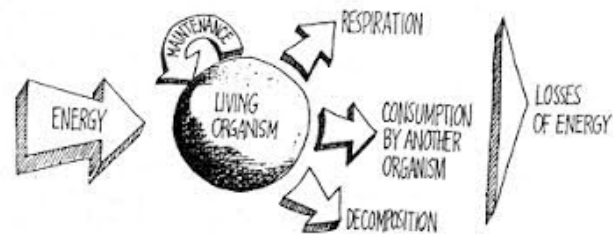
- Concept plus métaphorique que scientifique : la santé des sols n'est ni définie ni mesurable (Baveye, 2021)
- Notion plus conceptuelle qu'opérationnelle : Lehmann et al. (2020) suggèrent que « les chercheurs devraient considérer la santé des sols **comme un principe primordial** auquel apporter des connaissances, plutôt que comme une propriété à mesurer ».
- Concept vitaliste réservé au vivant : le sol n'est pas un supra-organisme ! (Harris et al., 2022)
- Terme qui néglige la composante abiotique des sols « Soil health – It's not all biology » de Coyne et al., 2022)
- Terminologie simplificatrice et anthropomorphique qui ne prend pas en compte la complexité du système sol (« The theory of everything or just another buzz word » Dick et al., 2018)
- Notion subjective trop liée aux usages agricoles (est-ce qu'un sol non ou faiblement anthropisé est en bonne santé par essence ?)
- Notion qui néglige les menaces et la composante sociale des terres (d'où l'émergence du concept de sécurité des sols) (McBratney et al 2014. Evangelista, S., 2022)

Intérêt de cette métaphore (Janzen et al., 2021)

- Constat : la santé des sols demeure **une métaphore** et pas une **construction scientifique per se**.
 - Elle entraîne aussi des fausses vérités (sols morts /vivants etc.)
- Pourtant
 - Ce terme est adossé à un corpus scientifique (définition, construction d'indicateurs, articles séminaux etc..)
 - Les métaphores font partie de :
 - Histoire de la science : trou noir, effet de serre , point de bascule
 - Science du sol : fertilité – qualité empreinte carbone etc..
 - Avantage des métaphores
 - permettent de décrire des notions complexes
 - Permettent un dialogue inter sectorielle

La question importante est de savoir si cette métaphore peut produire de la bonne science (qui produira d'autres métaphores)

La santé des sols prend en compte la complexité du sol



texte bouddhiste *Udana 6.4*⁴

Complexité vient de complexus (ce qui est tissé ensemble)

Le vrai problème c'est que nous avons **trop appris à séparer** alors qu'il vaut **mieux apprendre à relier** (Edgar Morin)

La santé des sols: une métaphore propice au dialogue des connaissances

➤ Une notion familière pour les agriculteurs et agricultrices

« C'est facile, le sol est comme le corps humain, il faut lui donner un peu de tout, personne ne peut manger que du jambon ! » (Père de A., décembre 2015)

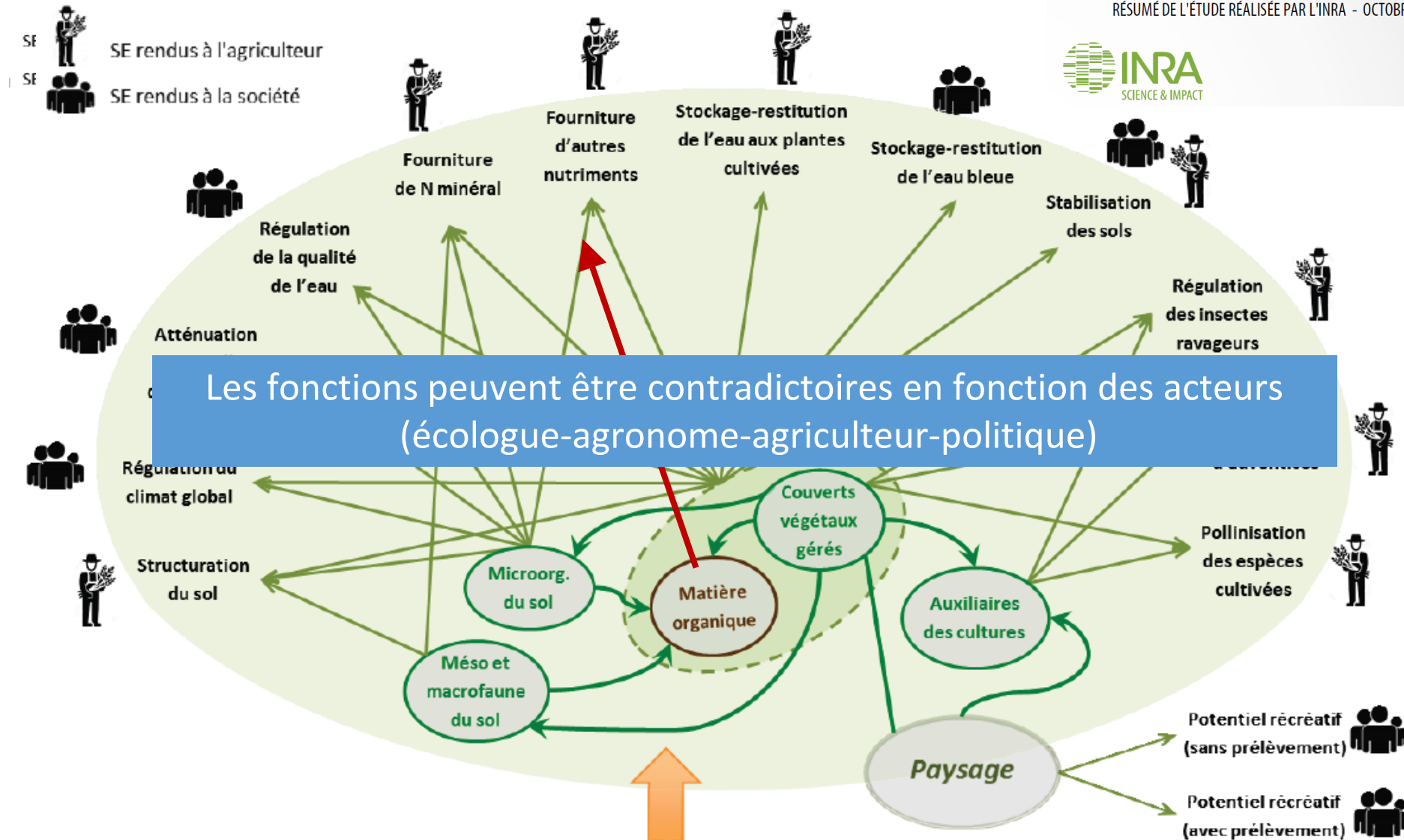
« Fort ça veut dire... La terre est comme une personne. Une personne faiblarde, une personne comparée à une autre personne forte, non ? [...] Eh bien, elle peut supporter, avec du poids, avec ... Cela arrive à la terre. Si la terre est trop faible, les plantes seront faibles. » (M. décembre 2013)

Thèse de Lola Richelle, 2019

Vision fonctionnaliste : quelles fonctions et /ou services choisir ?

UNE CONTRIBUTION AU PROGRAMME EFESÉ

RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE RÉALISÉE PAR L'INRA - OCTOBRE 2017



Notions difficilement objectivables



Sol de bonne qualité ou en bonne santé ?

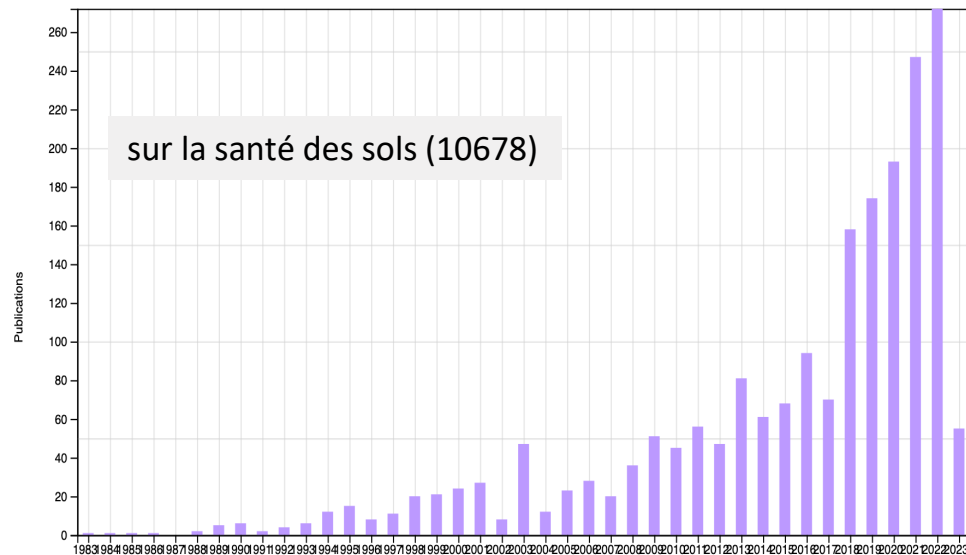
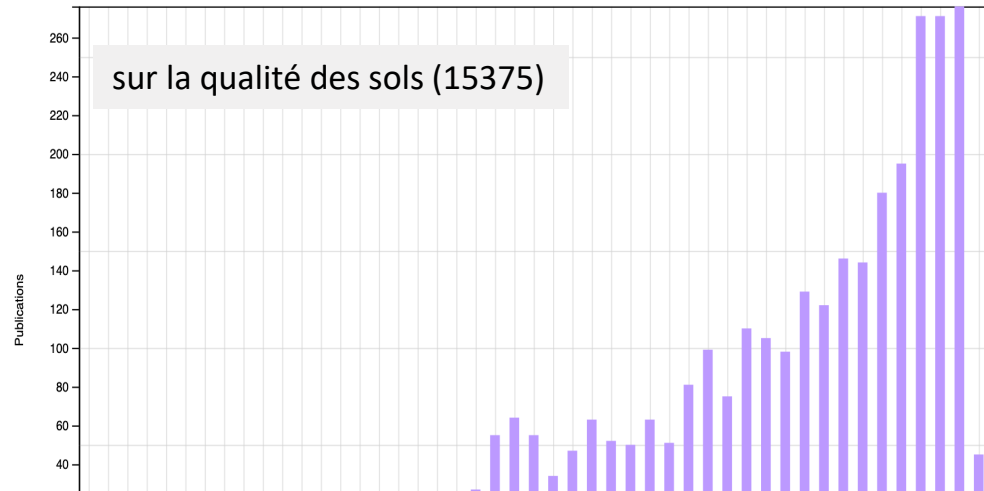
De quels acteurs parle-t-on ?



Emergence de la notion dans le champ scientifique-sociétal et politique

Emergence de la notion dans le champ scientifique préoccupation récente

Evolution du nombre d'article depuis 2000 dans le Web Of Science



Publications

Alain Brauman & Philippe Billet, Oct.2024.

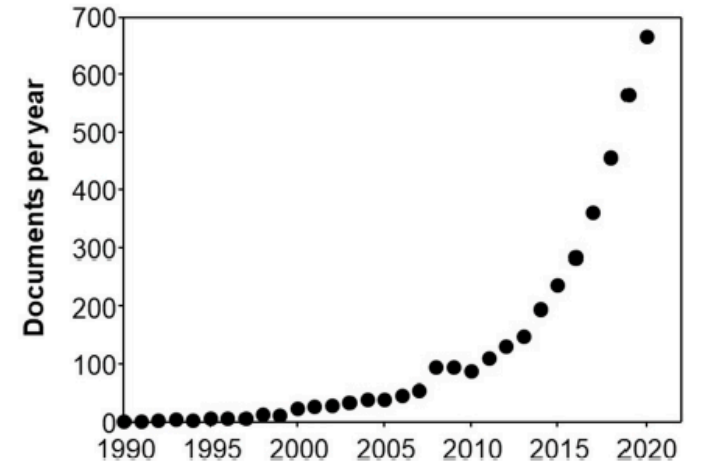


Fig. 1. Number of documents with “soil health” in title, abstract, or keywords, based on Scopus analysis (as on 21 January 2021).

From Janzen et al., 2021

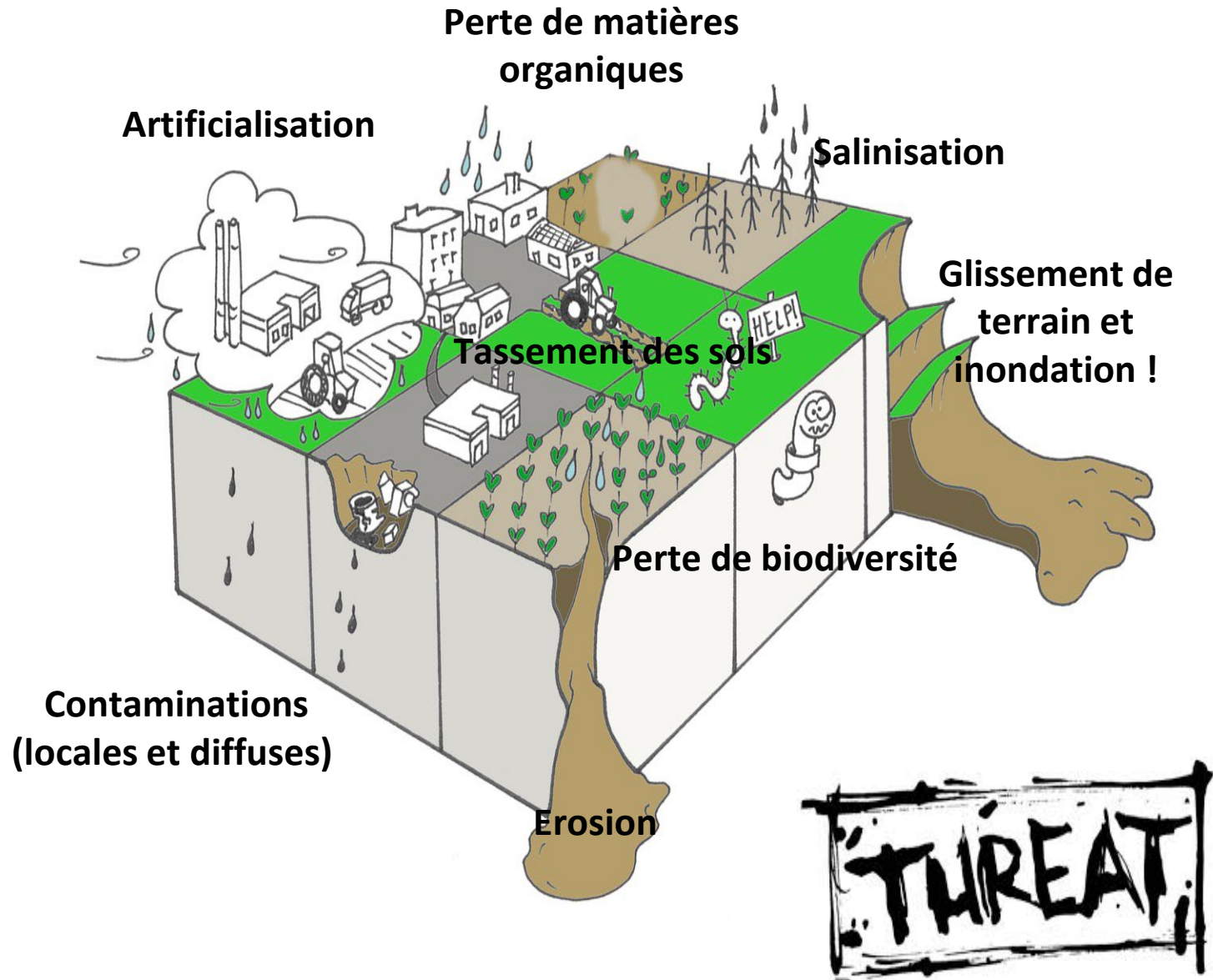
Emergence récente de l'importance des sols au niveau sociétal

Sols, Agricultures, Terres envahissent l'agenda

D'après JL Chotte



Emergence liée à un constat de fortes menaces sur les sols !



- 20 à 40 % des sols mondiaux sont dégradés (70% en Europe),
- 90 % pourraient l'être d'ici 2050
- 70% de la perte de la biodiversité terrestre est liée à l'agriculture

Source : United Nations Convention to Combat Desertification, 2022

Et politiquement très très très récente !



The commitment in the EU Soil Strategy



- By 2050, all EU soil ecosystems are in **healthy condition** and are thus more **resilient**, which will require very **decisive changes** in this decade.
- By then, **protection, sustainable use and restoration of soil** has become the norm.
- Healthy soils are an essential part of the **solution** to achieve **climate neutrality**, a clean and **circular economy**, revert **biodiversity loss**, safeguard **human health**, halt **desertification** and revert **land degradation**.

Alain Brauman & Philippe Billet, Oct.2024.

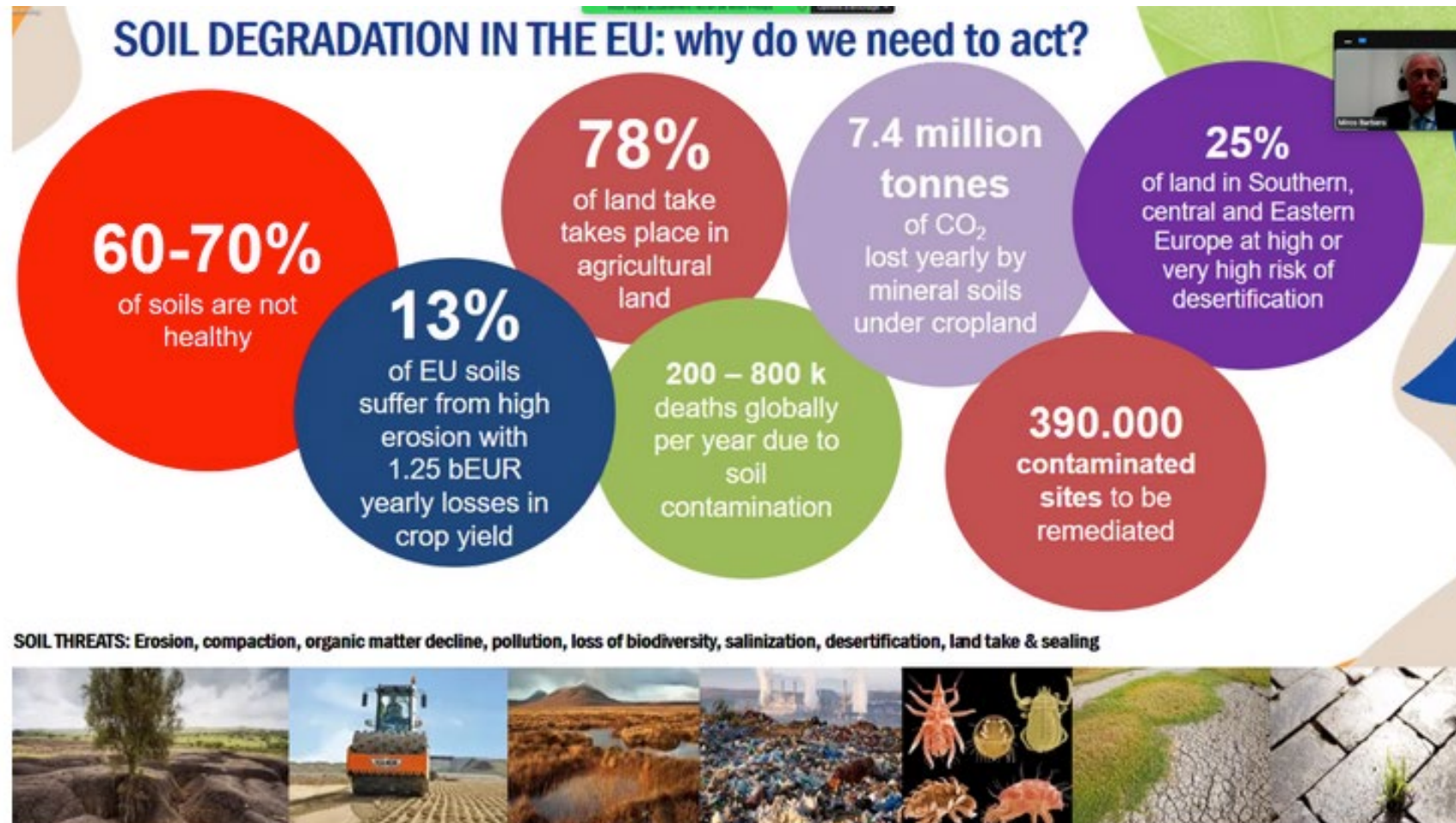
on 5th July 2023, the EU proposed a new [soil monitoring law](#) to protect and

Et juridiquement très très très ambiguë !

Promotion de l'environnement « sain » : *« chacun à le droit de vivre dans un environnement équilibré et respectueux de la santé »*

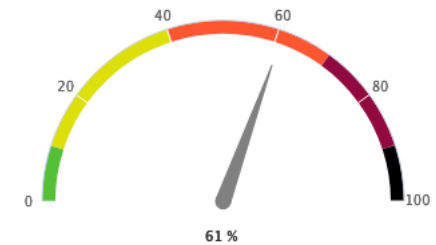
Promotion d'un sol respectueux de la santé : *« Constituent des dommages causés à l'environnement au sens du présent titre les détériorations directes ou indirectes mesurables de l'environnement qui créent **un risque d'atteinte grave à la santé humaine du fait de la contamination des sols** résultant de l'introduction directe ou indirecte, en surface ou dans le sol, de substances, mélanges, organismes ou micro-organismes »*

Une loi d'évaluation de la qualité des sols plus qu'une loi sur la santé des sols

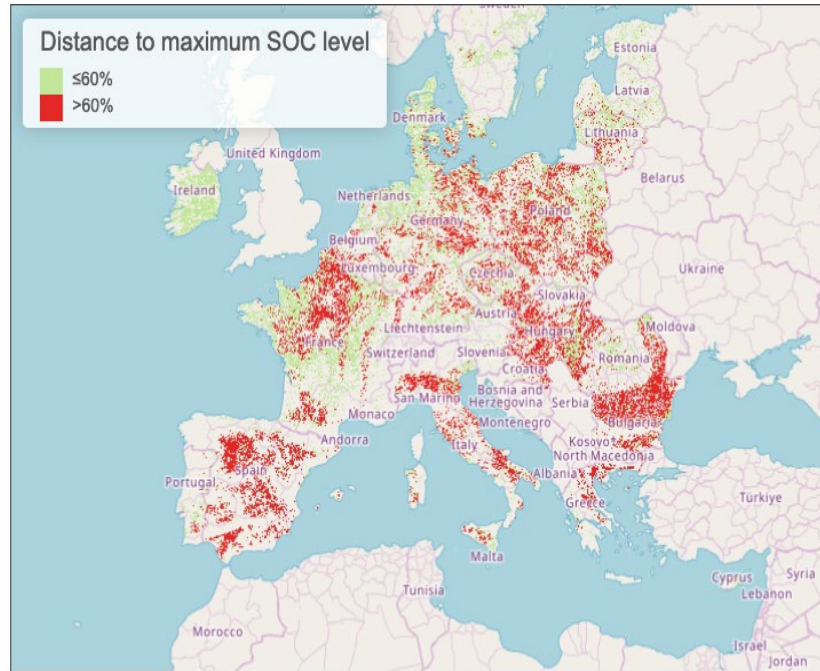


Exemple de niveaux d'indicateurs de dégradation des sols européens (EU soil observatory)

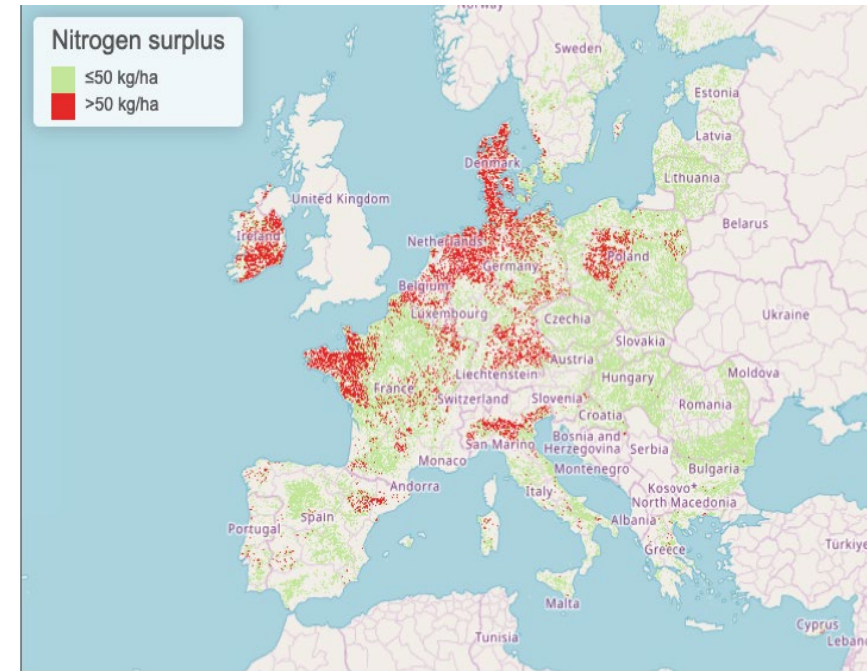
Proportion of land affected by soil degradation in the EU



<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/esdacviewer/euso-dasboard/#close>



Baseline : nivx. de C sous prairie ss labour pendant 40 ans



Baseline : N surplus au dessus de 50kg/hect.



Un enjeu français récent mais prégnant Exemple du ZAN : la disponibilité comme qualité

La loi Climat et Résilience définit le zéro artificialisation nette comme :

L'artificialisation nette des sols est définie **comme le solde** de l'artificialisation et de la renaturation des sols constatées sur un périmètre et sur une période donnée

Laquelle est définie comme *"l'altération durable de tout ou partie **des fonctions écologiques d'un sol**, en particulier de **ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques**, ainsi que de **son potentiel agronomique** par son occupation ou son usage »*

Et la remédiation : *La renaturation d'un sol, ou désartificialisation, consiste en des actions⁵¹ ou des opérations de **restauration ou d'amélioration de la fonctionnalité d'un sol***

Et La santé des sols devient un marché..

Institut de Recherche
pour le Développement

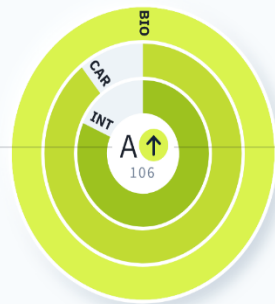


Biodiversité

GREENBACK SCORE

What is the current health status of the plot?
Good = A
To watch = B
Bad = C

Carbone



Rock Eval



CARBON INDEX

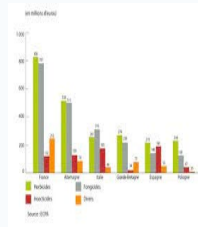
Is the carbon stock sufficient and balanced?
Does the plot store carbon?

Pollution



GREENBACK DYNAMIC

What are the Momentum for the parcel's score and the Outlook by continuing current practices?



INT

INTEGRITY INDEX

Does the plot contain pollution or chemical residue?
Is the plot eroded?

MESUREZ LA SANTÉ DE
VOTRE SOL EN
SEULEMENT 15 MIN !



Novasol Experts : Décrypter la biodiversité des sols

Soltis environnement : Régénérer le potentiel fonctionnel des sols

Sol &co : pour une logique d'économie circulaire sol&co

BIO Analyse moléculaires

BIODIVERSITY INDEX

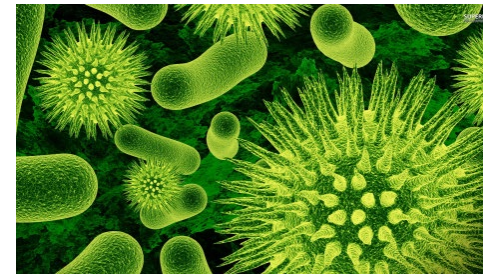
Is the soil alive and does it preserve biodiversity?

CAR

Genesis (ex : Greenback) : Agence mondiale de notation de la santé écologique des sols. Il ne s'agit pas d'identifier le potentiel de productivité du sol, mais de déterminer sa qualité environnementale.

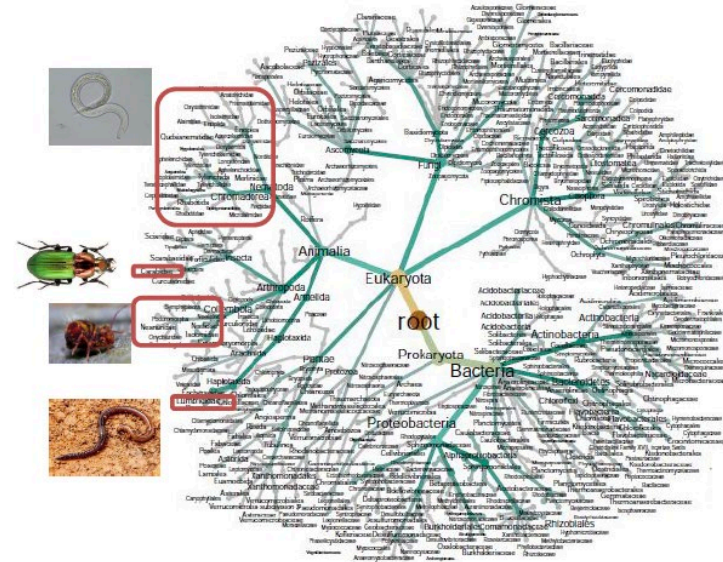
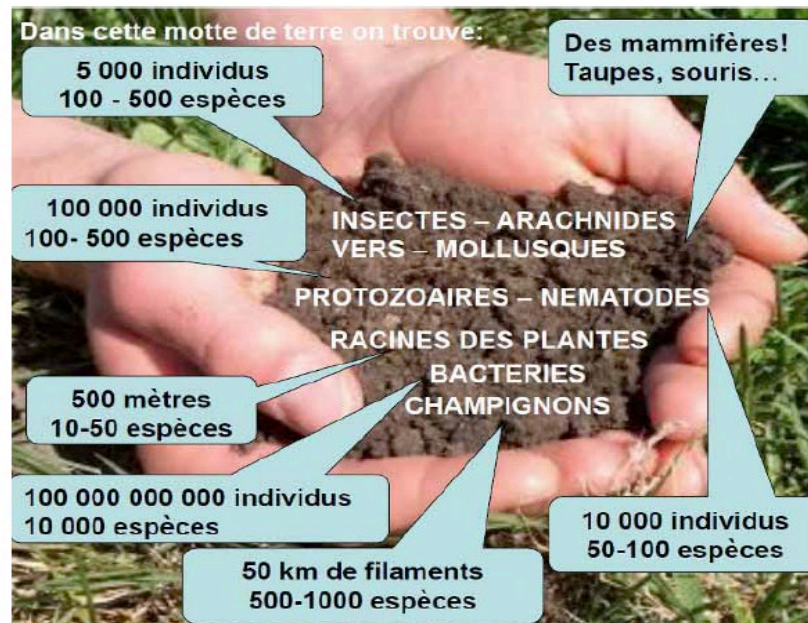


Comment mesurer la santé des sols ?



Mesurer la santé des sols : de la complexité à la simplicité..

Les écologues du sol sont paralysés par sa complexité cependant que les acteurs du secteur agricole et les décideurs politiques nous demandent sans cesse de définir des indicateurs simples...



Foisonnement d'indicateurs

Levabag

Celesta-lab
Acteur de votre environnement

BIOFUNCTOOL
a new framework to assess the impact of land management

REVA
RESEAU D'EXPERIMENTATION ET DE VEILLE A L'INNOVATION AGRICOLE

aurea
AgroSciences

ELISOL
ENVIRONNEMENT

SOIL NAVIGATOR

Biomasse microbienne

ADN

Potentiel de minéralisation

Fractionnement de la MO

Score Card

Parameter	Value	Rating	Comments
Clay	0.14	17	
Silt	0.40	17	
Texture	0.54	17	Soil texture: silt loam
Clay	15%	17	
Soil Health	51	17	Medium



1. Manque de base scientifique claire pour la majorité,
2. Manque de clarté sur la façon de les calculer, agréger
3. Problème de mise en œuvre

427 indicateurs pour 30 services écosystémiques (Crutz et al., 2020)

Petit rappel : c'est quoi un indicateur ?

Objet à l'**interface** du champ scientifique et du champ décisionnel. Un indicateur doit permettre d'agir !

“**Indicateurs** : mesure qualitative ou quantitative de l'état et/ou des fonctions des sols qui permet **d'évaluer de manière valide et fiable la qualité des sols à un instant t** et ses variations dans le temps.

Objectifs : Les indicateurs ont pour but de **détecter des changements du sol qui perturberaient les services qu'ils rendent à la société.**, Calvaruso et al., 2019

Différence entre variable et indicateur ?

Une variable fournit une information descriptive (exemple pH)

Un indicateur renvoi à une version normalisée de la même variable

Crutz et al., 2021

Alain Brauman & Philippe Billet, Oct.2024.



Deux visions de la mesure de santé-qualité des sols

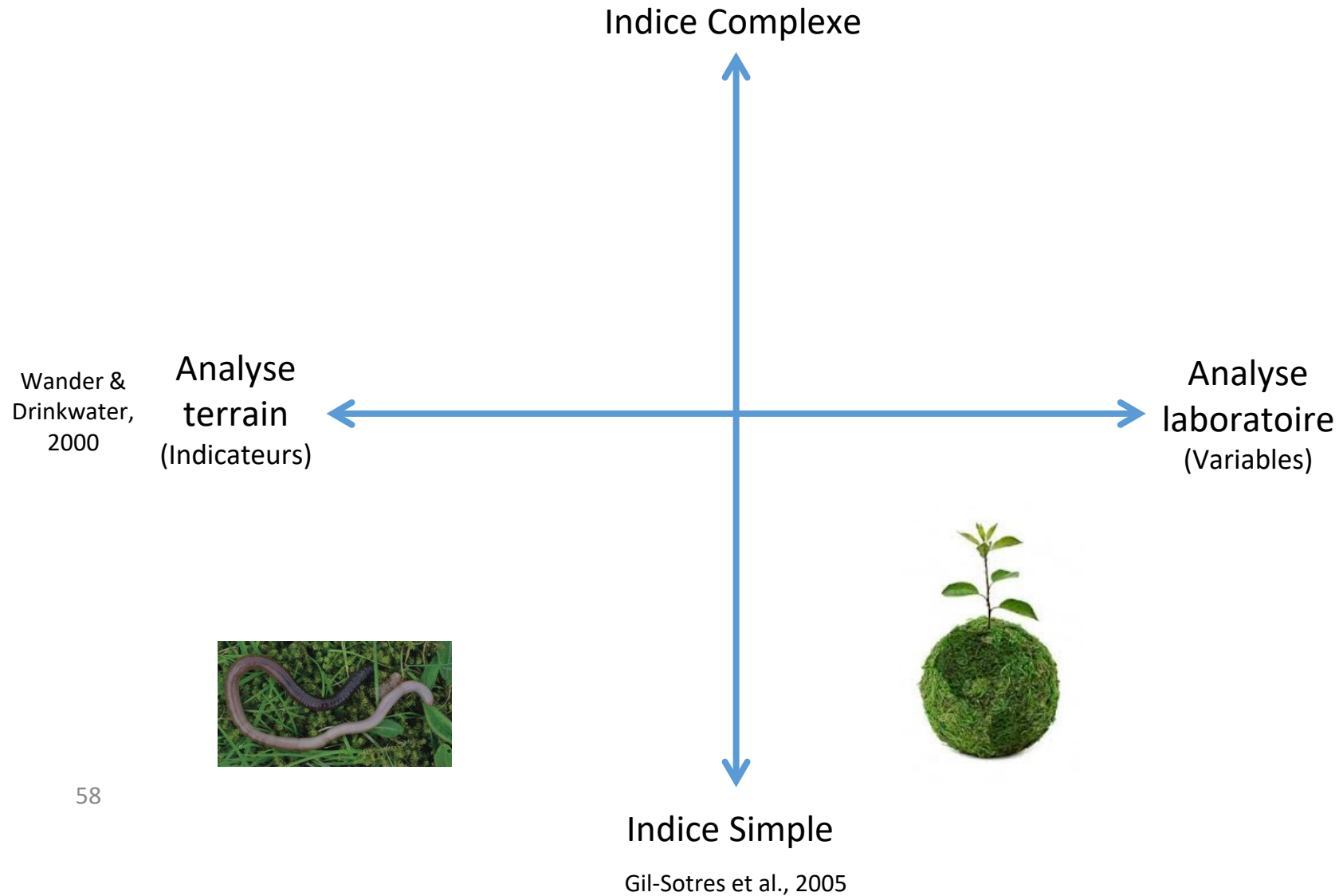
Vision monitoring qualité

Echelle	Régional à Nationale
Objectif	Niveau de dégradation des sols
Temporalité	Décennale
Indicateurs	Propriétés pérennes
Référentiel	National (RMQS), international (LUCAS)
Type d'impact	Menaces (érosion, salinisation)

Vision terrain santé

Locale (Exploitation agricole / commune)
Niveau fonctionnel
Annuelle
Propriétés dynamiques
Locale, approche comparative
Usages, pratiques

Peut-on se baser sur un indice unique ?



Le mythe de l'indicateur universel

Variable	PRO	Couverts intermédiaires	Travail du sol	Rotations	Systèmes
C 0-50 (%)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
C 50-200 (%)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
C 200-2000 (%)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
C 50-2000 (%)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
C oxydé (mg/kg)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
N total (%)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
N 0-50 (%)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
N 50-200 (%)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
N 50-2000 (%)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Biomasse microbienne (mg/kg)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
18S (copies/g)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Activité protéase (nmol/min/g)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
LAP (nmol/min/g)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Arylamidase (nmol/min/g)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
ABM (mg/kg)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████
Glucosidase (nmol/min/g)	██████████	██████████	██████████	██████████	██████████

- Rotation : allongement/ introduction de légumineuses
- SdC : Bio, TCS, bas niveaux d'intrants...



Orienter vers des changements de pratiques en fonction des objectifs

Projet microbioterre

Pilote

Partenaires financés

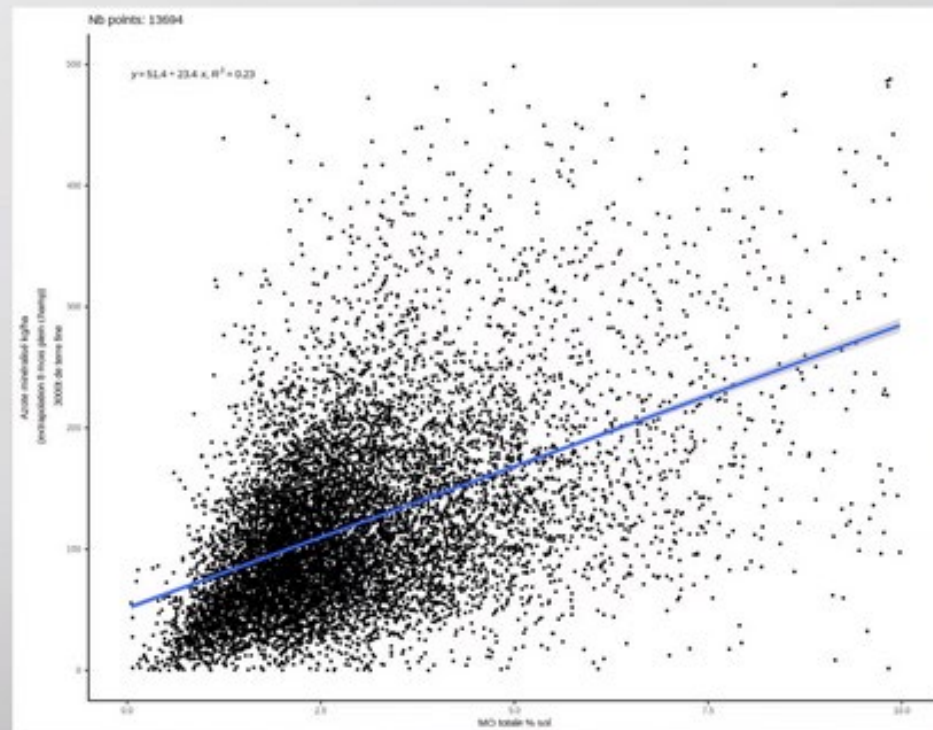
Partenaires non financés

Soutien

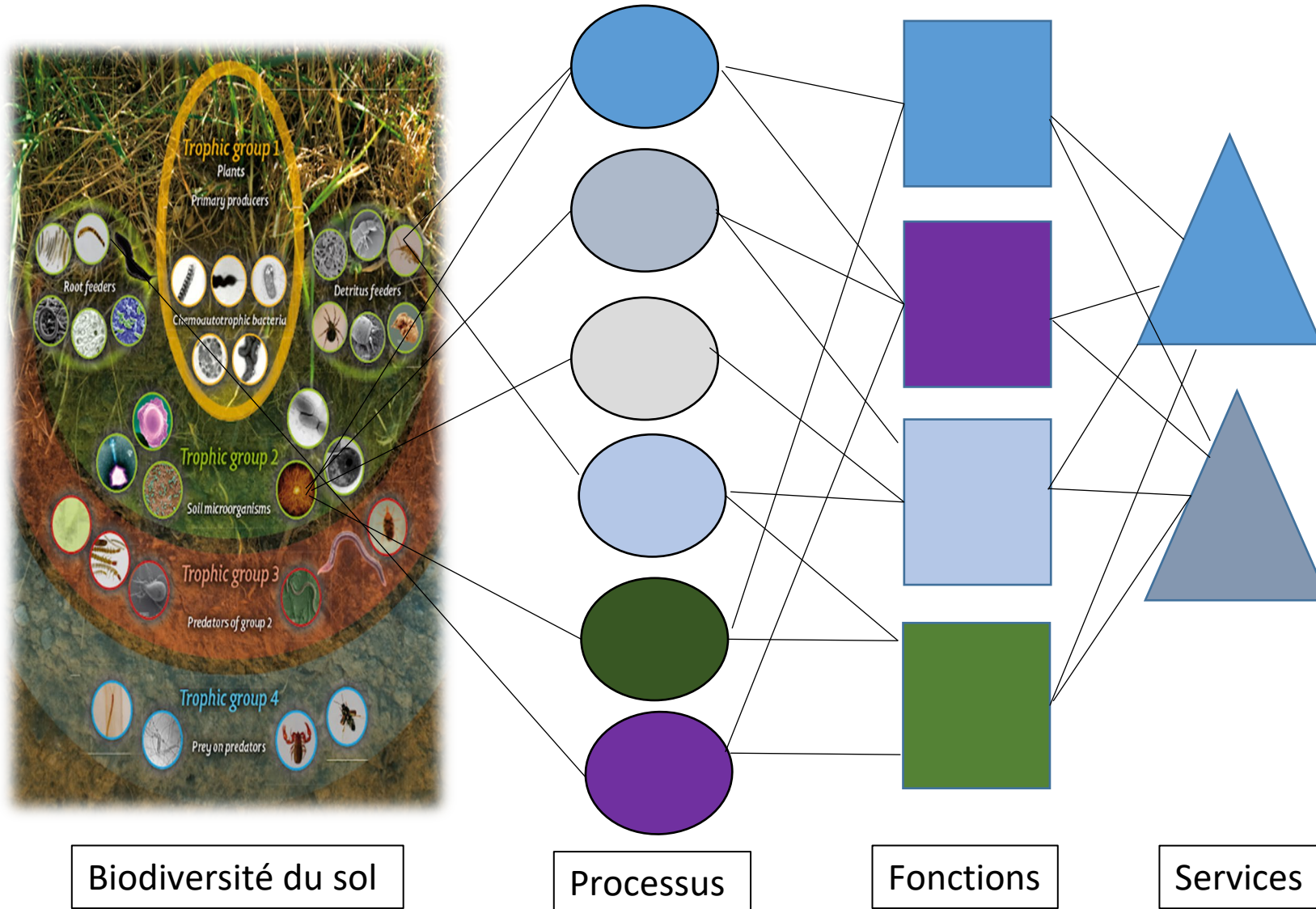
2ème constat Mythe de l'indicateur unique !

La MO le *Graal* de la santé des sols ?

Peu de lien entre MO totale et minéralisation de l'azote



Faut il des indicateurs pour chaque niveau ?



Constat : lien entre indicateurs et fonction du sol n'est pas trivial

Exemple du projet Microbioterre

Indicateurs du menu	Recyclage des nutriments					Transformation du carbone					Structure du sol				
	Fourniture N			Perte N		Transformation MO		Perte MO	Augmentation MO		Erosion Battance		Porosité		Stockage eau
	Ammonification	Nitrification	Fixation symbiotique	Réduction du NO3	Volatilisation	Fragmentation	Biodégradation	Minéralisation (CO2)	Stabilisation chimique	Stabilisation physique	Agrégation (Macro)	Agrégation (Micro)	Aération/Circulation eau - air	Infiltration en eau	Rétention en eau
C org (%)	+	+		+				+	+	+	+	+	+	+	+
C 0-50 µm (%)									+						
C 50-200 µm (%)								+			+				
C 200-2000 µm (%)						+		+							
C KMnO4 (mg/kg)				+				+			+		+	+	+
N total (%)	+	+	-												
N 0-50 µm (%)															
N 50-200 µm (%)	+	+													
C microbien (mg/kg)								+			+				
18S (copies/g)											+				
LAP (nmol/min/g)	+	+													
ARYLN (nmol/min/g)	+														
Protéase (nmol/min/g)	+	-						+			+				
ABM (mg/kg)	+				+						+				
B-Glu (nmol/min/g)	+	+						+			+				

Lien Indicateur / Fonction	Relation	
	positive	négative
Relation forte $r > 0,8$	+	-
Relation moyenne r entre 0,4 et 0,8	+	-
Relation faible $r < 0,4$	+	-
Avis d'experts	+	-
Lien non identifié		

Pilote



Partenaires financés



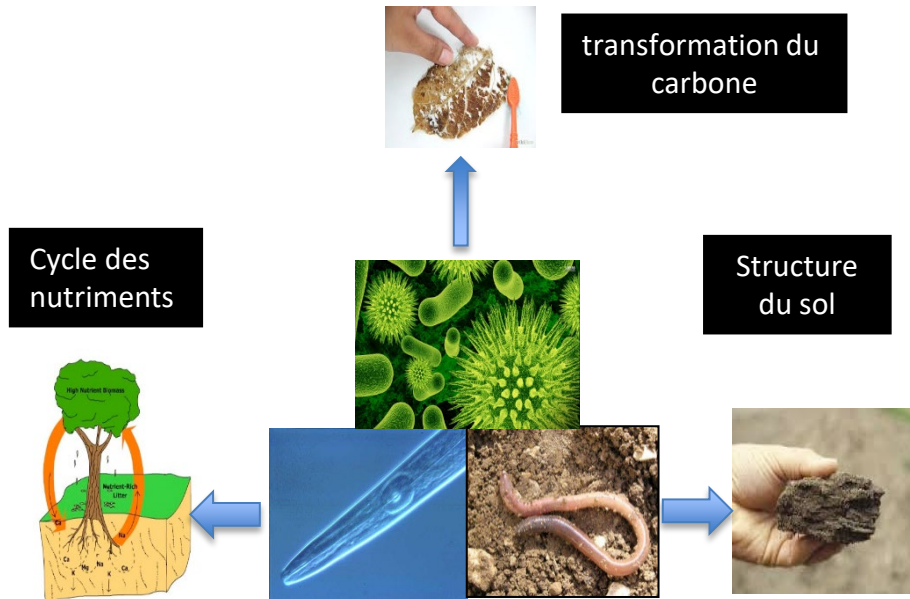
Partenaires non financés



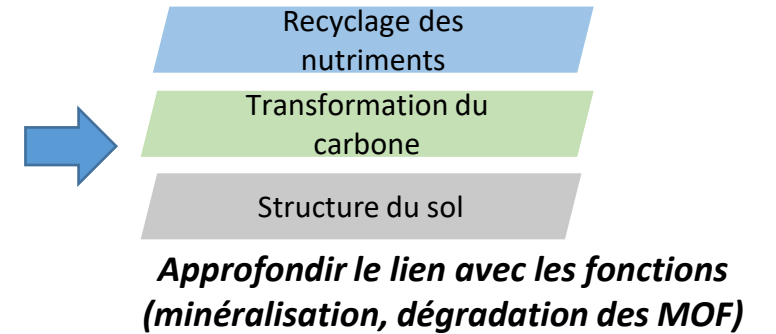
Soutien



Intérêt de mesurer des fonctions



Menu Microbioterre
12 indicateurs retenues
Microbioterre



C'est aussi la conclusion de projets comme Microbioterre

- Vision plus intégrative (bouquet de processus)
- Approche dynamique vs approche statique
- Plus cohérente avec la vision fonctionnaliste de la santé des sols

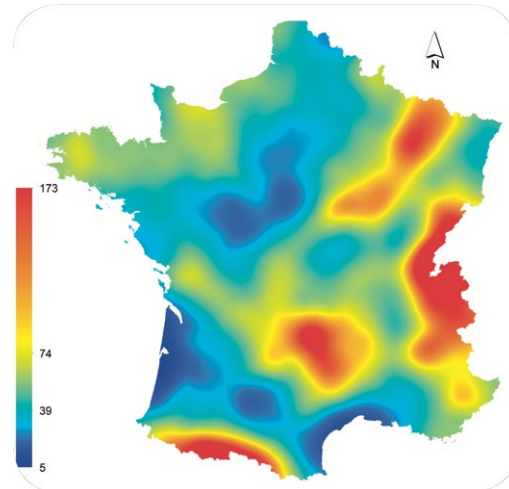


Importance du contexte lié au type de sol

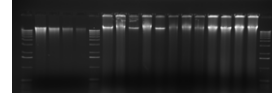
Exemple de la biomasse bactérienne moléculaire

Biomasse moléculaire microbienne à l'échelle de la France

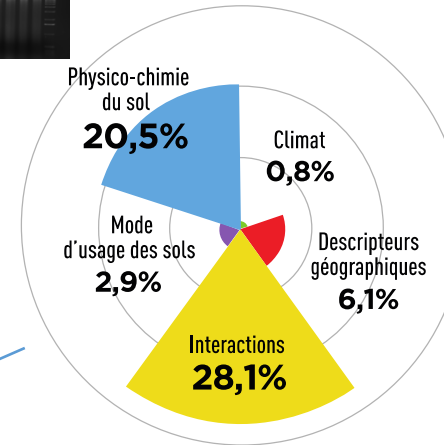
Biomasse moléculaire microbienne
Microgramme ADN/g de sol



Quantité d'ADN
extraite du sol



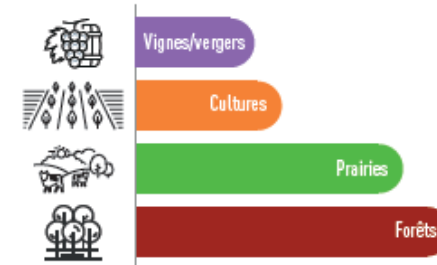
Financé par
ANR



Sol

Carbonates de Calcium ⊖⊖	ratio C/N ⊖
Potassium ⊖	pH ++
Teneur en argile ++	Carbone organique +++

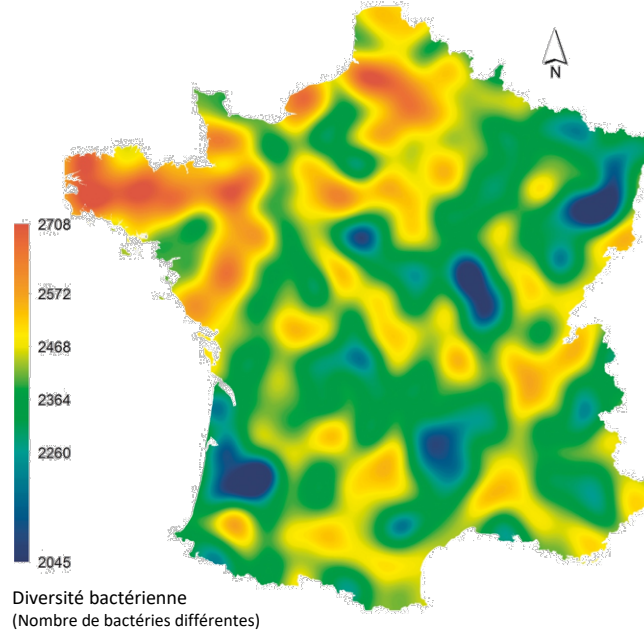
Mode d'usage



Dequiedt et al., 2011, *Global Ecology and Biogeography*
Horrigue et al., 2016, *Ecological Indicators*

Même constat pour la diversité bactérienne moléculaire

Diversité des micro-organismes



Type de sol > Mode d'usage >> Climat



pH ++	Teneur en sable +
Teneur en argile ⊖⊖	Ratio C/N ⊖⊖

Terrat et al., 2017 *PlosOne*

La santé des sols est une mesure contextuelle locale

D'après Ranjard et al., 2019

Conclusion : que faire de la santé du sol ?

L'évaluer

La préserver

La valoriser

La restaurer

La transmettre



CYCLE DE CONFÉRENCES
REGARDS CROISÉS
SUR LE VIVANT EN SOCIÉTÉ

08
OCT
2024



CYCLE DE CONFÉRENCES
REGARDS CROISÉS
SUR LE VIVANT EN SOCIÉTÉ

12
NOV
2024

PROCHAINE CONFÉRENCE

ENTRE BIOLOGIE ÉVOLUTIVE ET ÉCONOMIE EXPÉRIMENTALE REGARD CROISÉ SUR L'ADAPTATION LOCALE DANS LES POPULATIONS HUMAINES



Michel RAYMOND

Anthropologie évolutive/ Institut des Sciences de l'Evolution,
Montpellier (ISEM), CNRS

Marc WILLINGER

Economie expérimentale/Center for Environmental Economics,
Montpellier (CEEM), Université de Montpellier