



Séquestration de carbone organique dans les sols genevois

Cadre – Objectifs – Méthodes et questions ouvertes

pascal.boivin@hes-so.ch

La qualité du sol ?

« L'aptitude d'un sol à fonctionner »
= à remplir ses fonctions



Fonctions des sols

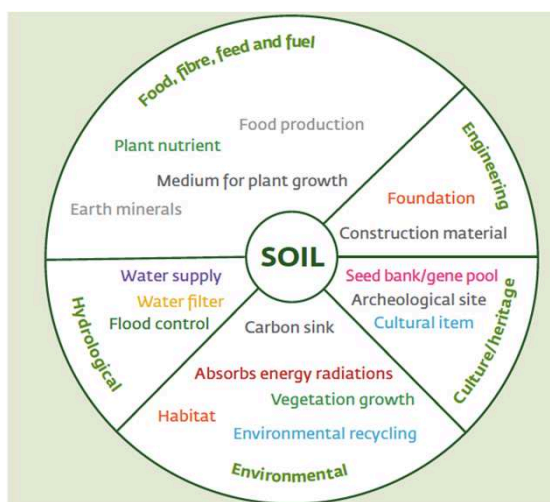
95% de notre nourriture
70% des antibiotiques
les fibres textiles ...

...viennent du **sol**



Production de biomasse

- L'une des fonctions des sols



Hannes Grobe (CC BY-SA 2.5)

Sols ?



«La dégradation des sols empire et est maintenant critique, elle met en péril le bien être de 3.2 milliards de personnes» IPBES – 2018



La clé de voûte des services écosystémiques terrestres

Hes-SO//GENÈVE

Jeudis de l'Environnement - Genève - 30.11.23

hepia
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

JRC Scientific and Technical Reports

Les sols menacés

SOIL, 2, 79–82, 2016
www.soil-journal.net/2/79/2016/
doi:10.5194/soil-2-79-2016
© Author(s) 2016. CC Attribution 3.0 License.

Threats to Soil Quality in Europe

World's soils are under threat

Luca Montanarella¹, Daniel Jon Pennock², Neil McKenzie³, Mohamed Badraoui⁴, Victor Chude⁵, Isaurinda Baptista⁶, Tekalign Mamo⁷, Martin Yemefack⁸, Mikha Singh Anlakh⁹, Kazuyuki Yagi¹⁰, Suk Young Hong¹¹, Psoot Vijarsorn¹², Gan-Lin Zhang¹³, Dominique Arronays¹⁴, Helaina Black¹⁵, Pavel Krasilnikov¹⁶, Jaroslava Sobocká¹⁷, Julio Alegre¹⁸, Carlos Roberto Henriquez¹⁹, Maria de Lourdes Mendonça-Santos²⁰, Miguel Sayed Kazem AlaviPanah²¹, Elsidé Arbustain²², Fr

ipcc

REPORTS WORKING GROUPS ACTIVITIES NEWS CALENDAR

Climate Change and Land

An IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems

DOWNLOAD REPORT

Science

« Erosion: as big a problem as climate change » Science, 2004

SOILS

the land frontier

Hes-SO//GENÈVE

hepia
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Particulièrement les sols cultivés

- Intensification
- Compaction
- Erosion
- Perte de matière organique



Earth has lost a third of arable land in past 40 years, scientists say

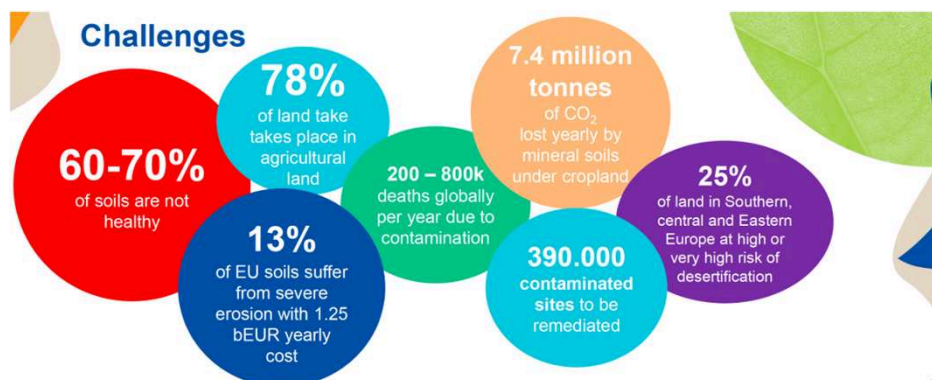
Experts point to damage caused by erosion and pollution, raising major concerns about degraded soil amid surging global demand for food



Hes-SO//GENÈVE
Haute école spécialisée
de l'ouest suisse romande

Jeudis de l'Environnement - Genève - 30.11.23

hepia - Agronomie
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève



Erosion, compaction, organic matter decline, pollution, loss of soil biodiversity, salinization, desertification, land take and sealing



Hes-SO//GENÈVE
Haute école spécialisée
de l'ouest suisse romande

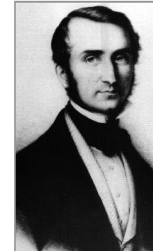
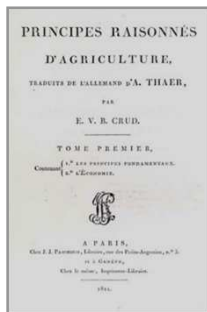
Jeudis de l'Environnement - Genève - 30.11.23

hepia - Agronomie
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

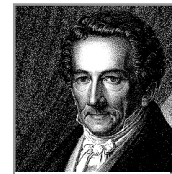
La fertilité – aspect historique

Feller, SOM history, 2004

- Théorie de l'Humus (THAER, 1809-1812), la fertilité dépend en partie du bilan humique
- Contre théorie Minérale (LIEBIG, 1840): une question de fertilisation minérale



Julius Liebig



Albrecht Thaer

Hes-SO//GENÈVE

Jeudis de l'Environnement - Genève - 30.11.23

hepia - Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

De quoi parle-t-on ?

Humus = matière organique (MO)

- Des résidus végétaux et animaux décomposés, condensés en humus, intimement liés à la matière minérale (les argiles)



Analyse de sol :

- Mesure de Corg
- Conversion en MO

$$MO = Corg \times 1.73$$

Humus et carbone organique (Corg)

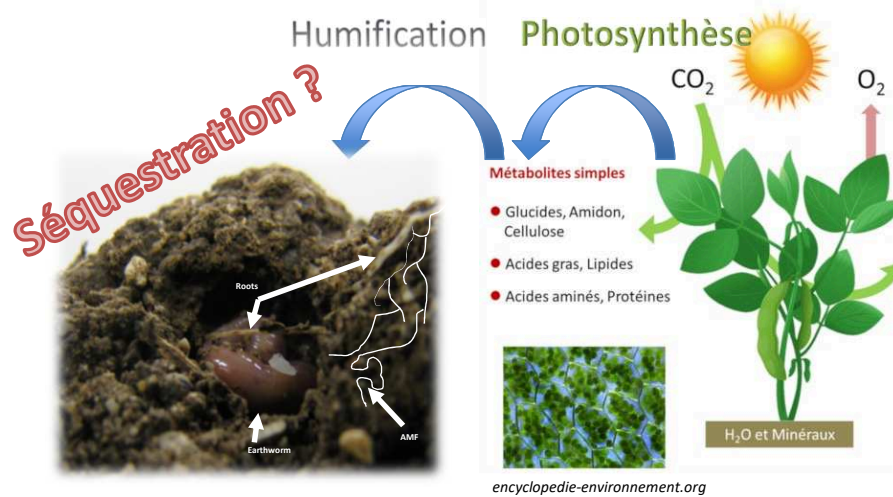
- Près de 60 % de carbone organique
- 1t Corg = 3.66 t CO₂

Hes-SO//GENÈVE

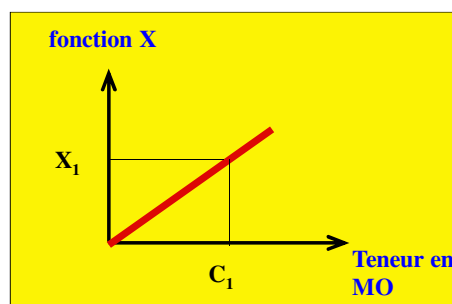
Jeudis de l'Environnement - Genève - 30.11.23

hepia - Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Plantes – sols et cycle du carbone



Qualité du sol, un indicateur central: la teneur en matière organique (MO)



Fonctions dans l'écosystème
Fonctions dans les sols

- Porosité
 - Rétention d'eau
 - Aération
 - Infiltration
 - Portance
 - Stabilité – résistance mécanique
 - Activité biologique
 - Réserve de nutriments
 - Biodiversité
 - Thermique
 - Epuration
 - Etc.
- }
- Fertilité physique

Perte jusqu'à 50 à 70% dans les sols cultivés

La fertilité physique du sol

- Toujours négligée
- Transferts : eau ET échanges gazeux
 - Infiltration et aération
- Réservoir : eau ET oxygène
 - RU et RFU
- Habitat pour le biota
- Colonisation racinaire
- La stabilité de cette structure doit être maximale
 - Erosion
 - Compaction



Portance et humus



HUMUS et infiltration

Vous pouvez observer ces eaux stagnantes partout en circulant dans nos régions

Ceci n'est en général pas naturel

Nos sols sont compactés !

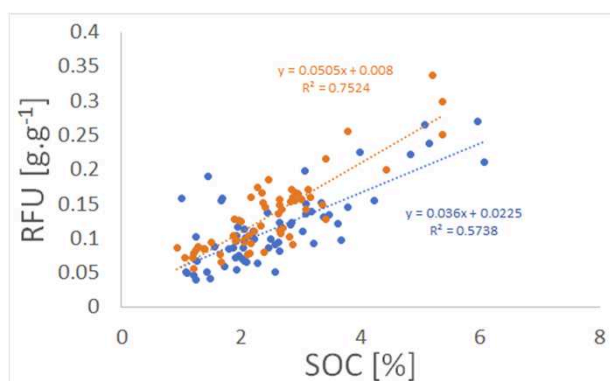
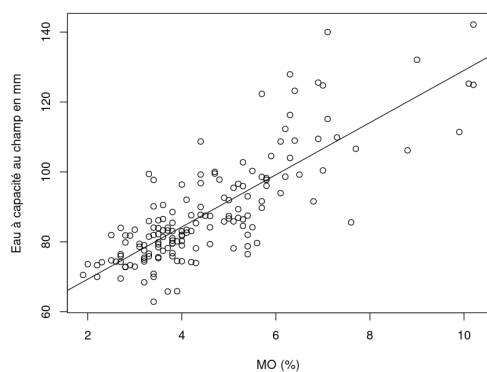
Le manque d'humus en est une cause majeure



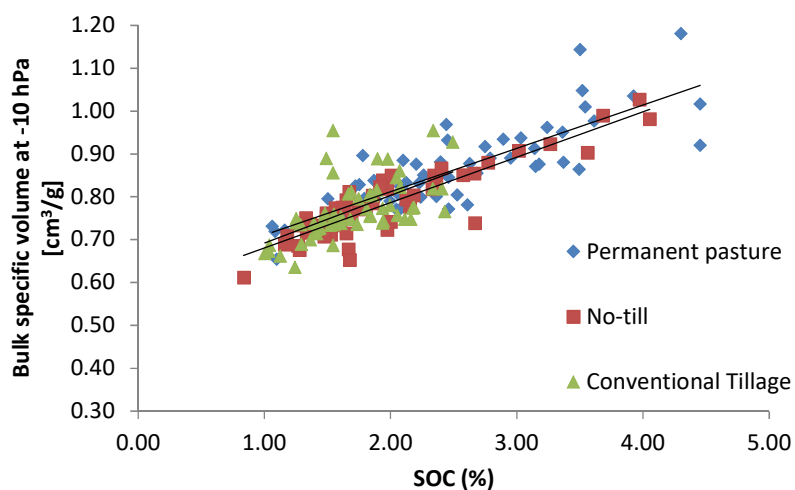
Matière organique et réserve en eau

- Sols agricoles: augmentation de 50% de la RFU* en passant de 2% à 3% de MO (7.5 mm par % de MO sur 20 cm).

*RFU: Réserve en eau facilement utilisable



Plus il y en a mieux c'est. Vrai



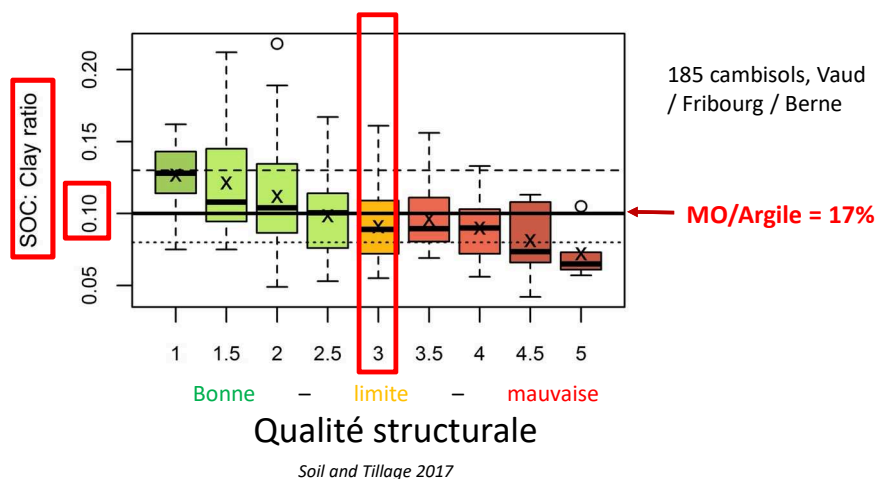
Sols en bon état structural
(Thèse A. Johannes)

Hes-SO//GENÈVE

Jeudis de l'Environnement - Genève - 30.11.23

hepia
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Matière organique et qualité de la structure



Hes-SO//GENÈVE

Jeudis de l'Environnement - Genève - 30.11.23

hepia
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Valeurs seuil: MO/argile



Meilleure qualité moyenne

OM/Argile = 24%



Limite acceptable

OM/Argile = 17%



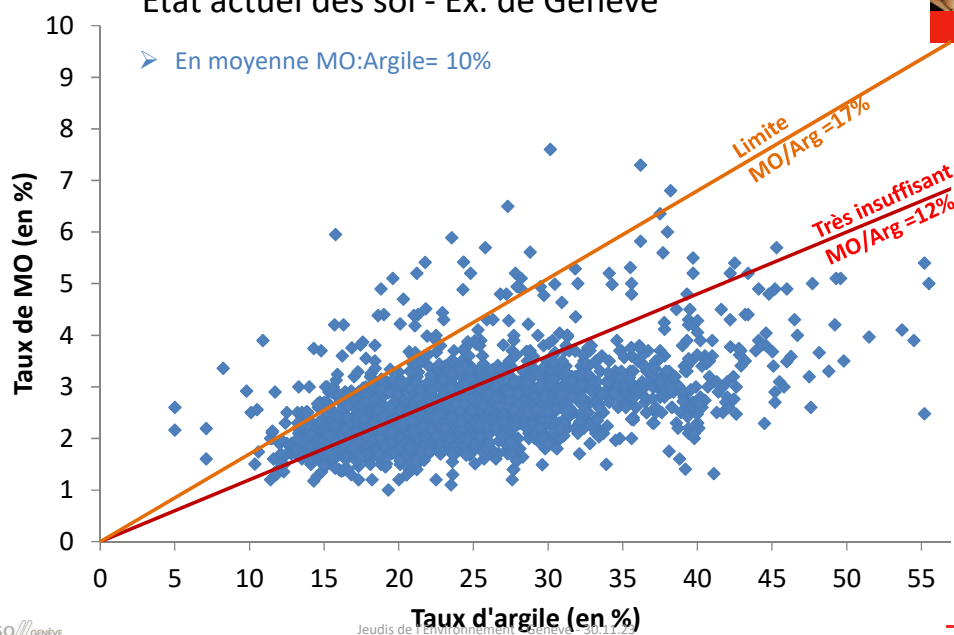
Trop grande vulnérabilité

OM/Argile = 12%



Etat actuel des sol - Ex. de Genève

➤ En moyenne MO:Argile= 10%



La composante climatique



Un chiffre pour rêver



Fig. 1. The 4 per 1000 soil carbon sequestration initiative (adapted from Ademe, 2015).

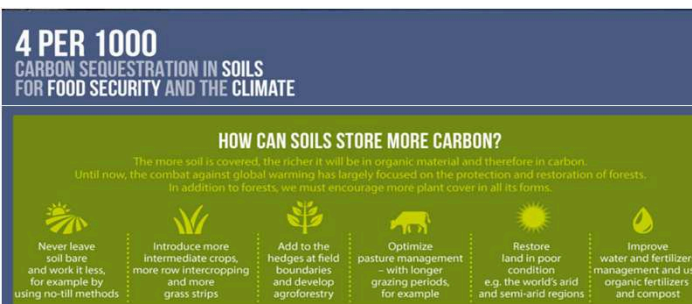
Climat et agriculture



4/1000



$$MO_{\text{Année 2}} = MO_{\text{Année 1}} \times 1.004$$



Conservation Agriculture (AC) = regenerative agriculture

Low mechanical intensity
No tillage



Soils always covered
Multi-species cover crops
High biomass



High vegetal intensity
Diversified crops
Multi species



ACS - Est ce que « ça marche » ?

Un débat scientifique tendu



frontiers
in Environmental Science

EDITORIAL
published: 12 November 2018
doi: 10.3389/fenvs.2018.00135

Geoderma 292 (2017) 59–86

Contents lists available at ScienceDirect

Geoderma

Geoderma 309 (2018) 118–123

Contents lists available at ScienceDirect

Agriculture, Ecosystems and Environment 188 (2014) 134–146

Contents lists available at ScienceDirect

Agriculture, Ecosystems and Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agee

Limited
change

David S. Powlson
and Kenneth G. Denmead

Long-term effect of contrasted tillage and crop management on soil carbon dynamics during 41 years

Bassem Dimassi^a, Bruno Mary^{a,*}, Richard Wylleman^c, Jérôme Labreuche^b,
Daniel Couture^b, François Piraux^b, Jean-Pierre Cohan^{b,1,2,3}

Hes-SO/GEN
Haute école spécialisée
de Suisse occidentale



p i a
école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Recherche: beaucoup de confusion

Agriculture, Ecosystems and Environment 286 (2019) 106654

Contents lists available at ScienceDirect

Agriculture, Ecosystems and Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agee



Loss of soil organic carbon in Swiss long-term agricultural experiments over a wide range of management practices

S.G. Keel, et al.

S.G. Keel, et al.

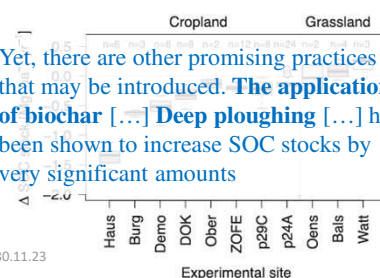
Agriculture, Ecosystems and Environment 286 (2019) 106654

Although practices [...] might enhance SOC stocks in Switzerland, these measures will probably not be sufficient to sequester the required amounts of C to reach the goal of the 4 per 1000 initiative

Yet, there are other promising practices that may be introduced. The application of biochar [...] Deep ploughing [...] has been shown to increase SOC stocks by very significant amounts



Fig. 1. Map of Switzerland showing location of 11 experimental sites.

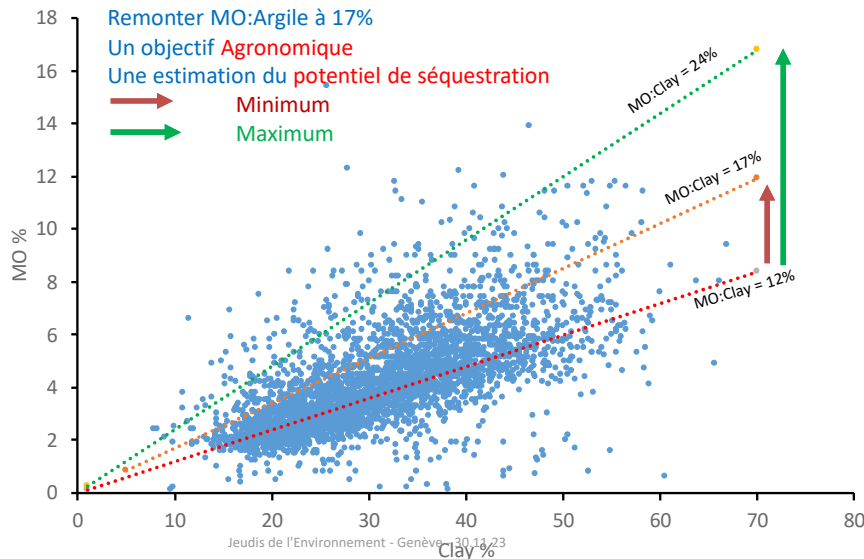


Hes-SO/GEN
Haute école spécialisée
de Suisse occidentale

p i a
école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Potentiel de sequestration ?

Canton du Jura – Médiane = 12%



Hes-SO//GENÈVE

Jeu de l'Environnement - Genève - 10.11.23

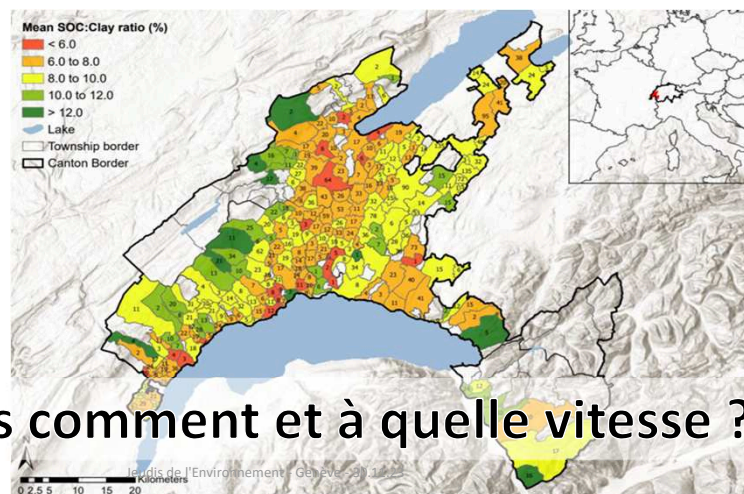
p i a
la du paysage, d'ingénierie
secteur de Genève

Evaluation du déficit ex. Vaud, grandes cultures



Potentiel **minimum** : 2 10⁶t CO₂ (seuil MO/Argile 17%)

Maximum: 6.6 10⁶t CO₂ (seuil MO/Argile 24%)



Mais comment et à quelle vitesse ?

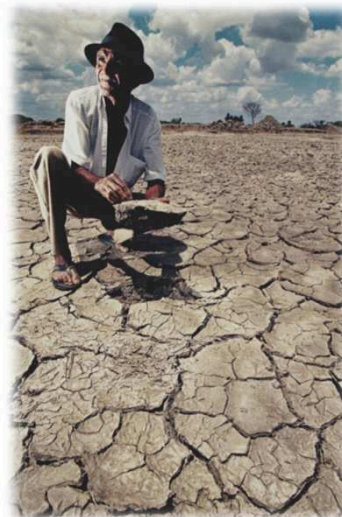
Hes-SO//GENÈVE

Jeu de l'Environnement - Genève - 10.11.23

p i a
la du paysage, d'ingénierie
l'architecture de Genève

Adaptation au changement climatique

- Sécheresse
- Pluies extrêmes
- Inondations
- Températures extrêmes
- Nouveaux ravageurs
- Etc ...
- **Réponse:** préparer des sols résistants et résilients (faible vulnérabilité) → plus de matière organique



Résultats « on-farm » - Arc Lémanique



- Objectif 2030 : -1'700'000 t CO₂
- Mesure 6.4: 15'000 t / an dans les sols agricoles
- Manquent 700'000 t dans les sols pour une **qualité minimale**

4/1000 X 30 ans : + 13%

Besoin des sols : + 70%

PLAN CLIMAT CANTONAL – Volet 2

PLAN DE REDUCTION DES
EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE
SERRE ET D'ADAPTATION AUX
CHANGEMENTS CLIMATIQUES
2018-2022



Service cantonal du développement durable
Département présidial

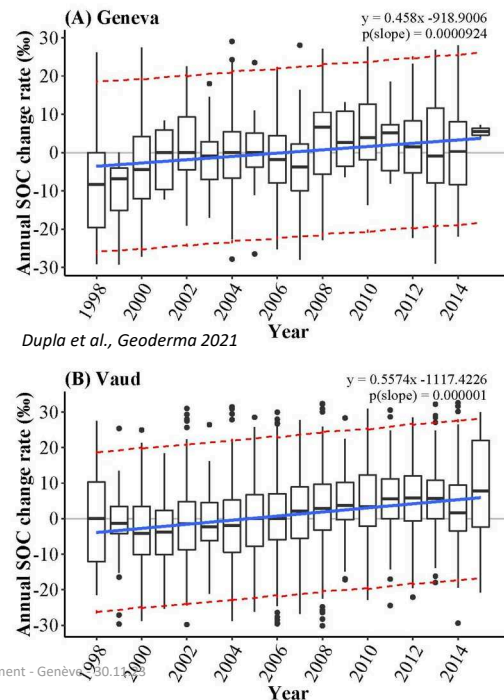


Tendance temporelle positive

A partir de 2006 le taux d'évolution annuel moyen devient positif

-5‰ en 1998
4‰ en 2012
6‰ en 2015
... 10‰ en 2020?

Annual SOC change rates of the 0-20 cm topsoil of cropland fields over the 1993-2020 period for (A) Geneva (496 fields) and (B) Vaud (1'793 fields) cantons as a function of the average year between two analyses. Solid line: linear regression. Dashed line : 95% local regression prediction interval.



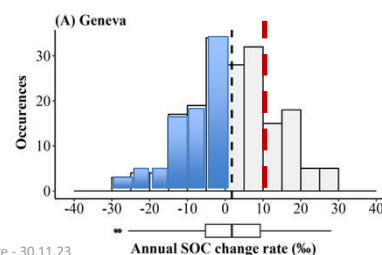
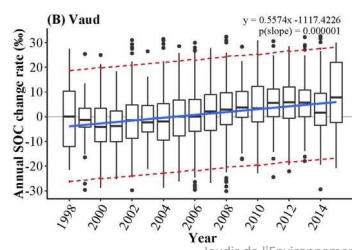
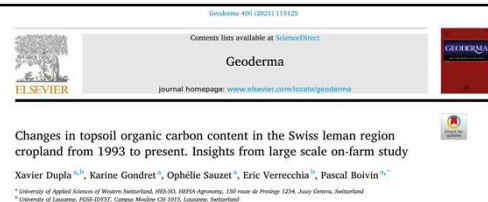
Hes-SO//GENÈVE

Jeu de l'Environnement - Genève - 30.11.23

p i a
 la du paysage, d'ingénierie
 et d'architecture de Genève

Bilan (région lémanique)

- La correction de perte de MO a déjà eu lieu
- Le +4‰ a été dépassé en 2012
- L'objectif +10‰ est raisonnable, il est peut-être déjà atteint en moyenne
- Il y a un fort potentiel de croissance



Hes-SO//GENÈVE

Jeu de l'Environnement - Genève - 30.11.23

h e p i a
 Haute école du paysage, d'ingénierie
 et d'architecture de Genève

Les leviers on-farm

- Couverts végétaux +++
- Bilan organique ++
- Travail du sol --



Hes-SO//GENÈVE

Jeu de l'Environnement - Genève - 30.11.23

frontiers
in Environmental Science

ORIGINAL RESEARCH
published: 24 March 2022
doi: 10.3389/fenv.2022.834025



On-Farm Relationships Between Agricultural Practices and Annual Changes in Organic Carbon Content at a Regional Scale

Xavier Dupla^{1,2*}, Téo Lemaître¹, Stéphanie Grand¹, Karine Gondret¹, Raphaël Charles², Eric Verrecchia² and Pascal Boivin¹

¹University of Applied Sciences of Western Switzerland, HES-SO, HEPA-Agronomy, Geneva, Switzerland, ²University of Lausanne, FGSE-EDYST, Lausanne, Switzerland, ³Research Institute of Organic Agriculture FBL, Lausanne, Switzerland

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Et les pérennes ?

- Tout est à faire mais le mouvement est amorcé et les idées reçues appelées à évoluer



Hes-SO//GENÈVE

Jeu de l'Environnement - Genève - 30.11.23

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

Les méthodes de pilotage



- Qualité des sols (soil health) ou séquestration de C ?
- Si séquestration est une priorité: risques associés
- Si qualité du sol est une priorité
 - Forts taux de séquestration possibles
 - Services écosystémiques +++
- Nécessité de piloter au **résultat**
- Ne rémunérer que la séquestration n'est pas cohérent
 - Les MO/Argile élevés nécessitent un entretien continu
 - Ils garantissent les services écosystémiques

Politique agro-environnementale: changer de paradigme !



Land Use Policy 30 (2013) 628–641



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Land Use Policy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/landusepol



Review

Result-oriented agri-environmental schemes in Europe and their potential for promoting behavioural change

Rob J.F. Burton^{a,*}, G. Schwarz^b

- Pas d'approche normative ni dogmatisme
- Stimulation de l'auto-apprentissage, effet levier et durée
- Acceptabilité sociale, soutien sociétal
- ! Nécessite des indicateurs appropriés, auto-monitoring ✓

Les pièges

- Viser directement le carbone (biochars, labours profonds...)
- Les certificats carbone non compatibles IPCC, non suivis
- Le mirage technologique et la pensée magique infantile (Complexe de Peter Pan)
- Vouloir « tout, tout de suite » (Séquestration, qualité des sols, pesticides, biodiversité, bilan GES...)



Concordia UNIVERSITY MONTREAL

Futurs étudiants Carrefour étudiant Diplômés et amis Parents Personnel Médias

À PROPOS ÉTUDES ADMISSION VIE ÉTUDIANTE RECHERCHE INTERNATIONAL EN

Le labour profond du sol est

frontiers in Environmental Science

PERSPECTIVE published: 10 September 2020 doi: 10.3389/fenvs.2020.579904

Soil Organic Matter Research and Climate Change: Merely Re-storing

WILEYINK@EARTHLINK.NET



OUR VALUE OUR WORK EVENTS WHO WE ARE

REGENERATING TOGETHER PROGRAMME

A global framework for regenerative agriculture

La transition écologique en agriculture

Good food, Good life

Home > Sustainability > Nature > Regenerative agriculture

REGENERATIVE AGRICULTURE SHIFTS THE PARADIGM

Compete with Nature	Partner with Nature
Disturb Soil	Protect Soil
Monoculture	Diversity
Reductionist	Holistic

Regenerative agriculture

Jeudis de l'Environnement - Genève - 30.11.23

Regenerative agriculture in Europe
A critical analysis of contributions to European Union Farm to Fork and Biodiversity Strategies

The Case for Regenerative Agriculture in Germany—and Beyond

BCG

hepia - Agronomie

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève

Myths ... and Reality

Five Myths About Regenerative Agriculture Busted

Myths

Reality

Regenerative agriculture is an esoteric ideology	Regenerative agriculture is nondogmatic , rooted in science , and based on decades of best practice
Regenerative agriculture is just another new trend after organic farming	Regenerative agriculture leverages the best of conventional and organic farming
Regenerative agriculture is the same as "carbon farming"	It is a holistic approach with a focus beyond greenhouse gas management
It is an all-or-nothing, unattainable approach	Regenerative agriculture is an adaptive approach , with no-regret moves for every farming context
Regenerative agriculture severely reduces farmers' profitability	It is a worthwhile investment that improves farmers' P&L in the medium to long term

Sources: WWF; NABU; BCG analysis.

Myths ... and Reality

Five Myths About Regenerative Agriculture Busted

The Case for Regenerative Agriculture in Germany—and Beyond

BCG

hepia - Agronomie

hepia

Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève



How to implement LLs and how do they foster innovation in the farming community?

#HorizonEU #MissionSoil

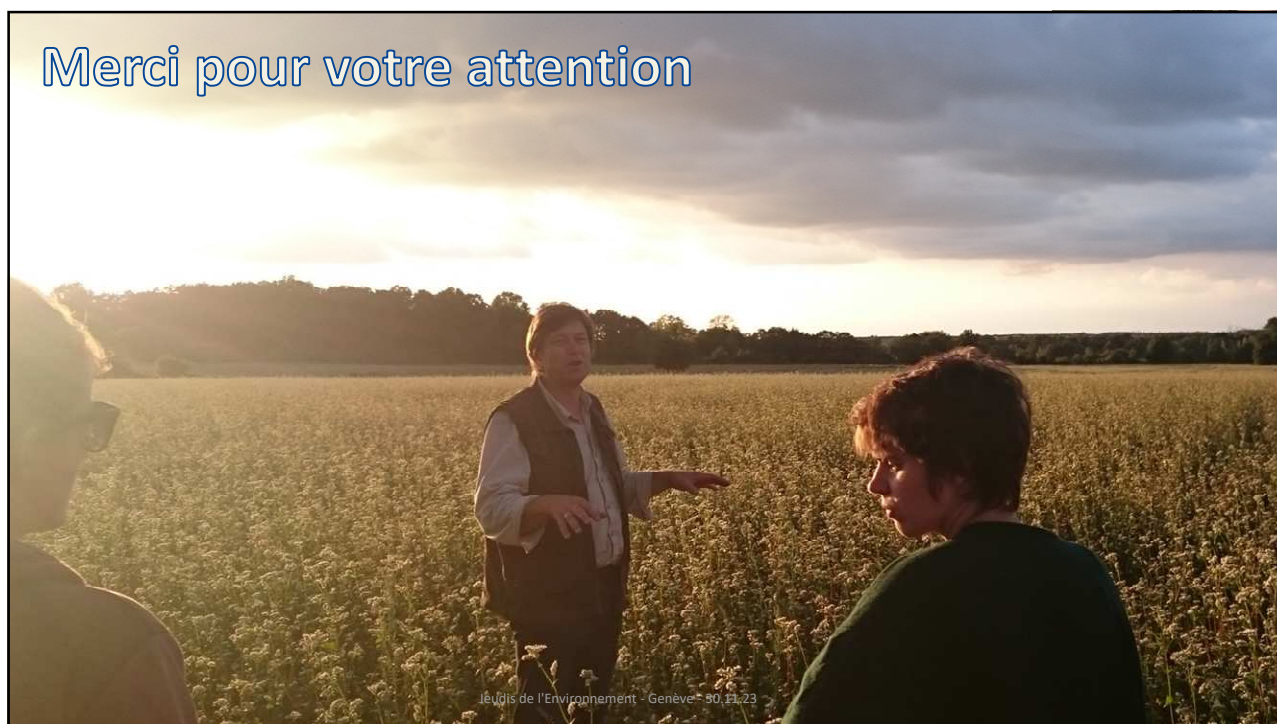
Alfred GRAND
Member of Mission Board for Soil Health and Food

This presentation is delivered by a member of a Horizon Europe Mission Board, which is an informal group of experts set up by the European Commission to provide advice for the identification and implementation of missions in the future Horizon Europe programme. The contents of the presentation do not represent the official views of the European Commission nor do they constitute a commitment of any kind on its behalf.

09.06.2021



Merci pour votre attention



Jéjé de l'Environnement - Genève - 30.11.23