



Carbone: qualité du sol et séquestration

Alice Johannes

Groupe qualité et gestion des sols, Agroscope Reckenholz



Conférence pour PROGRES-SOL, 25.11.2020

alice.johannes@agroscope.admin.ch



Programme

- La matière organique
 - Bref historique de l'évolution
 - La matière organique, principal indicateur de la qualité du sol
- Combien de carbone devrait avoir mon sol?
 - Ratio MO: argile, l'indice de vulnérabilité de la structure du sol
- Pourquoi le climat s'y intéresse?
 - L'initiative 4 pour mille en France
- Comment augmenter le taux de carbone?
 - Quelles pratiques? Augmenter le input, le carbone
 - Bio
 - Agriculture de conservation
 - Et le non-labour
- Questions et discussions

alice.johannes@agroscope.admin.ch





Matière organique

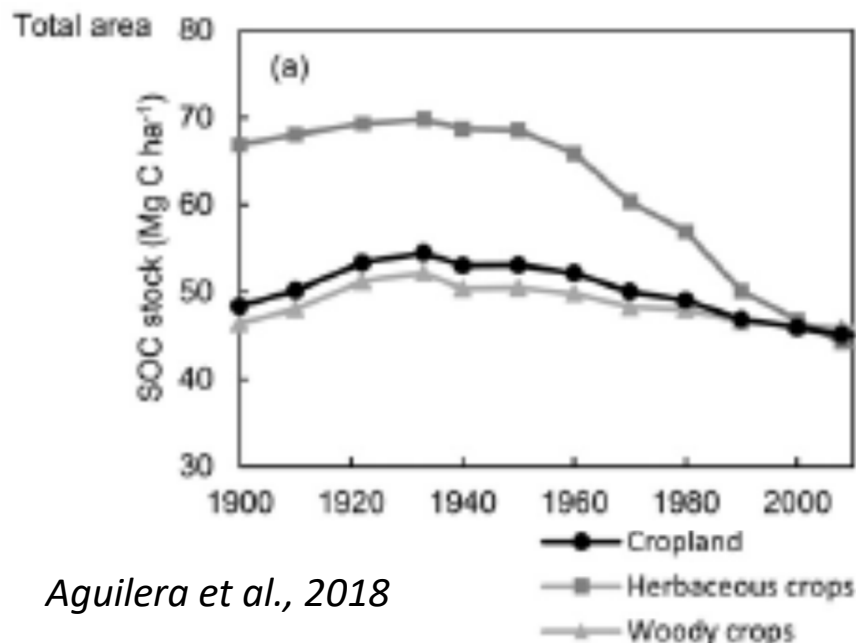
Définition

- **Matière organique** = $1.725 \times$ carbone organique
 - Exemple: 2% de Corg = 3.45% de MO

La plupart des sols agricoles sont aujourd'hui dégradés par la perte de matière organique. Pourtant celle-ci est essentielle au fonctionnement du sol.

Bref historique de la perte de carbone

- Depuis le milieu du siècle passé, les sols ont perdu carbone



Aguilera et al., 2018

Cet exemple espagnol de l'évolution du stock de carbone est symptomatique d'une évolution de l'agriculture à l'échelle mondiale. La Suisse ne fait pas exception.

La légère augmentation entre 1900 et 1930 vient de l'augmentation de surface agricole. Tandis que la diminution dès les années 30 provient d'un **changement dans les pratiques agricoles** (autre exemple connu dans le monde: «Dustbowls» aux Etats-Unis).

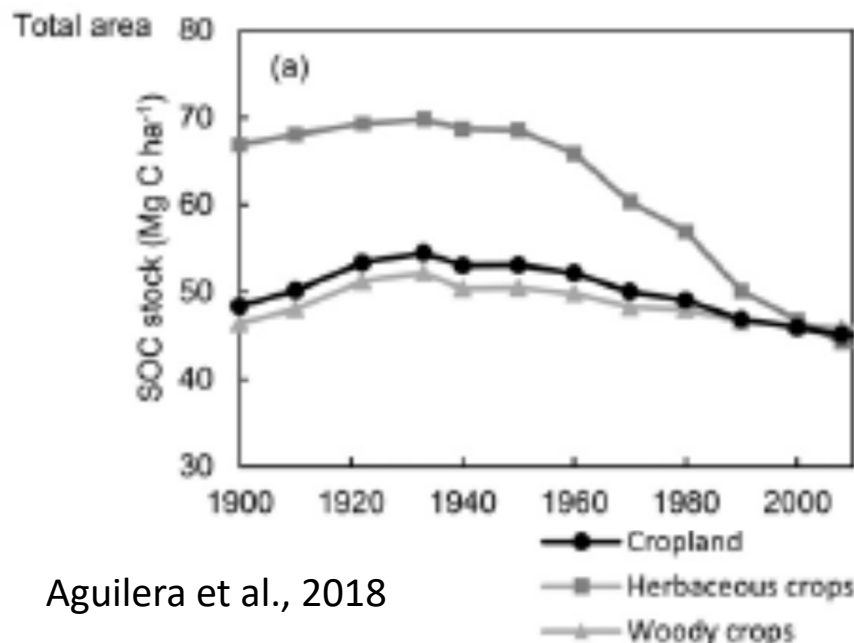
Cette perte de carbone s'explique par l'agriculture intensive...

Bref historique de la perte de carbone

- Depuis le milieu du siècle passé, les sols ont perdu de la matière *organique*

Cette perte de carbone s'explique par l'agriculture intensive.

- Mécanisation intensive, machinerie lourde → compactent et déstructurent le sol et augmentent l'érosion
- Passage des engrais organiques aux engrais minéraux → on ne nourrit plus assez le sol.



Aguilera et al., 2018

alice.johannes@agroscope.admin.ch

L'augmentation de la production était un super progrès à l'époque. Nous en avions besoin!

Cette incroyable augmentation du rendement s'est faite grâce aux progrès techniques, mais également grâce au «capital sol» qui était intact.

Mais aujourd'hui nous cherchons des solutions différentes car nous nous sommes aperçu que nous avons épuisé ce «capital sol»...

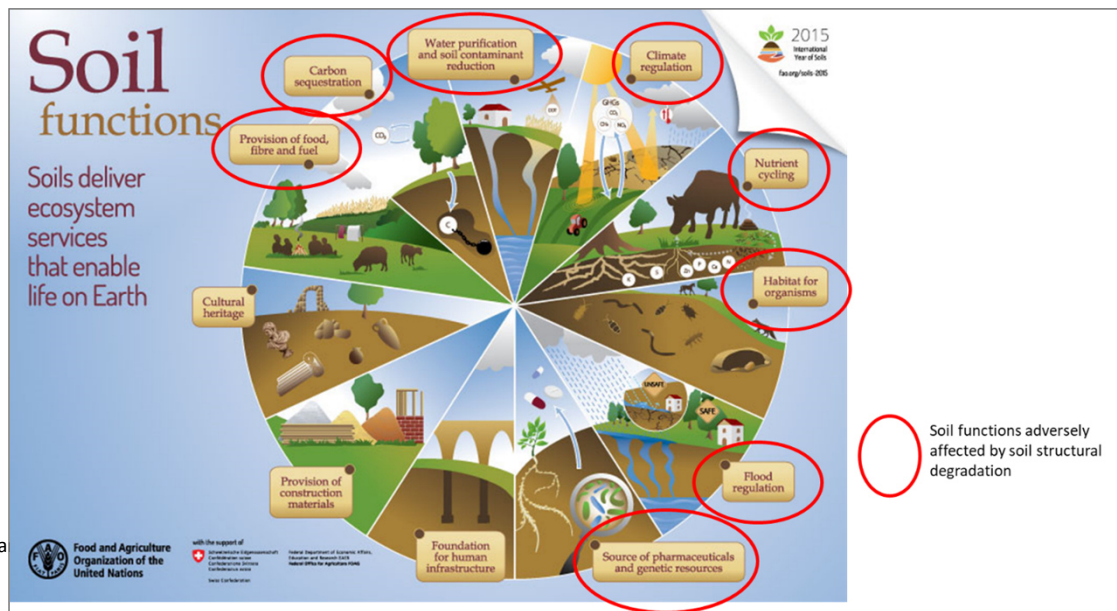
C'est le challenge!

Mais au moins, la bonne nouvelle c'est qu'on sait que nos sols ont du potentiel.



La MO, principal indicateur de la qualité du sol

- Un sol dégradé ne remplit plus ses fonctions de production alimentaire, purification de l'eau et filtration de la pollution, cycle des nutriments, habitat pour les organismes du sol, régulation des crues, etc.



alice.joha





La MO, principal indicateur de la qualité du sol

- La perte de la MO c'est
 - Une structure dégradée → érosion et vulnérabilité à la compaction
 - Moins de réserve en eau → augmentation de la sensibilité aux aléas climatiques
- ... la liste est longue

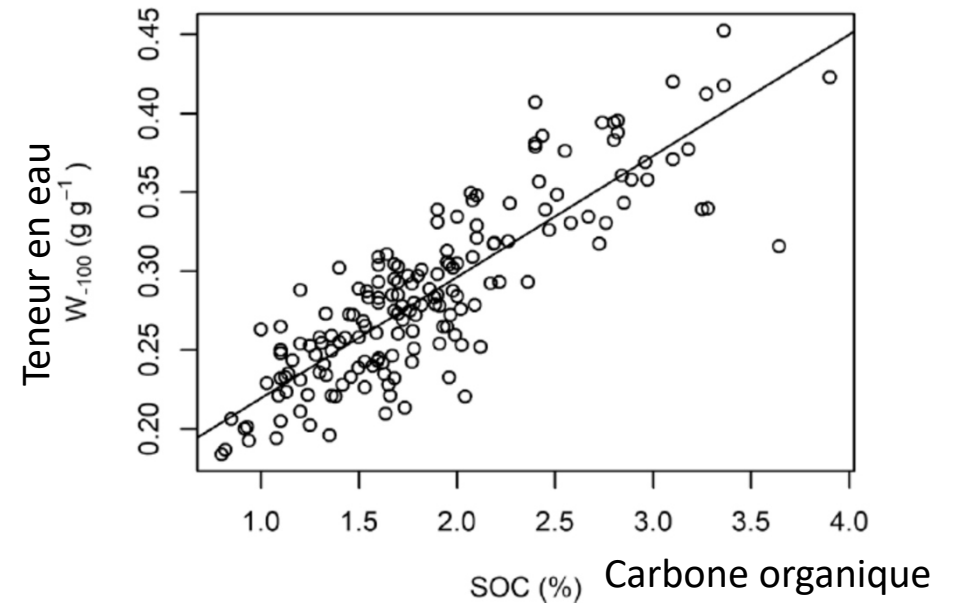


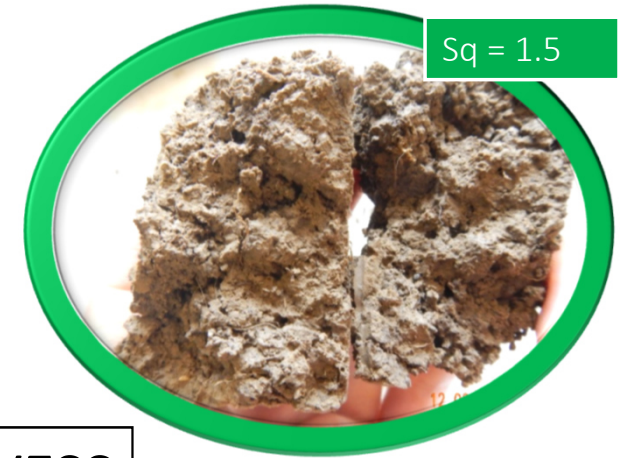
Fig. 3. Gravimetric water content at -100 hPa (W_{-100}) as a function of soil organic carbon (SOC).

Johannes et al., 2019

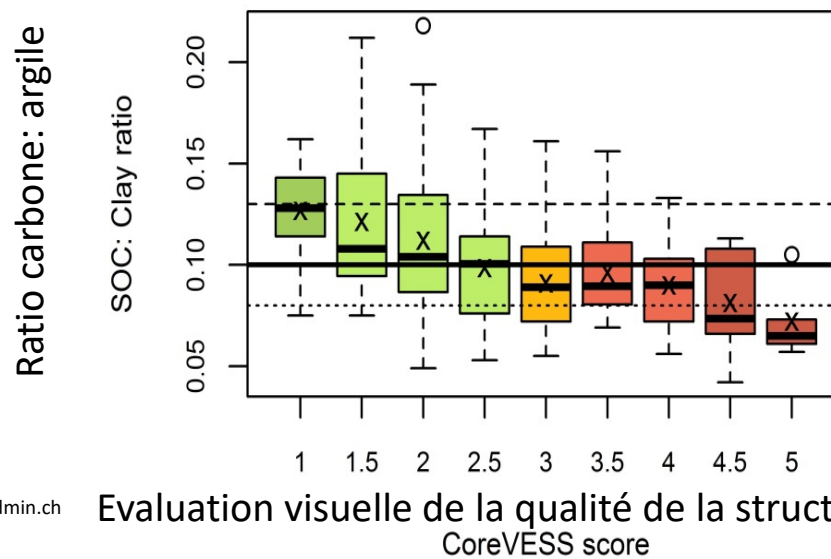


La MO, principal indicateur de la qualité du sol

- C'est quoi un sol de bonne qualité?
- C'est quoi un bon taux de MO?
- Tous les sols ne peuvent avoir la même teneur en MO... Ca dépend de la texture



VESS



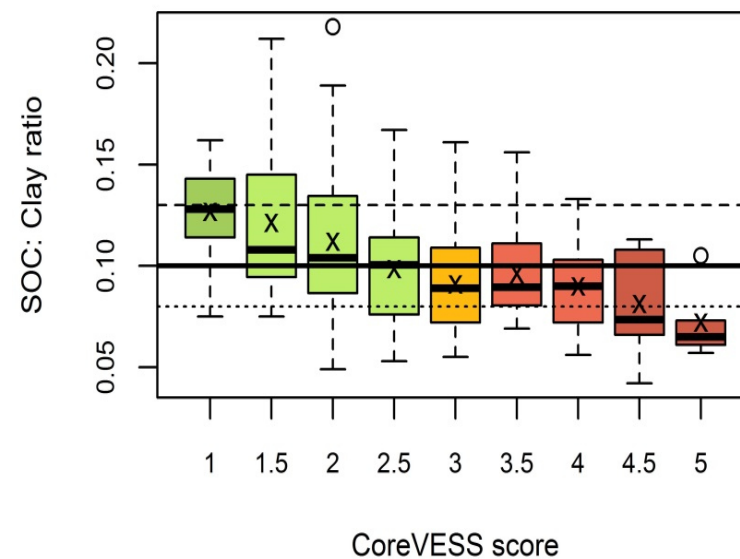
Johannes et al., 2017

alice.johannes@agroscope.admin.ch



C'est le ratio MO:argile de 17%

- Un sol avec 10% d'argile, devrait avoir au moins 1.7% de MO
- Un sol avec 30% d'argile devrait avoir au moins 5,1% de MO
- Il s'agit d'un indice de vulnérabilité de la structure du sol
- En dessous d'un certain ratio (13% du taux d'argile), on peut quasiment garantir que la structure est dégradée.



Pourquoi les politiques climatiques s'intéressent au carbone dans les sols

- Les sols sont la plus grande réserve terrestre de carbone organique de la biosphère, plus que les plantes et l'atmosphère combinés (Schlesinger, 1997).
- C'est donc normal de s'y intéresser...

Pourquoi les politiques climatiques s'intéressent au carbone dans les sols

- L'initiative française «4 pour mille» 01.12.2015: «Si ce niveau de carbone augmentait de 0,4%, soit 4 ‰ par an, dans les premiers 30 à 40 cm de sol, l'augmentation annuelle de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère serait considérablement réduite. » (<https://www.4p1000.org/fr>)
- En Suisse, le postulat 19.3639: « Séquestration du carbone par le sol », 18.06.2019
 - Potentiel de séquestration et de conservation du carbone
 - Mesures qui pourraient être prises
 - Incitations et programme qui pourraient être mis en place
 - Limites de la quantification et de la valorisation de la séquestration

Comment augmenter le taux de carbone dans les sols?

- **Y a pas de miracle... Pour augmenter le carbone dans le sol... il faut apporter du carbone!**
- Puis il faut réussir à le **garder**... qu'il ne se minéralise pas trop vite.

Comment augmenter le taux de carbone dans le sol?

- **Agriculture de conservation** et ses piliers:
 - limiter les perturbations du sol: le **non-labour**
 - **Sol couvert** avec plantes ou résidus
 - **intensité et diversité végétale**: rotation, associations, biomasse, variétés
 - **engrais organique** (compost, fumier, engrais verts)
- Polyculture-élevage
 - **La prairie temporaire**
 - **Les engrais de ferme**
- **Agroforesterie**
 - Grosse production de **biomasse**
 - Haies → **bois raméal fragmenté**
- Quid du **labour profond** et du **biochar**?



L'évolution des stocks de carbone en conventionnel, bio et agriculture de conservation

- Les stocks de carbone organique ont augmenté de
 - 12% en bio et de
 - 24% en agriculture de conservation
 - 3% en conventionnel

(Autret et al., 2016)

alice.johannes@agroscope.admin.ch

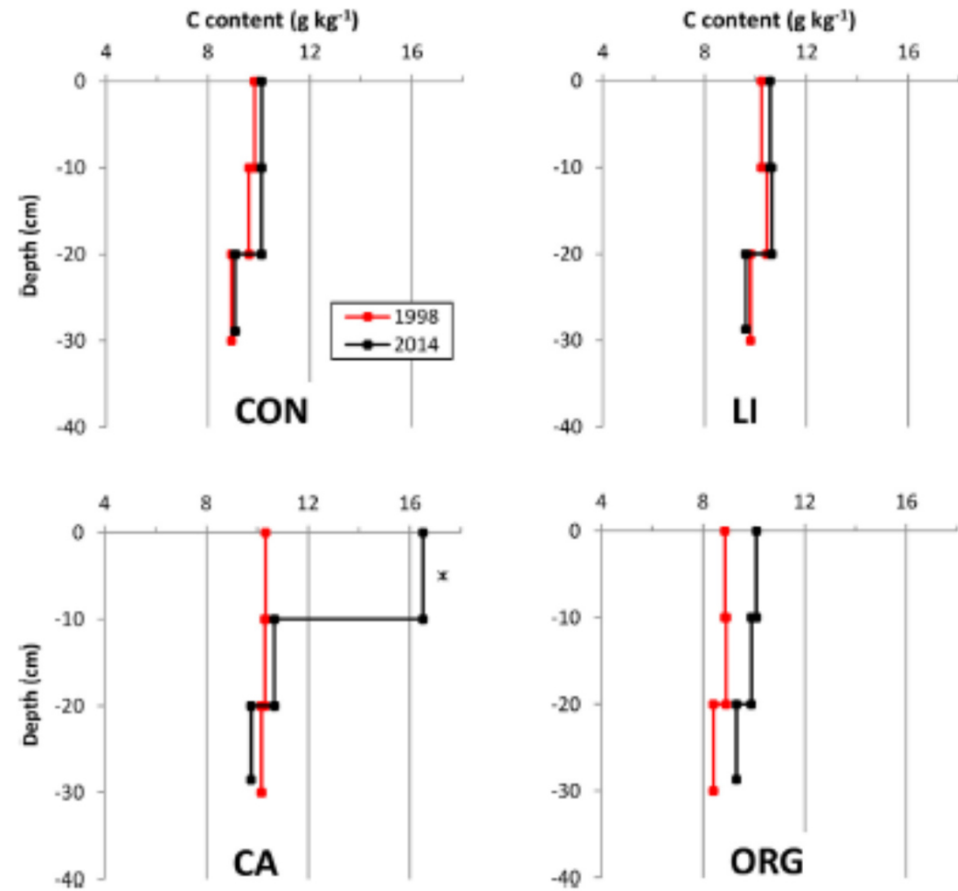
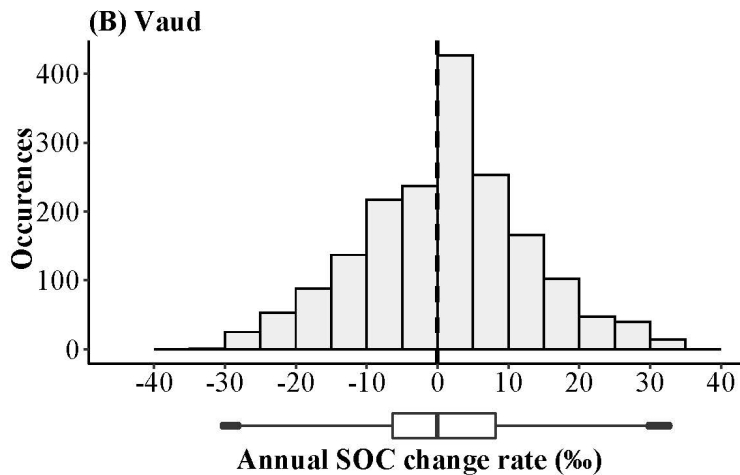


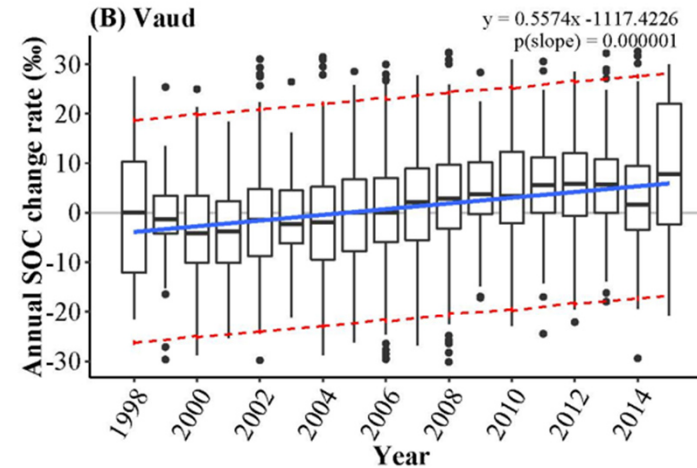
Fig. 2. Profile of carbon concentration in the soil in 1998 and 2014. Depths correspond to fixed equivalent soil masses (see Table 4). Asterisks indicate significant evolution between 1998 and 2014 (* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$). CON = conventional, LI = low input, CA = conservation agriculture, ORG = organic farming.

Evolution du taux de carbone, VD depuis 1993

Étude de l'équipe sols et substrats de hepia HES-SO



Annual SOC change rates in the 0-20 cm topsoil of cropland fields from Vaud (1'793 fields) over the 1993-2020 period. Dashed vertical line: median value. From (Dupla et al., 2020a)

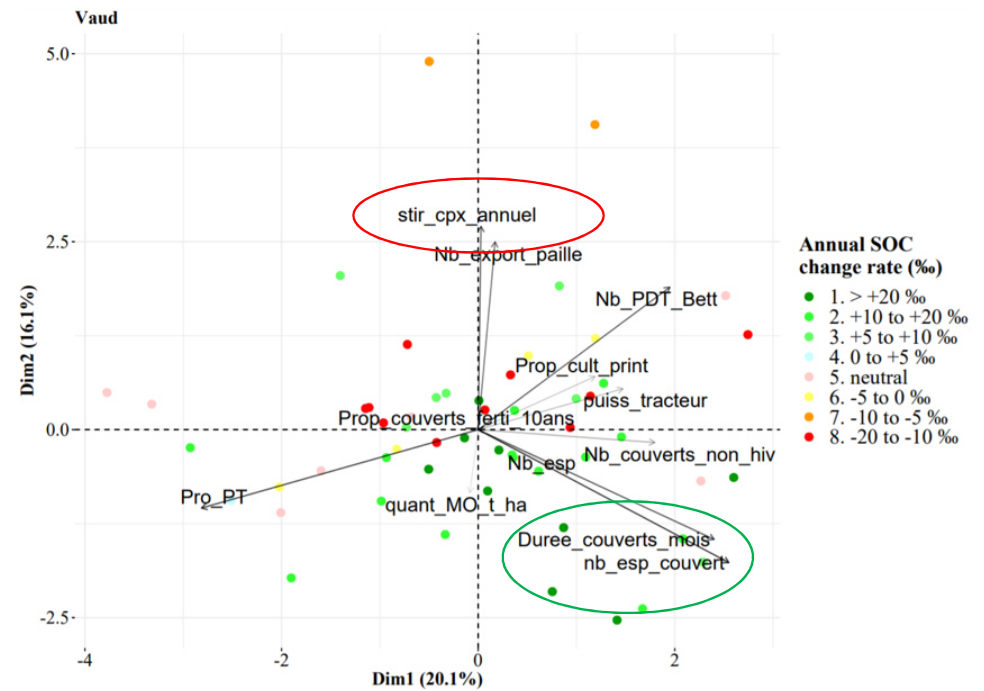
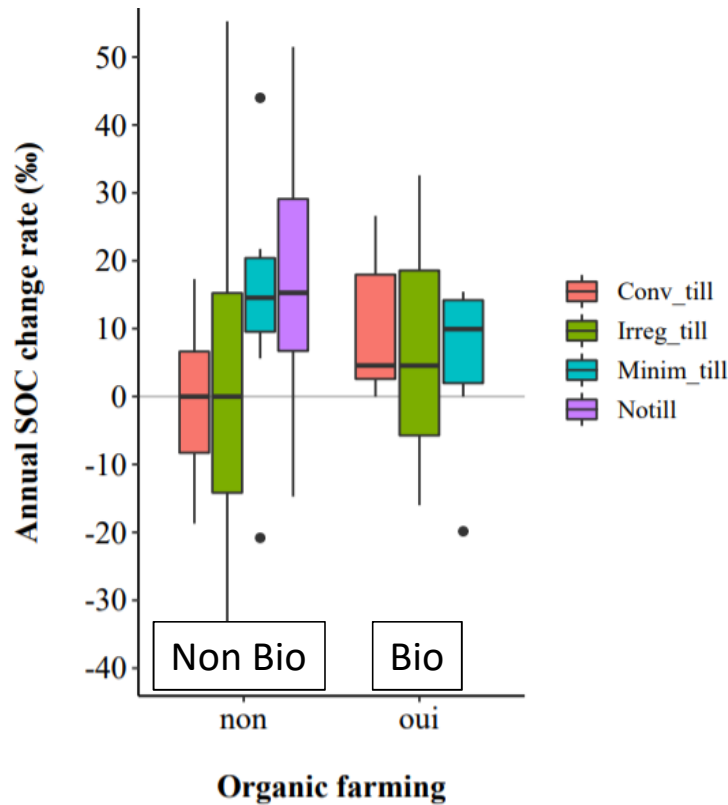


0-20 cm topsoil of cropland fields over the 1993-2020 period for Vaud (1'793 fields) as a function of the average year between two analyses. Solid line: linear regression. Dashed line line : 95% local regression prediction

Si on décrypte le détail de cette augmentation du taux d'évolution du carbone....

Quelles pratiques augmentent le taux de carbone?

Étude de l'équipe sols et substrats de hepia HES-SO



Mais pourquoi le no-till ne fait-il pas toujours l'unanimité?

- Le principe de l'effet du non-labour est simple: en dérangeant le sol le moins possible, on freine la minéralisation du carbone... et donc il y en a plus(+). C'est un système plus proche de ce qui est naturel.
- Les résultats d'études scientifiques ne sont pas toutes unanimes au sujet de l'augmentation du taux de carbone en non-labour. Certaines montrent une augmentation et d'autres ne montrent aucune différence par rapport au labour.
 - C'est souvent une question de dispositif expérimental. Combien d'années de non-labour? Etat de la qualité du sol au départ? Changement d'utilisation du sol pour l'essai? Non-labour découplé de l'utilisation d'engrais verts: Présentation factorielle des pratiques qui ne correspondent pas forcément à la réalité.
- Il semblerait que le non-labour, seul, sans l'utilisation de couverts végétaux ne soit pas suffisamment efficace pour augmenter le taux de carbone...

Utilité du non-labour: Les opinions changent selon le point de vue

Point de vue climatique

- Beaucoup d'études montrent qu'il n'y a pas d'augmentation significative du carbone, mais uniquement une redistribution dans le profil. Ca ne sert donc à rien?

Point de vue qualité sol

- Distribution de MO dans le profil, plus naturelle.
- Meilleure agrégation en surface
 - lutte contre érosion
 - plus de biodiversité
 - eau disponible en surface

Point de vue pratique

- À choisir... pour la fertilité et le rendement? N'a-t-on pas meilleur temps d'avoir cette MO à la surface où elle est le plus utile aux plantes?
- **Engrais verts plus faciles**
- Gain de temps



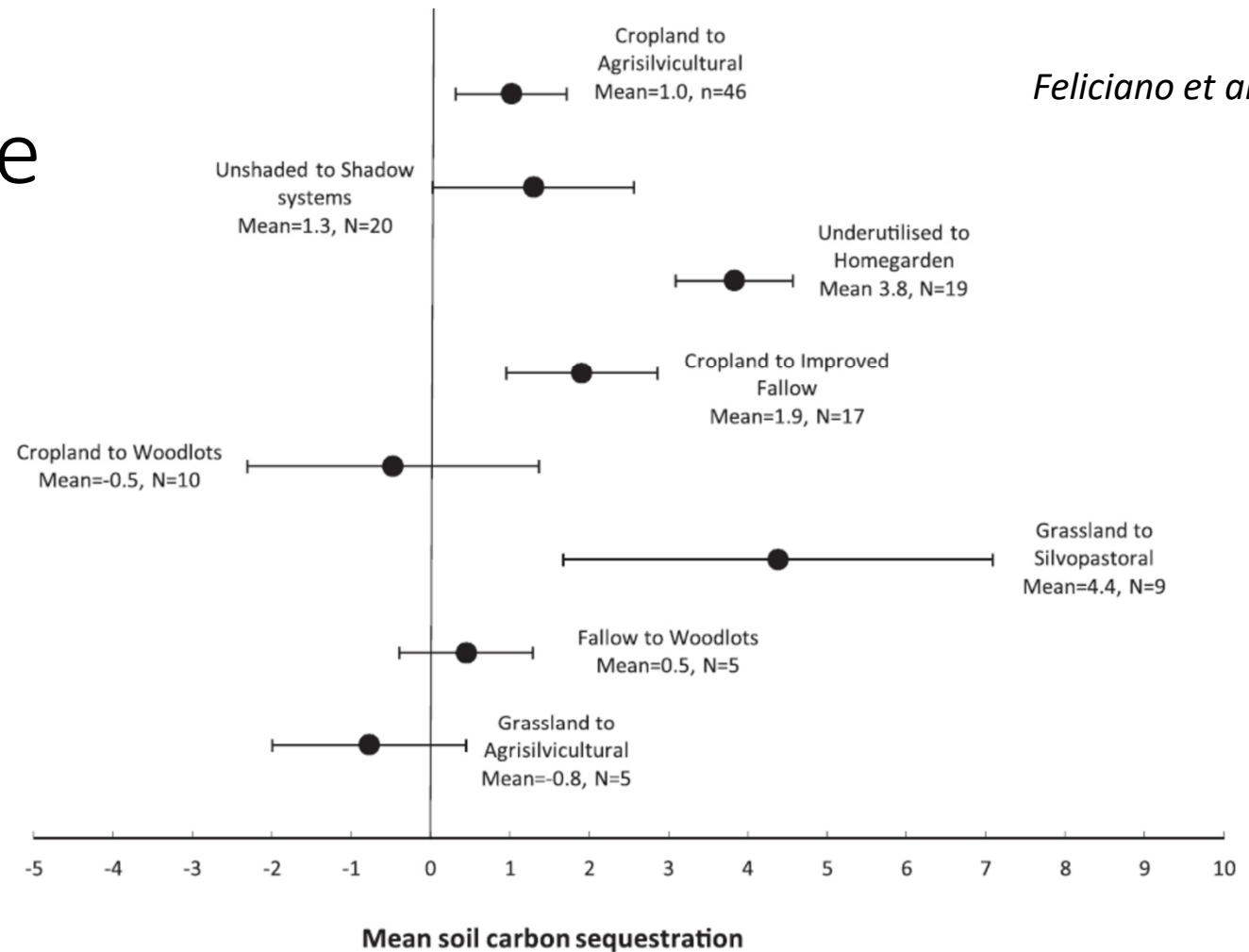
Le non-labour: point de vue pratique

- En pratique il semblerait que la pratique du non-labour augmente le taux de matière organique → Ce serait principalement grâce à l'utilisation des couverts végétaux.
- Pour qu'un couvert produise suffisamment de biomasse, il doit être semé tôt et avoir de bonnes conditions de levées.
- Avec le non-labour, on sème le plus vite possible.
- Avec le labour, il y a un délai de 2-3 semaines avant de pouvoir semer et le sol labouré est plus «séchant»... souvent le couvert a mauvaise mine et ne produit que peu de biomasse.



Agroforesterie

- Grosse production de biomasse, carbone (au dessus et) dans le sol
- Ombrage: diminution des rendements
- Utilisation de bois raméal fragmenté?
 - (Pas facile à produire si on n'est pas en Agroforesterie)
 - Risques de faim d'azote?



Feliciano et al., 2018

Fig. 5. Mean absolute change in soil carbon sequestration resulting from the implementation of an agroforestry system.

Note: Mean and 95% Lower and Upper Confidence Limits (CL) for the mean, and number of observations presented in brackets. Land use changes with fewer than five observations were not included in the graph: cropland to boundary planting (n = 3), open ground to shadow systems (n = 3), degraded to woodlots (n = 2), forest to shadow systems (n = 2), grassland to agrisilvicultural (n = 2), grassland to boundary planting (n = 1), grassland to homegarden (n = 1).

Labour profond et biochar pour séquestrer le carbone?

- L'idée est d'enfouir le carbone (du biochar) si profondément, qu'il n'y aura ni oxygène ni micro organismes pour le minéraliser. Ça marche...
- Mais c'est cher! Le jeu n'en vaut en général pas la chandelle. Les pro-climats apprécient car il s'agit d'une mesure unique et non pas d'une évolution de système.
- Labour profond: à moins de cas très particuliers, pour les sols c'est un non-sens.
 - La structure du sol est complètement perturbée: tsunami en profondeur!
 - Risque majeur de compaction
 - Ce carbone si précieux pour la fertilité des sols pauvres en carbone est dérobé au système.
- Biochar:
 - forme stable de carbone (les pro-climats apprécient)
 - souvent vanté pour ses propriétés améliorantes du sol. Si cela reste vrai, c'est surtout vrai pour des sols peu fertiles. Nos sols déjà assez fertiles en bénéficieront peu (il vaut mieux mettre de la MO fraîche).

Au final pour augmenter le carbone dans le sol

- Pas de méthode universelle, de nombreux systèmes agricoles sont capables de stocker du carbone.
- Mais dans tous les cas: **augmenter l'intensité végétale et diminuer l'intensité mécanique seront bénéfiques.**
- À quel point on peut séquestrer du carbone dépend également du point de départ. Déjà très riche en carbone? Pauvre en carbone? Compacté?
- Ce point de départ (état général de la qualité du sol) doit aussi être pris en compte pour le choix des mesures améliorantes à prendre
 - Exemple: Le non-labour tout de suite sur un sol compacté ne fonctionne pas bien. Un sol doit être «prêt» ou «préparé» à fonctionner plus naturellement.



Merci de votre attention!



alice.johannes@agroscope.admin.ch



Matériel supplémentaire

alice.johannes@agroscope.admin.ch

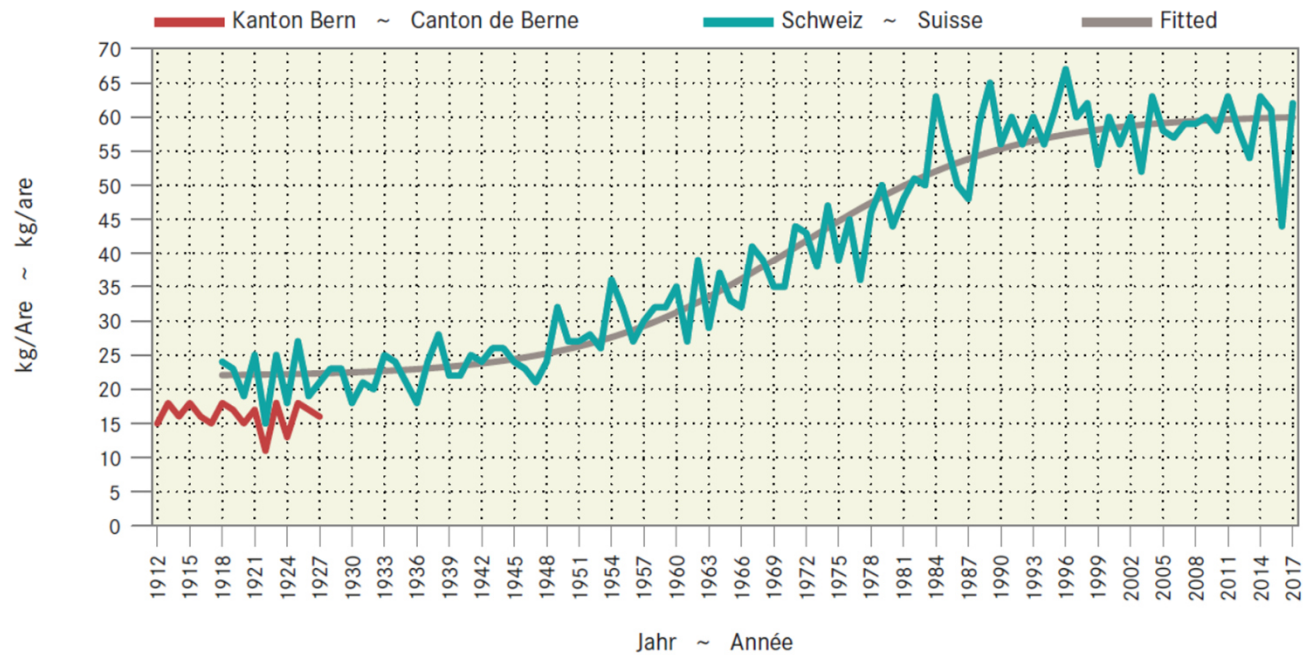


Evolution des rendements en Suisse

Grafik 1: Winterweizenerträge im Kanton Bern und in der Schweiz

Graphique 1: Rendement du blé d'automne dans le canton de Berne et en Suisse

Mittlere Erträge in Kilogramm pro Are ~ Rendements moyens en kilogrammes par are

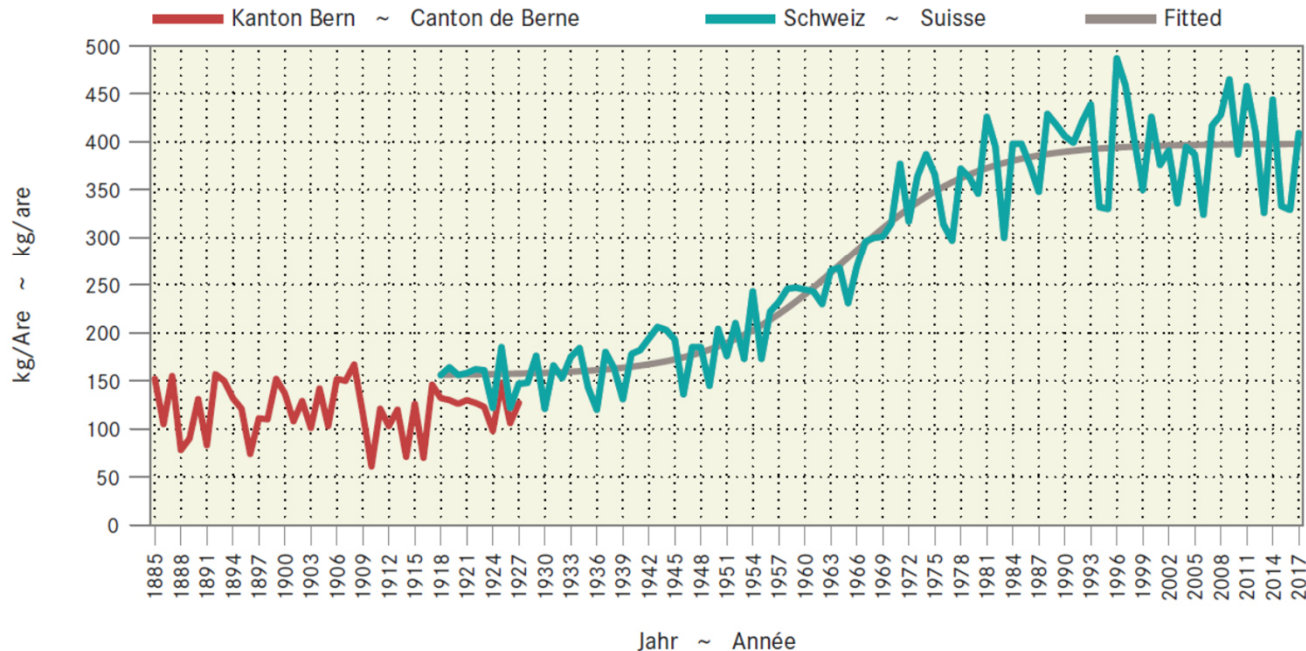


https://www.sbv-usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien/Agristat_aktuell/2018/Aktuell_AGRISTAT_2018-06.pdf



Evolution des rendements

Grafik 3: Kartoffelerträge im Kanton Bern und in der Schweiz
Graphique 3: Rendement des pommes de terre dans le canton de Berne et en Suisse
Mittlere Erträge in Kilogramm pro Are ~ Rendements moyens en kilogrammes par are



Tout en stagnant en moyenne, les rendements sont-ils plus fluctuant que par le passé?
Sont-ils plus sensibles aux aléas climatiques?
Si c'est le cas, la faute au climat ou à la vulnérabilité du sol (sans MO)? Pas de réponse, juste des questions...

[https://www.sbv-
usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien
/Agristat_aktuell/2018/Aktuell_AGRIST
AT_2018-06.pdf](https://www.sbv-
usp.ch/fileadmin/sbvuspch/04_Medien
/Agristat_aktuell/2018/Aktuell_AGRIST
AT_2018-06.pdf)



définitions

- **Séquestration** de carbone dans les sols: implique le processus de capter le C de l'atmosphère. Exemple: production de biomasse, suivie de l'incorporation dans le sol
- **Stockage** de carbone dans les sols: Tout ce qui augmente le taux de carbone dans les sols.