

# Sols fertiles, qu'en est-il ?

Pascal Boivin – Professeur Sols et Substrats  
HEPIA Agronomie  
*ACL -2018*

# Sols fertiles, qu'en est-il ?



La fertilité, une notion subjective et fluctuante avec le temps



Fertilité ou qualité du sol ?

Les indicateurs de qualité

Le rôle de la matière organique

L'état des sols suisses

En conséquence...

# La fertilité



- « *Il n'y a pas de fertilité en soi mais en référence, pour un milieu, aux systèmes de culture pratiqués* » M. Sebillotte, « Pratiques agricoles et fertilité du milieu », *Economie rurale*, 1992
  - Ex. Une vision très « biologique » :  
<https://shop.fibl.org/fileadmin/documents/shop/1587-fertilite-des-sols.pdf>
  - L'approche « semis-direct », Agriculture de conservation, revue TCS etc.
- C'est la base de la protection des sols en Suisse
- Loi sur la protection de l'environnement (LPE, 1983):
  - Art. 1 But 1 La présente loi a pour but de protéger les hommes, les animaux et les plantes, leurs biocénoses et leurs biotopes contre les atteintes nuisibles ou incommodes, **et de conserver durablement les ressources naturelles, en particulier la diversité biologique et la fertilité du sol.**

# Définition selon l'Osol Art.2:



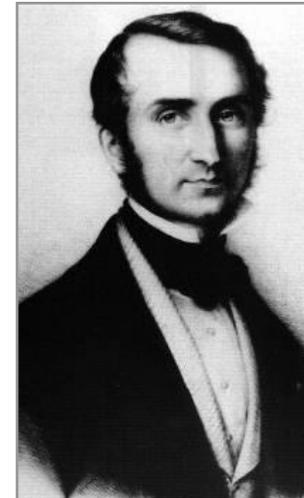
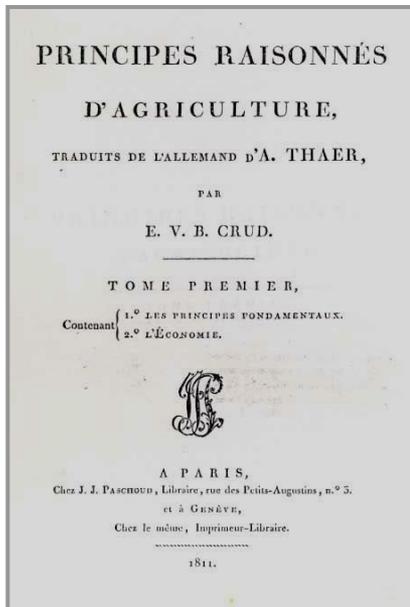
Le sol est considéré comme fertile:

- a. s'il présente une biocénose diversifiée et biologiquement active, une structure typique pour sa station et une capacité de décomposition intacte;
- b. s'il permet aux plantes et aux associations végétales naturelles ou cultivées de croître et de se développer normalement et ne nuit pas à leurs propriétés;
- c. si les fourrages et les denrées végétales qu'il fournit sont de bonne qualité et ne menacent pas la santé de l'homme et des animaux;
- d. si son ingestion ou inhalation ne menace pas la santé de l'homme et des animaux.

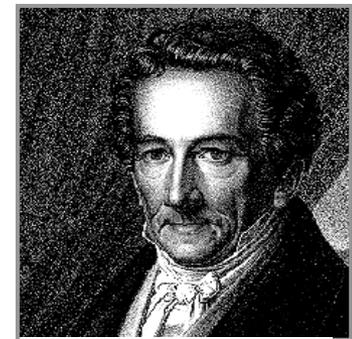
# La fertilité – aspect historique

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



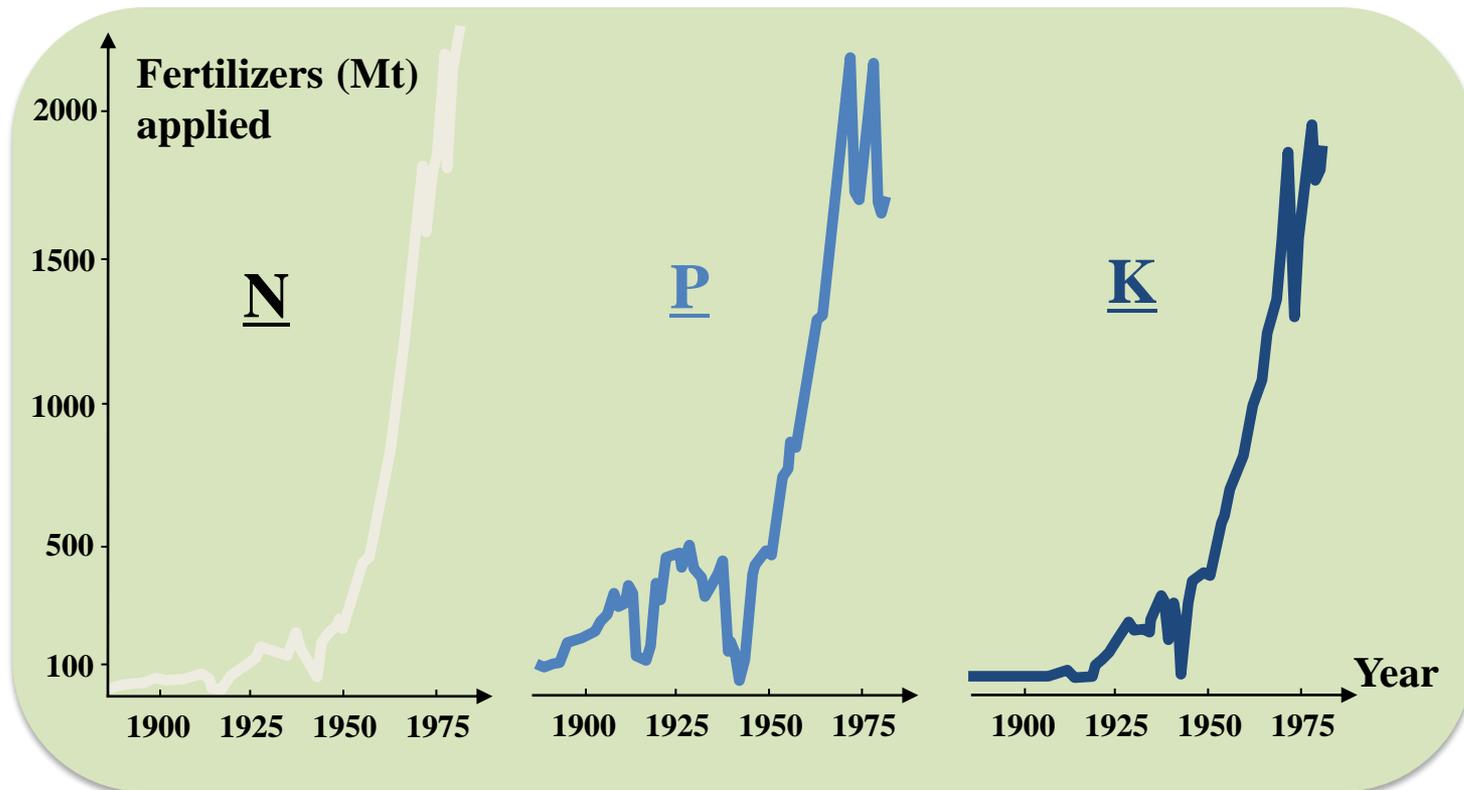
Albrecht Thaer

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

# L'ère NPK (1850-1950) Fertilisation chimique



Augmentation de la consommation de fertilisants en France de 1886 à 1954 (J. Boulaine, 1989)



**Rendements multipliés par 10**

*Feller, SOM history, 2004,*

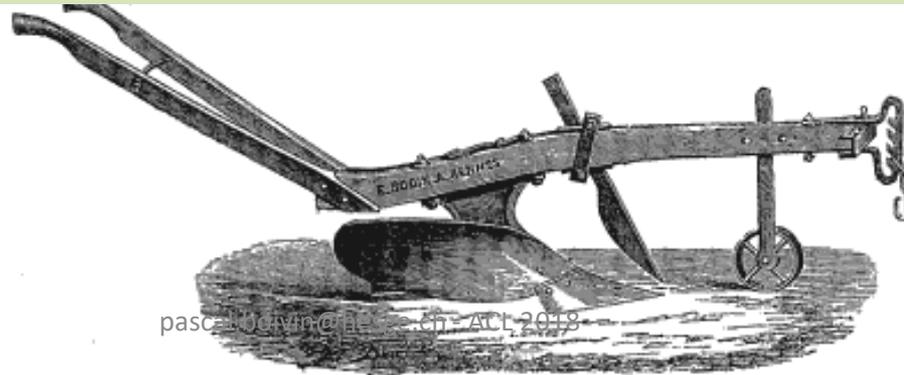
# En même temps ou presque ...



hepia - Agronomie

- *Le sol actif est cette couche superficielle de la terre cultivée par les instruments agricoles et dont l'épaisseur dépend de la profondeur des labours. ../..*
- *Le sol vierge vient immédiatement au dessous du sol actif, et il peut jusqu'à un certain point passer lui-même à l'état de sol actif, quand les puissants instruments dont dispose aujourd'hui la machinerie agricole le mélangent à ce sol actif avec lequel il s'incorpore avantageusement ../..*
- *Quant à la composition du sous-sol elle est très-variable et souvent très-mauvaise.*
- *Les cultivateurs qui ne labourent que superficiellement de semblables terrains entendent mal leur intérêt*

RAPPORT fait à la Société d'Agriculture de Wassy, par **M. C. VAILLANT** :  
**Des labours profonds, de leur utilité**  
**et des instruments propres à les exécuter. (1875)**



# Labour et augmentation de la pression mécanique



- Machinisme: après la seconde guerre mondiale
- Labour plus profond
- Machines plus puissantes
- → perte de carbone organique (dilution et minéralisation)
- → Stress physique (tassement – éclatement – cisaillement)

*50 à 60% de MO perdue  
Par rapport au sol « naturel »*

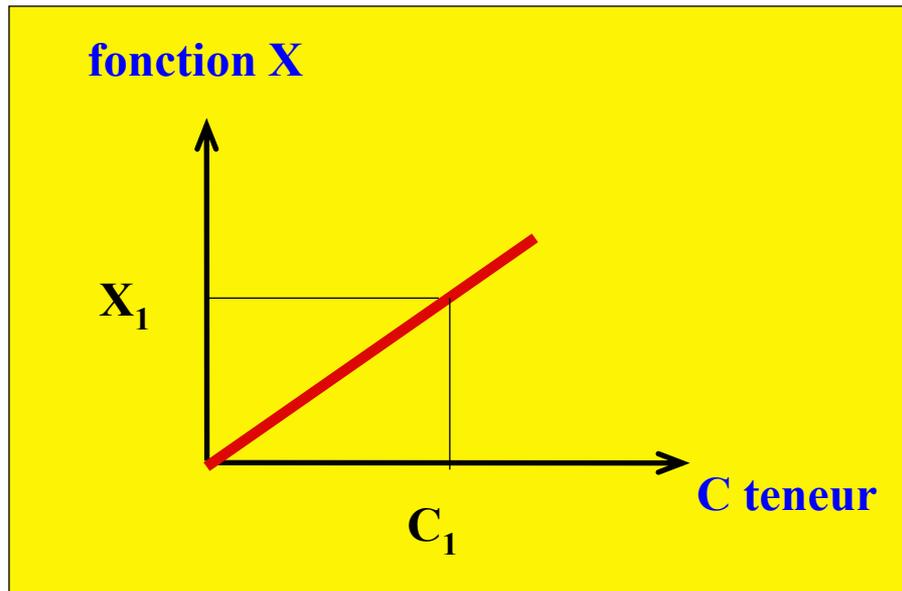


# Fertilité des sols au 20<sup>ème</sup> siècle



- Une affaire de production de biomasse maximale
- Gérée “hors sol”
  - le triptyque machinisme / agrochimie / fertilisation minérale
  - Une agriculture « minière »
- Des changements motivés par la relance de l'Europe (plan Marshall) et l'économie de marché
  - Libérer de la main d'œuvre
  - Abaisser le coût du « panier »
- Avec en corollaire :
  - Augmentation de la taille des exploitations
  - Exode rural
  - Séparation agriculture - élevage
- Une vision profondément enracinée dans l'idéologie du 19<sup>ème</sup> siècle

# Rôle de la matière organique



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.



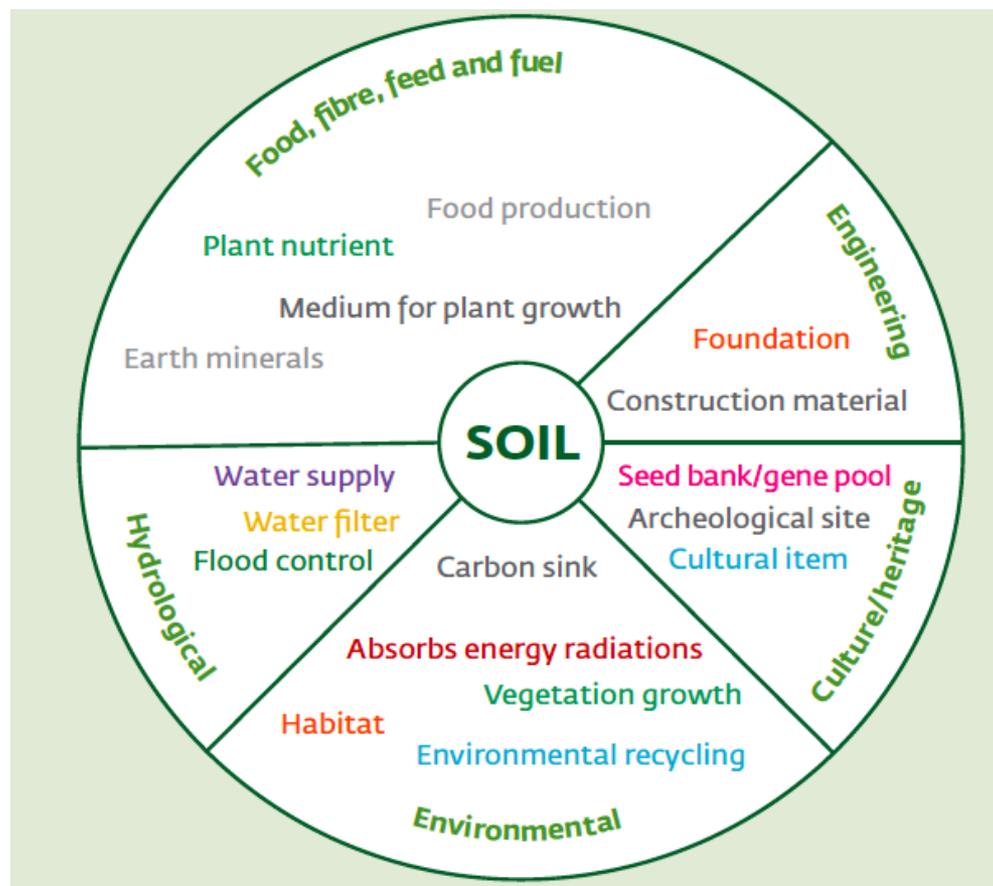
# Portance, drainage et humus



# La qualité des sols



- Définie comme l'aptitude du sol à assurer ses fonctions



# La qualité des sols



- Des indicateurs de qualité (SQI) sont en cours d'élaboration et déjà utilisés.
- Essentiellement liés aux fonctions des sols agricoles
- Développement dans le cadre de l'aménagement du territoire en cours
- Le principal / premier indicateur : **matière organique**
- La fonction qui prend de l'importance: séquestration de carbone organique

# LE 4 POUR 1000

## LA SÉQUESTRATION DU CARBONE DANS LES SOLS POUR LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET LE CLIMAT



La quantité de carbone contenue dans l'**atmosphère** augmente chaque année de **4,3 milliards de tonnes**

**+4,3**

Md t. carbone / an

↑↑  
émissions de CO<sub>2</sub>



Forêts ⊖⊖

Océans ⊖⊖

Activités humaines ⊕⊕⊕⊕

Déforestation ⊕

⊖ absorption ⊕ émission

Les **sols** du monde contiennent sous forme de matières organiques **1 500 milliards de tonnes** de carbone

absorption de CO<sub>2</sub> par les végétaux



stockage de carbone organique dans les sols

**1500**

Md t. carbone

Si on augmente de **4‰ (0,4%)** par an la quantité de carbone contenue dans les sols, on **stoppe l'augmentation annuelle de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère**, en grande partie responsable de l'effet de serre et du changement climatique

augmentation de l'absorption de CO<sub>2</sub> par les végétaux :



sols cultivés, prairies, forêts...



stockage de **+4‰** de carbone dans les sols mondiaux

= des sols + fertiles  
= des sols + adaptés aux effets du changement climatique

## COMMENT STOCKER PLUS DE CARBONE DANS LES SOLS ?

Plus on couvre les sols, plus les sols sont riches en matière organique, et donc en carbone. Jusqu'à présent, la lutte contre le réchauffement climatique s'est beaucoup focalisée sur protection et la restauration des forêts. En dehors des forêts, il faut favoriser le couvert végétal sous toutes ses formes.



Ne pas laisser un sol nu et moins travailler le sol ;  
ex. : les techniques sans labour



Introduire davantage de cultures intermédiaires, intercalaires et de bandes enherbées



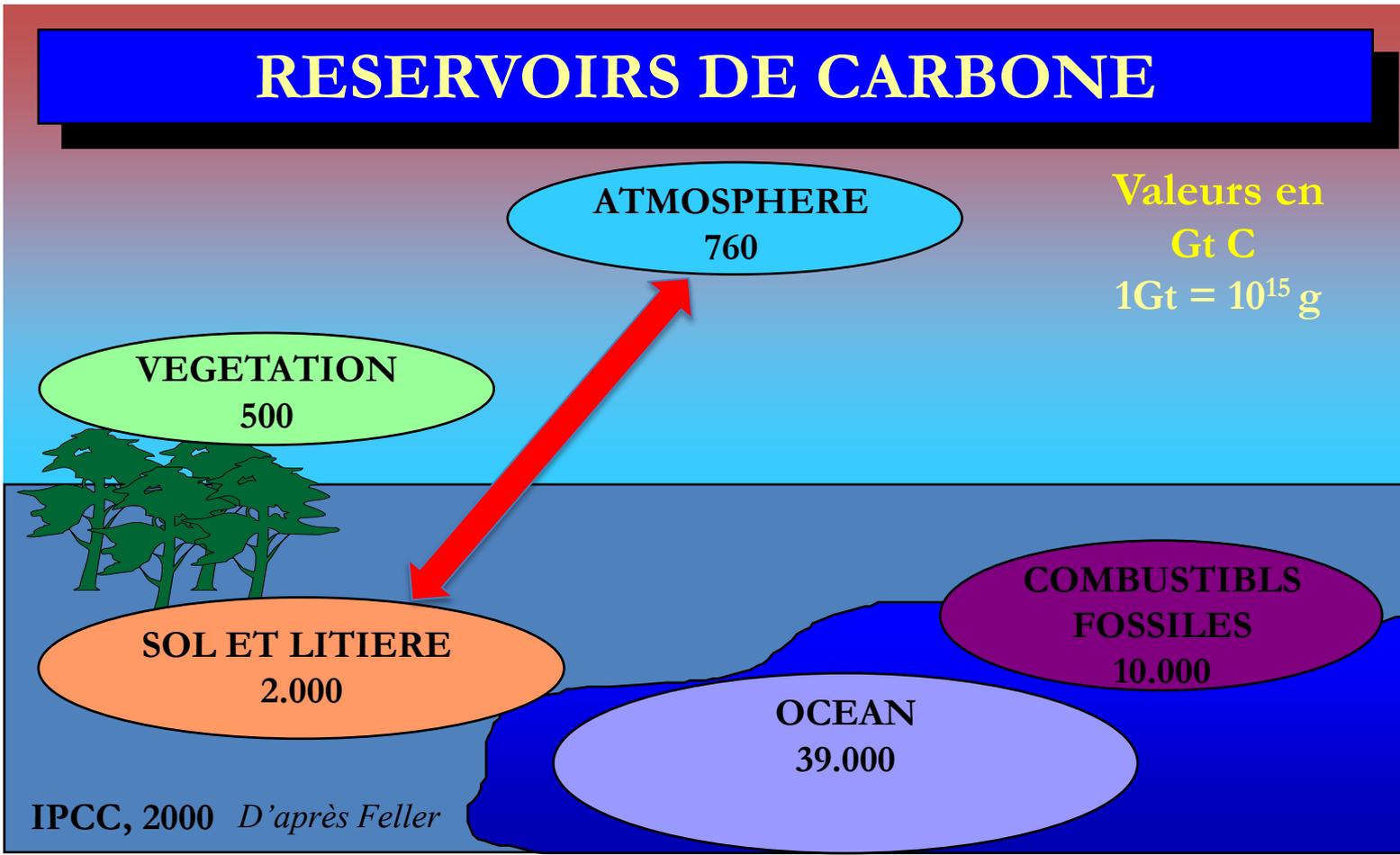
Développer les haies en bordure des parcelles agricoles et l'agroforesterie



Optimiser la gestion des prairies, par exemple en allongeant la durée de pâturage



Restaurer les terres dégradées, par ex. les zones arides et semi arides du globe

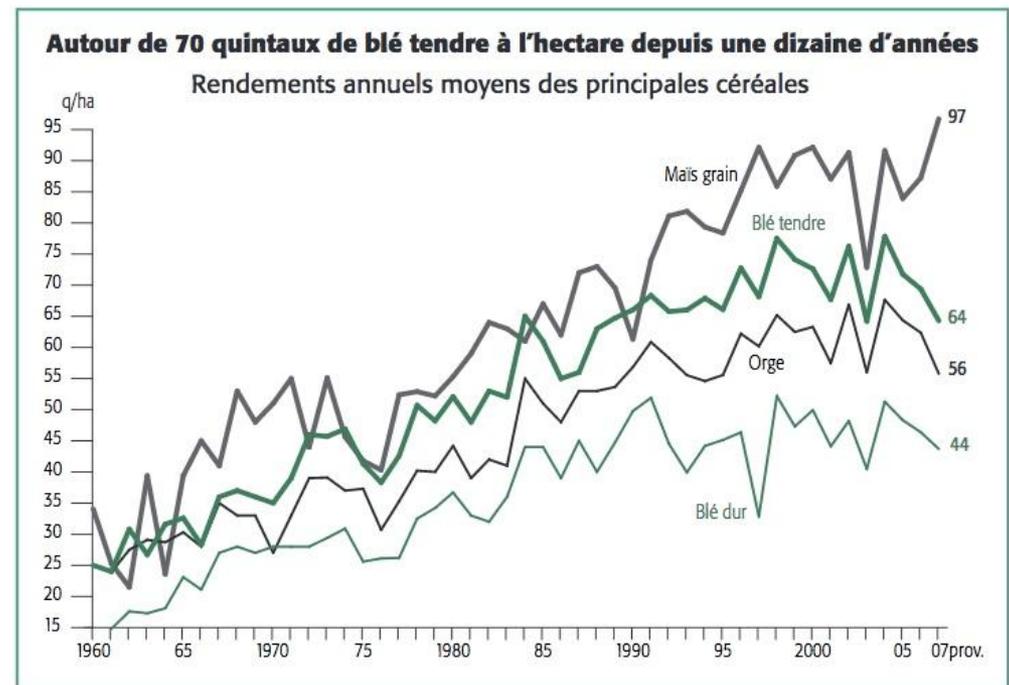


# Matière organique : retour sur le devant de la scène



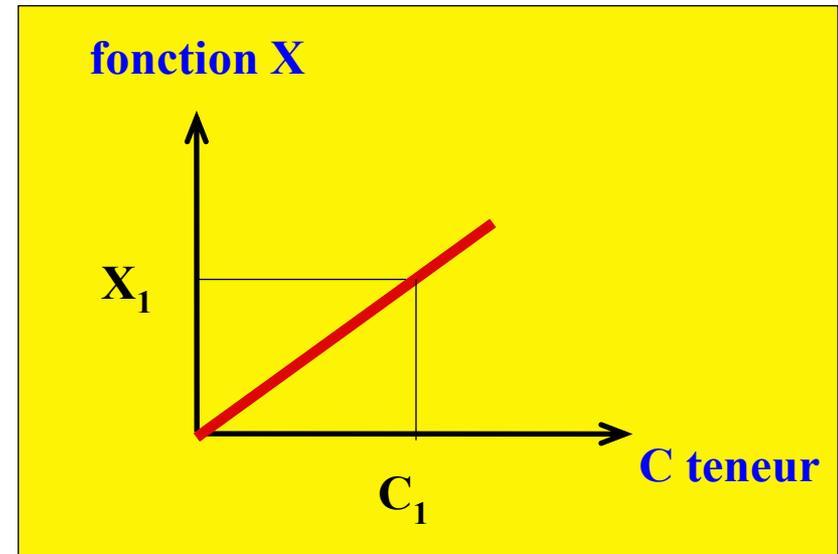
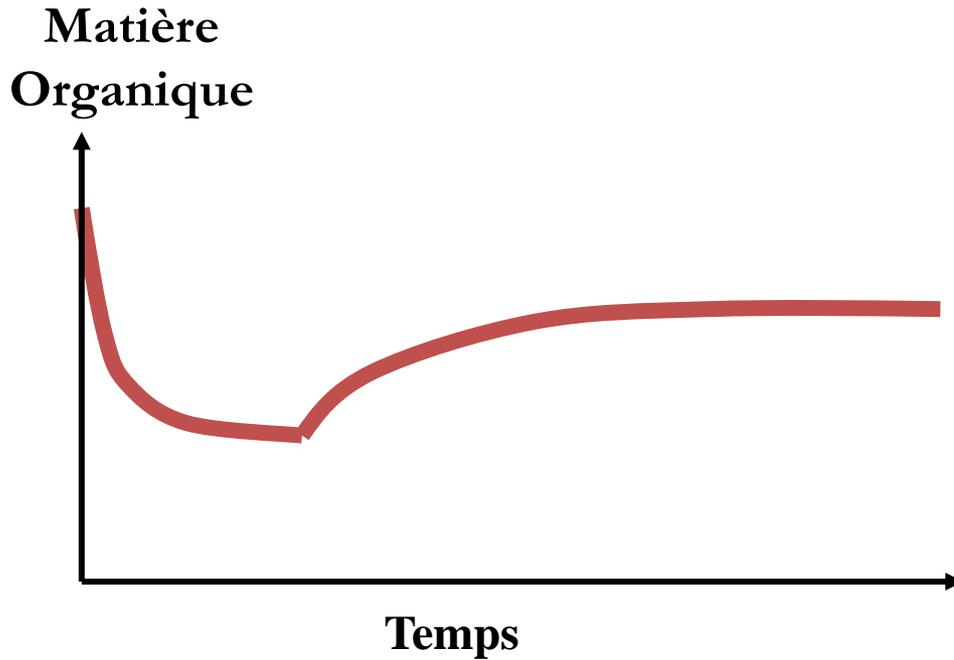
- Le principal indicateur / facteur de qualité des sols
- Notre “sauveur” pour le changement climatique ?
- Depuis 20-30 ans, les rendements stagnent dans le monde
- La fin de l'ère N/P/K...

Ou encore ...  
*Ray et al., 2012. Recent patterns of crop yield growth and stagnation. Nature Communications*



Source : Agreste - Statistique agricole annuelle

# Teneur en humus des sols



Une ressource plafonnée !

# Combien faut-il de matière organique dans nos sols ?

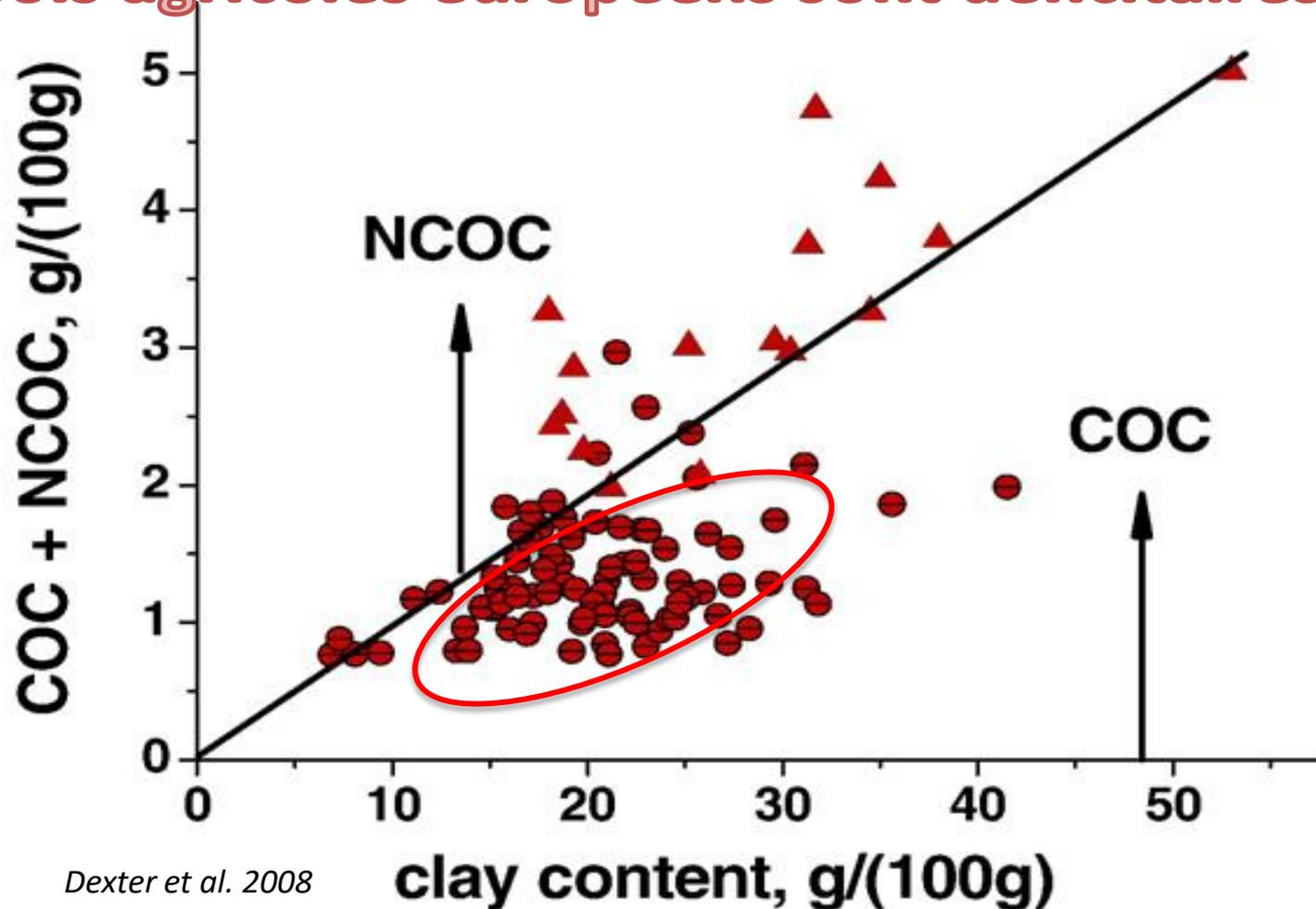


- La matière organique a besoin d'être protégée dans le sol, sinon elle est très rapidement dégradée par les microorganismes.
- Principal mécanisme de protection: la complexation à la surface des argiles
- En moyenne, la capacité de complexation des argiles serait de **17% de la masse d'argile en matière organique**
- C'est donc une teneur à viser !
- Ex: 10% d'argile → 1.73 % de MO; 20% → 3.5 % MO etc..

Optimum de matière organique  
= 17 % de l'argile (SOC = 10%)



## Les sols agricoles européens sont déficitaires



Dexter et al. 2008

# Ce n'est pas qu'une question de sécurité alimentaire



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



Soil erosion takes effect on Suffolk farmland in the UK. Photograph: Alamy

*The Guardian*

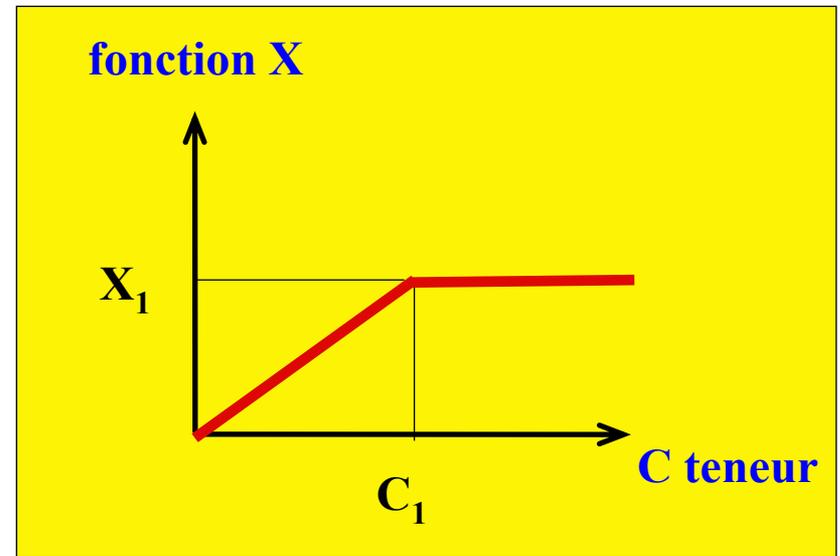
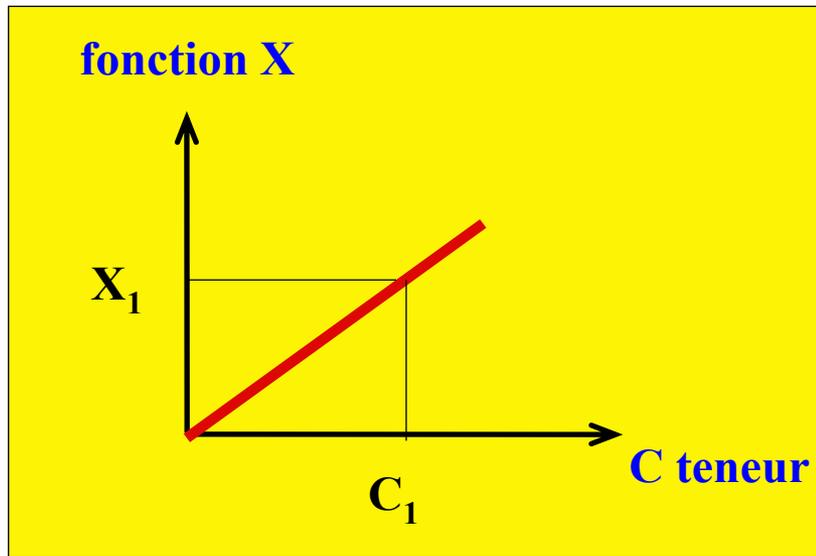


**« Erosion :  
as big a problem  
as climate change »**



# Alors combien faut-il de matière organique dans nos sols ?

- Deux approches s'opposent



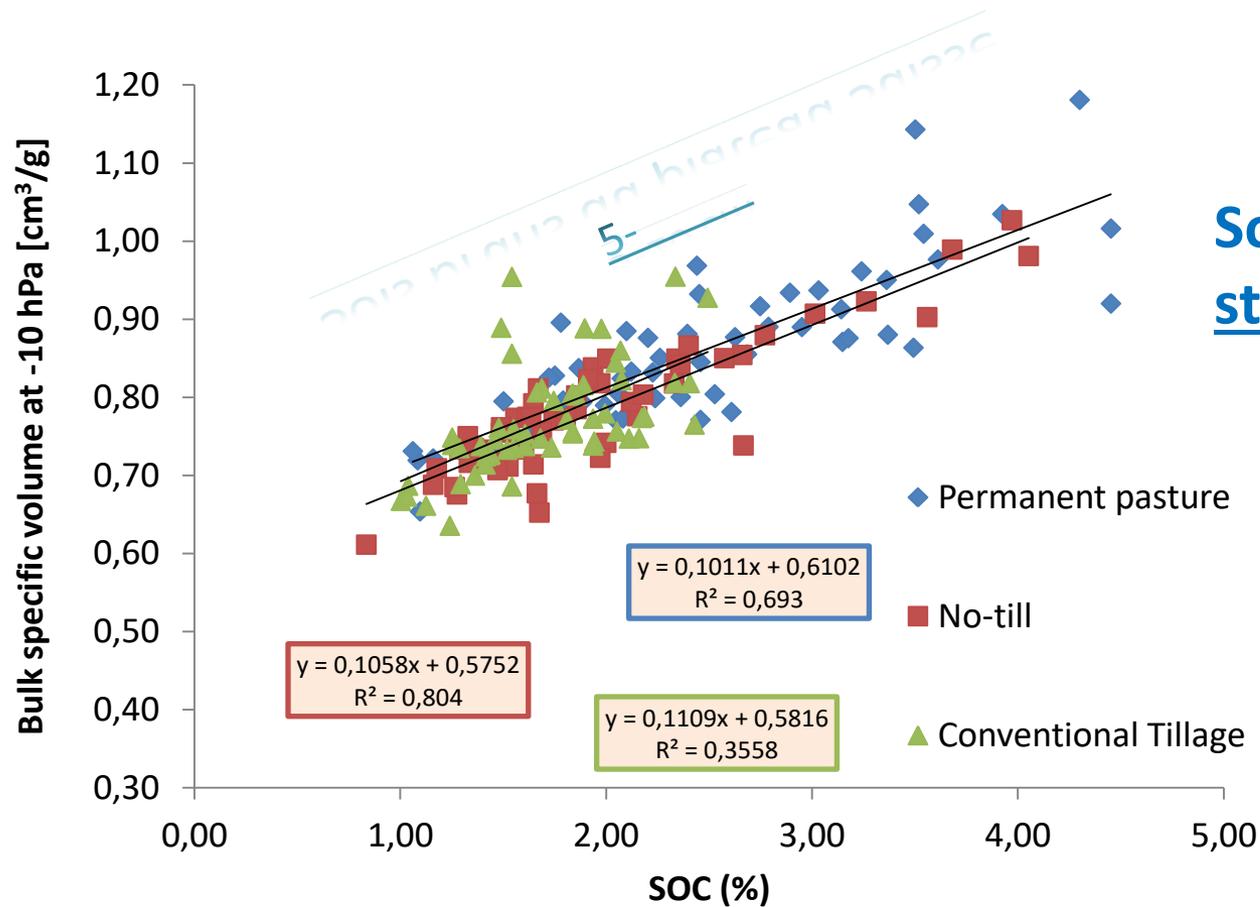
Plus il y en a mieux c'est



Il y a un optimum

→ Analyse du point de vue physique

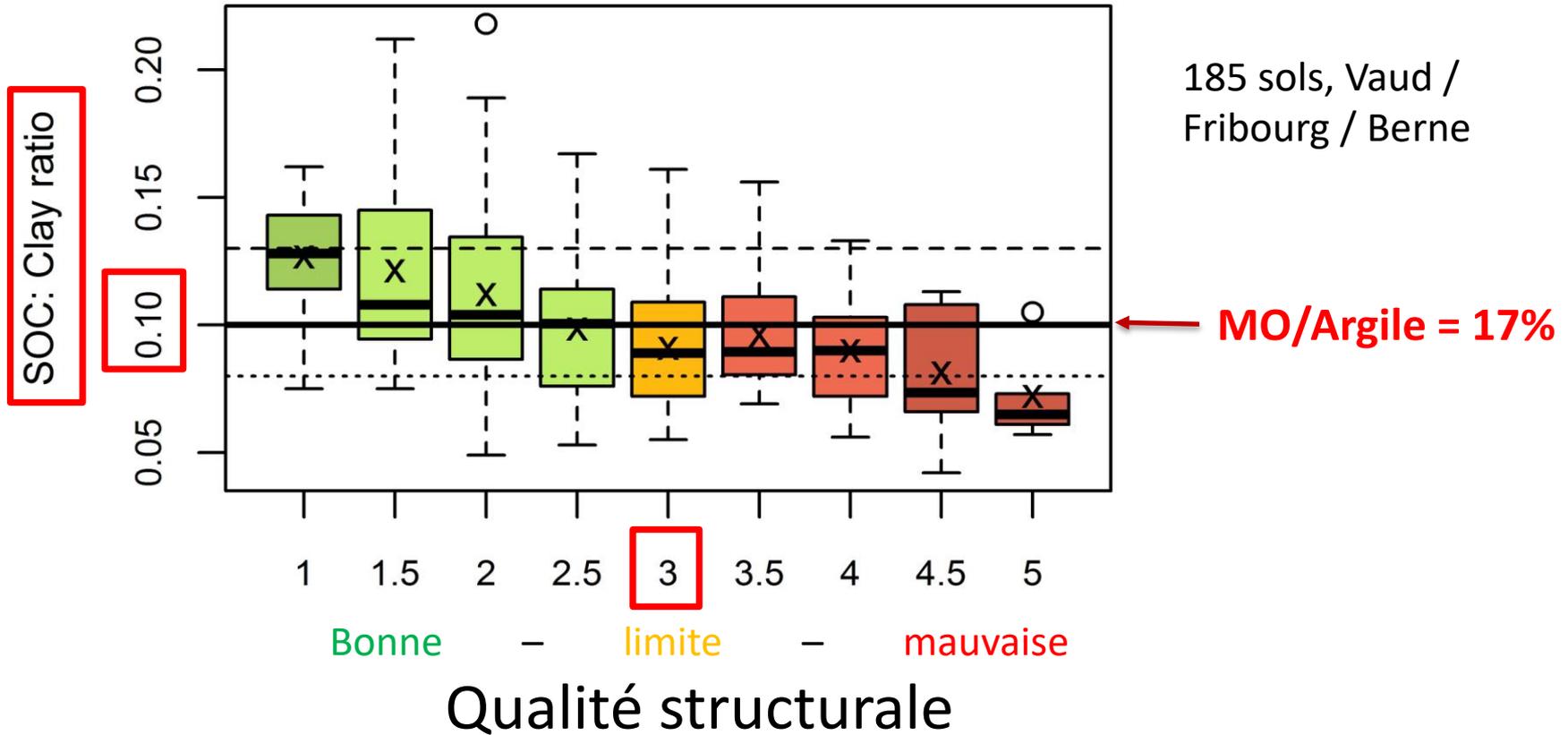
# Plus il y en a mieux c'est



Sols en bon état structural



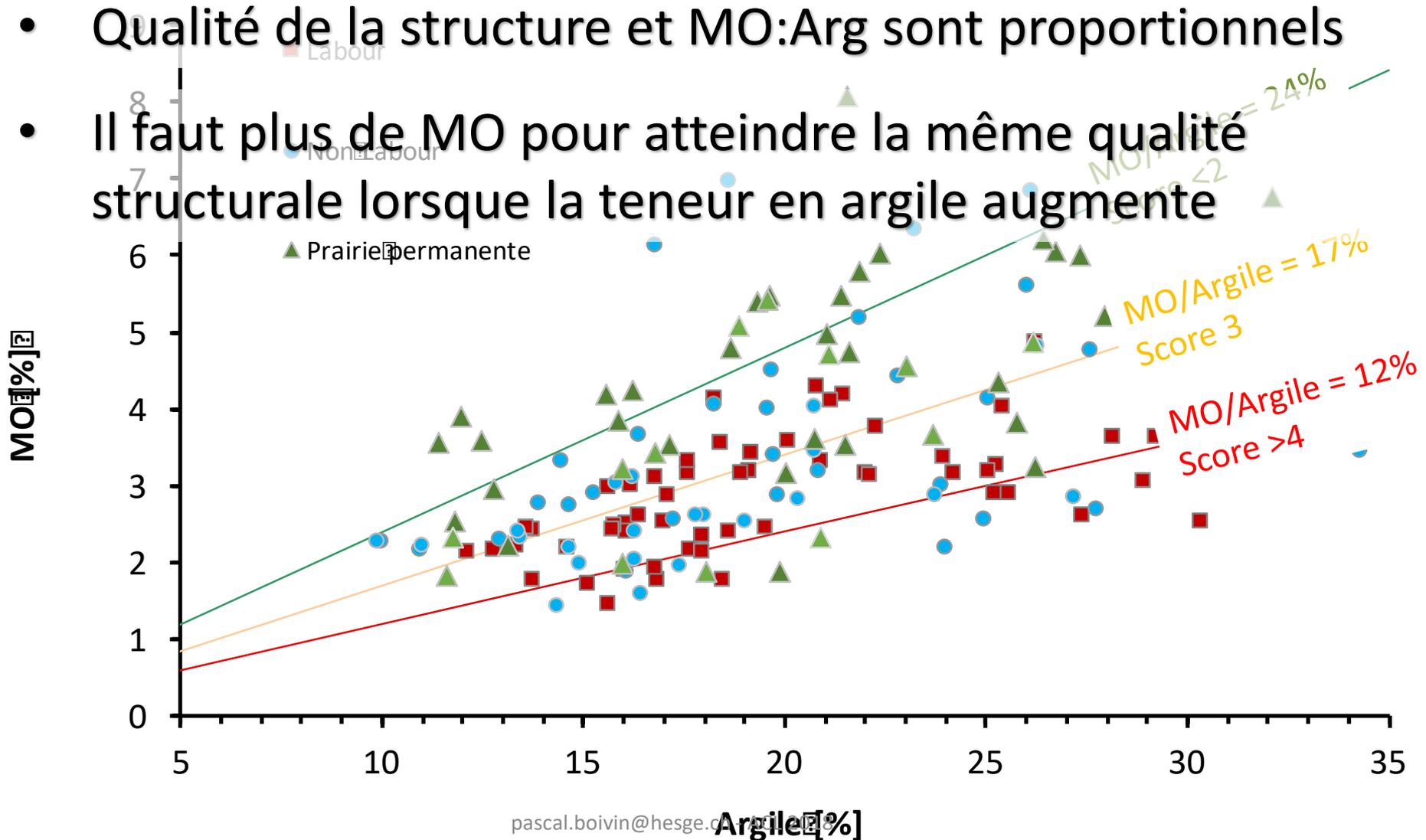
# Matière organique et qualité de la structure: évidence de seuils



# Teneur en MO / Argile et qualité de la structure



- Qualité de la structure et MO:Arg sont proportionnels
- Il faut plus de MO pour atteindre la même qualité structurale lorsque la teneur en argile augmente



# Le bon rapport MO/Argile



- Une condition nécessaire pour un sol de bonne qualité
  - Meilleure résistance de la structure sous la contrainte
  - Régénération plus rapide
- Mais quelle que soit la teneur en MO on peut compacter !
- Une condition nécessaire mais pas suffisante
  - Importance de faire le test bêche et le profil cultural



pascal.bonvin@hesge.ch - ACL 2018



2

et d'architecture de Genève

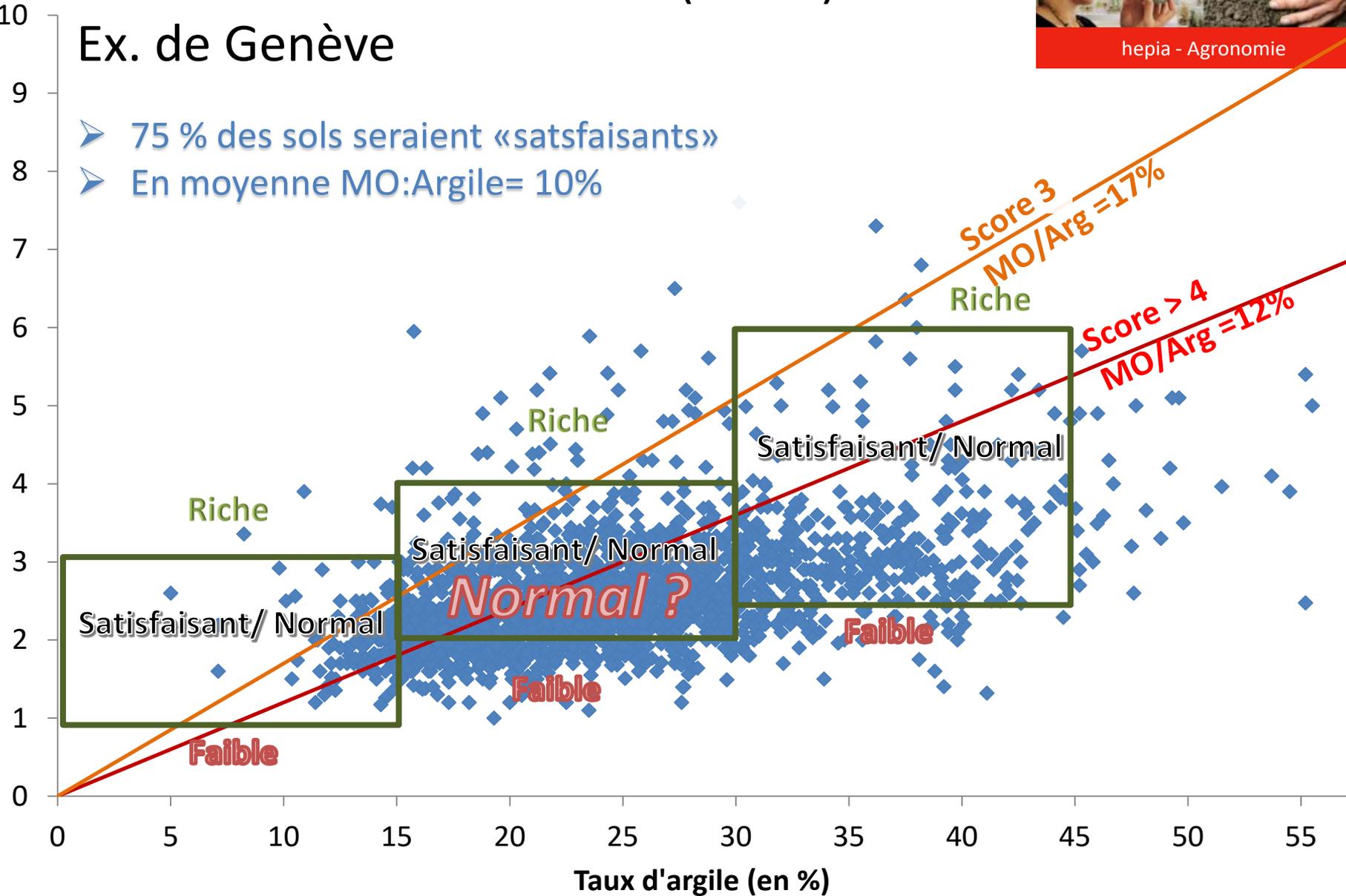
# Données de bases fumure (OFAG)

## Ex. de Genève



- 75 % des sols seraient «satisfaisants»
- En moyenne MO:Argile= 10%

Taux de MO (en %)

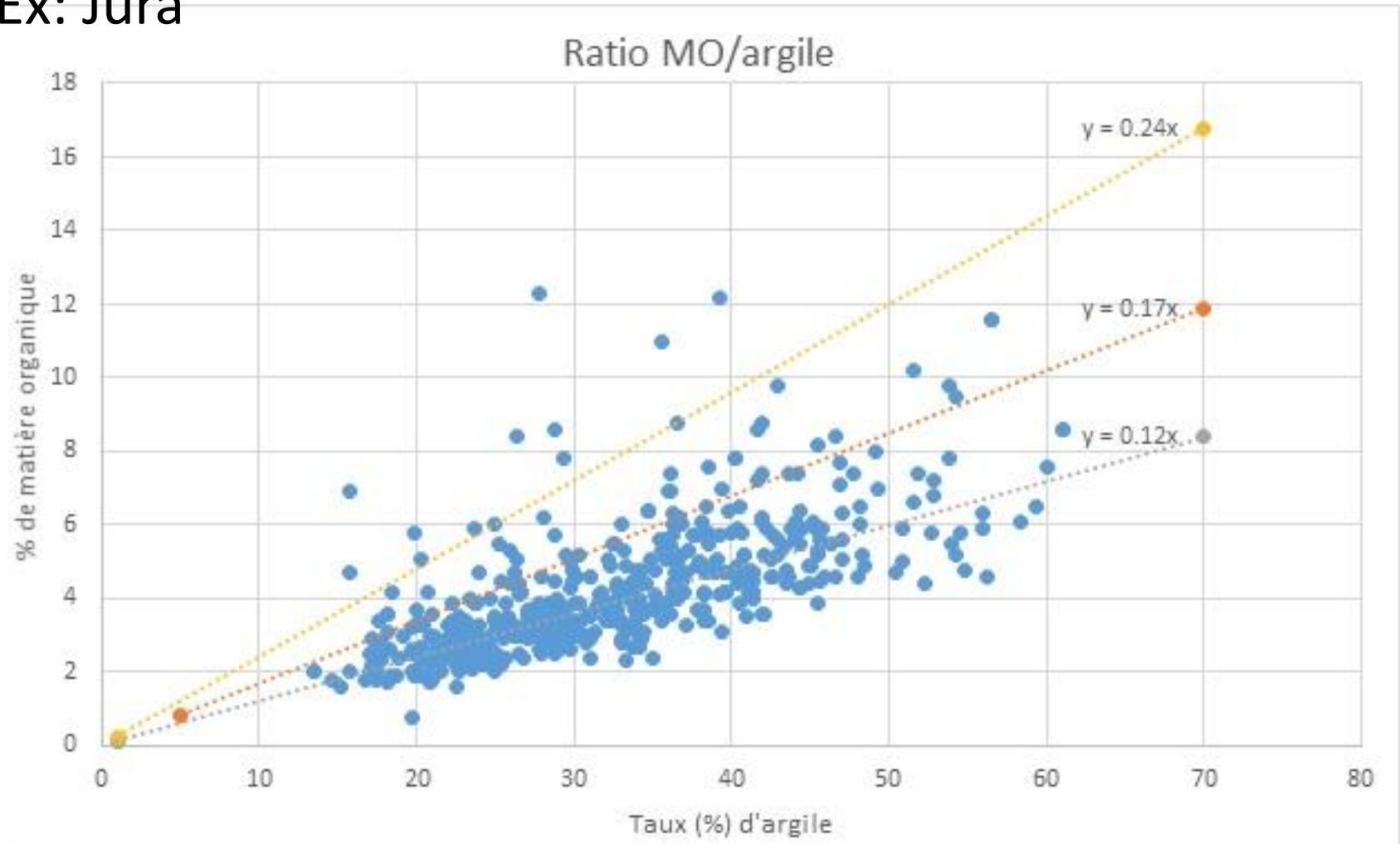


# Vrai pour tous les sols cultivés suisses.

Ex: Jura



hepia - Agronomie



# L'enjeu est considerable car...

- 4/1000 pendant 30 ans = + 13% de MO
- Le minimum qualité à Genève => +70% !!

- Plan climat Genève

- **Objectif sol 15.000 t équivalent CO<sub>2</sub>**
- Ramener les 20 premiers cm de 10 à 17% de rapport MO:Argile pour 75% de la SDA
  - = **800.000 t équivalent CO<sub>2</sub>**



hepia - Agronomie

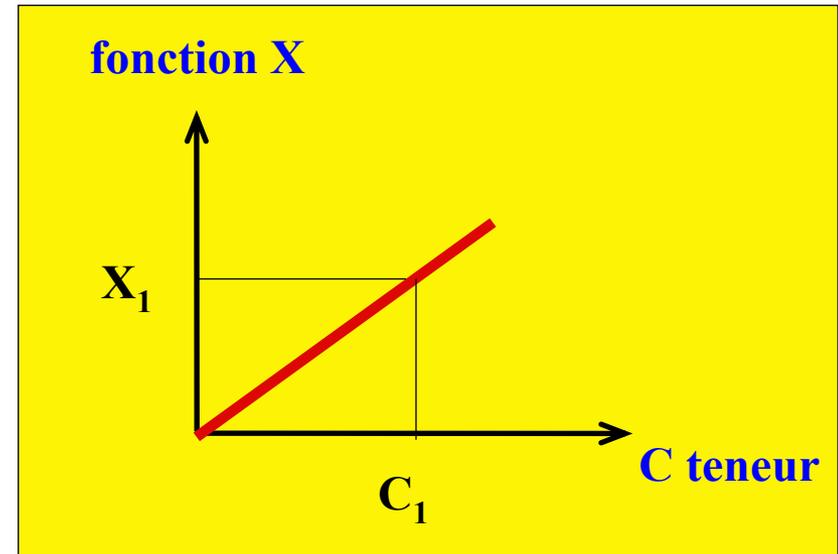
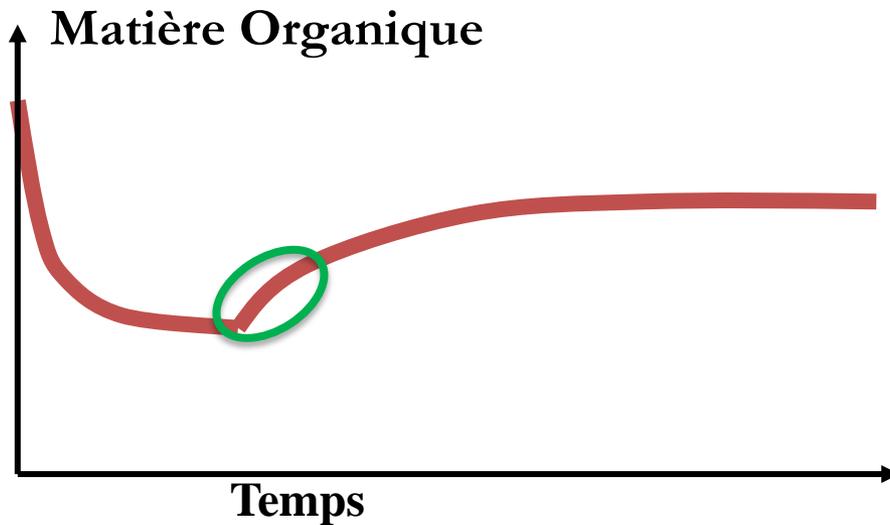


# Rapport MO/Argile



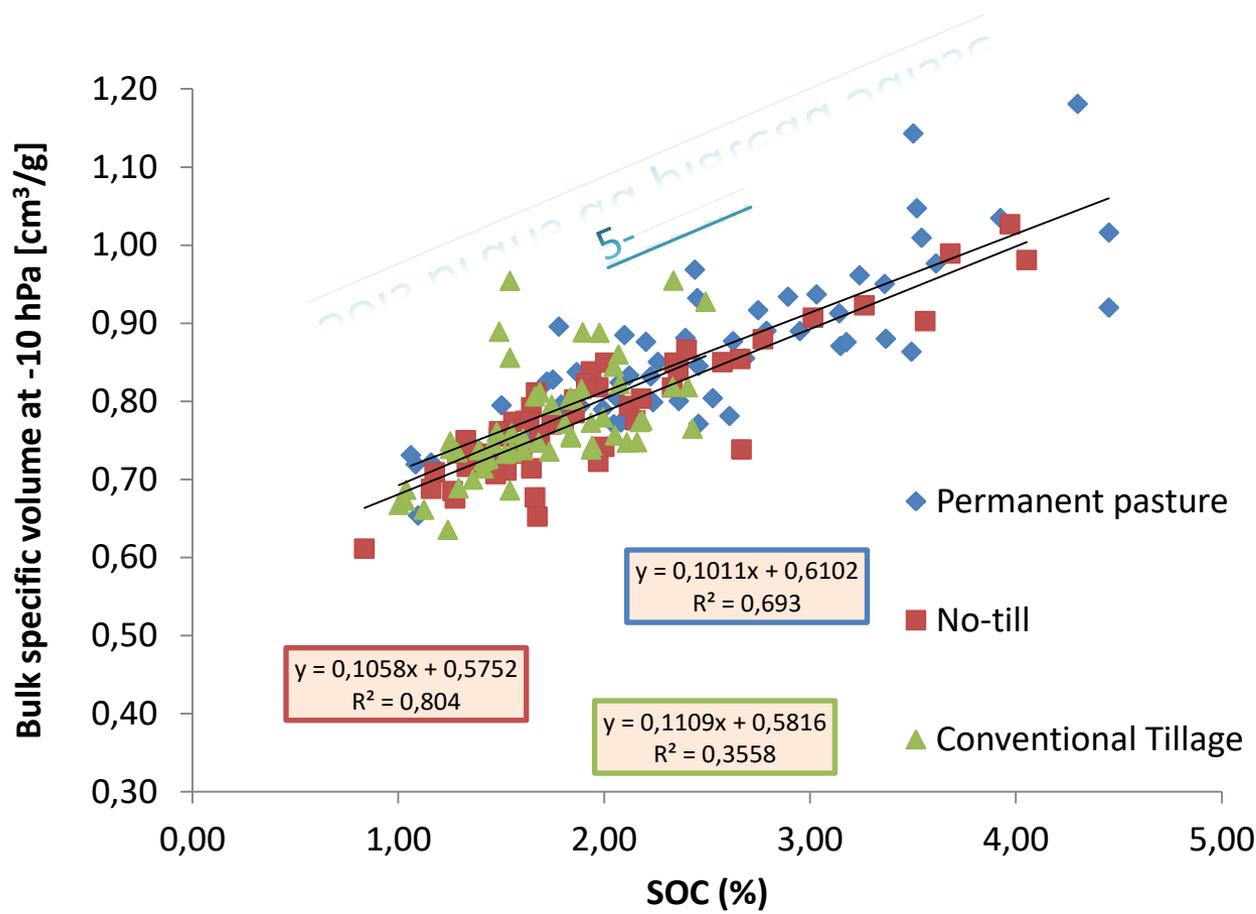
- Des points de repères et des objectifs
- Ne pas descendre sous les 12 %
  - Forte probabilité de structure dégradée
- Atteindre les 17%
  - Possible quel que soit le mode de mise en valeur
  - Une assurance qualité / fertilité minimale
- Viser les 24 %
  - C'est possible, en tout cas en semis direct
  - Qualité maximale

L'augmentation est relativement rapide **au départ** lorsque les **bonnes mesures** sont pratiquées et que le **sol était très déficitaire**



**IMPORTANT**

# Un mode de mise en valeur est-il meilleur qu'un autre ?



Sols en bon état structural

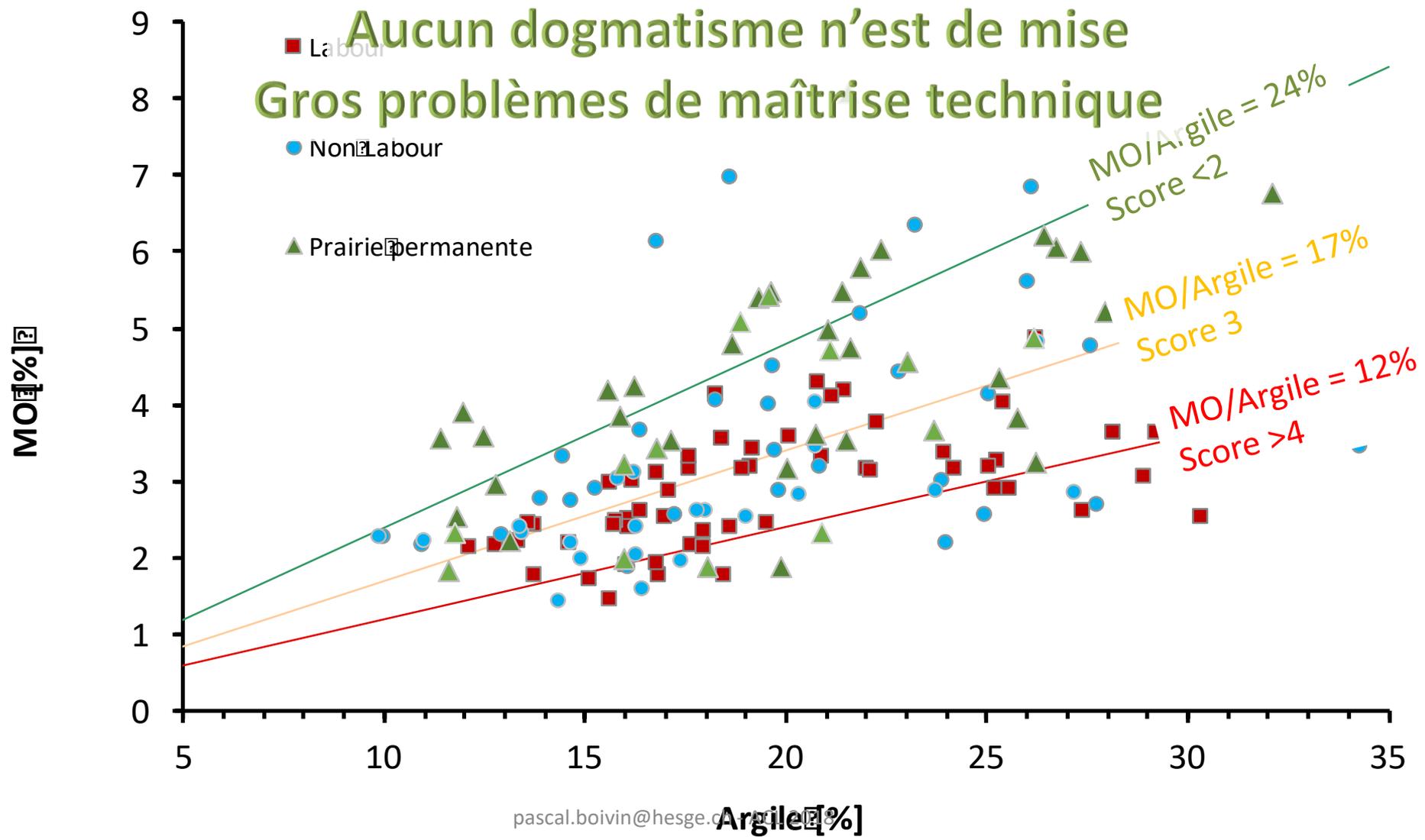
Hors tassement, la teneur en MO détermine la qualité physique, de la même façon, quel que soit le mode de mise en valeur



# Sans doute... mais il y a de tout

## Le diable est dans les détails: les pratiques

**Aucun dogmatisme n'est de mise**  
**Gros problèmes de maîtrise technique**



# Conclusions ?



- Un travail urgent est à faire pour restaurer la qualité des sols: MO et structure.
- A priori, c'est en faveur des agriculteurs, mais se pose la question des méthodes.
  - Subventionner au résultat?
- Le paramètre clé – et le déclencheur, c'est la gestion de la matière organique.
  - Le reste suivra ?
- Or le lourd train des mesures climatiques va arriver brutalement
  - **Gérer plutôt que subir !**
  - Travailler au résultat et être rémunéré par la société pour le service rendu ?

# Merci pour votre attention

