

Gestion de la matière organique dans les sols cultivés

Rationalités et perspectives

Pascal Boivin – Pr hepia Agronomie

AG Base 02-2017

Importance de la MO



Pourquoi nos sols sont-ils très appauvris?

Mais combien en faut-il ?

Peut-on réguler la qualité des sols cultivés différemment?

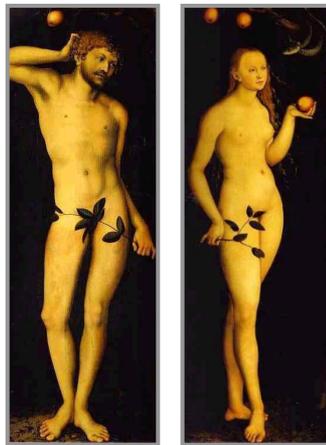
L'humus - au commencement



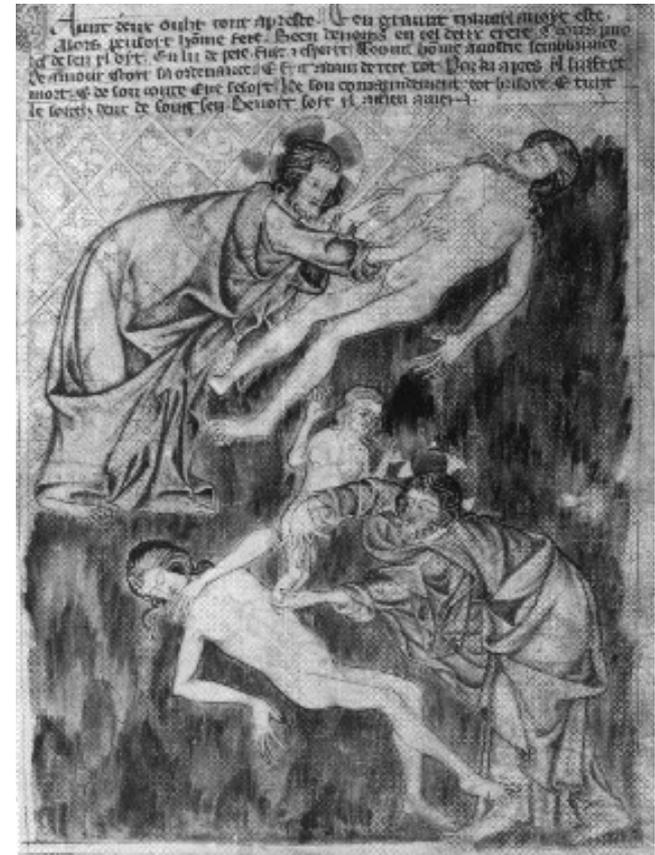
HUMUS signifie “sol” en latin

Dans la Bible (Genèse):

- **Adam est né du SOL et Adam = Sol en hébreu**
- **Eve est née d'Adam ... donc du Sol !**
- **Eve = vie en hébreu**



Adam and Eva (Granach, detail)



**HUMUS, du point de vue spirituel,
C'est Adam et Eve ou le SOL et la VIE**

D'après Christian Feller, SOM history, 2004, november 12th, CENA-USP, Piracicaba

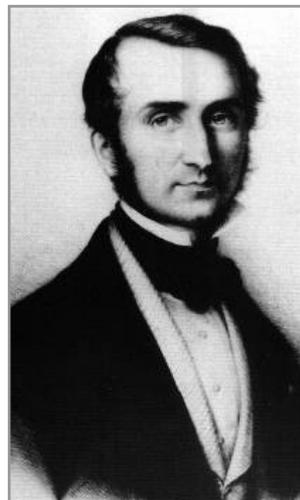


hepia - Agronomie

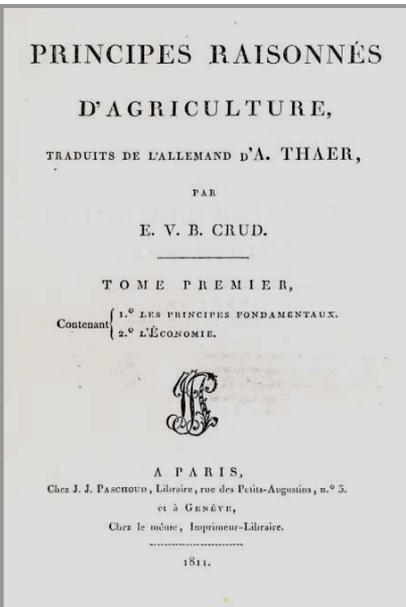
La fertilité – aspect historique

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



LES "GROSSES LÉGUMES" NOURRIES A LA POTASSE d'ALSACE.



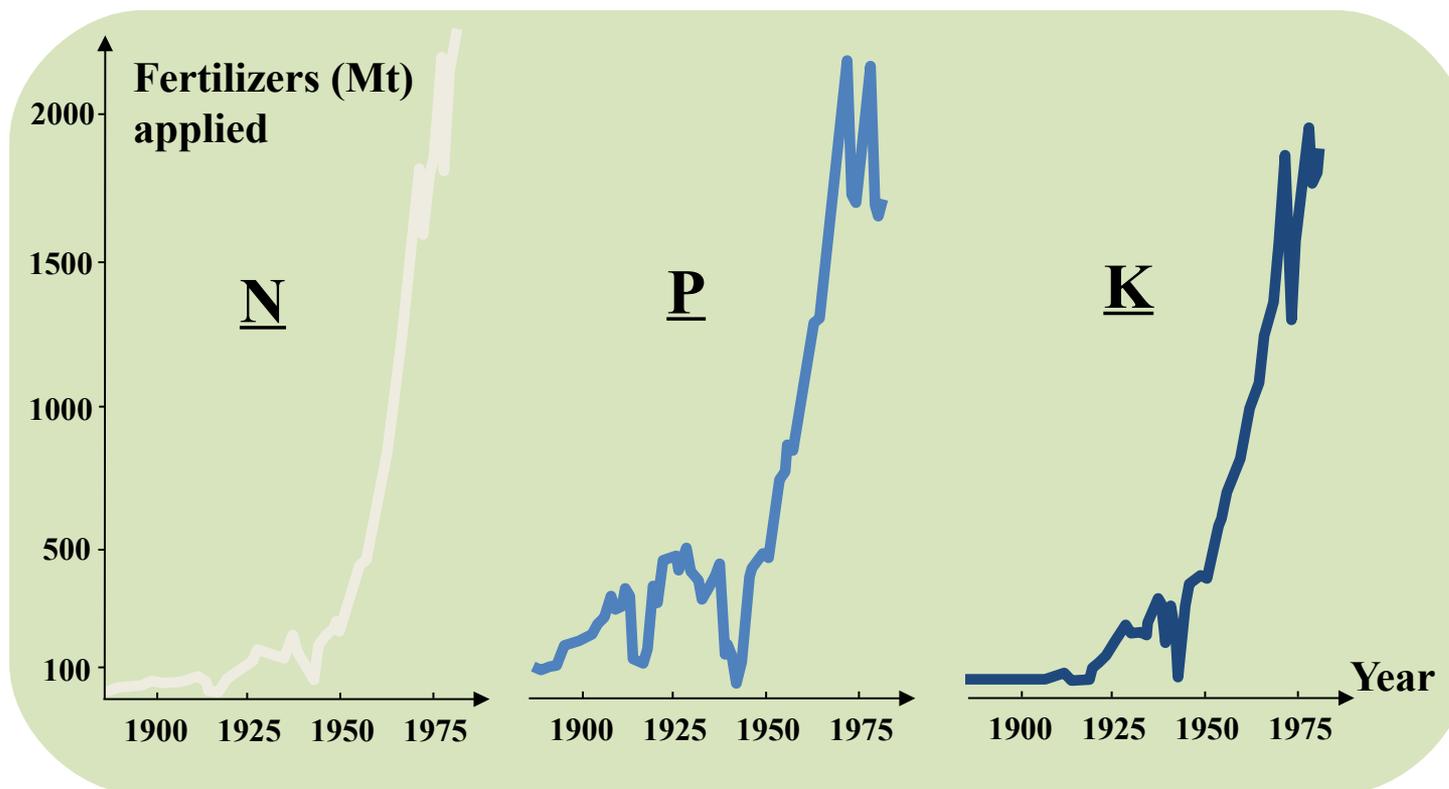
Albrecht Thaer

maître 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. Boulaïne, 1989)



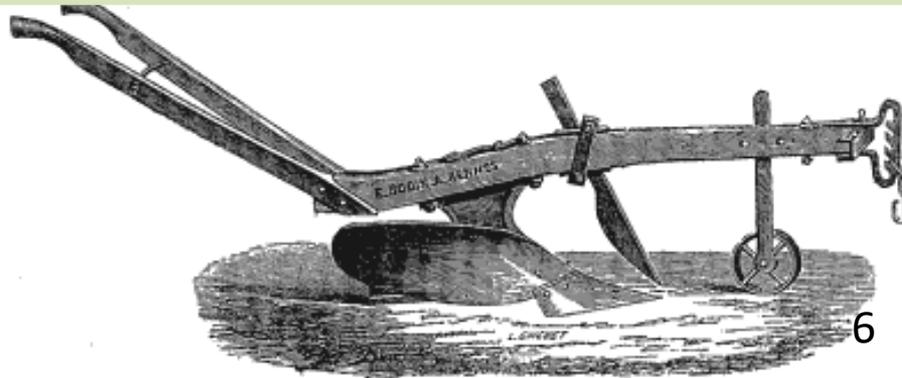
Rendements multipliés par 10

Feller, *SOM history*, 2004,

En même temps ou presque ...



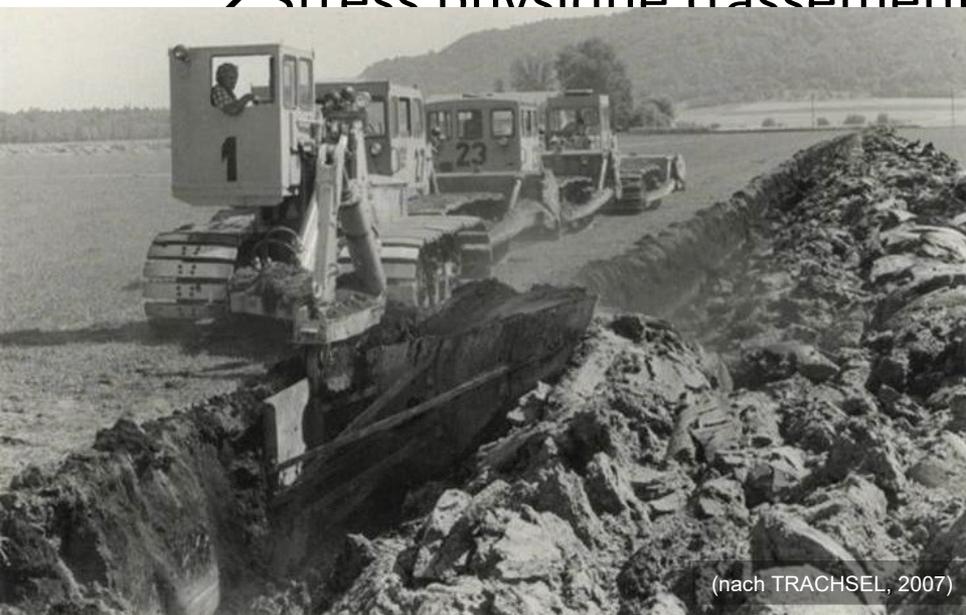
- *Le sol actif est cette couche superficielle de la terre cultivée par les instruments agricoles et dont l'épaisseur dépend de la profondeur des labours. ../..*
 - *Le sol vierge vient immédiatement au dessous du sol actif, et il peut jusqu'à un certain point passer lui-même à l'état de sol actif, quand 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*
- 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)**



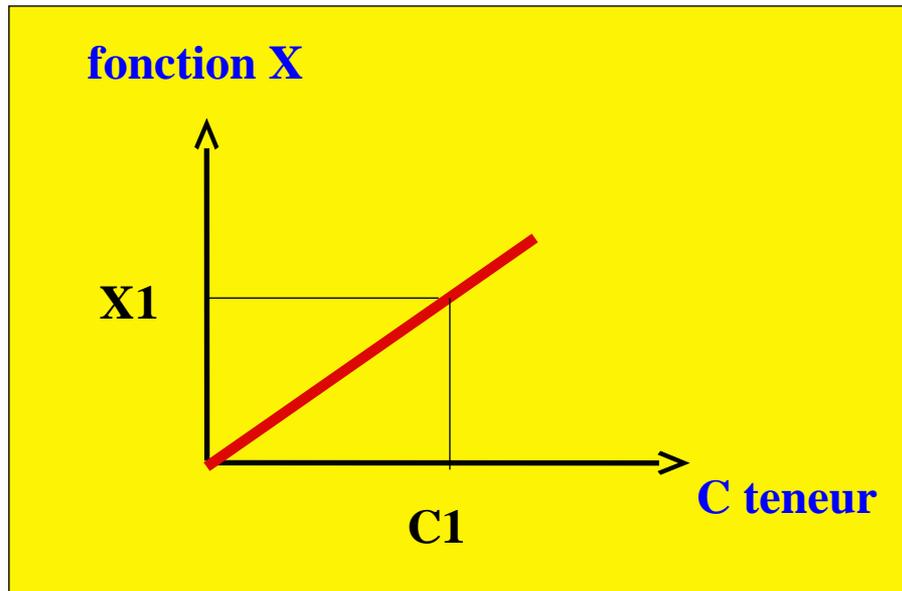
Labour et augmentation de la pression mécanique



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



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.



Agroscope Changins 2013



hepia - Agronomie

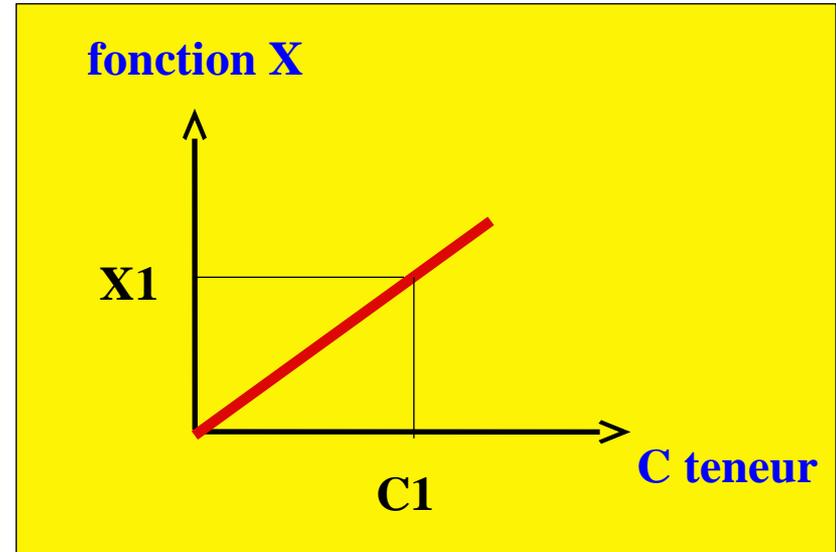
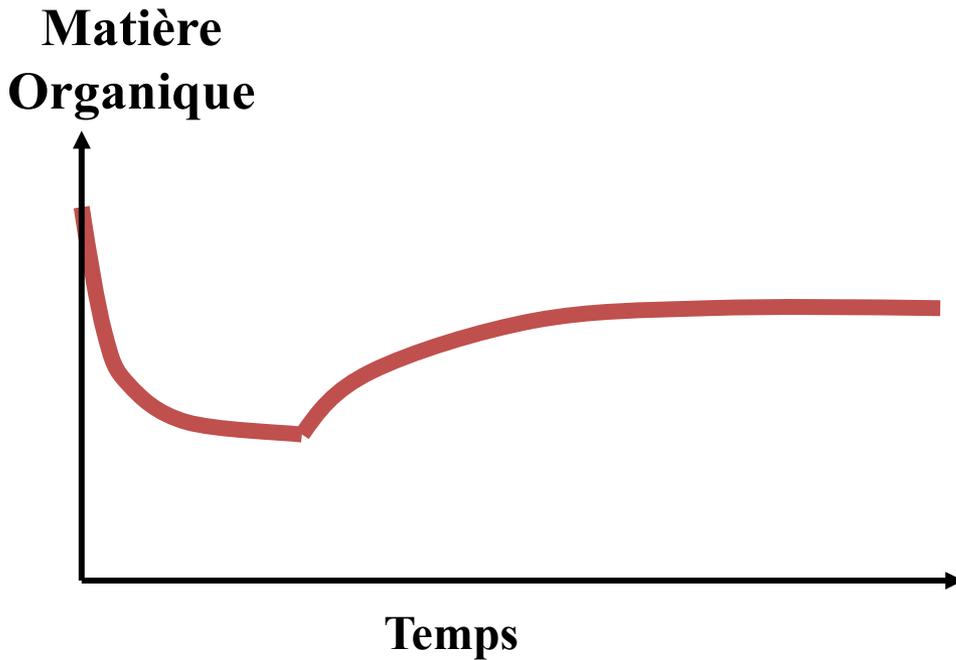
Portance, drainage et humus



Bernex 2014



Teneur en humus des sols



Une ressource plafonnée !

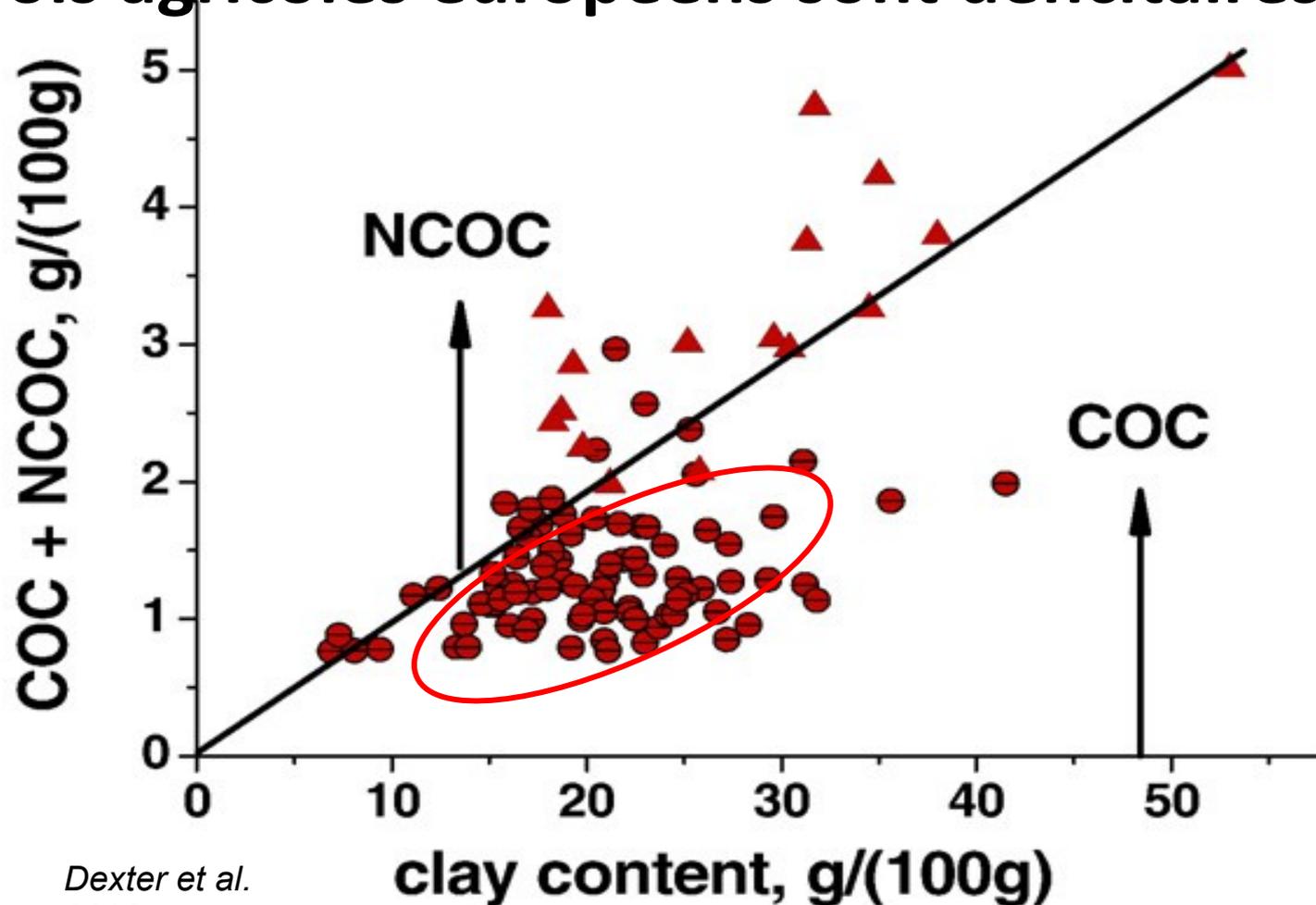
Combien faut-il de matière organique dans nos sols ?



- 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

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

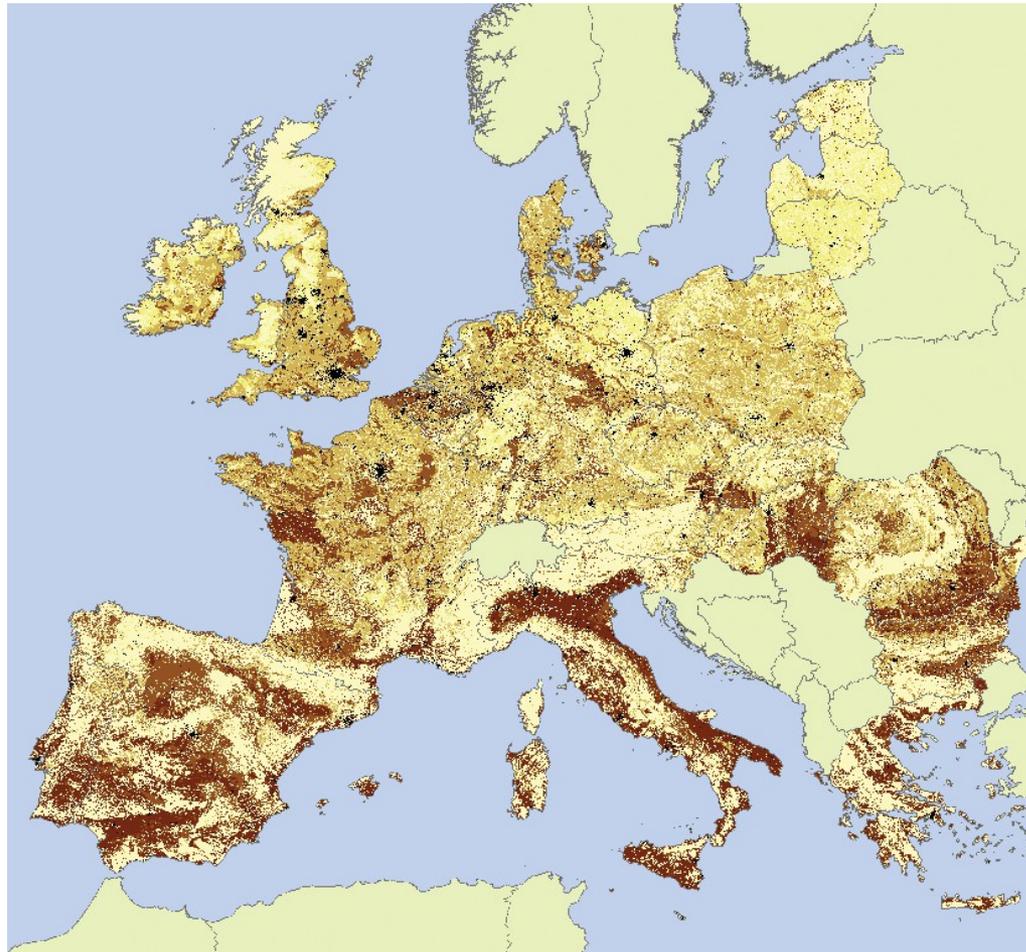
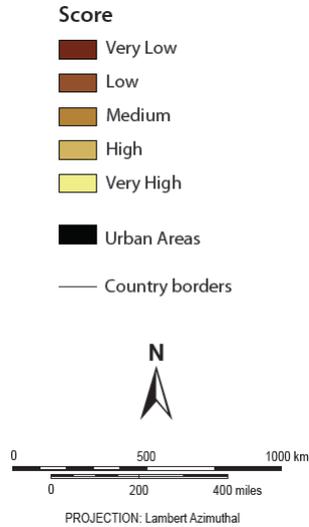
Les sols agricoles européens sont déficitaires



Dexter et al.
2008



Potentiel de perte en carbone organique des sols



Jeffery et al., 2010 European Commission

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



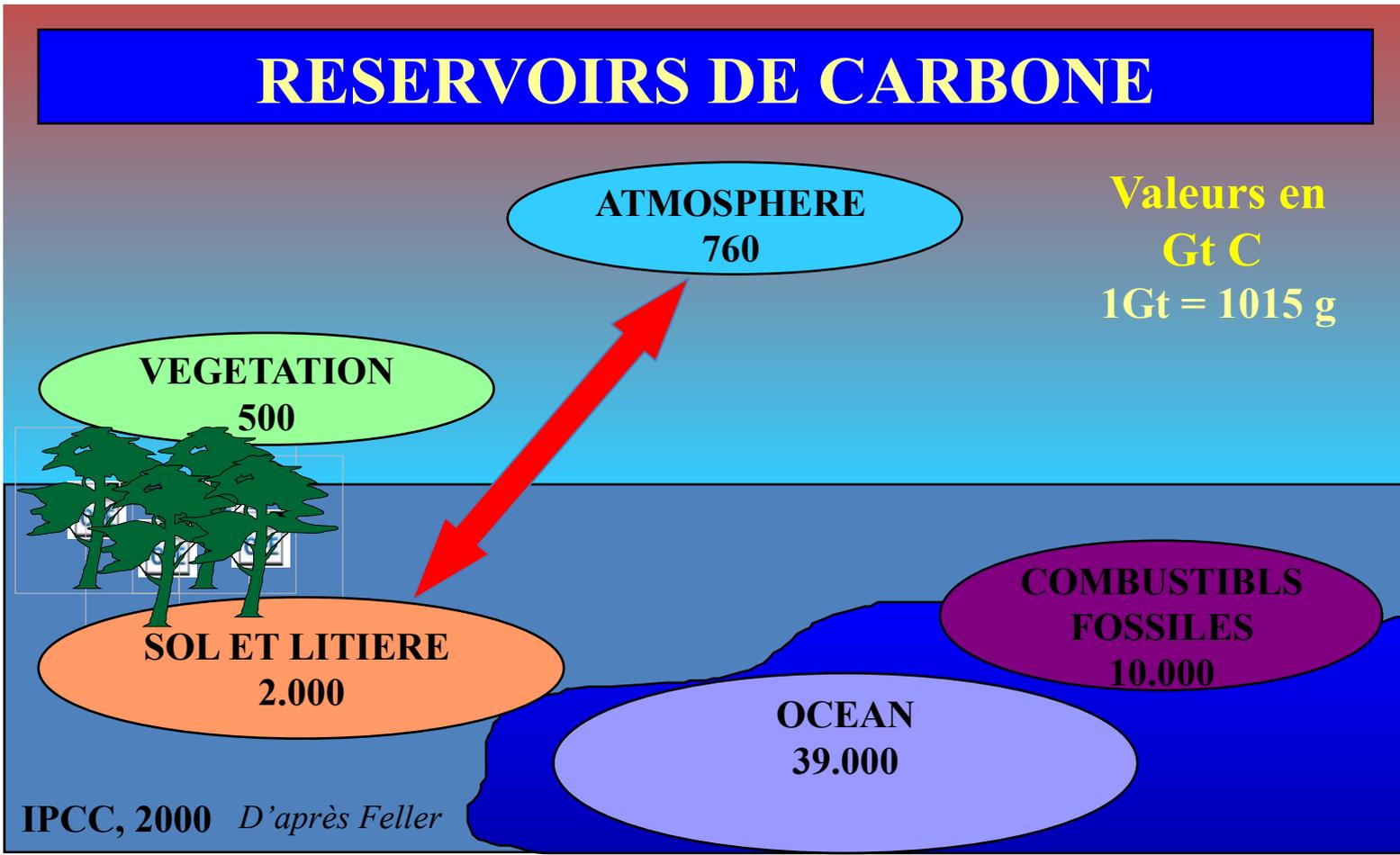
Soil erosion takes effect on Suffolk farmland in the UK. Photograph: Alamy

The Guardian



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





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 CO₂



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 CO₂ 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 CO₂ dans l'atmosphère**, en grande partie responsable de l'effet de serre et du changement climatique

augmentation de l'absorption de CO₂ 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 allonger la durée de pâturage



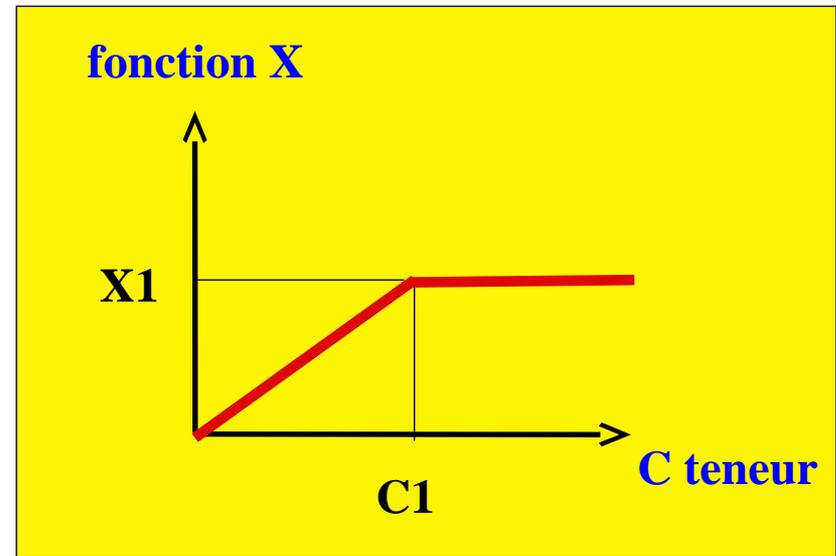
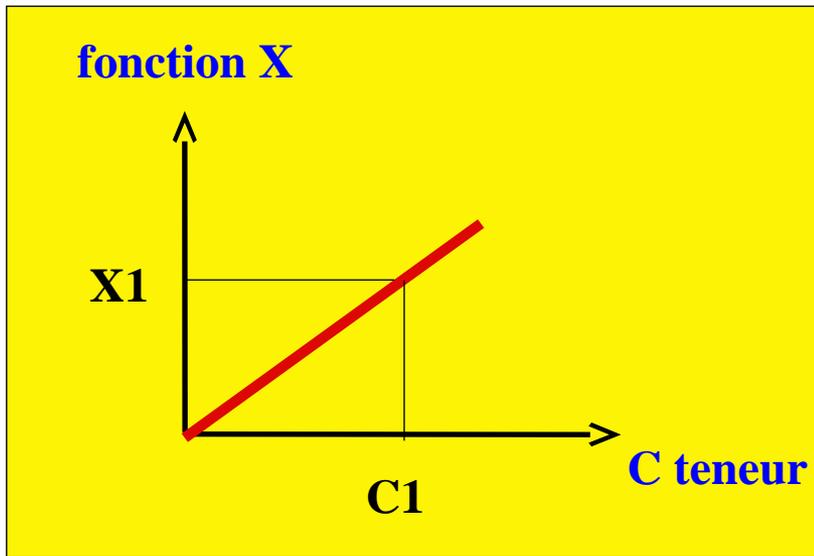
Restaurer les terres dégradées, par ex. les zones arides et semi arides du globe

Mais revenons à l'agriculture

Alors combien faut-il de matière organique dans nos

- Deux approches s'opposent

SOLS ?



Plus il y en a mieux c'est

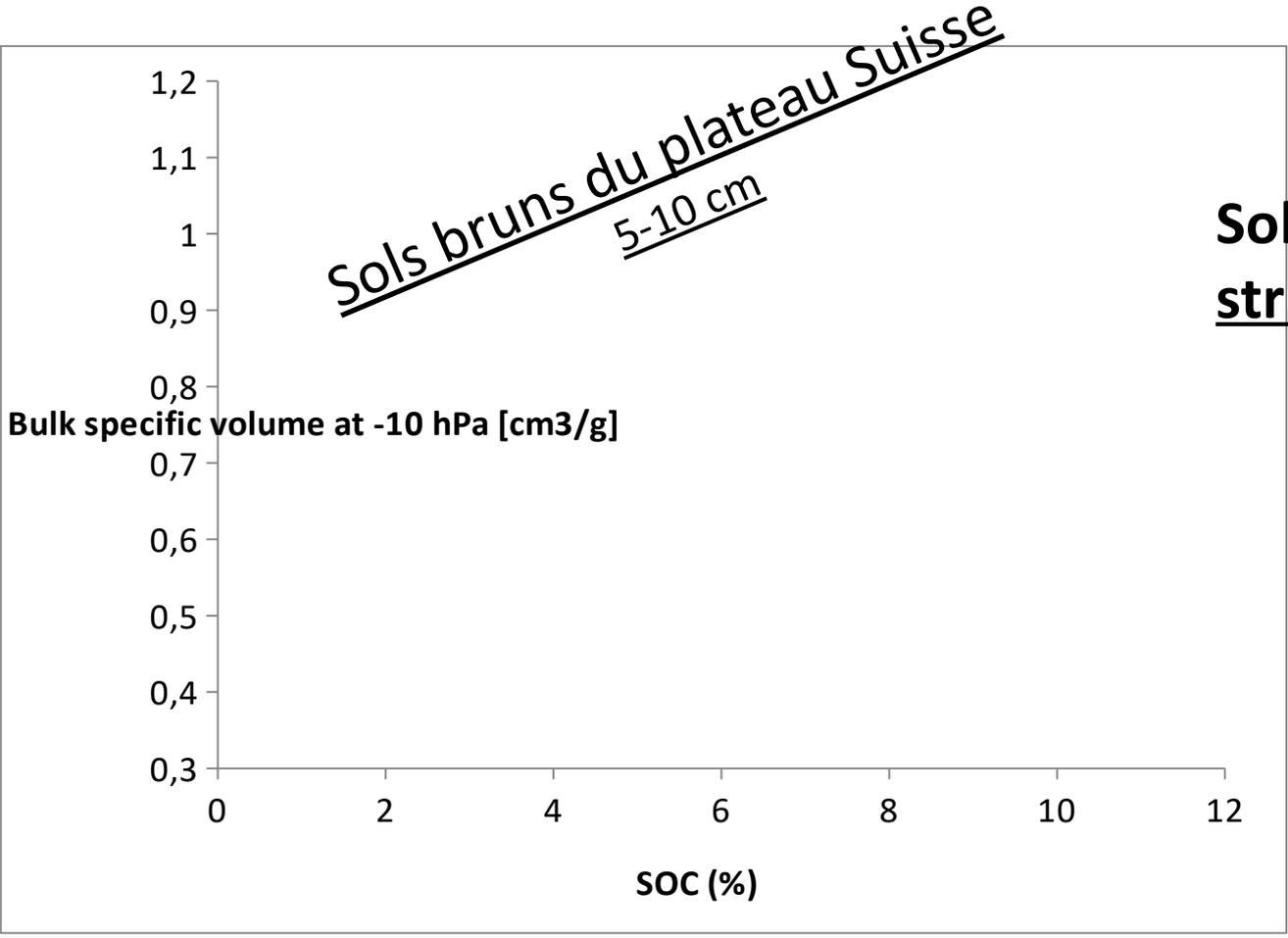


Il y a un optimum

→ **Analyse du point de vue physique**



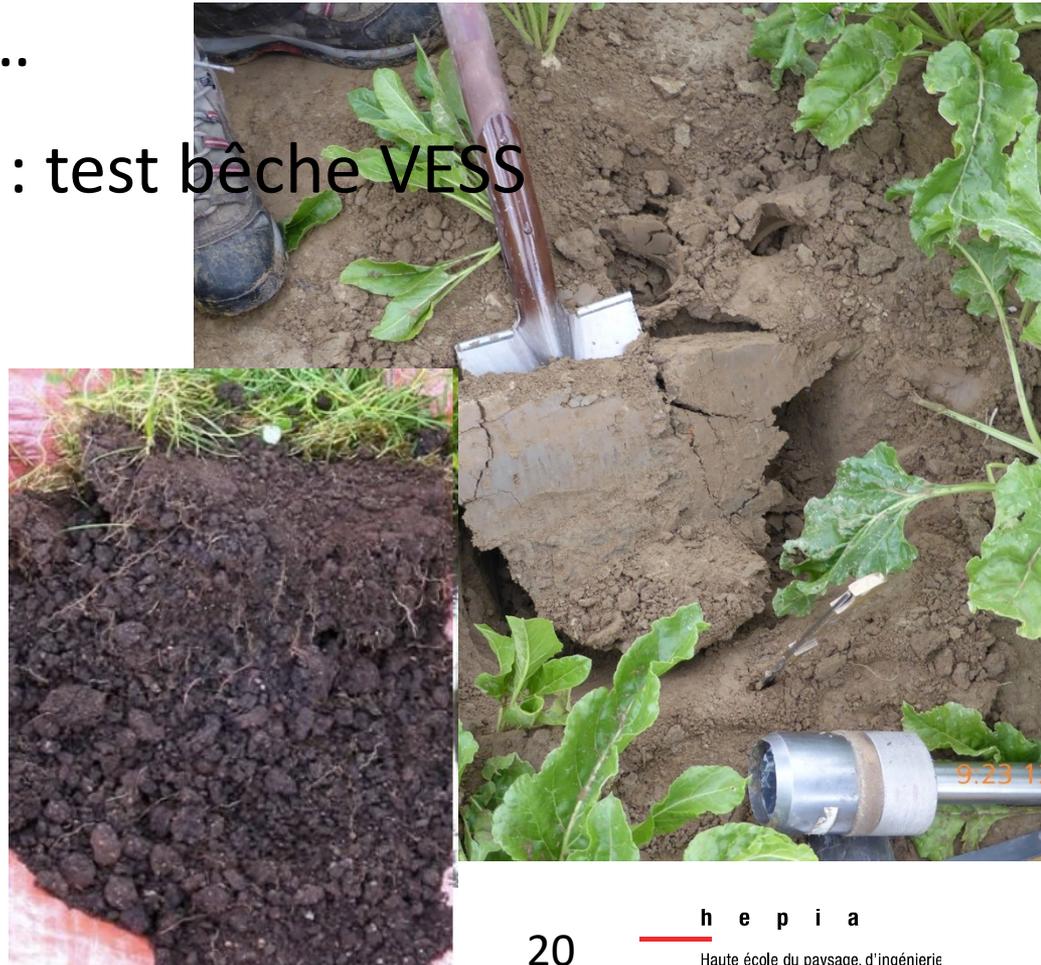
Plus il y en a mieux c'est. Vrai



**Sols en bon état
structural**

Mais il y a un « optimum » : Vrai

- Si on tient compte de la teneur en argile et de la qualité de la structure...
- Qualité de la structure : test bêche VESS
 - Rapide et facile
 - Note de 1 (excellent)
 - à 5 (très dégradé)
 - Limite acceptable : 3



Test bêche VESS



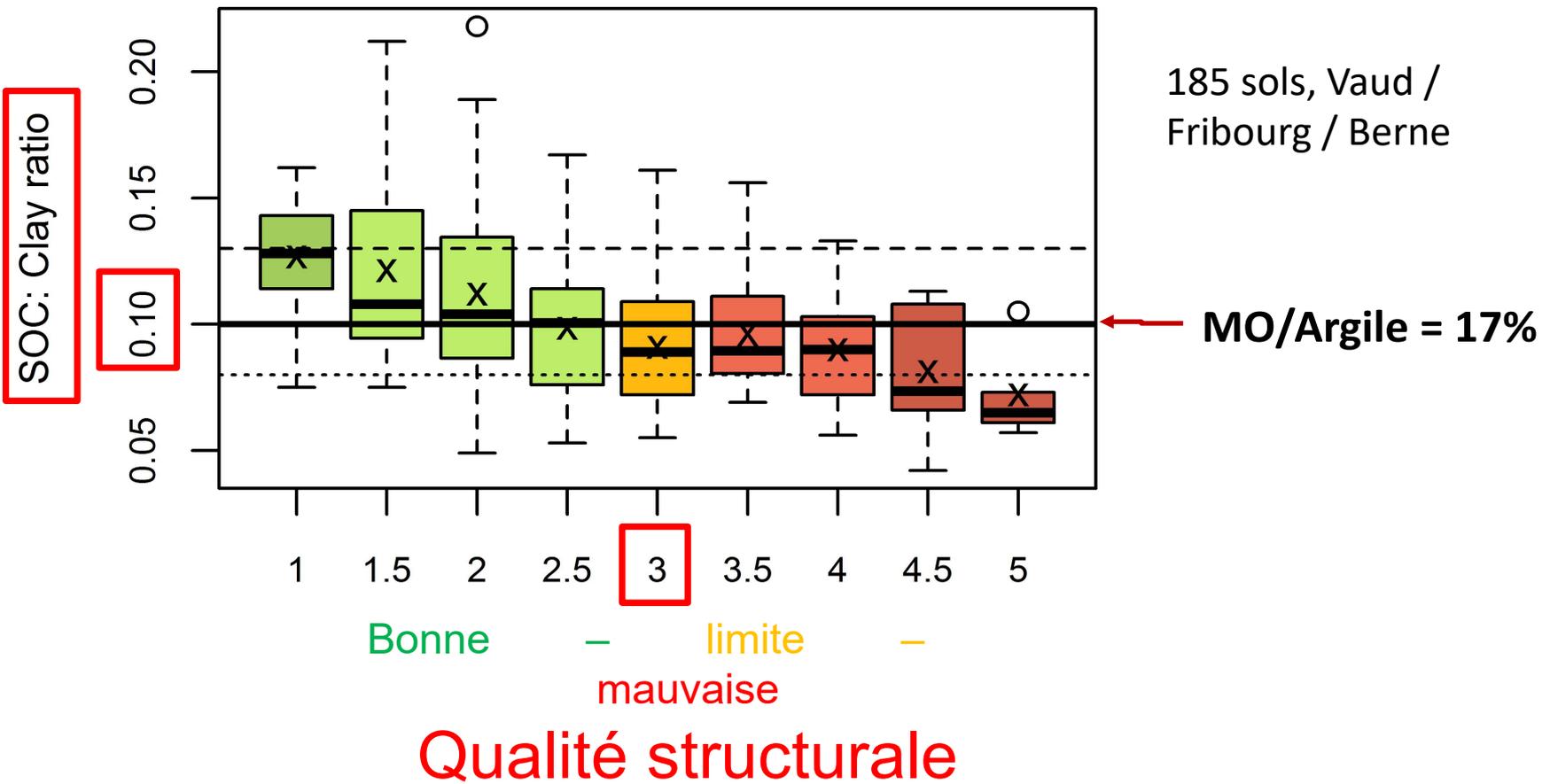
hepia - Agronomie

Structure quality	Ease of break up (moist soil)	Size and appearance of aggregates	Visible porosity	Roots	Appearance after break-up: various soils	Appearance after break-up: same soil different tillage	Distinguishing feature
Sq1 Friable (tends to fall off the spade)	Aggregates readily crumble with fingers	Mostly < 6 mm after crumbling	Highly porous	Roots throughout the soil			 Fine aggregates
Sq2 Intact (retained as a block on the spade)	Aggregates easy to break with one hand	A mixture of porous, rounded aggregates from 2-70 mm. No clods present	Most aggregates are porous	Roots throughout the soil			 High aggregate porosity
Sq3 Firm	Not difficult	A mixture of porous aggregates from 2mm -10 cm; less than 30% are <1 cm. Some angular, non-porous aggregates (clods) may be present	Macropores and cracks present. Some porosity within aggregates shown as pores or roots.	Most roots are around aggregates			
Sq4 Compact	Quite difficult	Mostly large > 10 cm and sub-angular non-porous; horizontal/platy also possible; less than 30% are <7 cm	Few macropores and cracks	All roots are clustered in macropores and around aggregates			
Sq5 Very compact	Difficult	Mostly large > 10 cm, very few < 7 cm, angular and non-porous	Very low; macropores may be present; may contain anaerobic zones	Few, if any, restricted to cracks			

Honour the soil



Matière organique et qualité de la structure

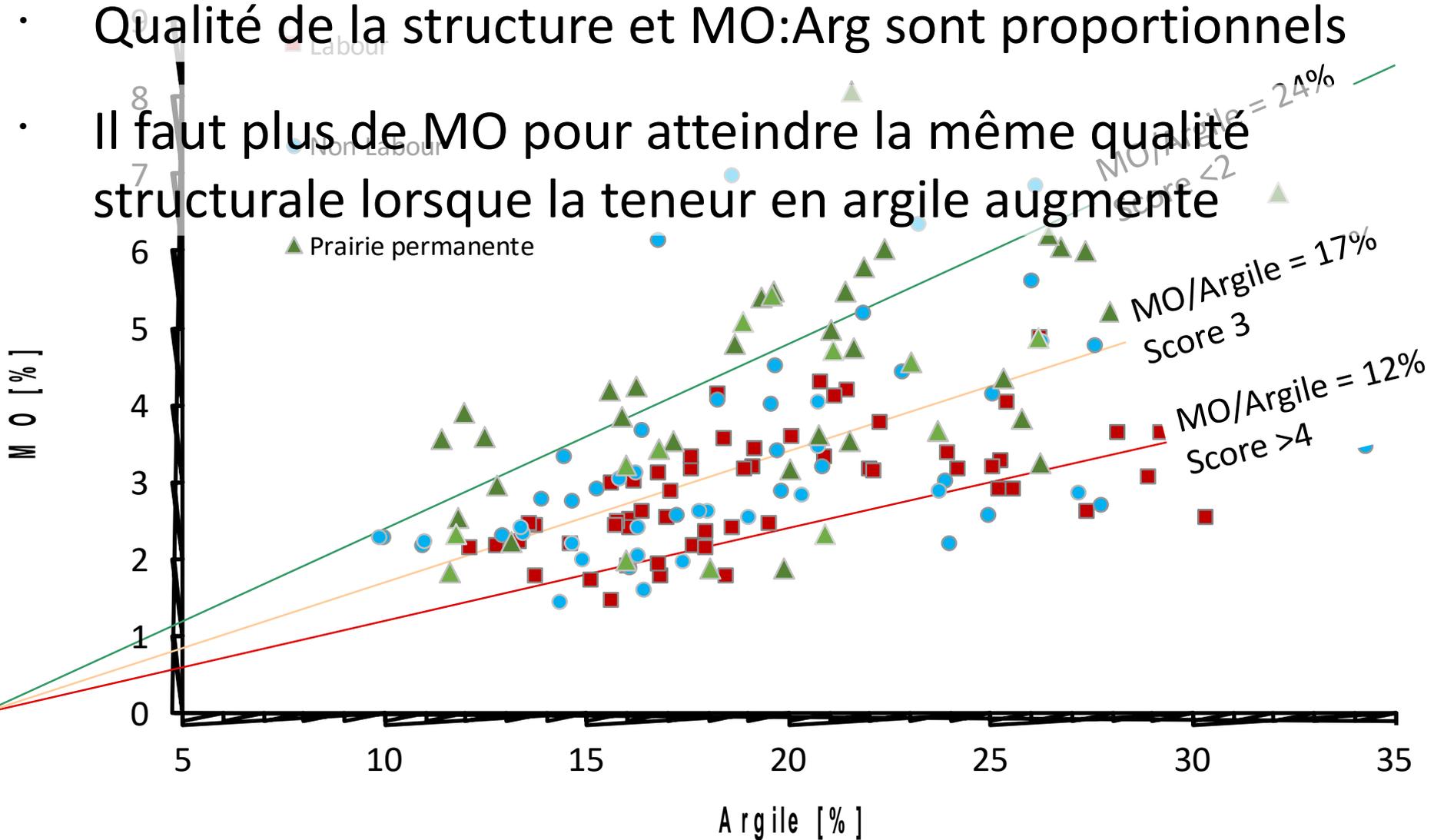


Teneur en MO / Argile



et qualité de la structure

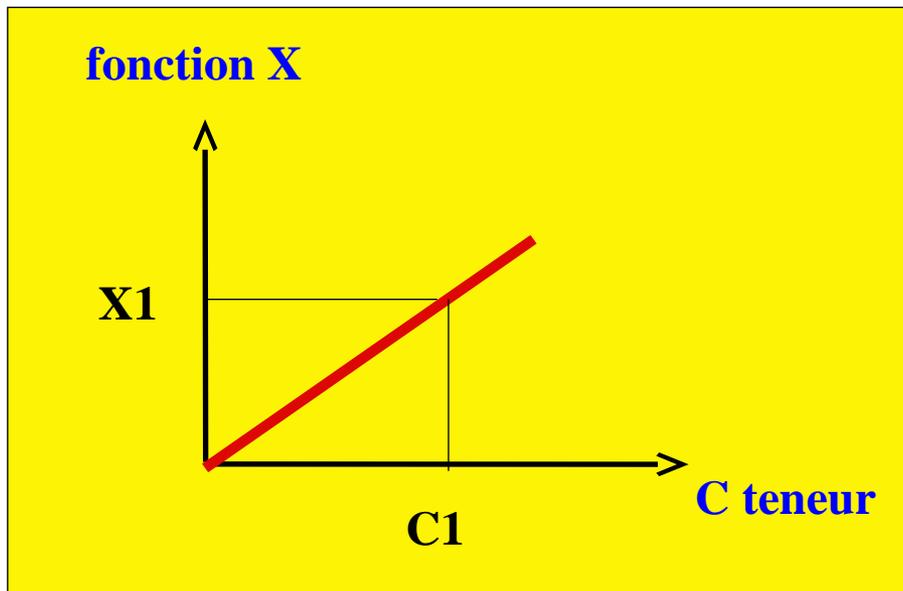
- Qualité de la structure et MO:Arg sont proportionnels
- Il faut plus de MO pour atteindre la même qualité structurale lorsque la teneur en argile augmente



Quelle que soit la qualité structurale



- Augmenter la teneur en MO = augmenter la fertilité
- Plus on a d'argile, plus il faut viser haut

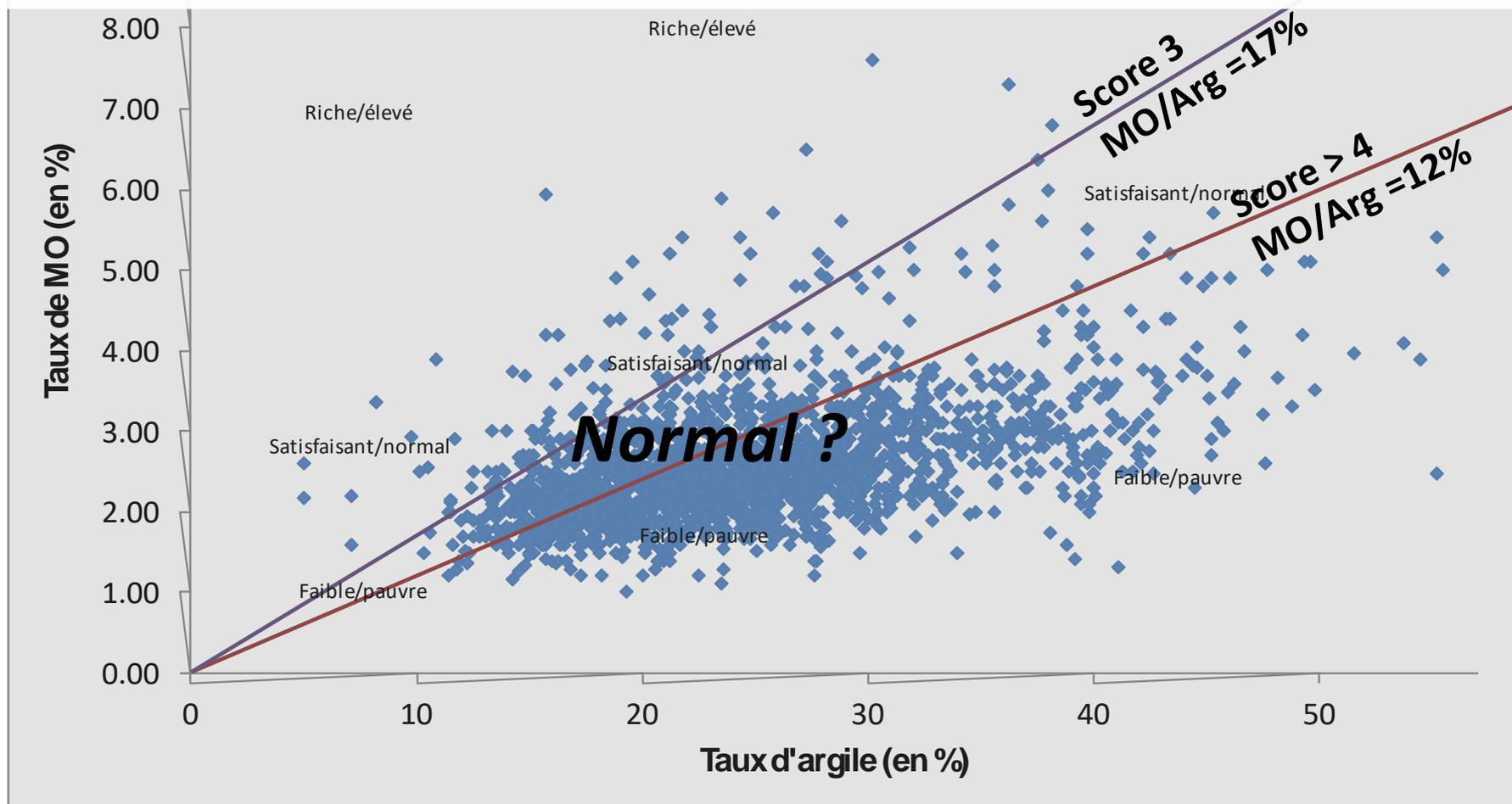


- Porosité
- Rétention d'eau
- Aération
- Infiltration
- Portance
- Stabilité – résistance mécanique
- Activité biologique
- Réserve de nutriments
- Biodiversité
- Thermique
- Epuration
- Etc.

Les recommandations actuelles en Suisse (Office Fédéral de l'Agriculture)



- 75 % des sols sont jugés « satisfaisants » alors qu'ils sont très déficitaires
- Moyenne MO/Argile = 10%

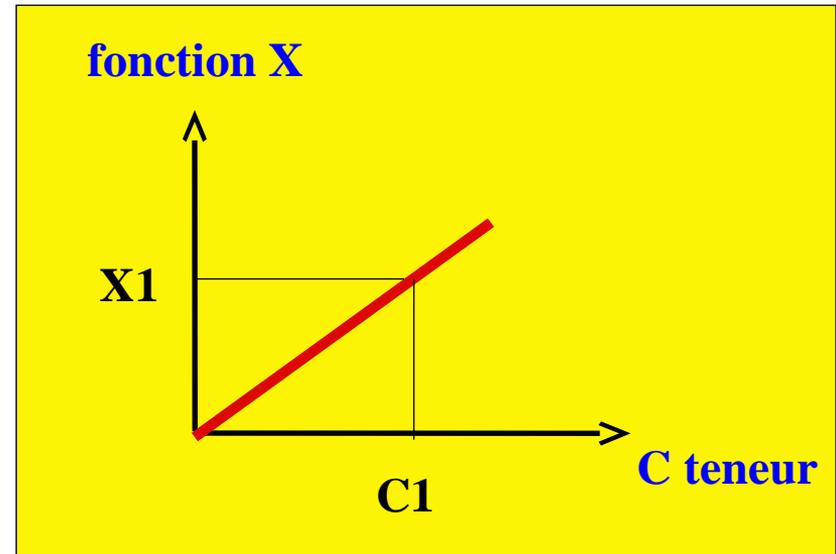
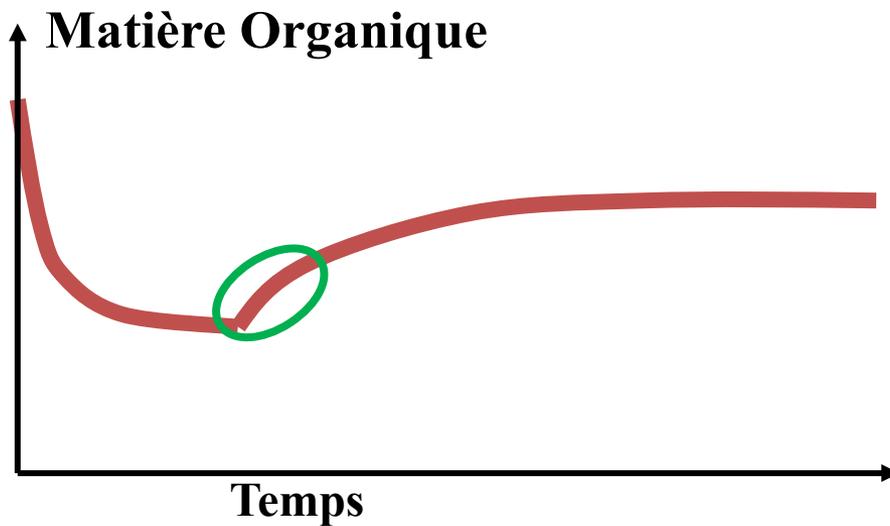


Rapport MO/Argile



- 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

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 suffisante
 - Importance d'une teneur en MO suffisante
 - Des valeurs physiques de référence ?



pro



Quelles valeurs physiques pour apprécier la dégradation de la structure ?



1.

Pores structuraux

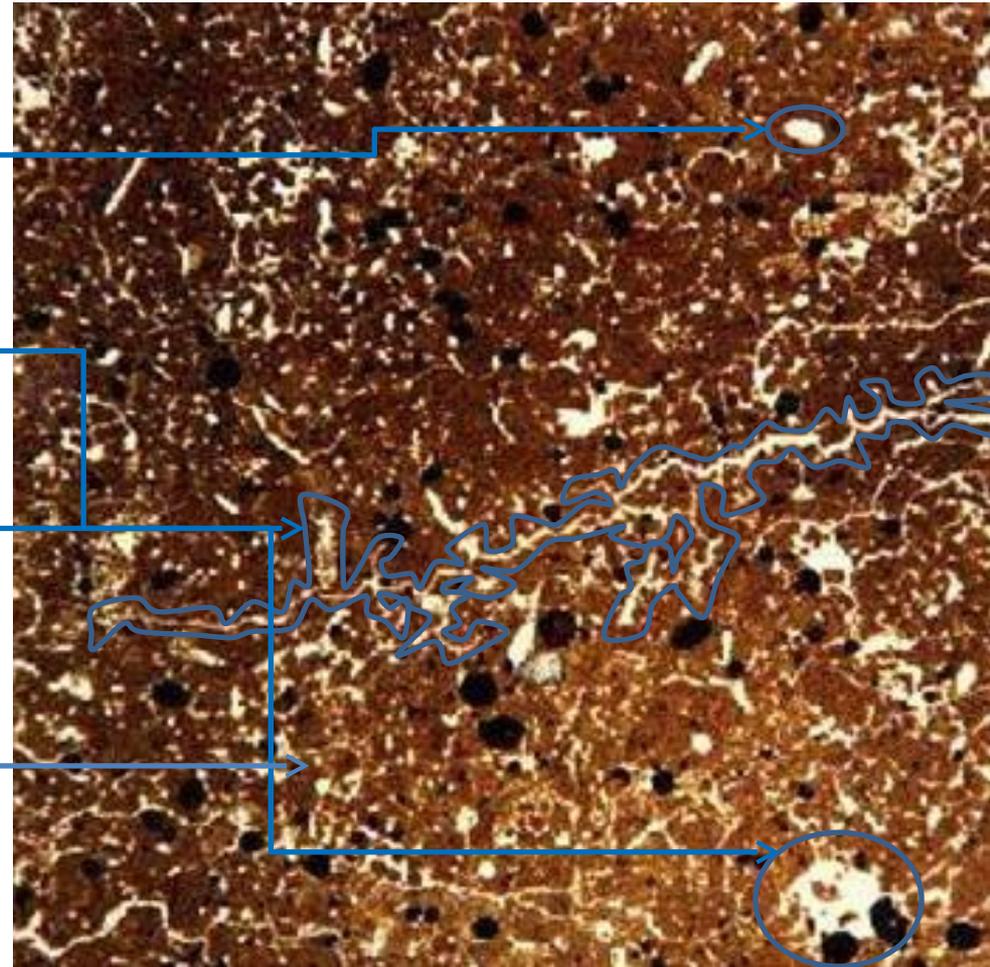
Biopore

Fissure

Vide
d'assemblage,
lacune

2.

Plasma



Mesures préventives selon la législation fédérale

Mesures renforcées par les cantons

Evaluation du risque, restriction d'utilisation

Interdiction
d'utilisation,
assainissement

Suisse: Ordonnance sur les atteintes portées au sol
(1998, Loi sur la Protection de l'Environnement)

Concept de fertilité

Atteinte aux sols

Fertilité du sol garantie
à long terme

Fertilité du sol **non**
garantie à long terme,
mais **pas de risque**
d'utilisation

Risque d'utilisation
possible

Risque d'utilisation
avéré

Valeur indicative

pas de différenciation
selon les utilisations

Seuil d'investigation par type d'utilisation

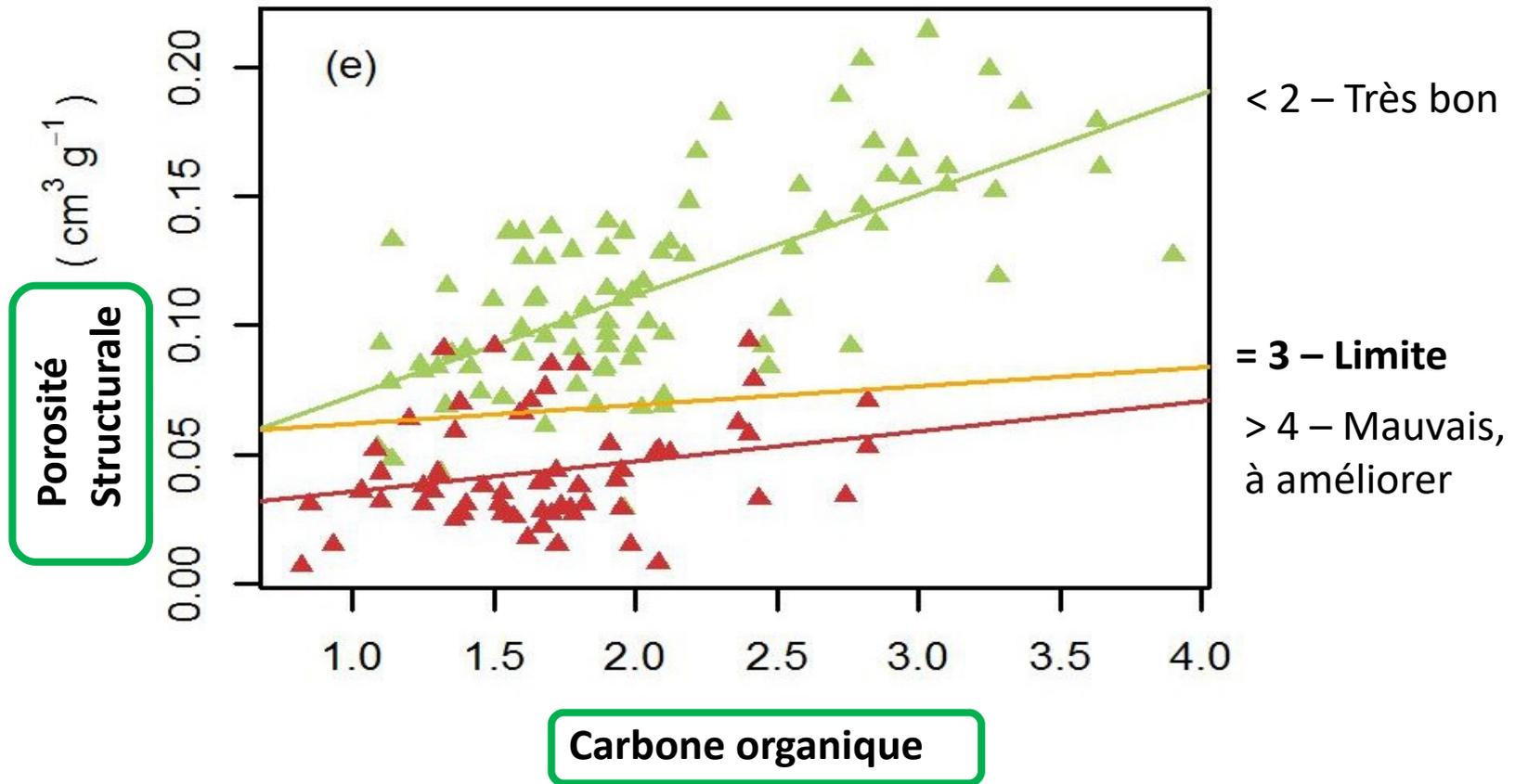
- cultures alimentaires
- cultures fourragères
- risque par ingestion, orale
ou cutanée, et inhalation

Valeurs d'assainissement pour catégories d'utilisation

- agriculture et horticulture
- jardins privés et familiaux
- places de jeux

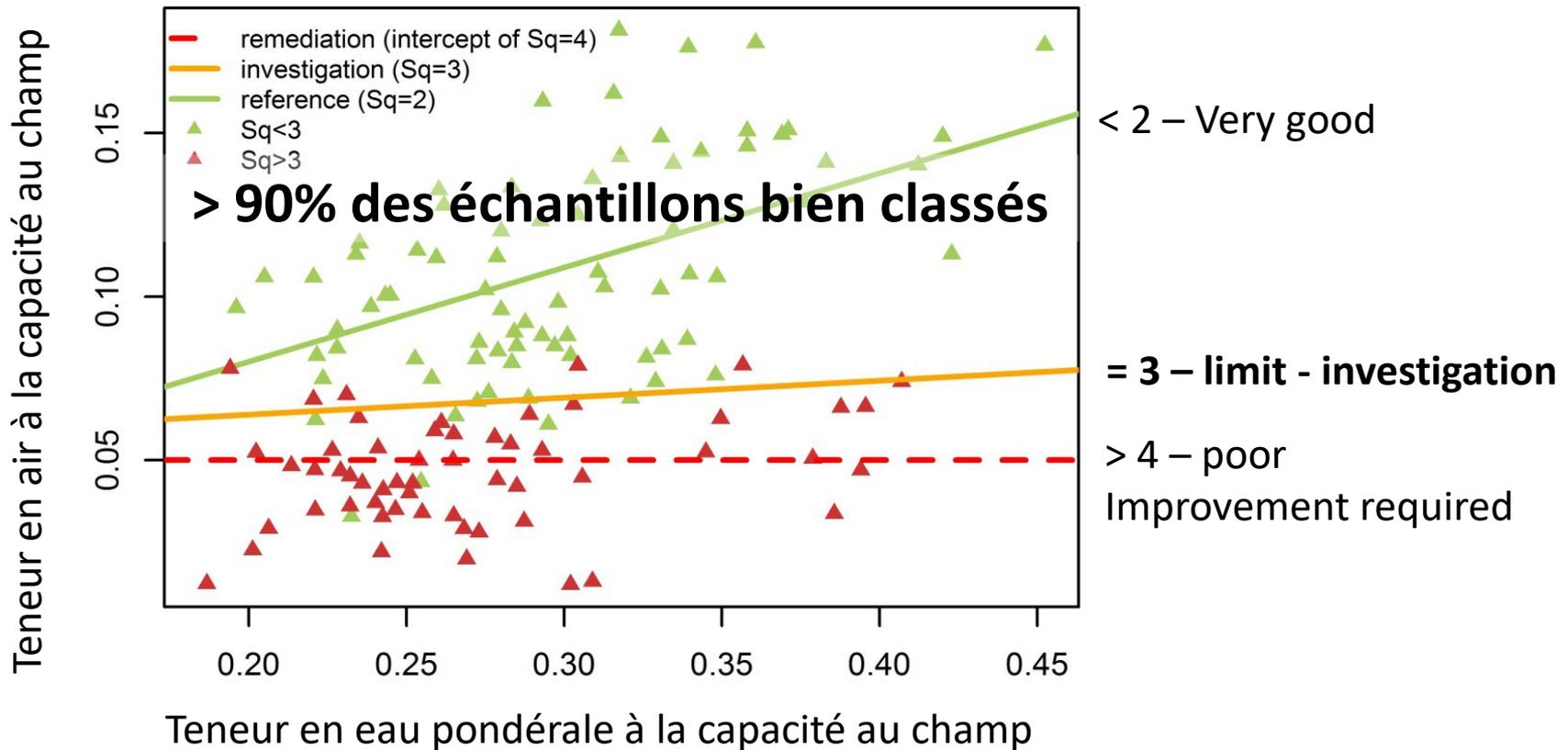
Disponible pour les polluants
mais pas pour la qualité de la structure

Limites **physiques** de qualité structurale

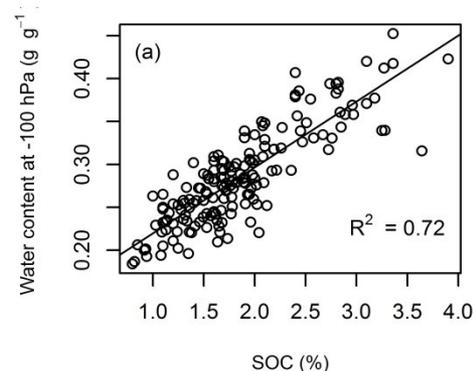


$$\text{MO} = \text{SOC} \times 1.73$$

Méthode simplifiée



Autres méthodes (Allemagne, Suisse)
 → 77% des scores > 3 mal classés

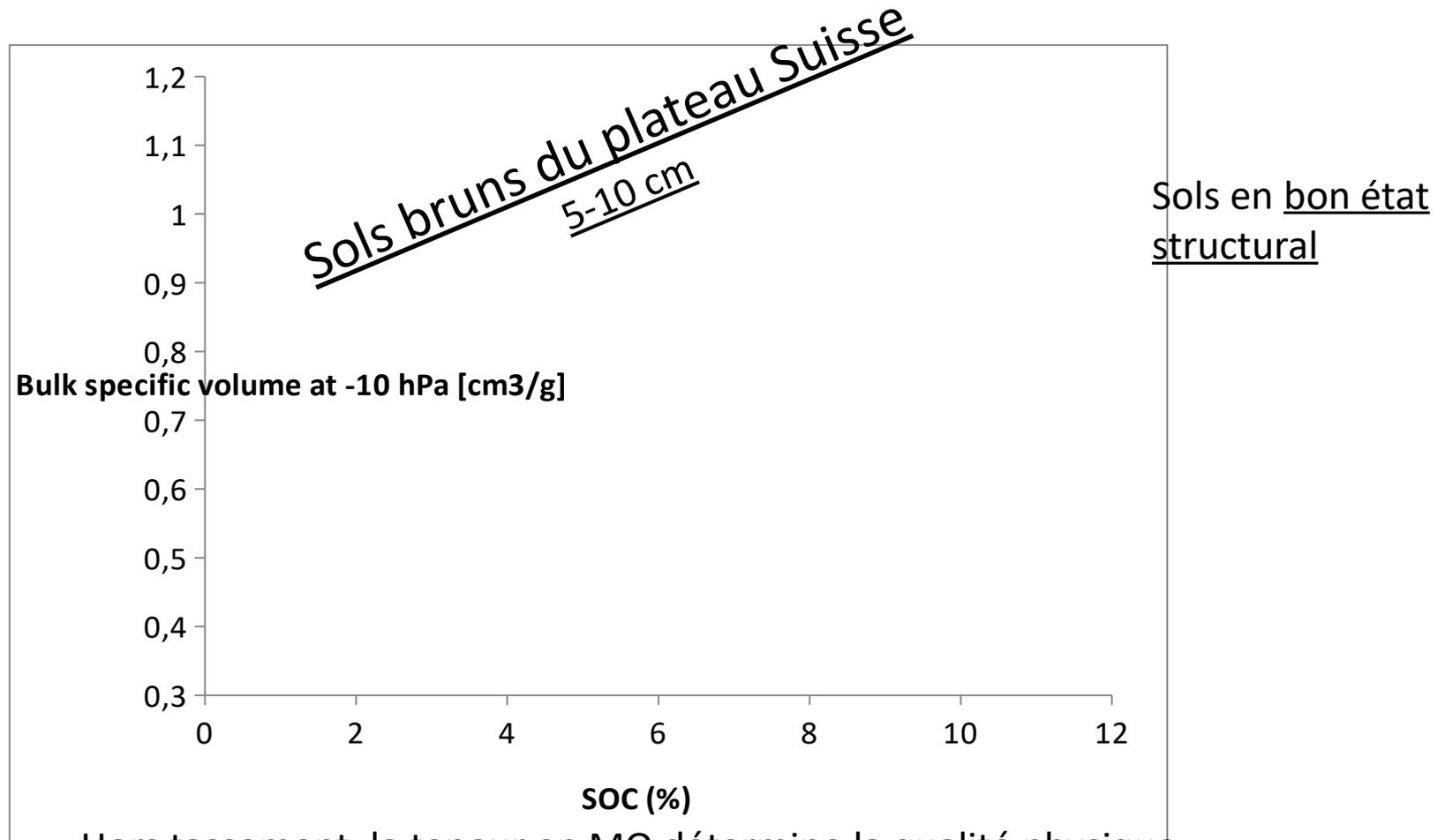


Diagnostic de l'état structural



- Toujours possible au test bêche → semi quantitatif
- Les mesures physiques sont maintenant simples et réalisables par chacun
- Les valeurs de référence (témoin positif) sont faciles à établir
- Le diagnostic de dégradation est sans ambiguïté
- → la voie est ouverte pour la protection physique des sols dans la loi Suisse
- Mais revenons à la qualité des sols agricoles

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



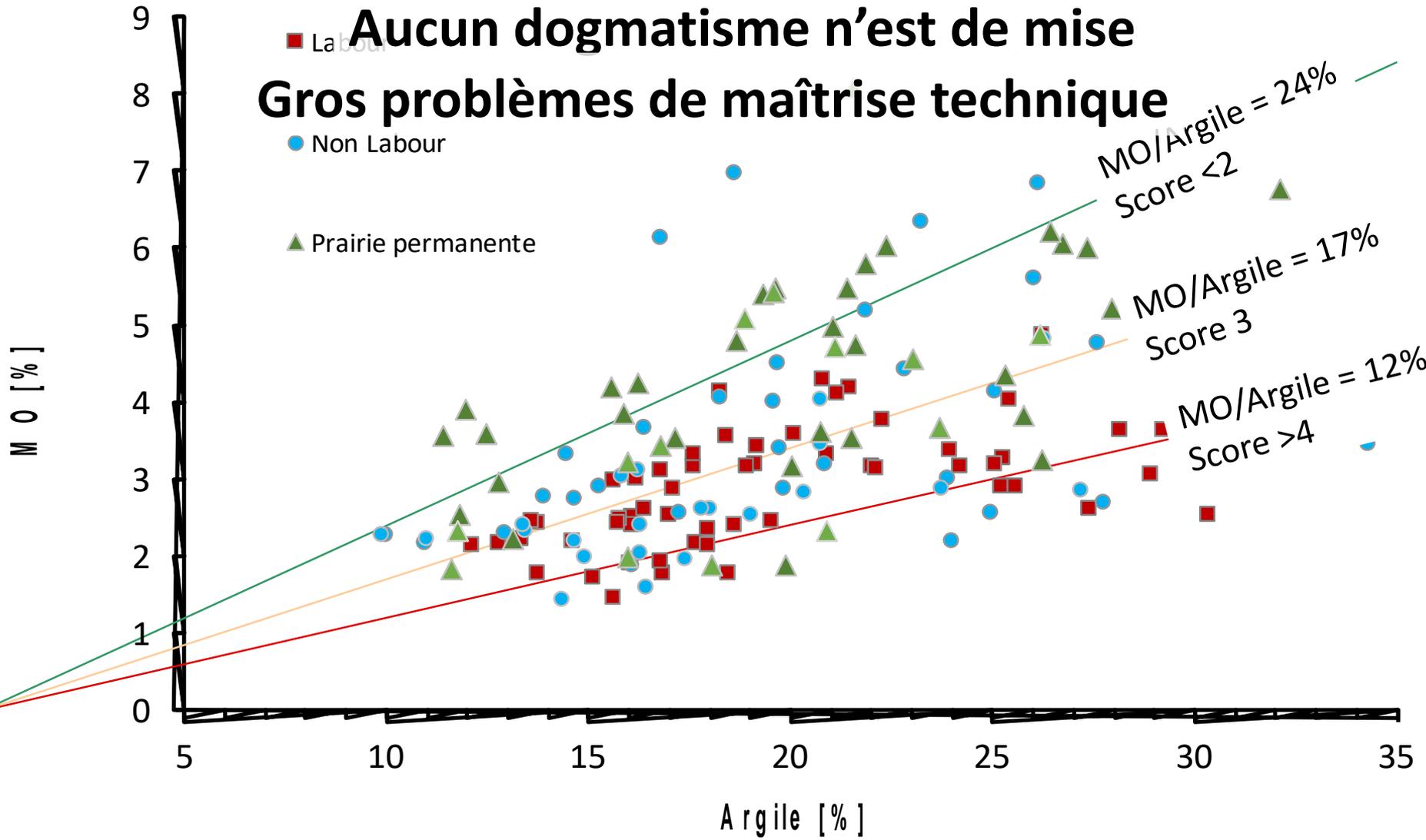
Hors tassement, la teneur en MO détermine la qualité physique, de la même façon, quel que soit le mode de mise en valeur



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



Une nouvelle approche des subventions agri-environnementales ?



- Les agriculteurs apprécient peu d'être sous contrôle et de se voir imposer des méthodes
- Mais avoir un sol de bonne qualité est de l'intérêt de l'agriculteur
- Imposer des méthodes ne garantit pas de résultat.. C'est même un échec général
- La complexité administrative qui en résulte est insupportable et coûteuse à tous les étages
- Les agriculteurs et leurs conseils ne savent plus faire un diagnostic de sol

Le programme BiodivSol



- Expérimental (120 agriculteurs)
- Monitoring de chaque parcelle par l'agriculteur
 - Rapport MO/Argile (3-5 ans d'intervalle)
 - Test bêche VESS → chaque année
- Subvention indexée sur le rapport MO/Argile
- Suivi scientifique
 - Performance agro-économique
 - Etat du sol et biodiversité
 - Point de vue des agriculteurs
- Nouvelle approche
 - L'agriculteur est libre de ses choix
 - Simplification administrative

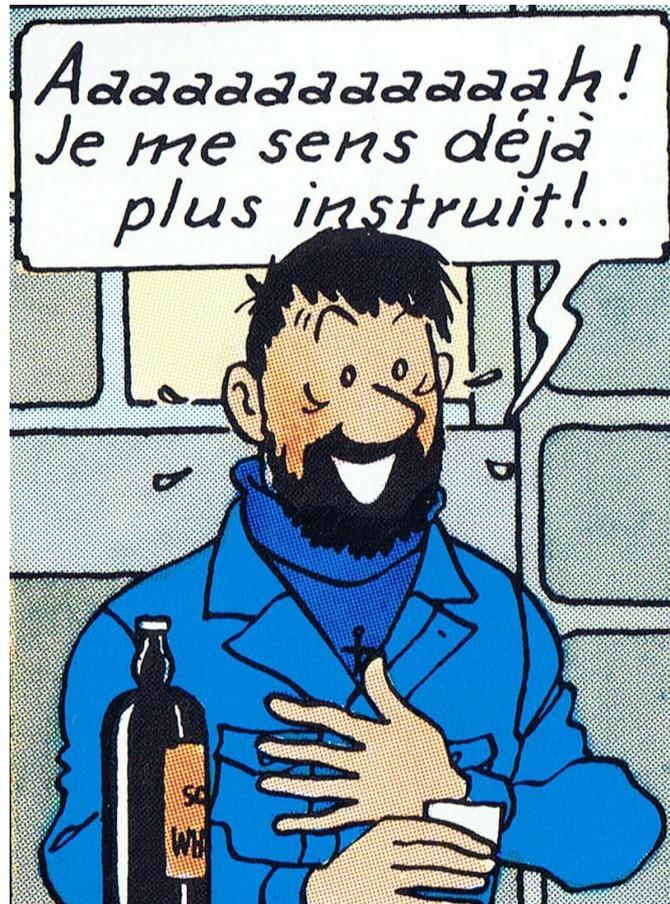
Et encore...



- SQI : Soil Quality Index → en développement
- Qualité du sol : “Aptitude du sol à accomplir ses fonctions”
- Paramètre principal: matière organique
- Démarche associée : monétarisation des éco-services
 - Ambiguë, pas si nouveau, pas si positif
 - Mais à la mode...
- Quid de la valeur du capital sol ?

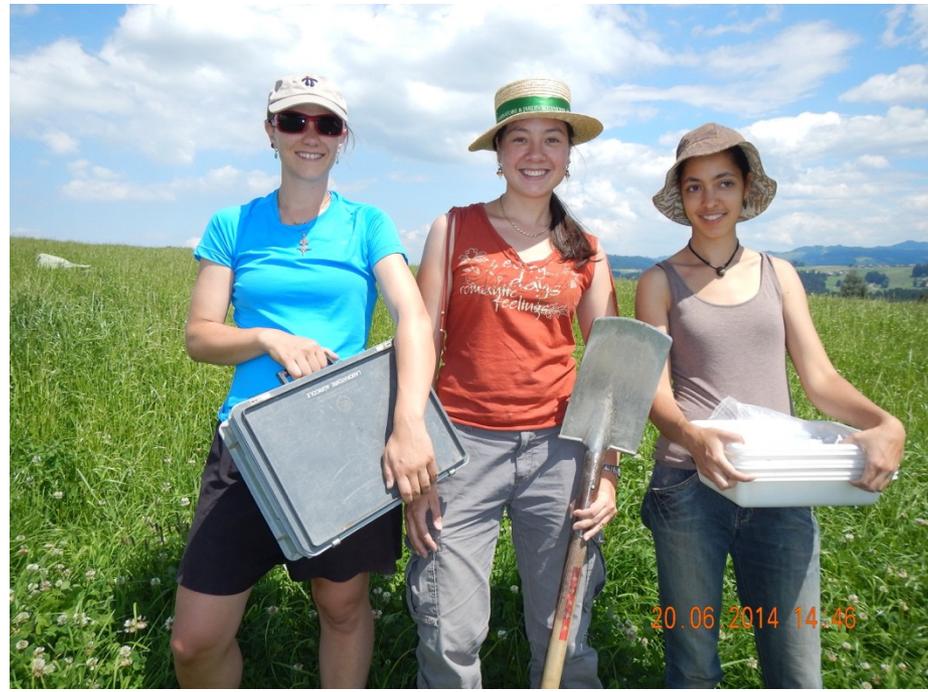


Mais c'est une autre histoire





Merci pour votre attention



*Alice Johannes, Peter Weisskopf, Rainer Schulin
Léonie Givord, Tania Ferber, Elisabeth Busset, Quentin Chappuis,
Adrien Matter, Fred Lamy, Aline Chambettaz, Sylvain Mischler,
Gregor Rieche. Equipes des cantons de Berne et Fribourg, et plus
de 100 agriculteurs*

**Merci à l'équipe, à l'OFEV
Et à tous ceux qui nous ont accueilli !**

