



Impact de pratiques de gestion sylvicole sur l'évolution des stocks de carbone dans les sols forestiers

De l'étude des mécanismes aux outils opérationnels

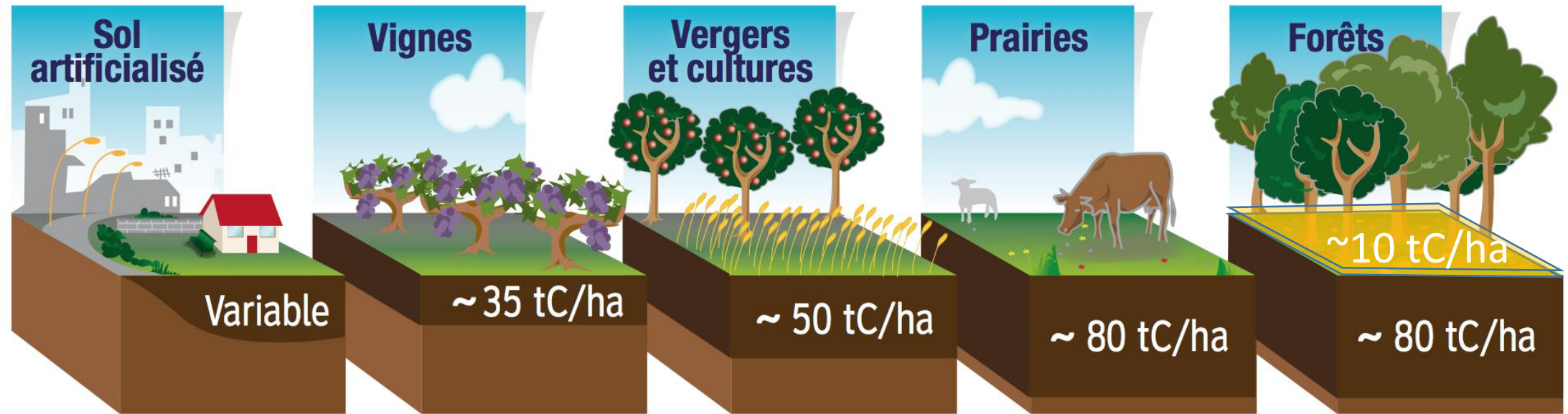
Delphine Derrien et Laurent Saint-André (INRA-BEF)

Laurent Augusto (INRA-ISPA)

Lauric Cécillon (Irstea-EMGR)



"Gestion forestière et carbone : quelles recommandations ?" - 15 mars 2018 - Paris.



Stocks sur 0-30 cm, d'après *Martin et al, 2011*. Repris par l'ADEME 2014

■ **Actuellement les forêts sont dans une situation unique et sans précédent historique**

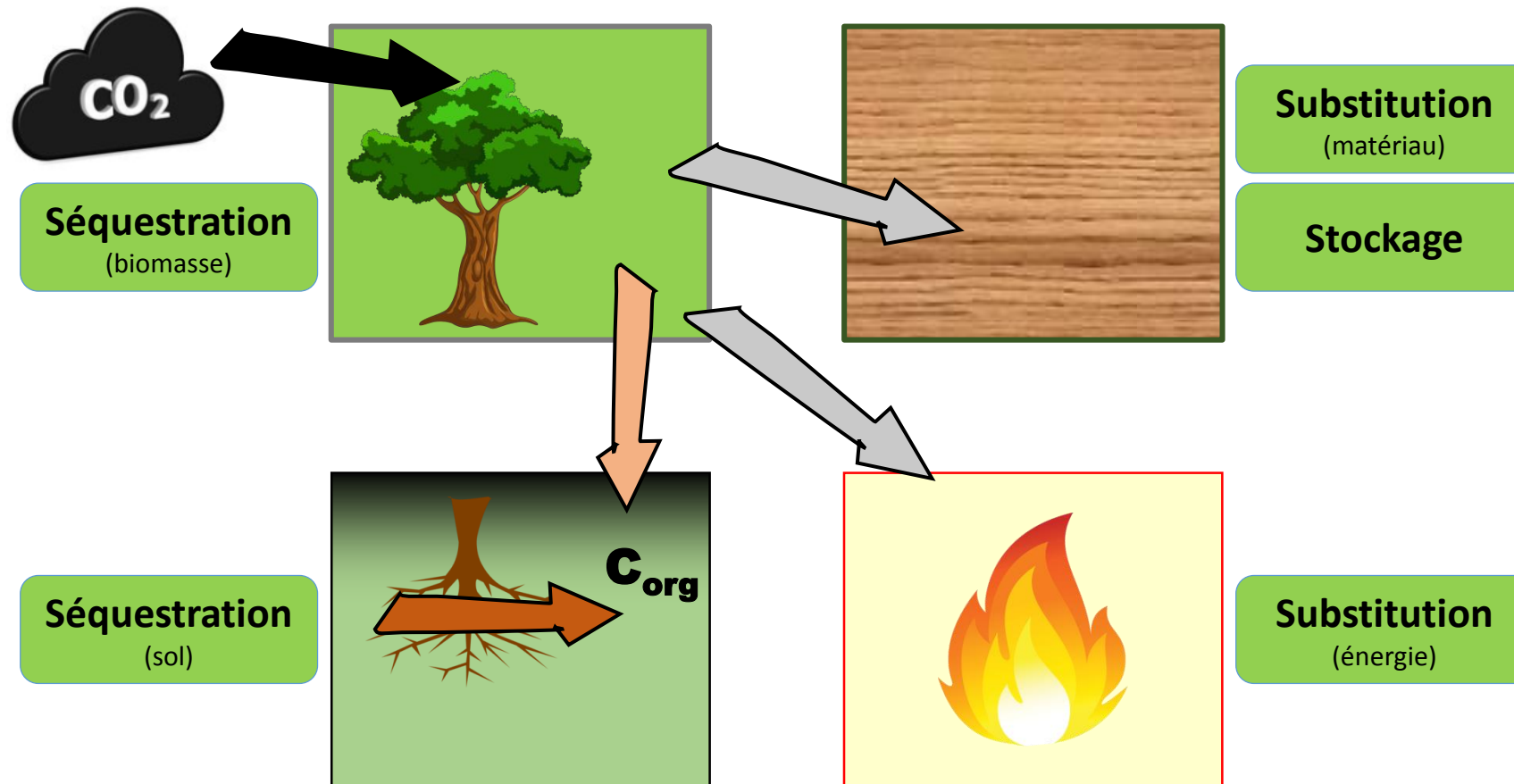
- La surface forestière a doublé depuis le 19^{ème} siècle (nouvelles forêts)
- Le stock sur pied a aussi doublé... sur les 50 dernières années (modification du fonctionnement)
- Demande accrue (bois énergie, bio-produits)

Intensification en forêt gérée, potentiellement perte de fertilité (menus bois), et à long terme déstockage du C du sol ? :

Options sylvicoles ?

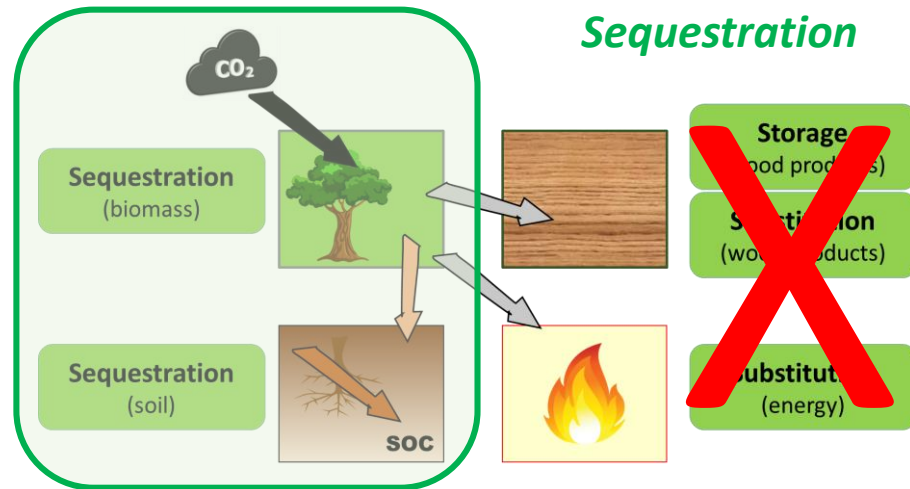
les compromis entre les 3-5 « S »

On ne peut pas maximiser les effets de tous les leviers :

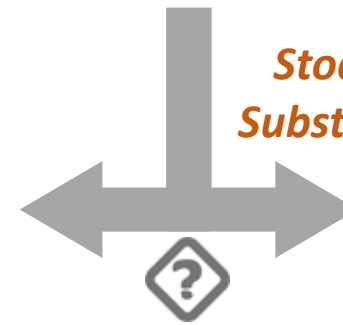


MATIERE ORGANIQUE DU SOL : le dilemme des 3-5 S !!

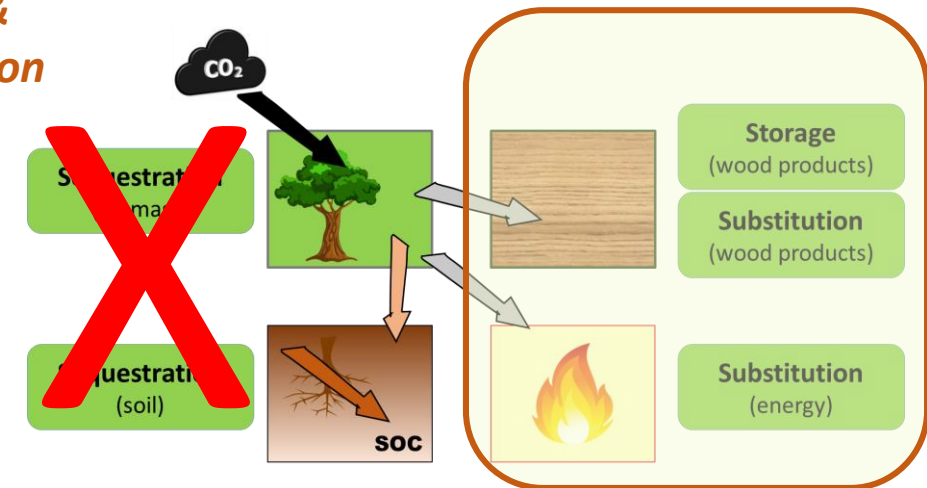
[adapté de Taerwe et al. (2017) - J. Env. Manage.]



*Système extensif,
Capitalisation du C dans l'écosystème*



**Stocks &
Substitution**

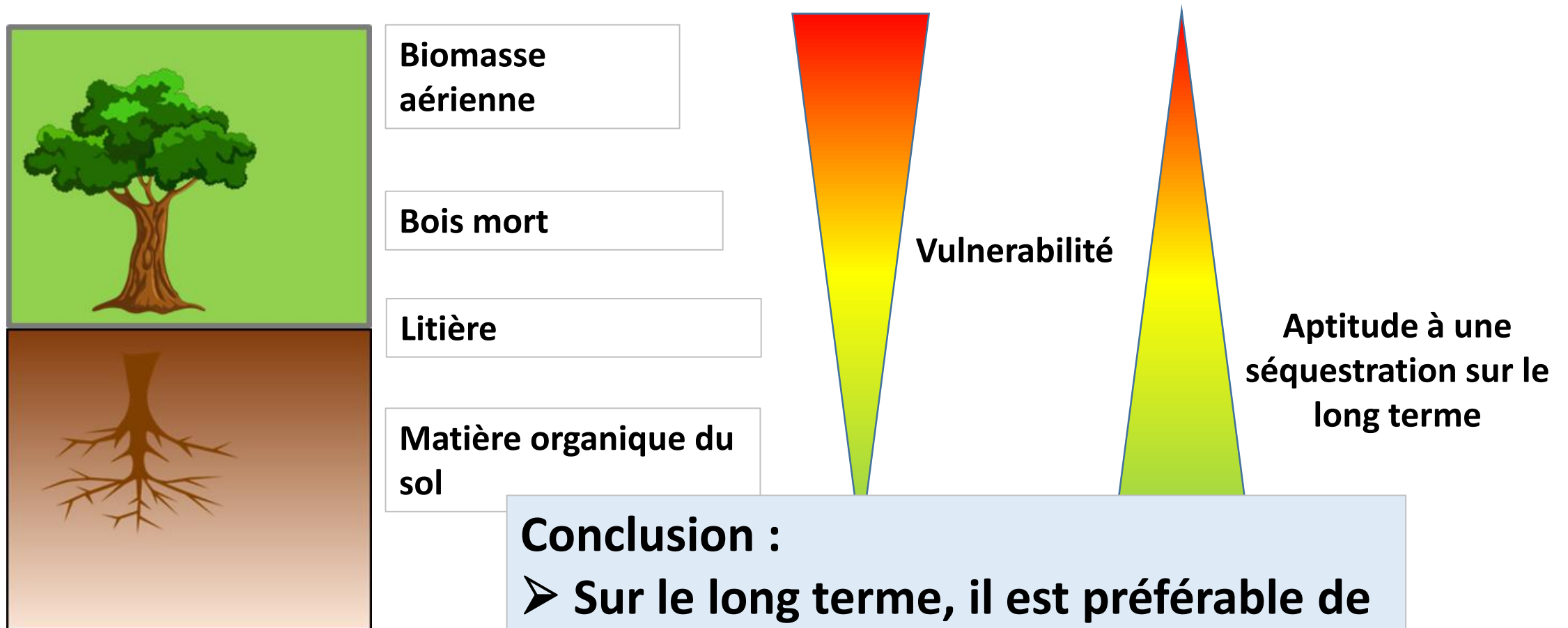


*Système intensif,
Capitalisation du C dans les produits et la substitution*



**Et toutes les
options
intermédiaires**

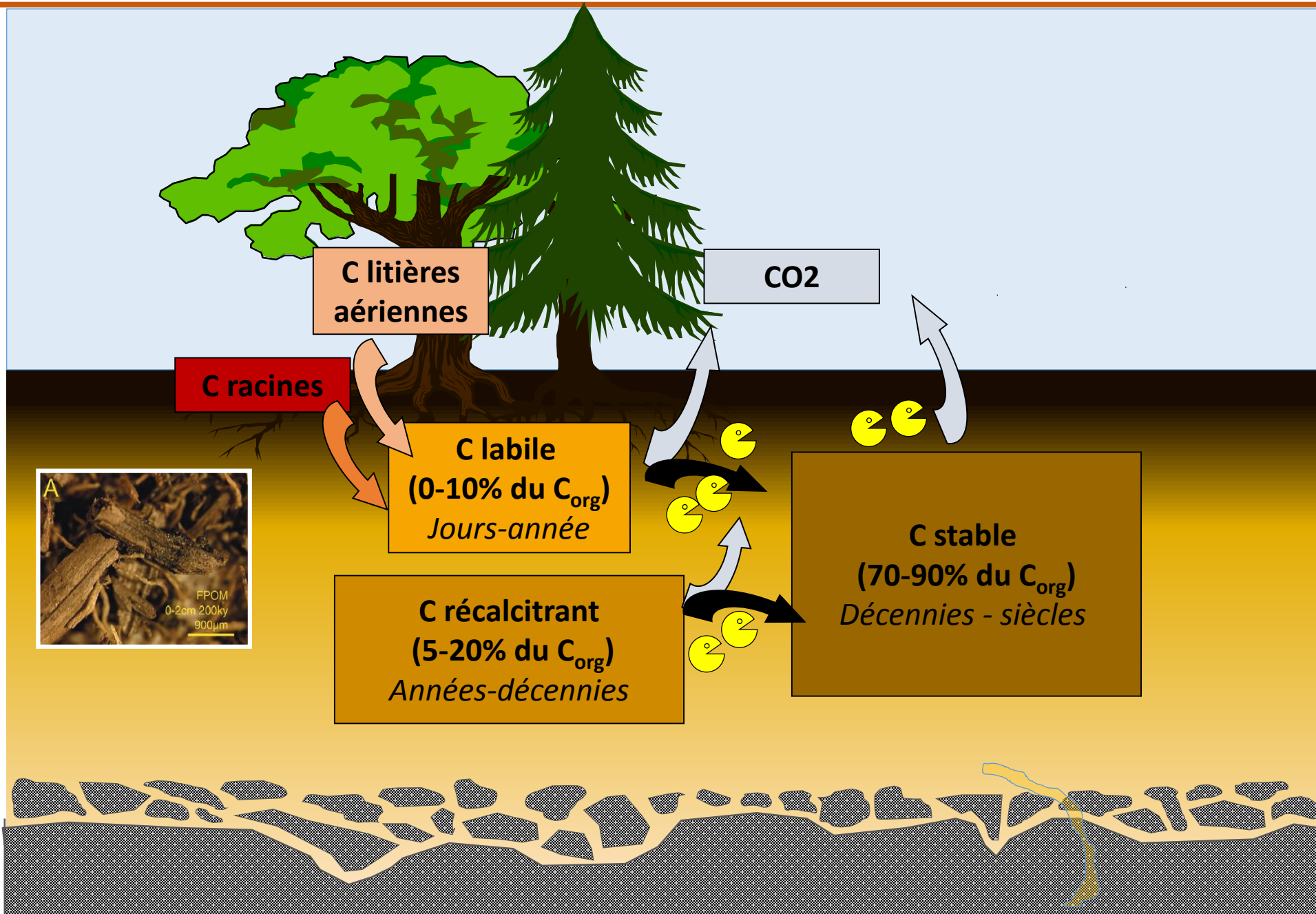
Les pools de carbone ne sont pas vulnérables de façon équivalente aux changements climatiques ou aux perturbations (feux, tempêtes, épidémies, ..)



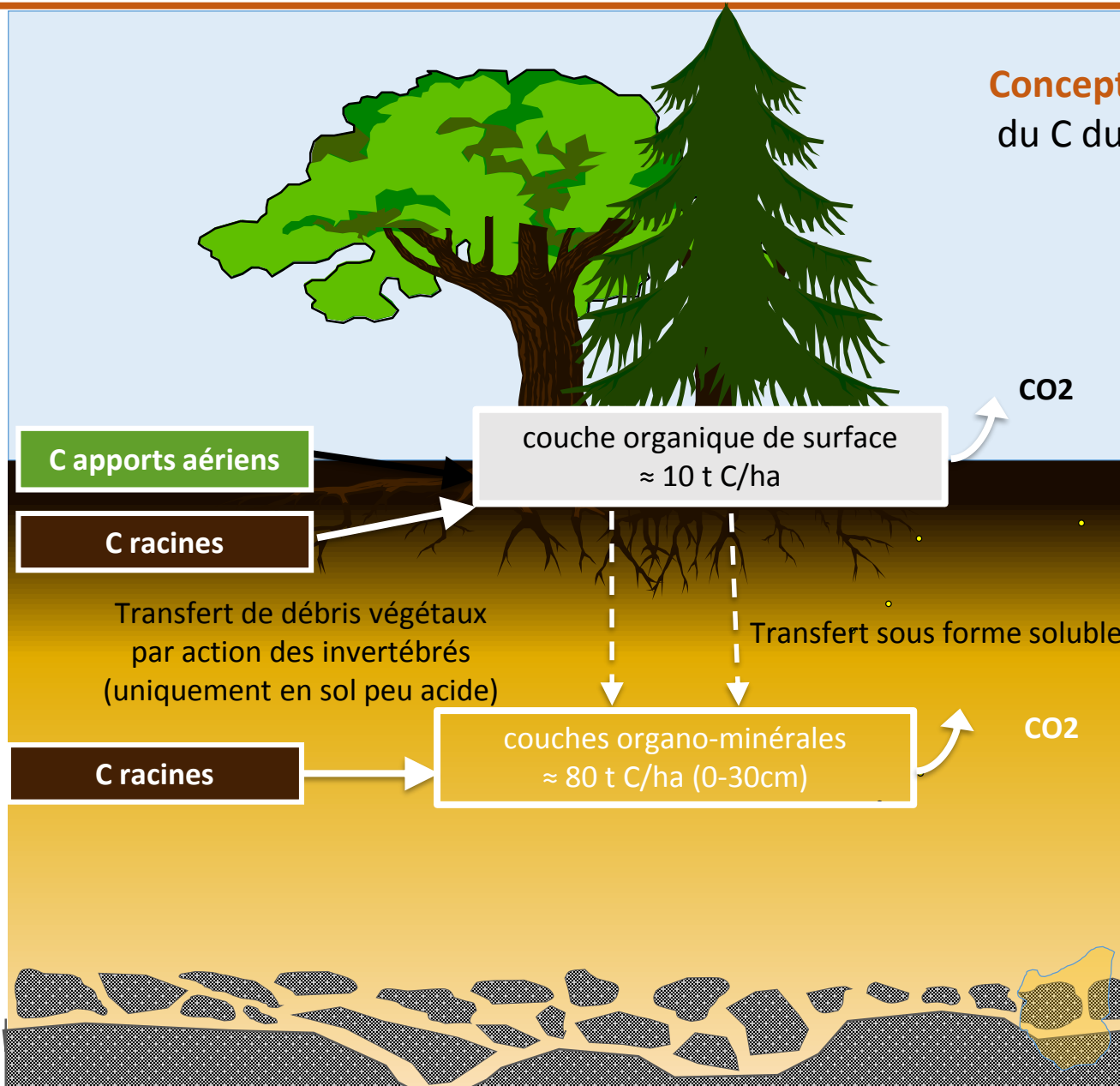
Conclusion :

➤ Sur le long terme, il est préférable de séquestrer le C du sol est **dans le sol**

MATIERE ORGANIQUE DU SOL : des formes et des temps de résidence variées, concepts en évolution

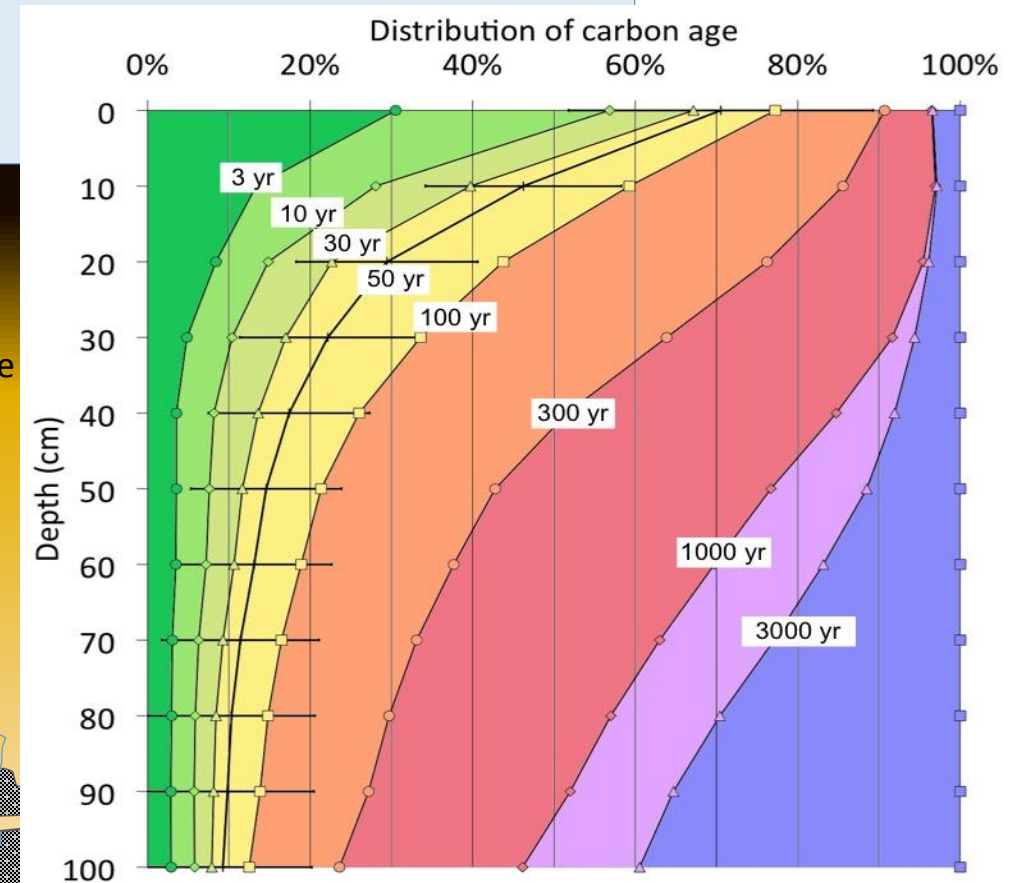


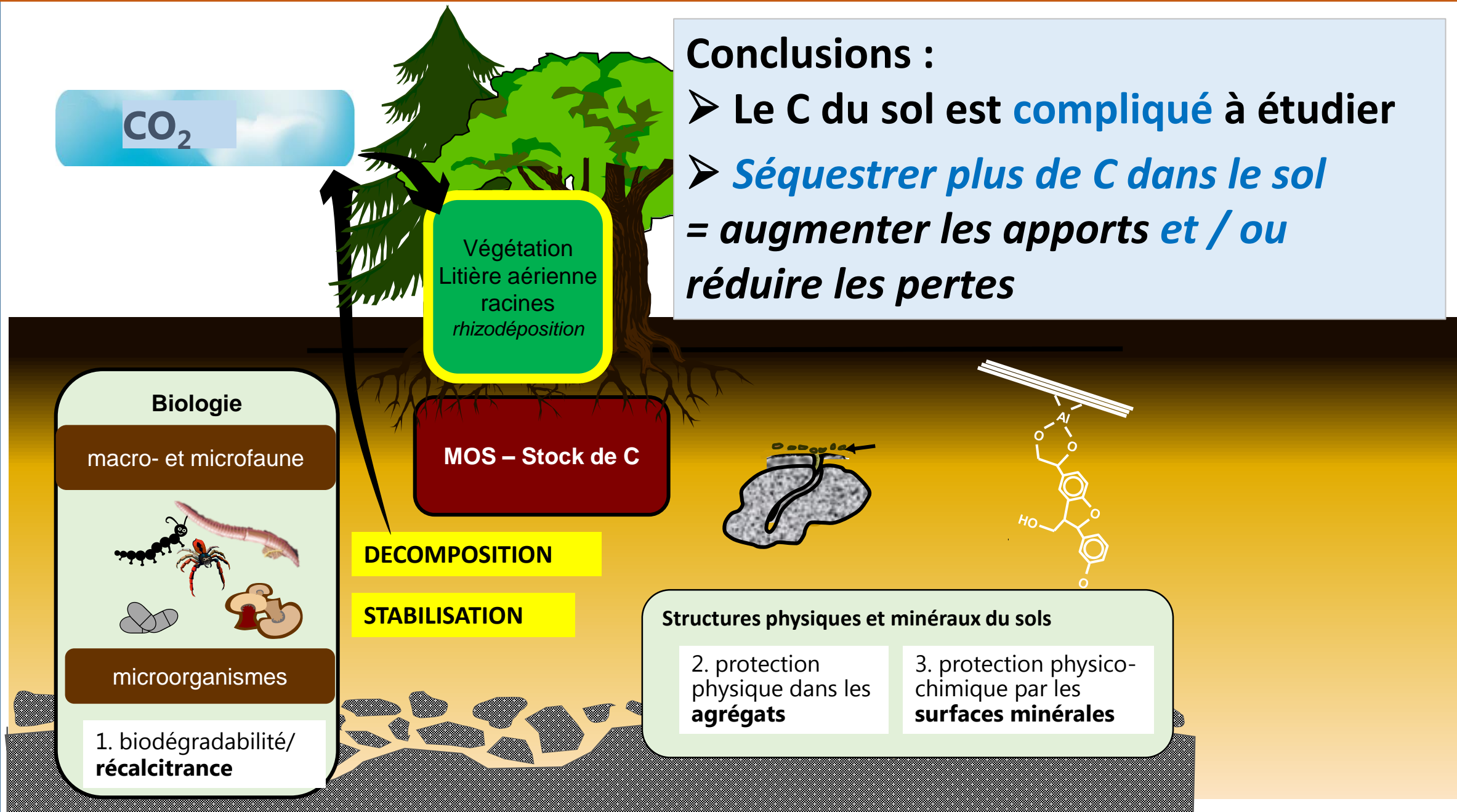
MATIERE ORGANIQUE DU SOL : des formes et des temps de résidence variées, concepts en évolution



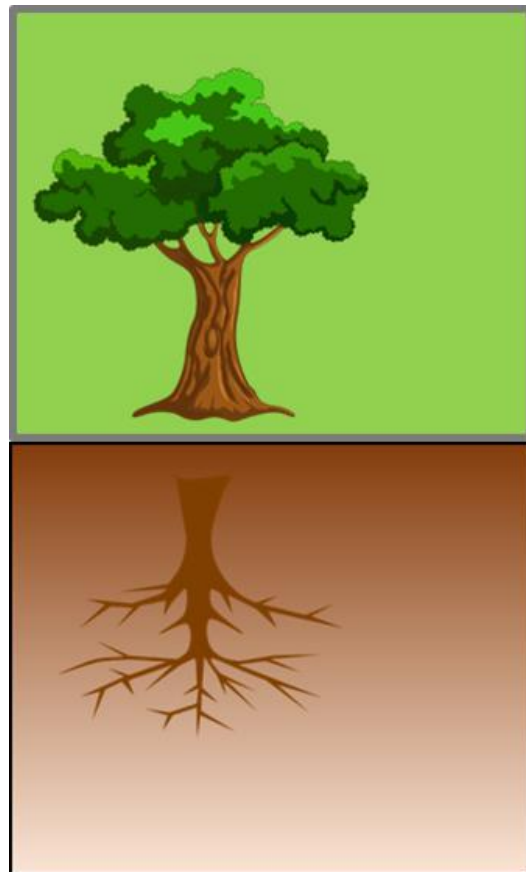
Concepts en évolution : les formes du C du sol coexistent à toutes les profondeurs

[Balesdent et al. (2018) – Nature]





Impact de pratiques de gestion sylvicole sur l'évolution des stocks de carbone dans les sols forestiers ???



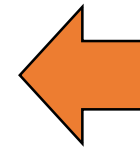
Biomasse
aérienne

Bois mort

Litière

Matière organique du
sol

Effets?



Les actions du forestier :

- Eclaircies
- Coupes rases
- Intensité des prélèvements
- Durée de la rotation
- Changement d'essence
- Préparation du sol



Devoir à la maison :
“*Revoir la notion de méta-analyse”*”



La méta-analyse est une démarche statistique qui permet de combiner les résultats de plusieurs études indépendantes, réalisées dans des conditions variées, sur un problème donné : « analyse d’analyses »

*Elle permet une **vue globale** sur ce problème en produisant un résultat quantitatif et synthétique.*





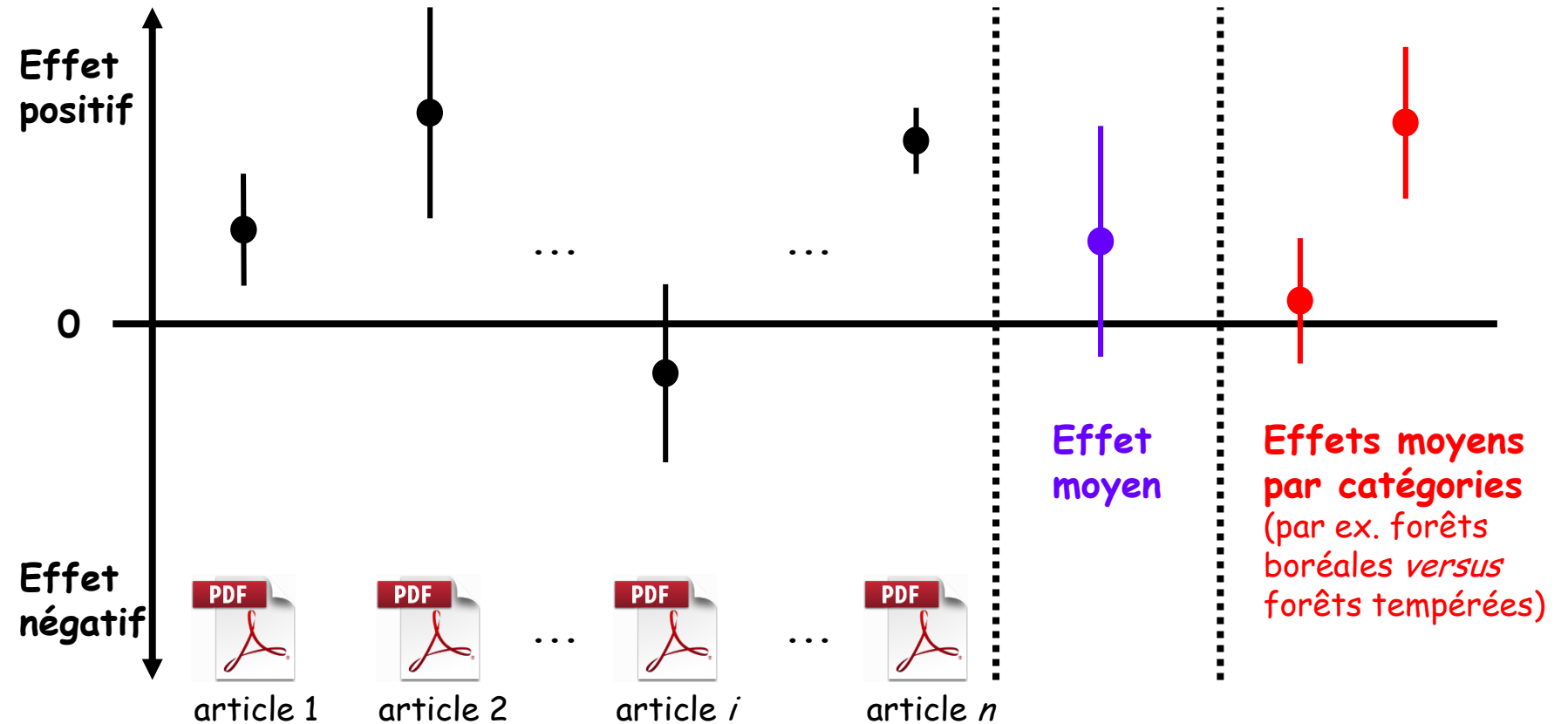
Devoir à la maison :

“*Revoir la notion de méta-analyse*”

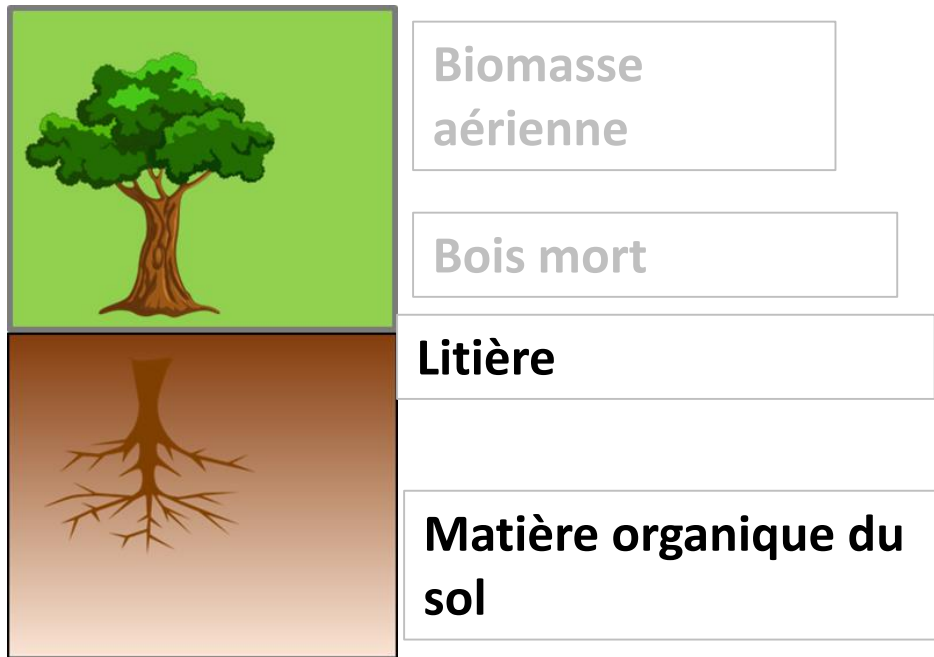


Ratio de réponse : intéressant pour quantifier l'effet

$\log (TRT / TEM)$



Eclaircies : littérature abondante, résultats cohérents



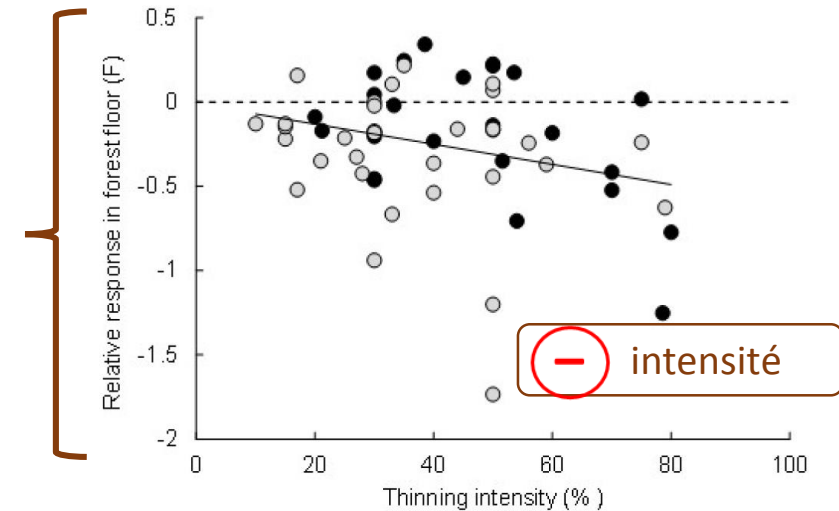
↘↘ à ↘

Croissance des arbres restants → à ↗↗

↘↘ à →

→ ou ↘

Pas d'effet significatif



[Achat et al. (2015) - Sci. Reports]

Apports: Chutes de litières ↘
Mais résidus d'exploitation ↗

Sorties: Minéralisation ↗ ?

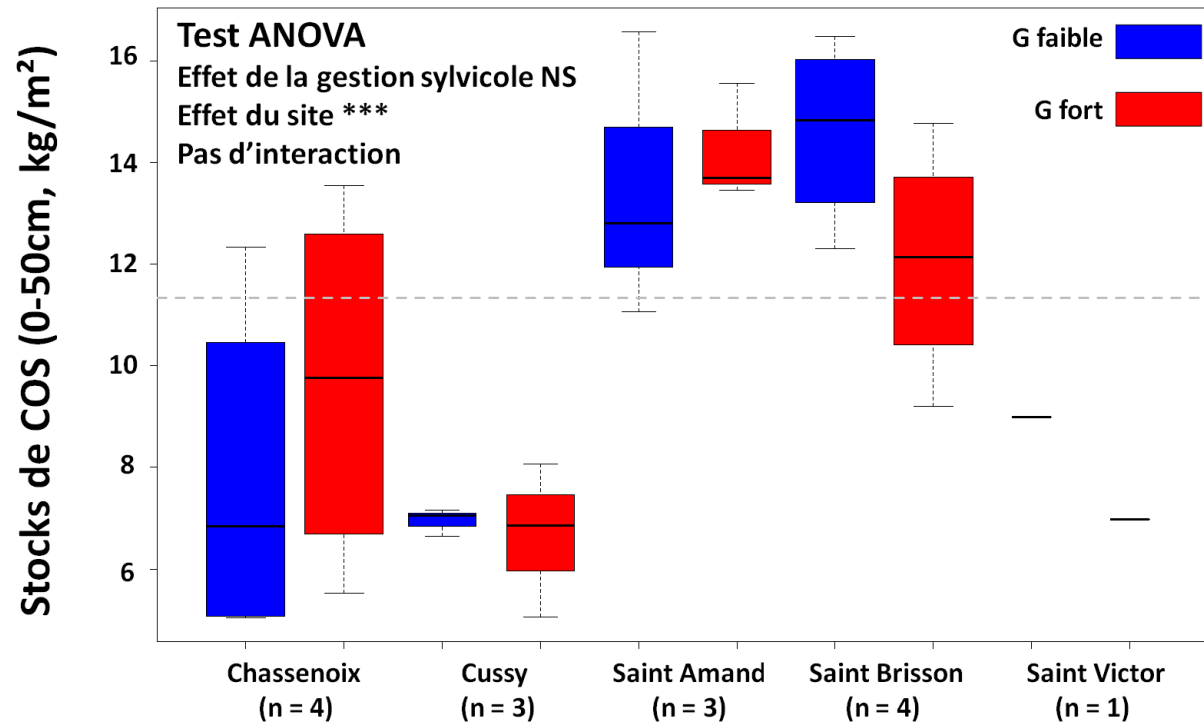
Effet limité dans le temps (fermeture du couvert, présence de sous-bois)

Eclaircies : cas d'étude (PICASO)

Régime d'éclaircie ou densité de plantation contrastés (extrêmes)

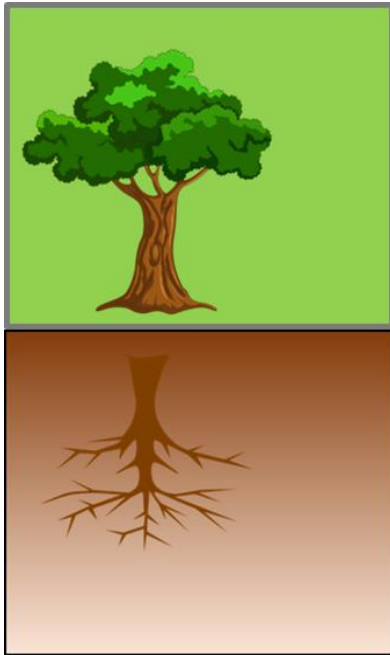
- Massifs du Morvan et du Limousin
- Durée moyenne des essais = 41 ans
- Type de sol = Alocrisol typique

Gestion sylvicole des Douglasaies



→ Pas d'effets visibles d'une augmentation de la surface terrière (G) sur le stock de C organique des sols (0-50 cm)

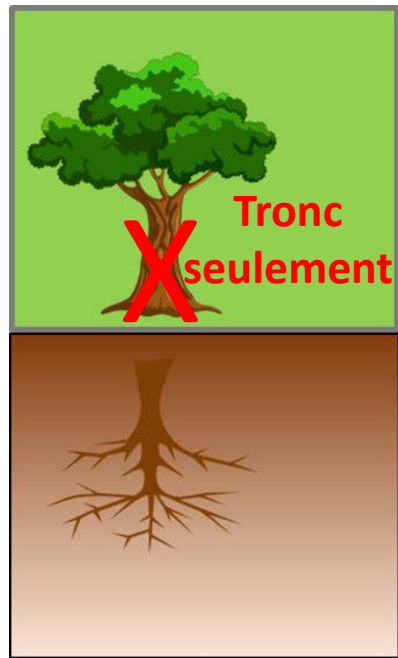
Eclaircies : littérature abondante, résultats cohérents



Conclusions :

- *“Les éclaircies n’affectent pas la couche de litière, à condition que l’intensité de la coupe soit faible ou modérée.”*
- *“Les éclaircies n’affectent pas quantitativement le carbone organique du sol.”*

Coupes rases : beaucoup de littérature, résultats globalement cohérents



Biomasse aérienne

Bois mort

Litière

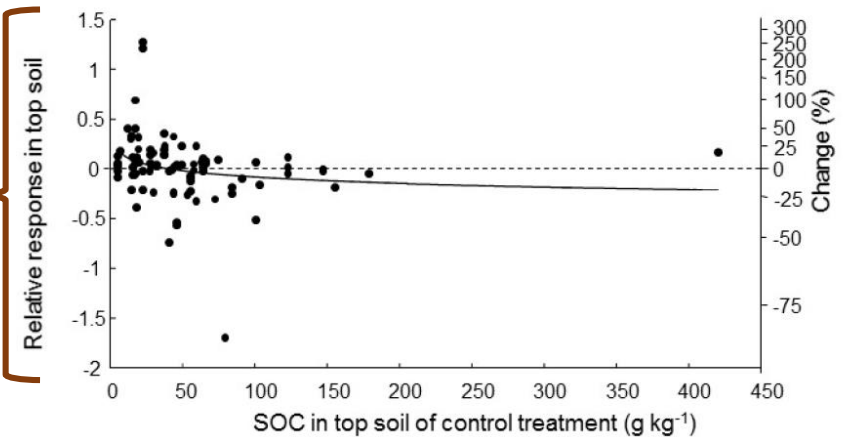
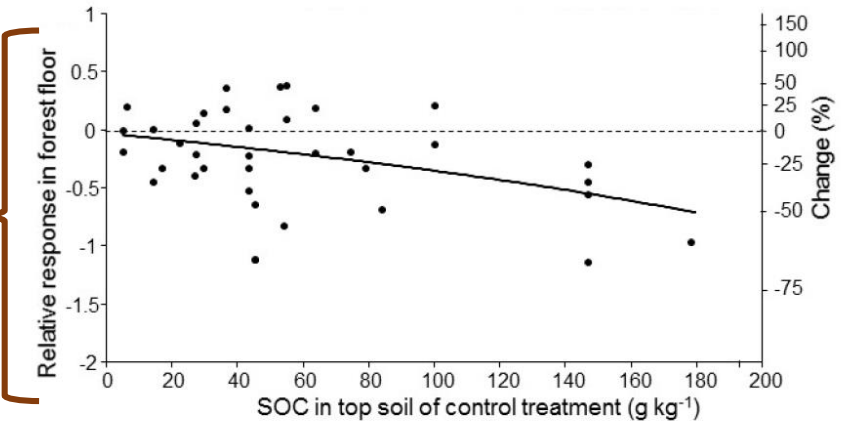
Matière organique du sol



⊖ pool initial de C



⊖ pool initial de C



[Achat et al. (2015) - Sci. Reports]

Apports: résidus d'exploitation SEULEMENT

Sorties: Minéralisation ↗ (d'autant plus que le stock de C initial est important)

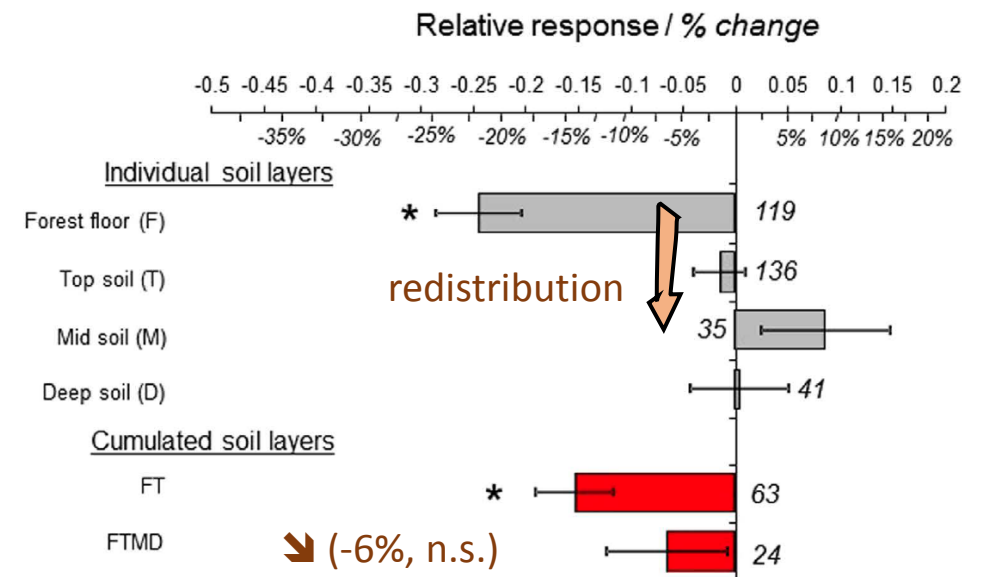
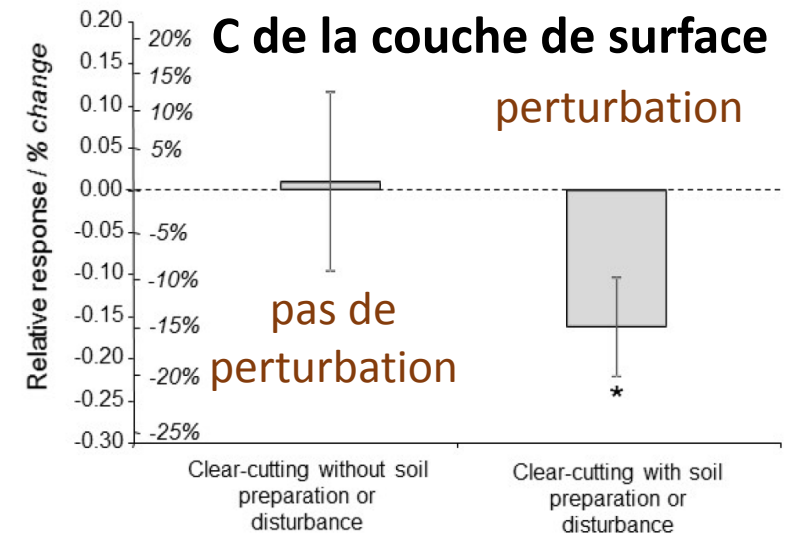
Coupes rases : beaucoup de littérature, résultats globalement cohérents

Horizons de surface : pertes liées aux perturbations

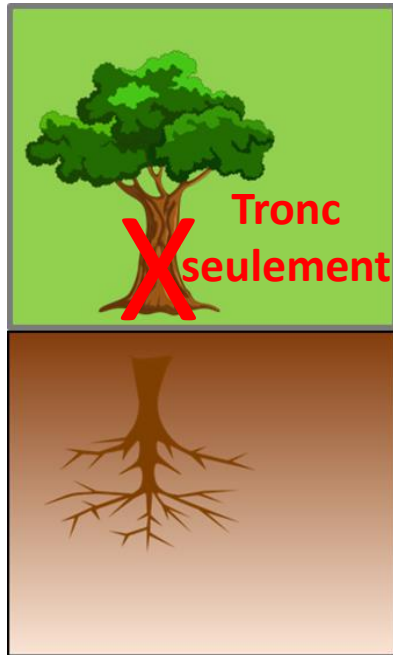
- Résidus brûlés
- Préparation du sol

Le long du profil de sol :

- Redistribution verticale
- Pas ou peu de pertes de C (non significatif)

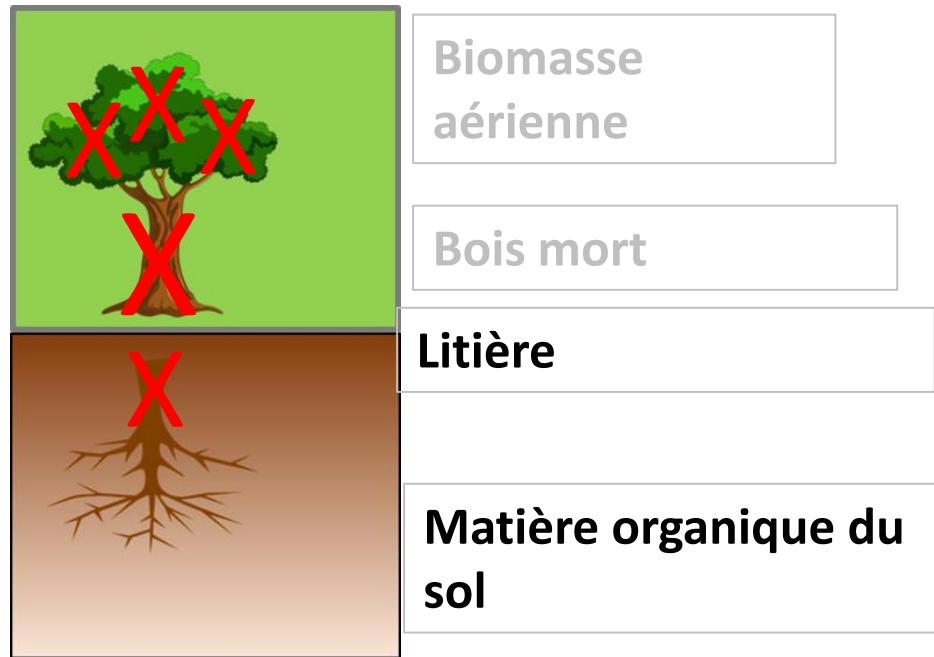


Coupes rases : beaucoup de littérature, résultats globalement consistants

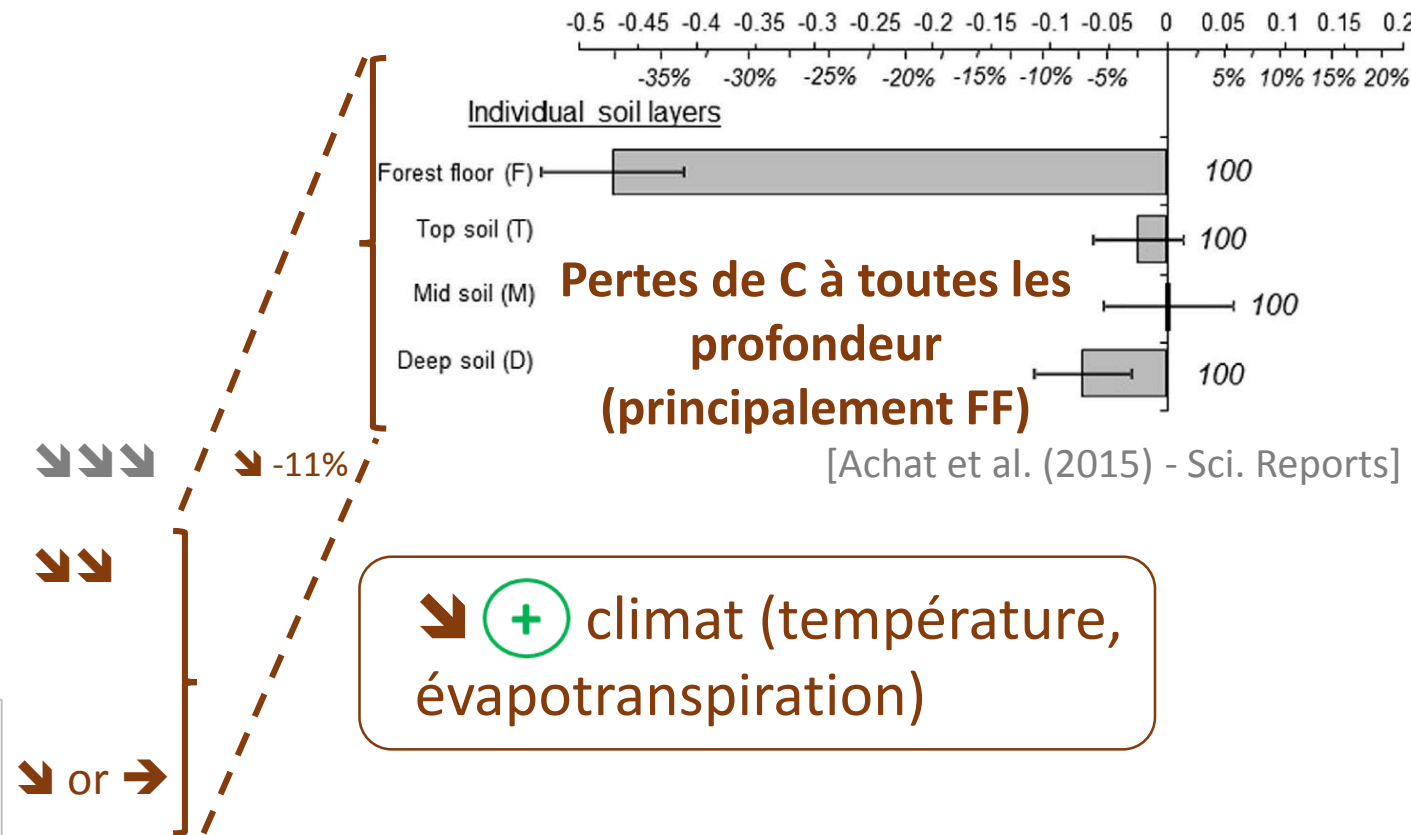


- Les coupes-rases exportant les tiges de bois fort n'ont, généralement, pas d'effet important sur la capacité de sequestration des sols, à condition de ne pas perturber les sols.
- Les risques de perte de C augmentent avec la taille du stock initial de C du sol.

Récoltes « arbre entier » :

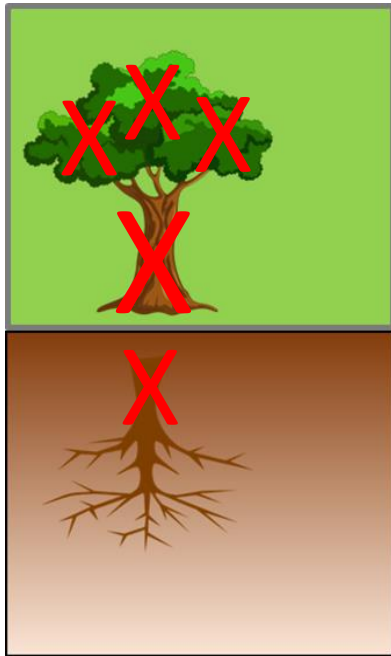


Apports: néant



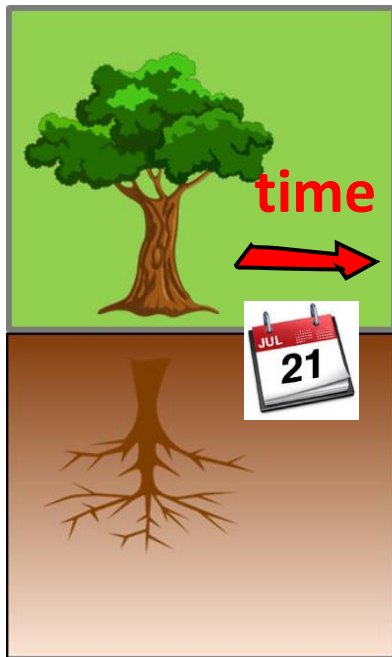
Sorties: Minéralisation ↗ (d'autant plus que le stock de C initial est important)

Récoltes « arbre entier » :



- Les récoltes intensives (rémanents) **affectent négativement** les stocks de C du sol.
- Le bilan de C du **bois-énergie** peut être réduit par les pertes de C du sol, mais semble rester positif (modèles de simulation). [Pukkala (2014) - For. Policy Economics]

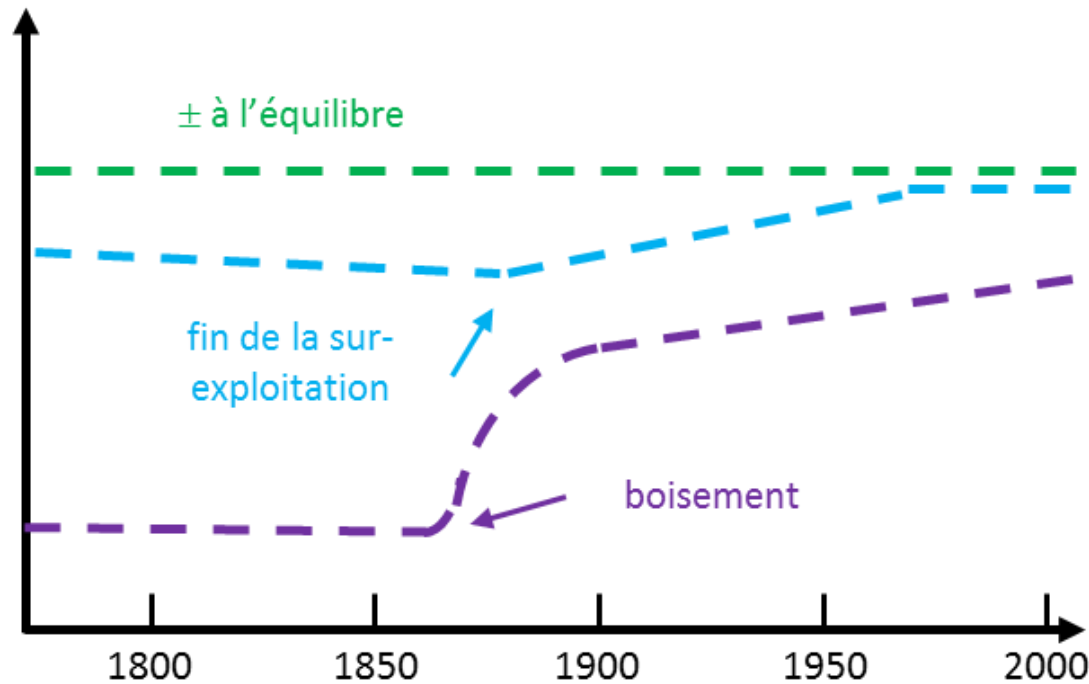
Durée de rotation:



- Les effets de la durée de la rotation sur le carbone du sol **ne sont pas clairs (tendance positive ?)**.
- Cette incertitude est en grande partie liée à des problèmes méthodologiques (prise en compte des temps longs).

Durée de rotation:

C du sol



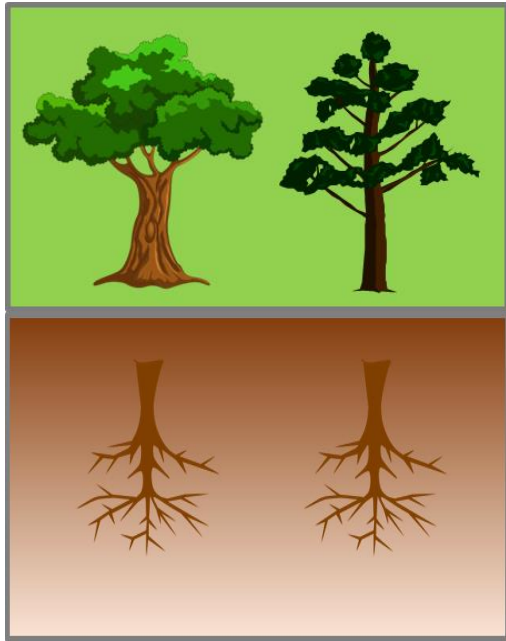
Vieux peuplement dans une forêt ancienne (> 200 ans), non perturbée

Vieux peuplement dans une forêt ancienne, mais qui a été perturbée

Vieux peuplement dans une forêt récente (< 200 ans), installée sur d'anciennes cultures agricoles.

time

Effet des essences :

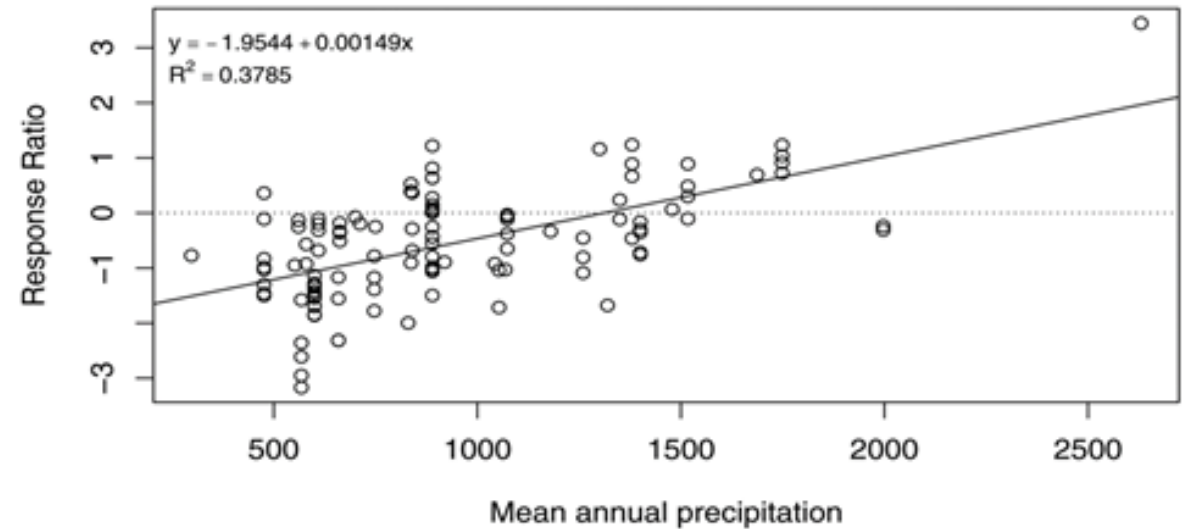


Biomasse
aérienne

Bois mort

Litière

Matière organique du
sol



➤ L'effet des essences sur le C du sol **n'est pas clair** (!! temps longs !!).

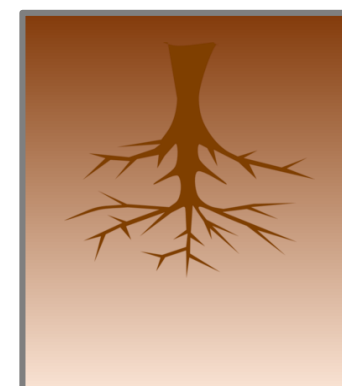
➤ *Tendance : plus les précipitations sont faibles, plus le bilan est en faveur des résineux.*

Synthèse:

Actions du forestier:

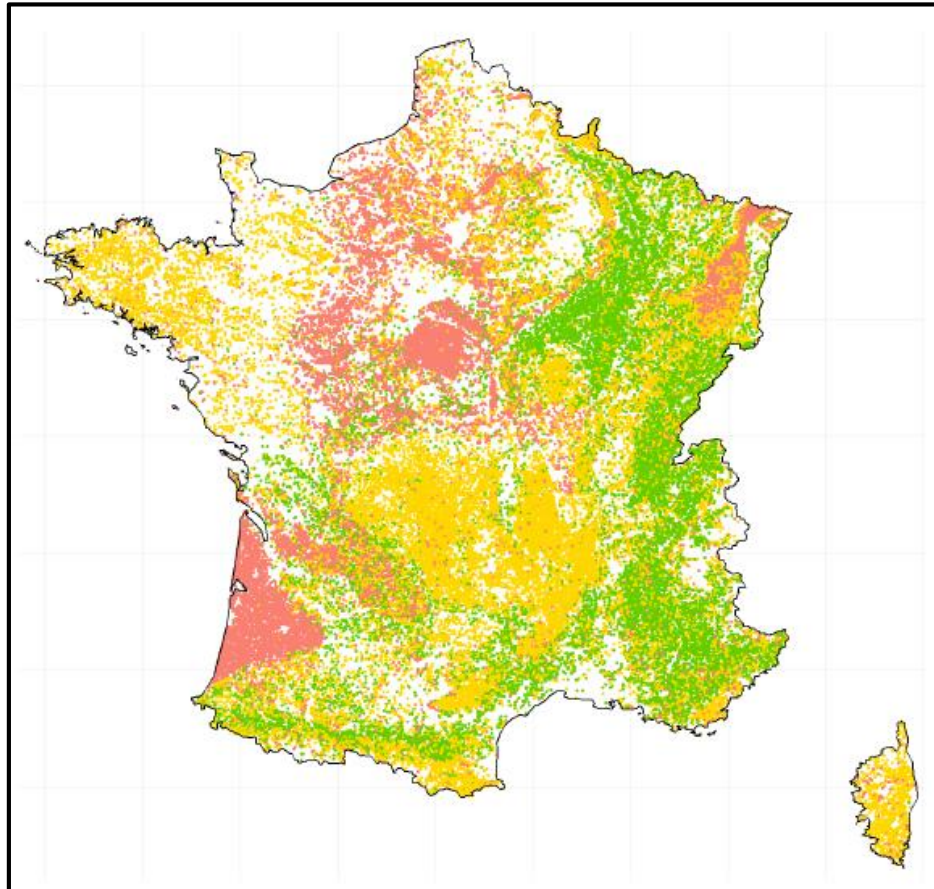
- Eclaircies	n.s.	! quantité initiale de C	
- Coupes rases (bois-fort)			
➤ Sans perturbation du sol	n.s.	! quantité initiale de C	
➤ Avec perturbation du sol	-		
- Densité du peuplement	?	-----	Besoins de recherches 🔒
- Intensité des prélèvements	-	! climat	Besoins de recherches 🔒
- Durée de rotation	+	! histoire	Besoins de recherches 🔒
- Essences			
➤ changement	?	} -----	Besoins de recherche 🔒
➤ diversité	?		

Sequestration
(soil)

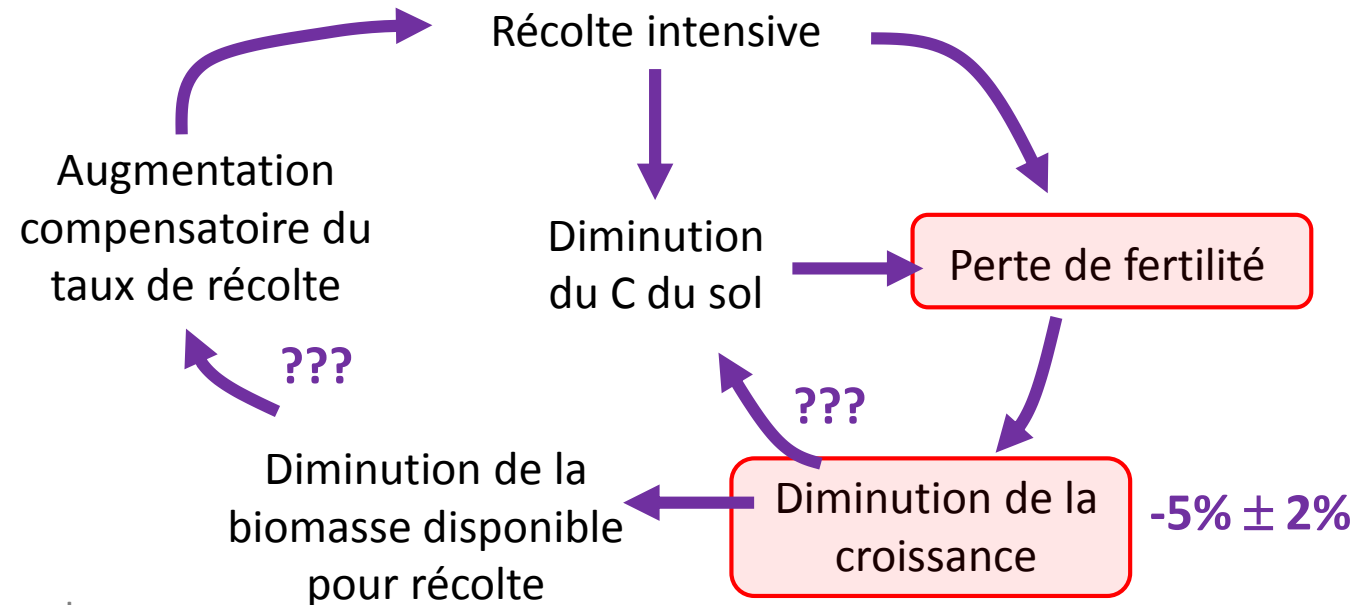


Il n'y a pas que le C !

Projet INSENSE, intensification de la gestion



%	Ademe 2006 humus	Insensé
Faible	39	30
Moyenne et partielle	30	47
forte	31	23



Stocker du C dans les sols :

Quels mécanismes, quelles pratiques agricoles, quels indicateurs ?

D. Derrien⁽¹⁾, M-F. Dignac⁽²⁾, I. Basile-Doelsch⁽³⁾, S. Barot⁽⁴⁾, L. Cécillon⁽⁵⁾, C. Chenu⁽²⁾,
T. Chevallier⁽⁶⁾, G. T. Freschet⁽⁷⁾, P. Garnier⁽²⁾, B. Guenet⁽⁸⁾, M. Hedde⁽²⁾, K. Klumpp⁽⁹⁾,
G. Lashermes⁽¹⁰⁾, P-A. Maron⁽¹¹⁾, N. Nunan⁽⁴⁾, C. Roumet⁽⁷⁾ et P. Barré⁽¹²⁾

- 1) Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers, INRA Nancy-Lorraine, 54280 Champenoux, France
- 2) UMR ECOSYS, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, 78850 Thiverval-Grignon, France
- 3) Aix Marseille Univ, CNRS, IRD, Coll France, INRA, CEREGE, Aix-en-Provence, France
- 4) UMR IEES-Paris (CNRS, UPMC, INRA, IRD), 4 place Jussieu, 75005 Paris, France
- 5) Université Grenoble Alpes, Irstea, UR EMGR, 2 rue de la Papeterie-BP 76, 38402 St-Martin-d'Hères, France
- 6) Eco&Sols (IRD, Montpellier SupAgro, Cirad, Inra), Campus SupAgro, Bat. 12, 34060 Montpellier, France
- 7) Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive, UMR 5175 (CNRS - Université de Montpellier - Université Paul-Valéry Montpellier - EPHE), 1919 route de Mende, 34293 Montpellier, France
- 8) Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL-CEA-CNRS-UVSQ, Université Paris-Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette, France
- 9) INRA, UREP, 63039 Clermont-Ferrand, France
- 10) UMR FARE (INRA, URCA), 51100 Reims, France
- 11) Agroécologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon, France
- 12) Laboratoire de Géologie de l'ENS, PSL Research University, UMR 8538 du CNRS, 24 rue Lhomond, 75231 Paris cedex 05, France

* : Auteur correspondant : delphine.derrien@inra.fr