

Laurent Augusto

INRAE^(*)

département *Ecologie et Biodiversité*

Identifier les stratégies qui optimisent le puits de carbone des forêts : « *l'équation impossible ?* »



**Institut de la transition
environnementale**
SORBONNE UNIVERSITÉ

webinaire 24 novembre 2020

(*) cette présentation ne constitue pas une position institutionnelle d'INRAE

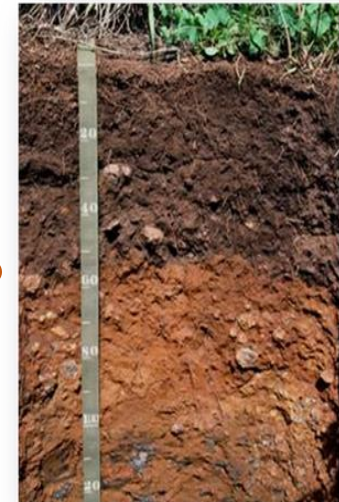
Un contexte d'urgence climatique

Rapports du GIEC → contenir la hausse des températures en deçà de $+1.5^{\circ}\text{C}$ suppose d'atteindre la **neutralité carbone** d'ici 2050



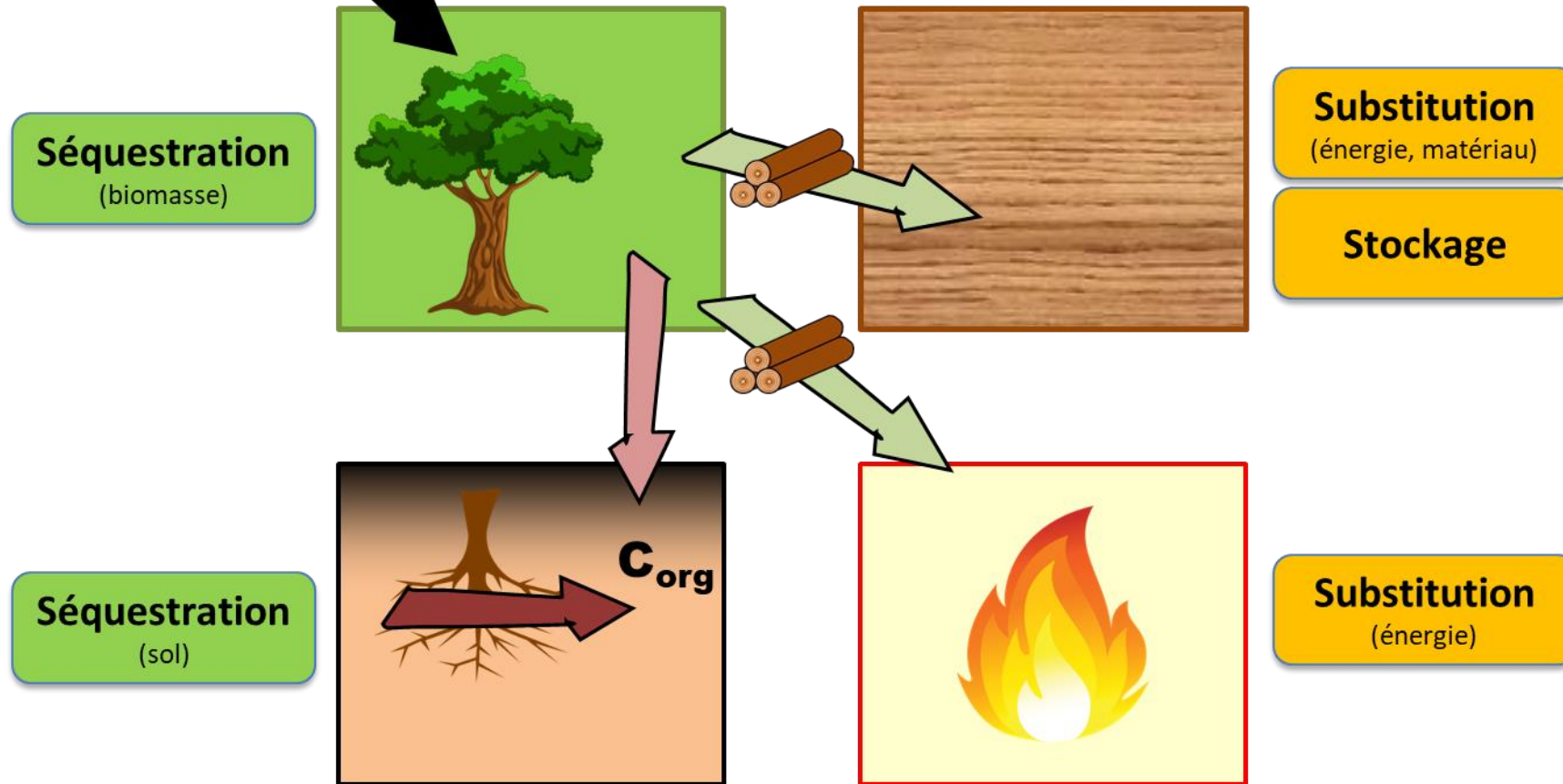
Deux leviers complémentaires :

- **Réduire les émissions** de Gaz à Effet de Serre (GES)
- **Préserver et accroître le puits de CO_2** que constitue la biosphère
 - dans la biomasse
 - dans le sol





Les forêts jouent un rôle majeur dans l'atténuation du changement climatique du fait de leur cycle du carbone (C).



Les **3S** (**S**équestration, **S**tockage, **S**ubstitution) :
les principaux leviers pour atténuer l'augmentation du CO₂ atmosphérique



Il est difficile d'optimiser tous les leviers (3S) en même temps

↔ dilemme des 3S

Exemple : **séquestration-sol** versus **substitution-énergie**

Méta-analyse mondiale (2015) :

La récolte irraisonnée des menus-bois (pour du bois-énergie) entraîne en moyenne une réduction du stock de carbone organique des sols

SCIENTIFIC REPORTS

OPEN Forest soil carbon is threatened by intensive biomass harvesting

David L. Achat¹, Mathieu Fortin^{2,3}, Guy Landmann⁴, Bruno Ringeval¹ & Laurent Augusto¹



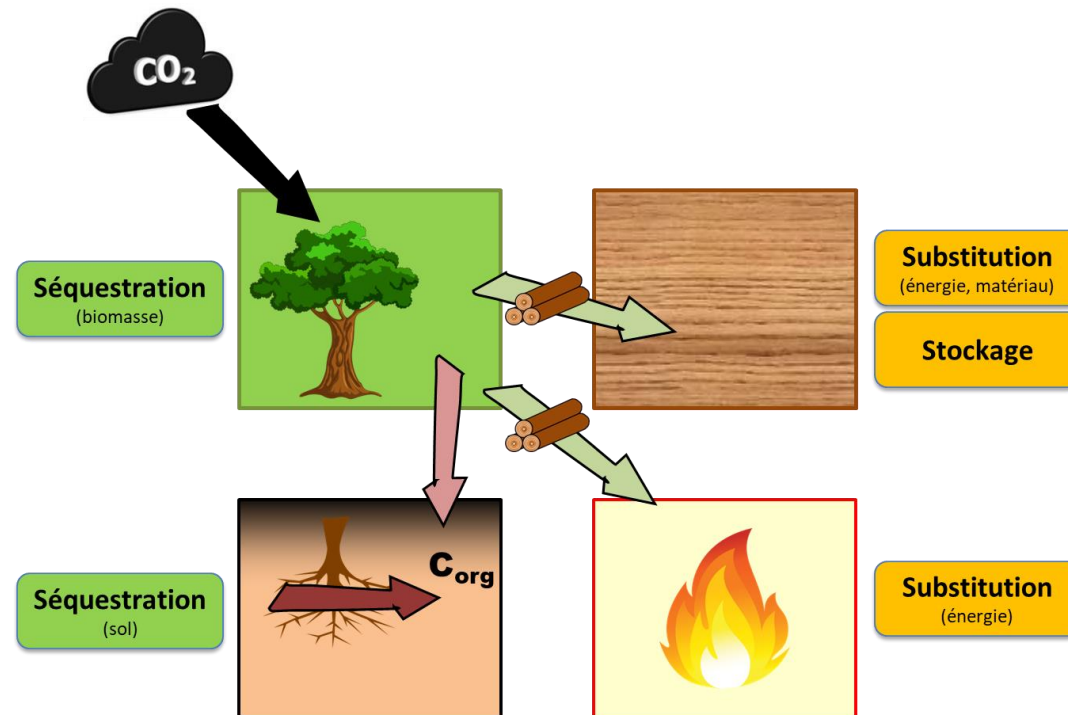
Comment identifier les stratégies qui optimisent le rôle atténuateur du changement climatique des forêts ?



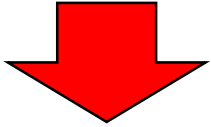
- Cette identification requière de **coupler des modèles de nature extrêmement différente**
- Certains **processus sont encore mal connus** et donc difficiles à simuler à long terme
- L'éventail des **scénarios climatiques** est vaste
- Difficulté à prendre en compte dans les simulations des **événements catastrophiques** (invasions biologiques, nouvelles maladies, incendies, tempêtes...) ou des **effets de seuil**



- *Modèles climatiques, écophysiologiques, biogéochimiques*
- *Comment simuler les événements stochastiques ?*
- *Certains processus ne sont encore assez connus pour être simulés de manière fiable*



- *Modèles socio-économiques et de filières*
- *Comment prévoir les modalités effectives des transitions énergétiques et écologiques ?*
- *Comment simuler les effets de substitution et de stockage à long terme ?*



Pour permettre des simulations, il est indispensable de faire des **hypothèses** sur lesquelles construire les simulations.

Par exemples :

- Probabilité d'évènements extrêmes ?
- Résistance des espèces aux sécheresses ?
- Effet stimulant du CO₂ sur la croissance ?
- Dynamique à long terme du carbone organique des sols ?
- Effets de la sylviculture sur le carbone organique des sols ?
- Durée de vie des produits bois ?
- Quelles énergies fossiles sont substituées par le bois-énergie ?
- Quelle efficacité des politiques de mobilisation de la biomasse dans les régions concernées par le phénomène de non-gestion ?
- Dynamique du foncier forestier ?
- Quelle évolution de la demande en produits bois ?



Séquestration
(biomasse)

Séquestration
(sol)

Stockage

Substitution
(énergie, matériau)



Pour permettre des simulations, il est indispensable de faire des hypothèses sur lesquelles construire les simulations.




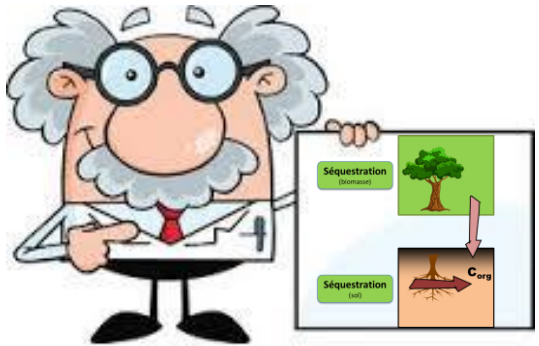

Les simulations à dispositions sont des projections, construites sur des hypothèses de travail dont certaines sont discutables (dans le sens scientifique du terme : *qui peuvent être discutées du fait de l'absence de consensus*)



En l'état actuel des connaissances, il est impossible de simuler de manière indiscutable des bilans de carbone des forêts françaises sous différents scénarios



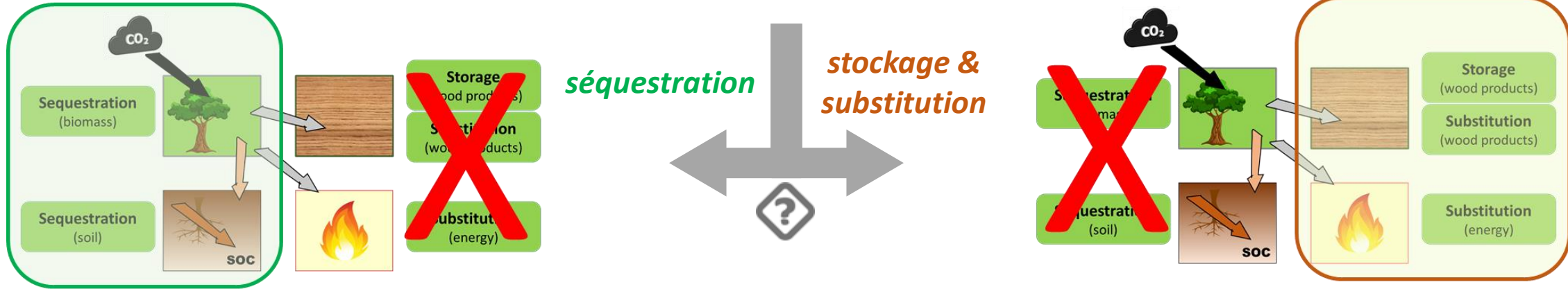
Les simulations à dispositions sont des projections, construites sur des hypothèses de travail dont certaines sont discutables : deux études peuvent donner deux réponses différentes.



- ➔ **Pas de réponse unique** car les simulations sont extrêmement sensibles aux multiples hypothèses, variables, et paramètres nécessaires
- ➔ Probablement **différentes réponses pour différents contextes**, en fonction du climat, des sols, de l'économie régionale, ...

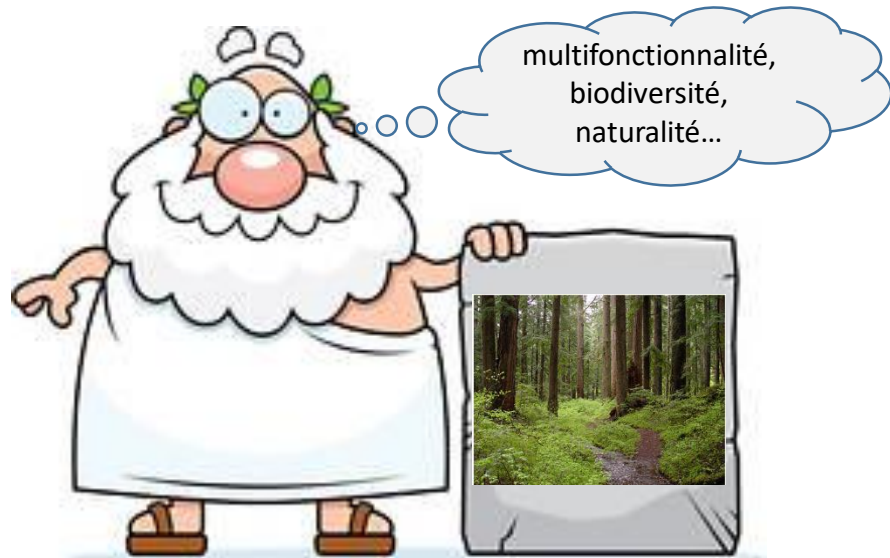


Les difficultés des projections favorisent la confusion entre les simulations scientifiques et les convictions :



École de pensée "Old-growth forests"

École de pensée "Intensive plantation forestry"



versus



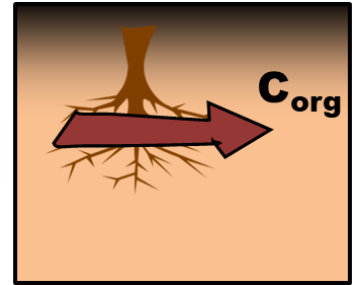
L'état du débat sur le carbone en forêt :

*Scientifiques, experts, professionnels, citoyens, ...,
tout le monde à son idée mais c'est rarement la même !*

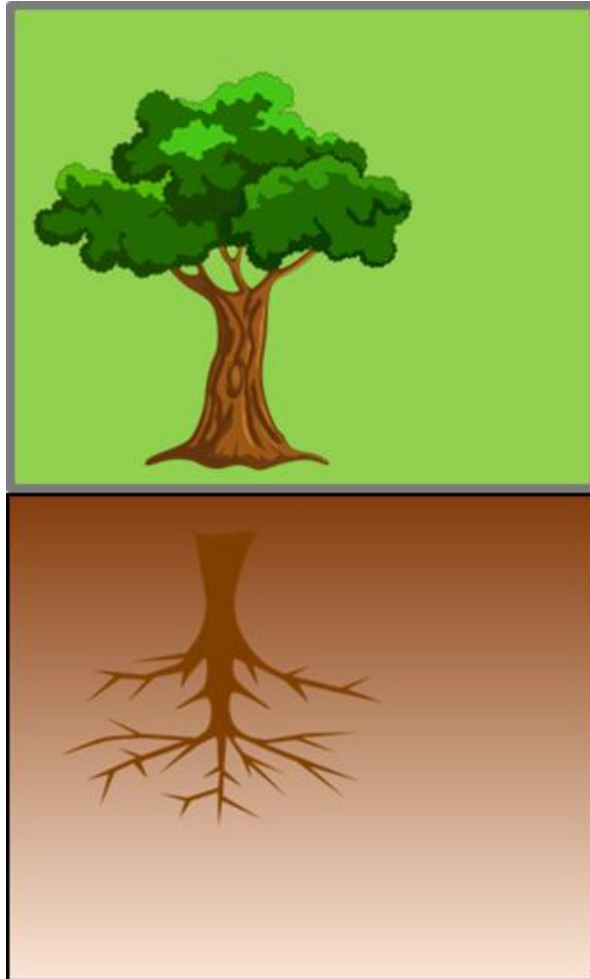




Faut-il ne rien recommander au motif que l'on ne peut pas tout modéliser avec certitude ? :
l'exemple de la **séquestration dans les sols**



Séquestration
(sol)

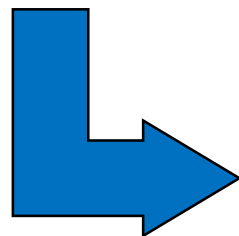
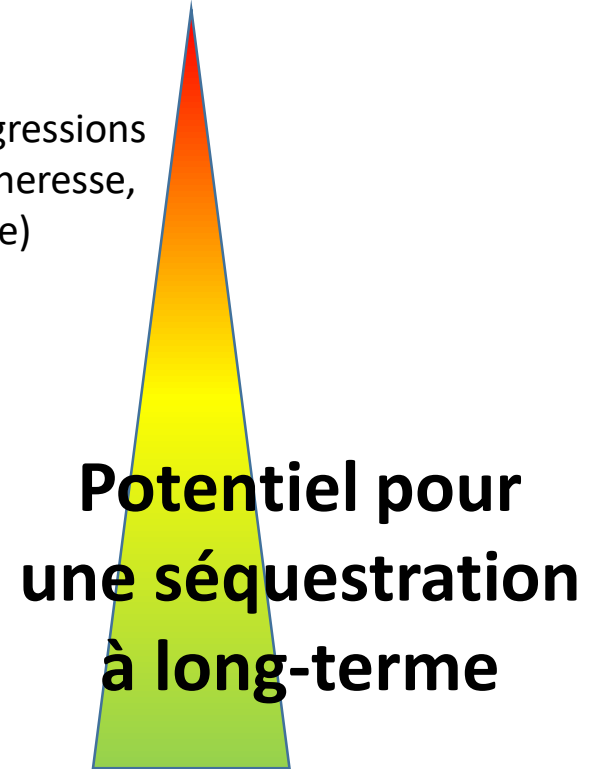
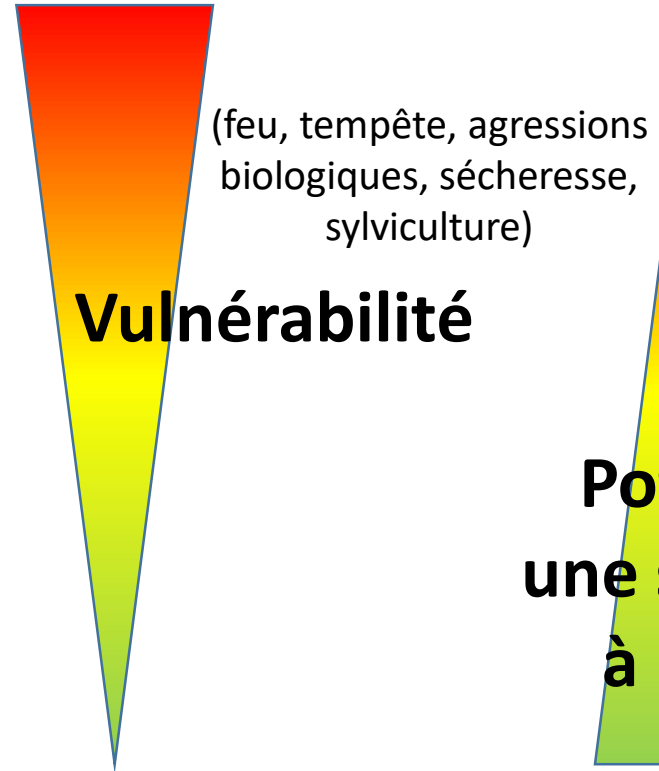


Biomasse
aérienne

Débris ligneux

Litière

C organique du sol
(COS)



Focus sur la séquestration de C dans les sols

Synthèse

Les outils du gestionnaire

- éclaircie (bois-fort)

neutre  intensité de la coupe

- coupe rase (bois-fort)

- sans perturbation du sol
- avec perturbation du sol

neutre  taille du réservoir initial de C



Sequestration
(soil)

- densité des peuplements

 ----- besoin de recherches 

- récolte intensive (arbre-entier)

  climat besoin de recherches 

- rotation longue

  historique besoin de recherches 

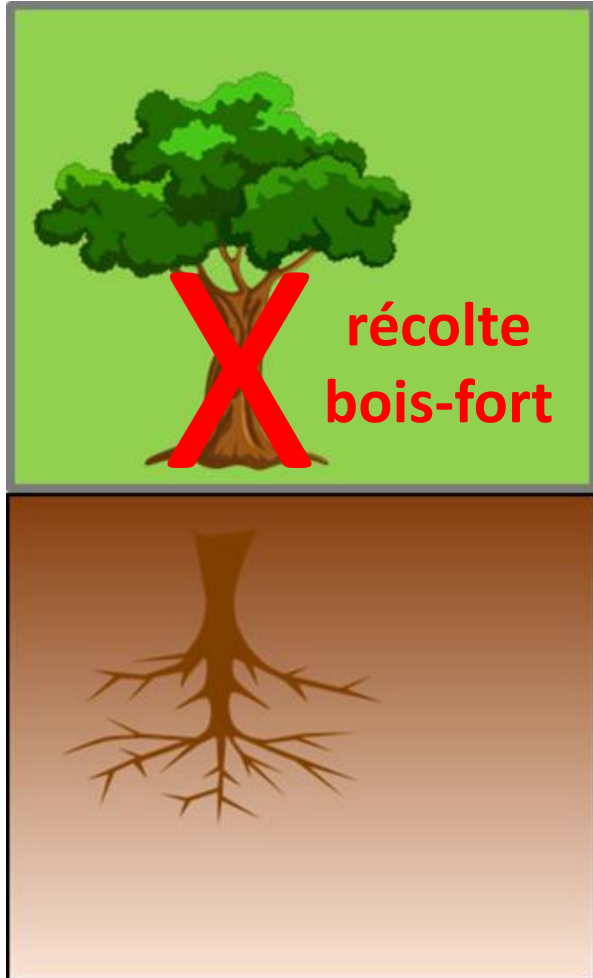
- composition spécifique

- identité
- diversité

 } ----- besoin de recherches 




Coupe rase (tronc *bois-fort*) : corpus large et globalement cohérent



⌘ Pertes notables de C

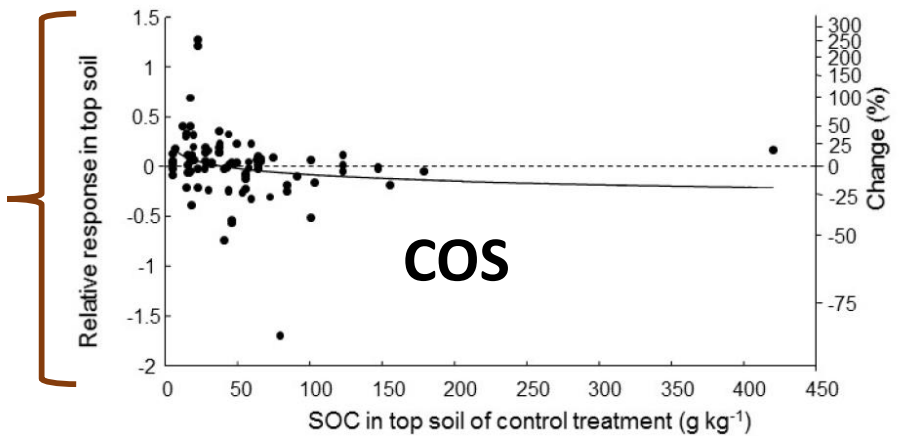
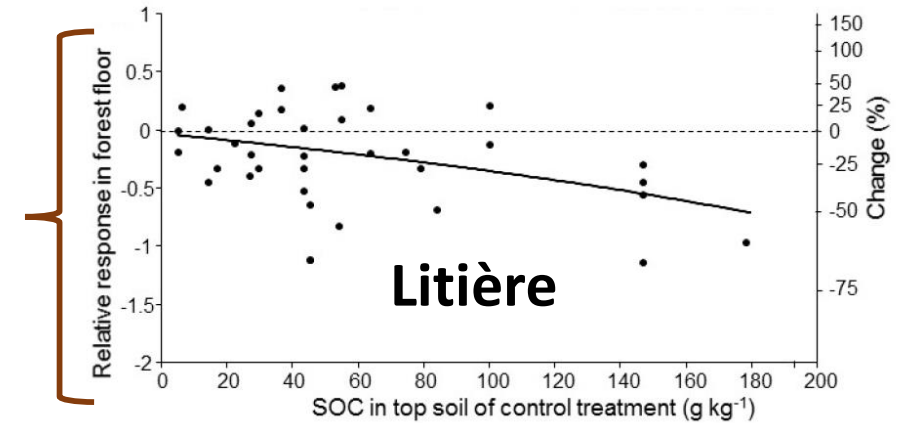
⌘  C initial

Litière

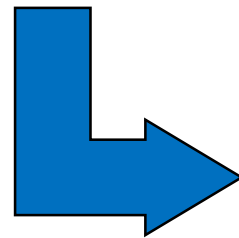
C organique du sol
(COS)

⌘ Pertes non-systématiques

⌘  C initial



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



➤ **Le risque de perte de C augmente avec la taille initiale du réservoir de C.**

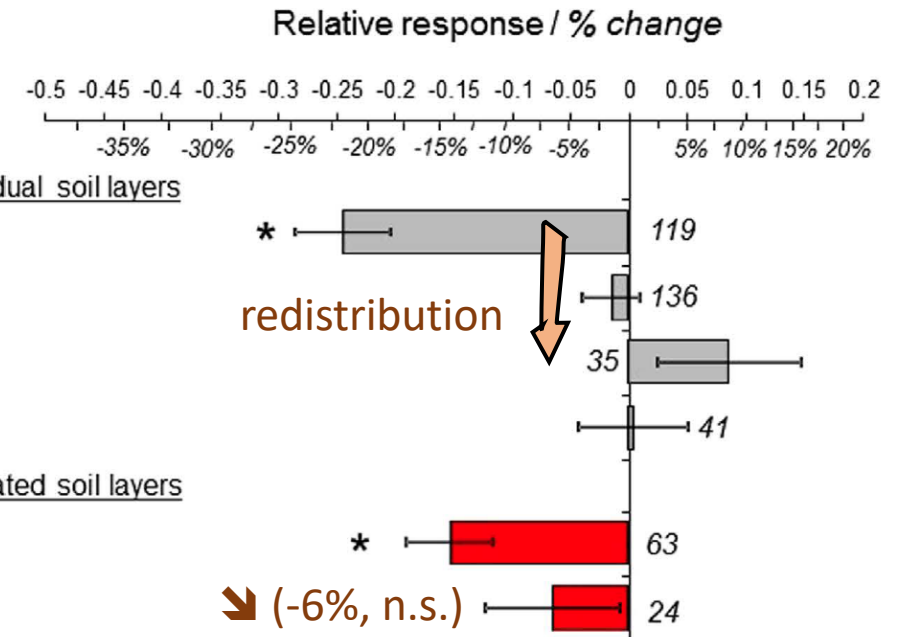
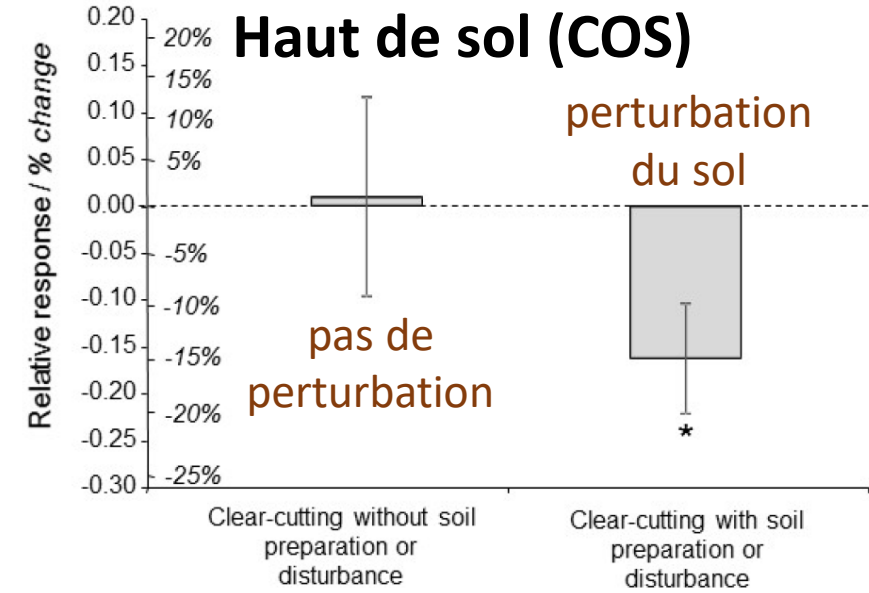
Coupe rase (tronc *bois-fort*): corpus large et globalement cohérent

Haut du sol : pertes principalement dues à des perturbations :

- ***slash-and-burn*** [Dean et al. (2017) - Glob. Change Biol.]
- **préparation du sol** [Achat et al. (2015) - Sci. Reports; Johnson (1992) - Water Air Soil Pollution]

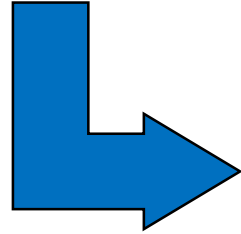
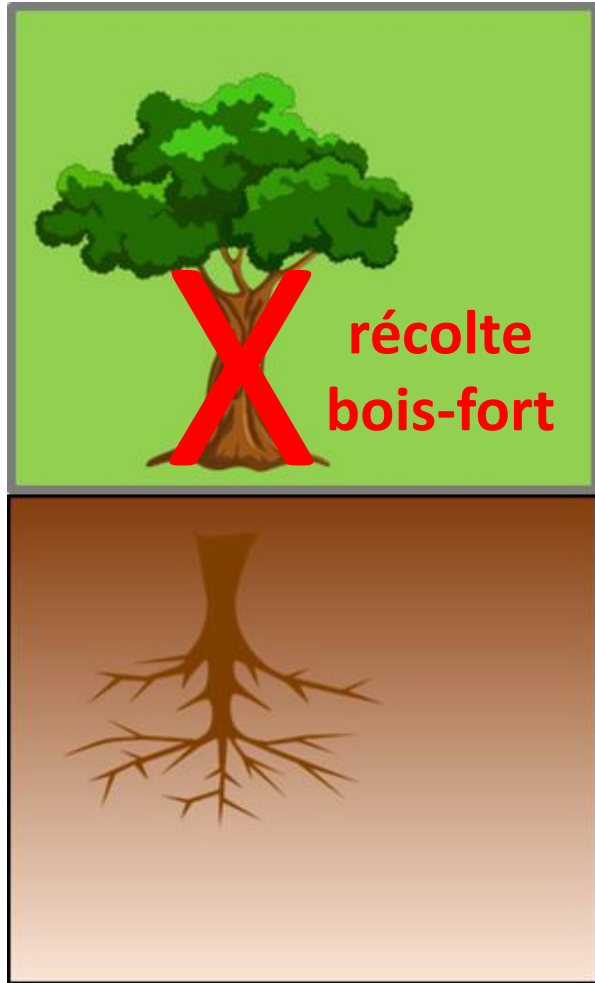
A l'échelle du profil de sol :

- **redistribution verticale**
- **pertes de C variables selon les sites** (probablement un manque de puissance statistique de l'état actuel des connaissances) [Achat et al. (2015) - Sci. Reports]



Coupe rase (tronc *bois-fort*): corpus large et globalement cohérent

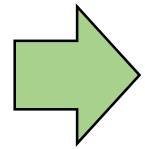
[Achat et al. (2015) - Sci. Reports; Berg et al. (2009) - Can. J. For. Res.; Busse et al. (2009) - Soil Biol. Biochem. ; Hoover (2011) - Carbon Balance Manage.; Jandl et al. (2007) - Geoderma; Johnson (1992) - WASP; Johnson & Curtis (2011) - For. Ecol. Manage.; Nave et al. (2010) - For. Ecol. Manage.; Noormets et al. (2015) - For. Ecol. Manage.]



- Les coupes rases exportant uniquement les troncs de bois-fort **n'affectent généralement pas la C séquestration de C, à condition de ne pas perturber les sols.**
- **Le risque de perte de C augmente avec la taille initiale du réservoir de C.**

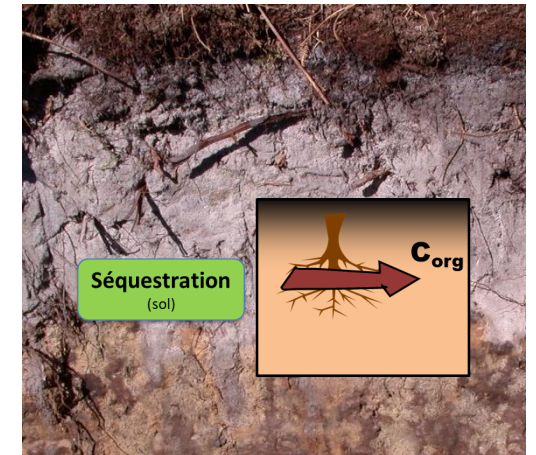
Question: “*Comment optimiser la contribution des forêts à l’atténuation : maximiser la séquestration dans l’écosystème ou maximiser le stockage dans les matériaux et de substitution de C fossile?*” ⇔ Le dilemme des 3-S

Conclusions le carbone des sols :



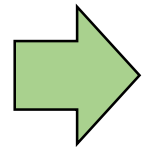
Le **sol** = un compartiment relativement **peu vulnérable** de l’écosystème mais **pas insensible** aux perturbations

- Prendre en compte : **climat**
type de sol
historique de la forêt
économie régionale forêt-bois
- Utiliser le **C du sol** comme un indicateur de gestion
(sols riches = sols plus sensibles aux pertes)

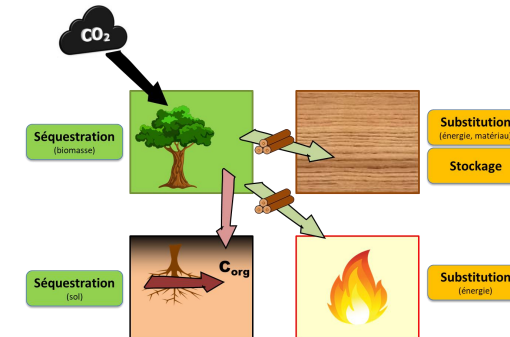


Question: “*Comment optimiser la contribution des forêts à l’atténuation : maximiser la séquestration dans l’écosystème ou maximiser le stockage dans les matériaux et de substitution de C fossile?*” ⇔ Le dilemme des 3-S

Conclusions 3S :

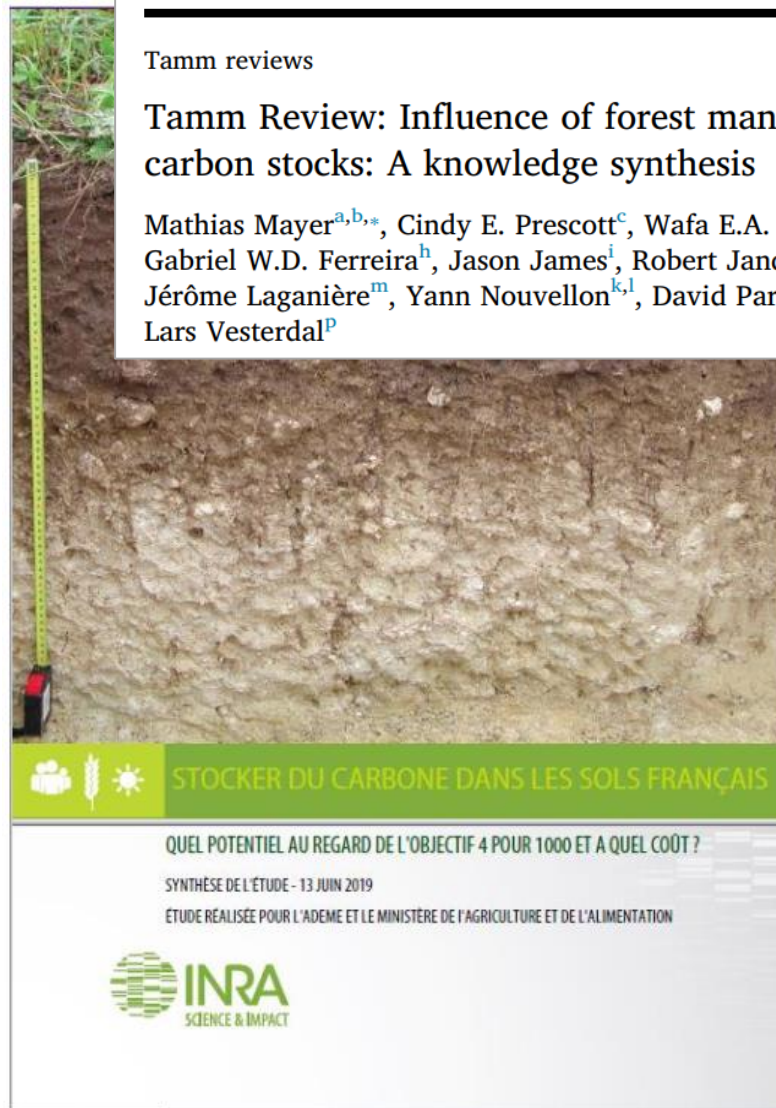


Différentes réponses pour différents contextes, en fonction du climat, des sols, de l’économie régionale, ...



- Des forêts françaises variées → **stratégies variables**
- Ne pas oublier les autres **fonctions** des forêts (biodiversité, cycle de l’eau, activités récréatives...)

Pour aller plus loin :



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Forest Ecology and Management

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



Tamm reviews

Tamm Review: Influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: A knowledge synthesis

Mathias Mayer^{a,b,*}, Cindy E. Prescott^c, Wafa E.A. Abaker^d, Laurent Augusto^e, Lauric Cécillon^{f,g}, Gabriel W.D. Ferreira^h, Jason Jamesⁱ, Robert Jandl^j, Klaus Katzensteiner^a, Jean-Paul Laclau^{k,l}, Jérôme Laganière^m, Yann Nouvellon^{k,l}, David Paré^m, John A. Stanturfⁿ, Elena I. Vanguelova^o, Lars Vesterdal^p



à venir (2021) :
Synthèse scientifique
internationale

