



**HAL**  
open science

## Identifier les stratégies qui optimisent le puits de carbone des forêts : “ l’équation impossible ? ”

Laurent Augusto

### ► To cite this version:

Laurent Augusto. Identifier les stratégies qui optimisent le puits de carbone des forêts : “ l’équation impossible ? ”. 2020. hal-03194682

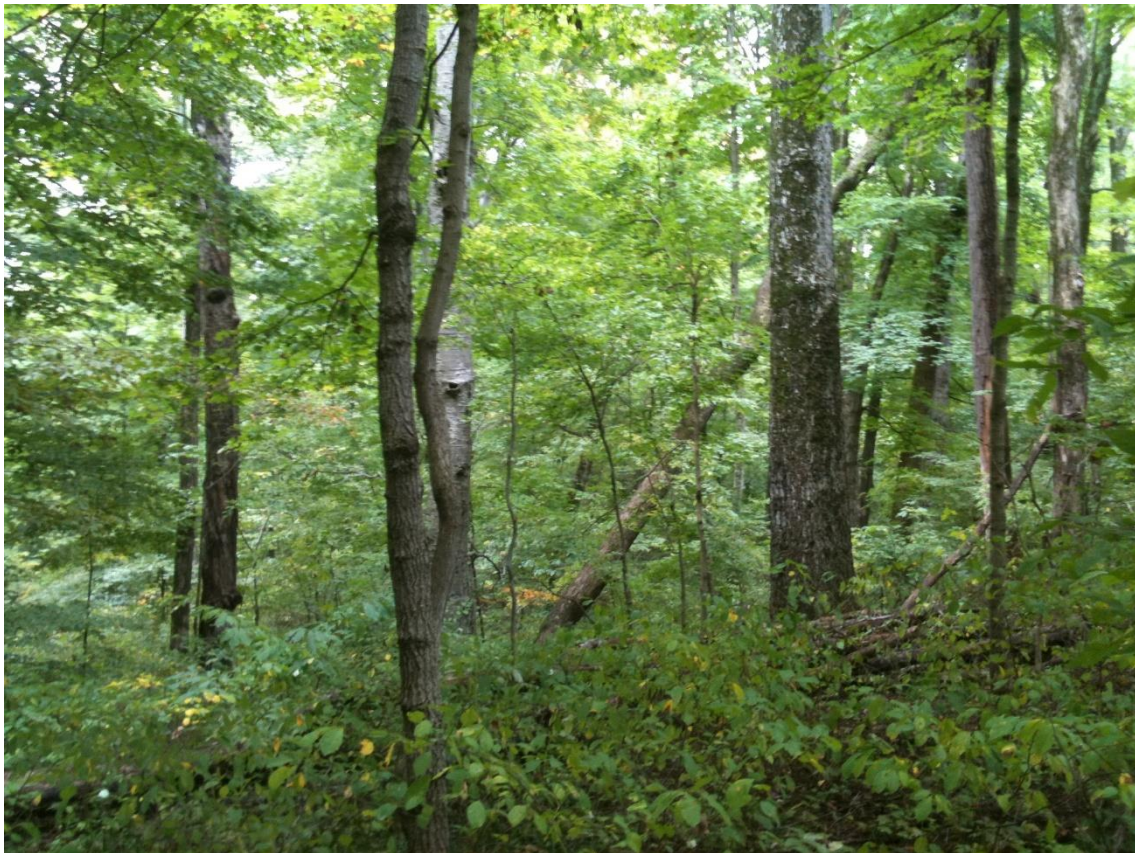
**HAL Id: hal-03194682**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03194682>**

Submitted on 9 Apr 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Laurent Augusto

**INRAE**<sup>(\*)</sup>

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



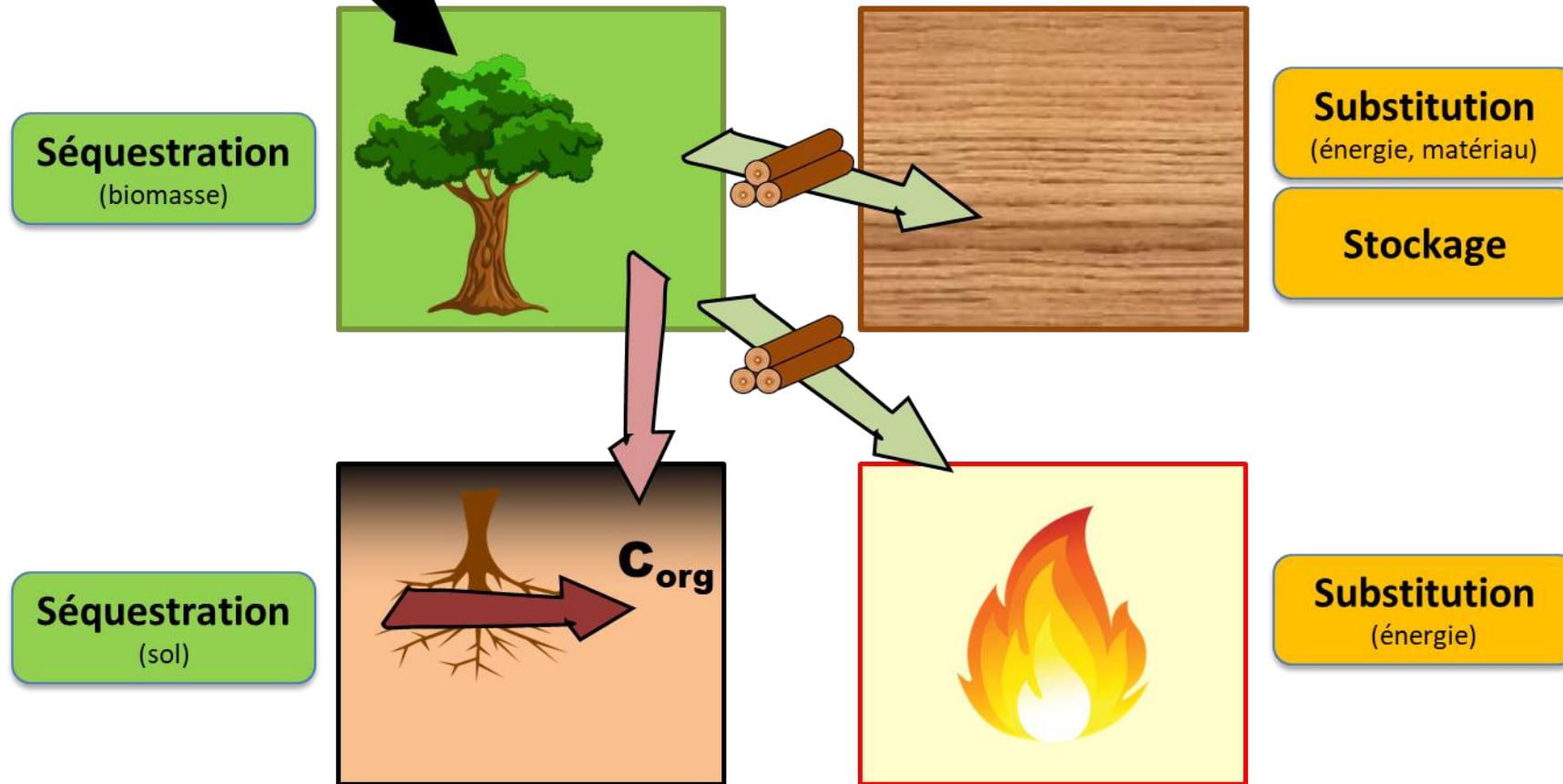
## Deux leviers complémentaires :

- **Réduire les émissions** de Gaz à Effet de Serre (GES)
- **Préserver et accroître le puits de  $\text{CO}_2$**  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  $CO_2$  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. Achat<sup>1</sup>, Mathieu Fortin<sup>2,3</sup>, Guy Landmann<sup>4</sup>, Bruno Ringeval<sup>1</sup> & Laurent Augusto<sup>1</sup>



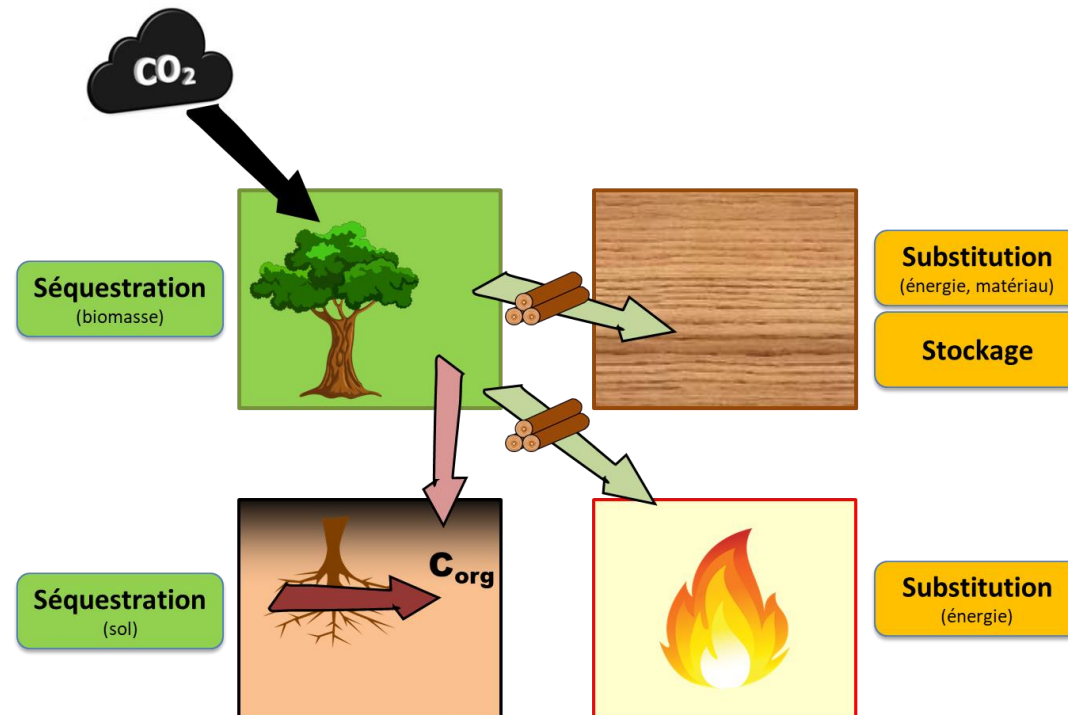
# Comment identifier les stratégies qui optimisent le rôle atténuateur du changement climatique des forêts ?



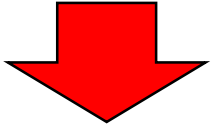
- Cette identification requière de **coupler des modèles de nature extrêmement différente**
- Certains **processus sont encore mal connus** et donc difficiles à simuler à long terme
- L'éventail des **scénarios climatiques** est vaste
- Difficulté à prendre en compte dans les simulations des **événements 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 CO<sub>2</sub> 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*)


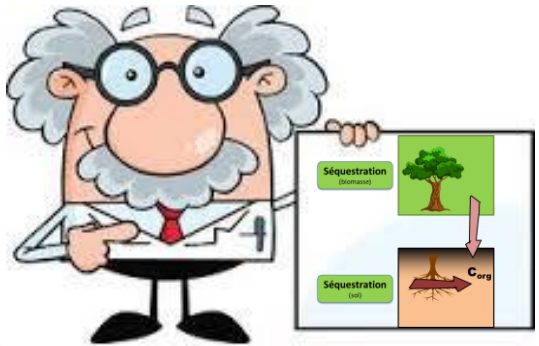



En l'état actuel des connaissances, il est impossible de simuler de manière indiscutable des bilans de carbone des forêts françaises sous différents scénarios





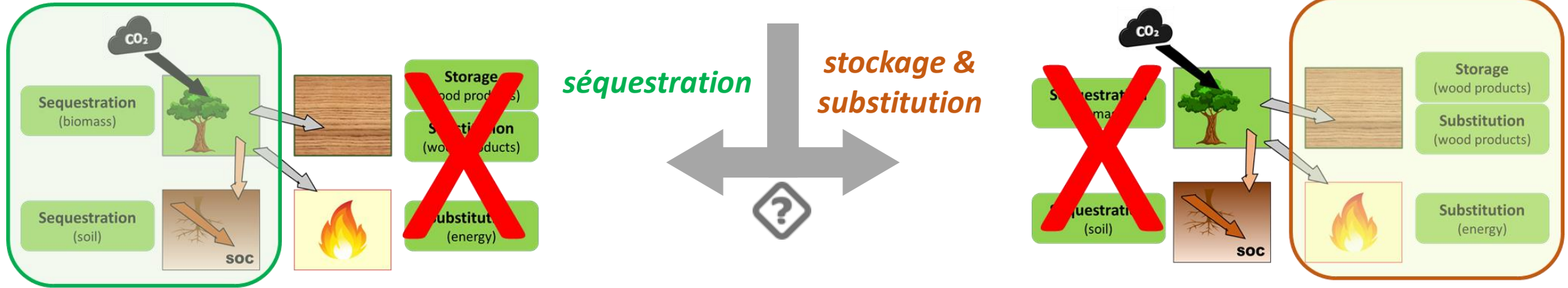
Les simulations à dispositions sont des projections, construites sur des hypothèses de travail dont certaines sont discutables : deux études peuvent donner deux réponses différentes.



- ➔ **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, ...

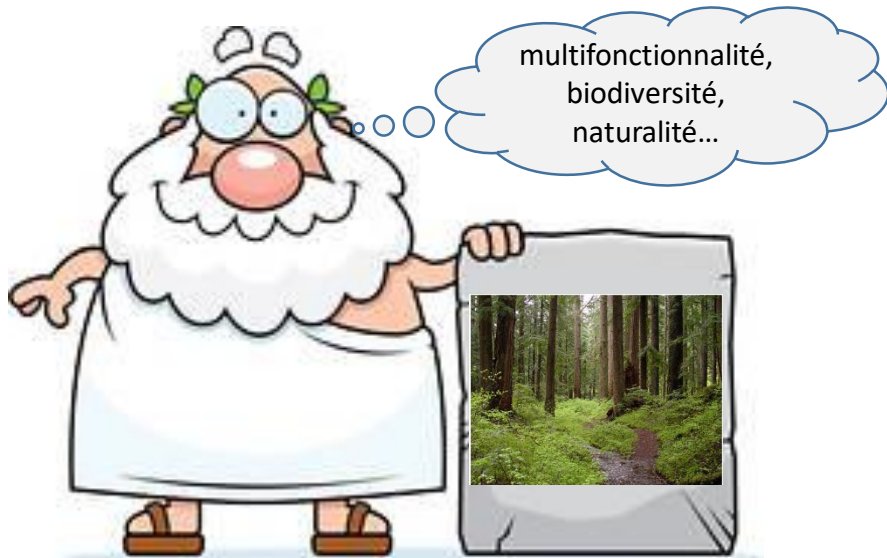


# Les difficultés des projections favorisent la confusion entre les simulations scientifiques et les convictions :



École de pensée "Old-growth forests"

École de pensée "Intensive plantation forestry"



versus



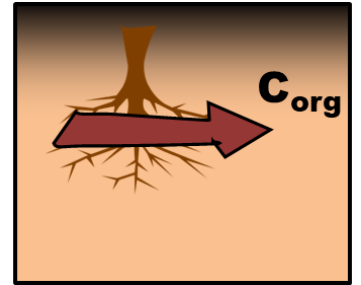
# *L'état du débat sur le carbone en forêt :*

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

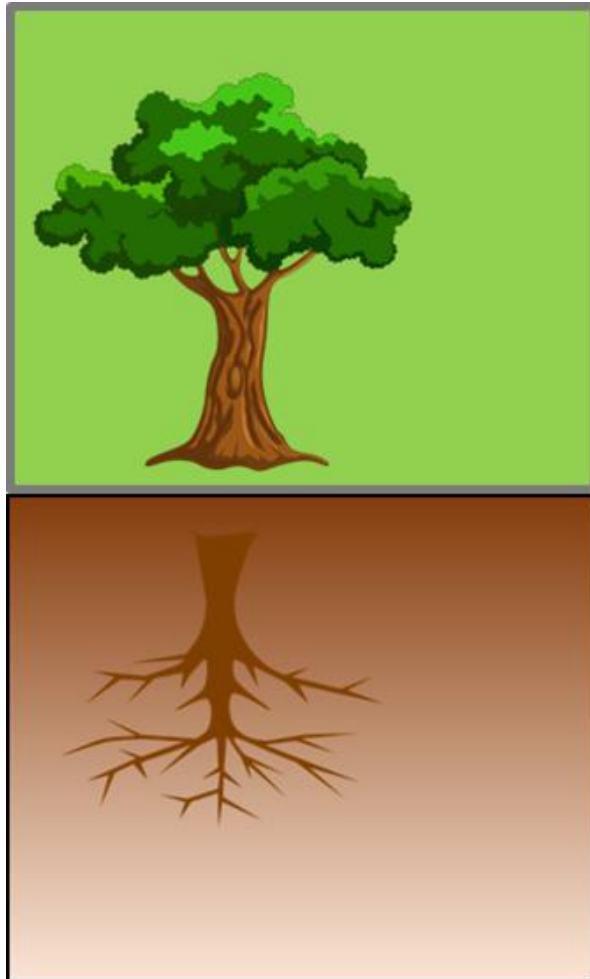




Faut-il ne rien recommander au motif que l'on ne peut pas tout modéliser avec certitude ? : l'exemple de la **séquestration dans les sols**



Séquestration (sol)

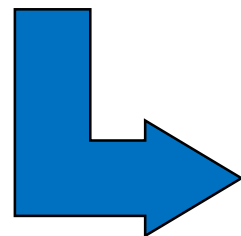
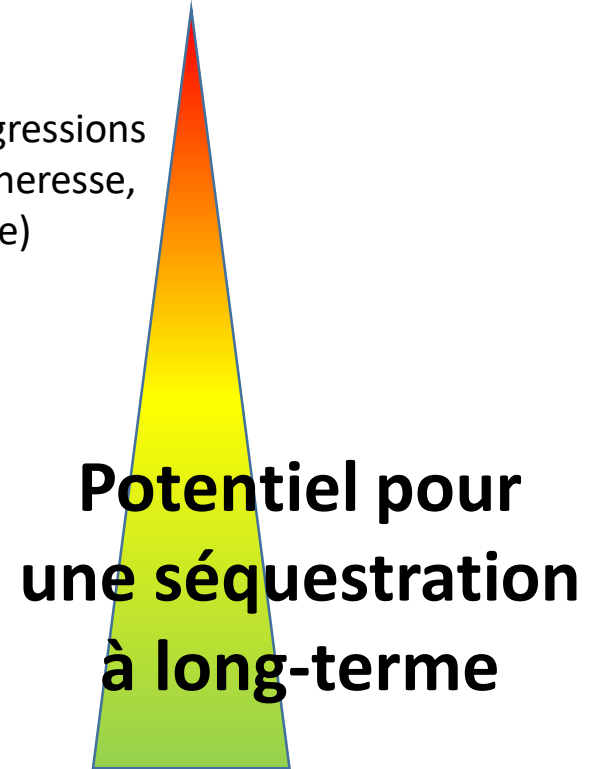
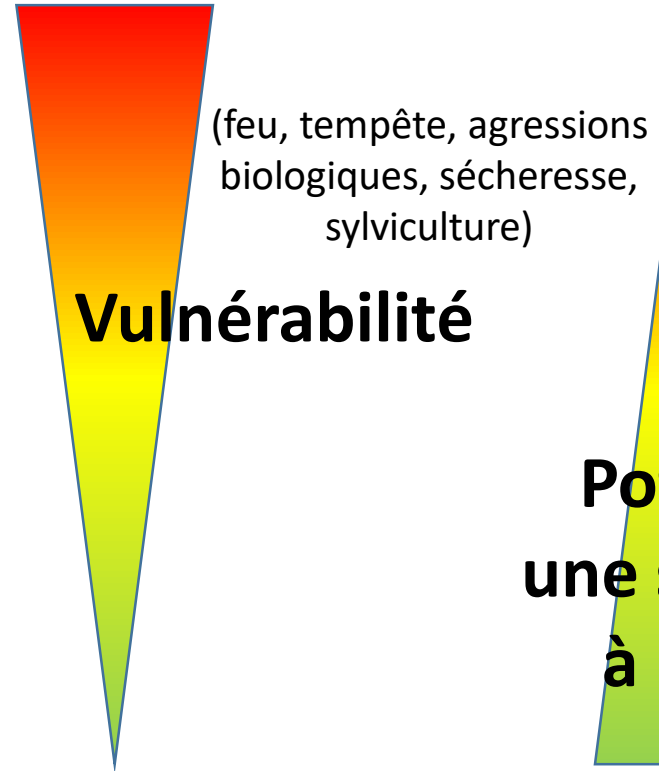


Biomasse aérienne

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

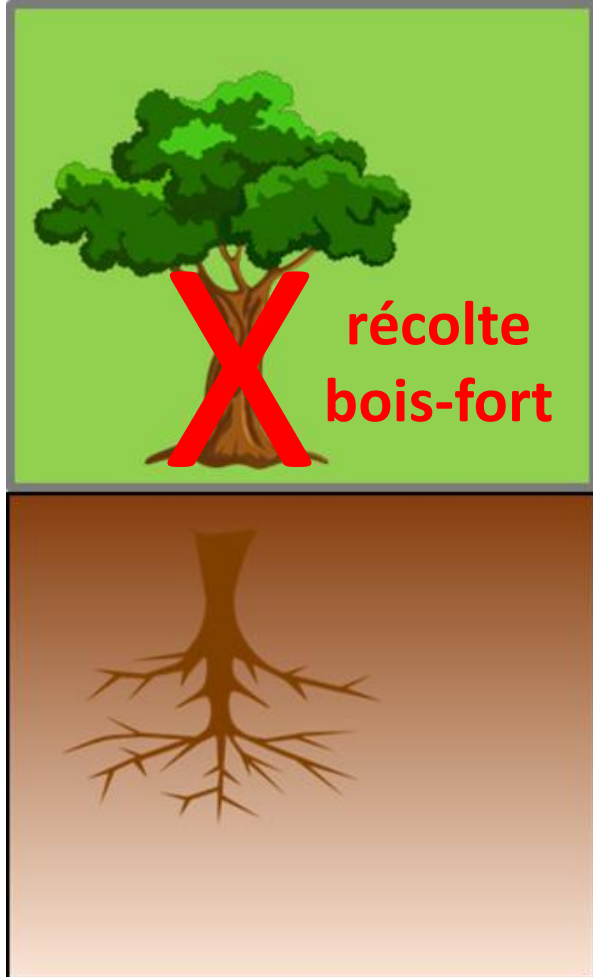
  historique besoin de recherches 

- composition spécifique

- identité .....
- diversité .....

 } ----- besoin de recherches 

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



⌘ Pertes notables de C

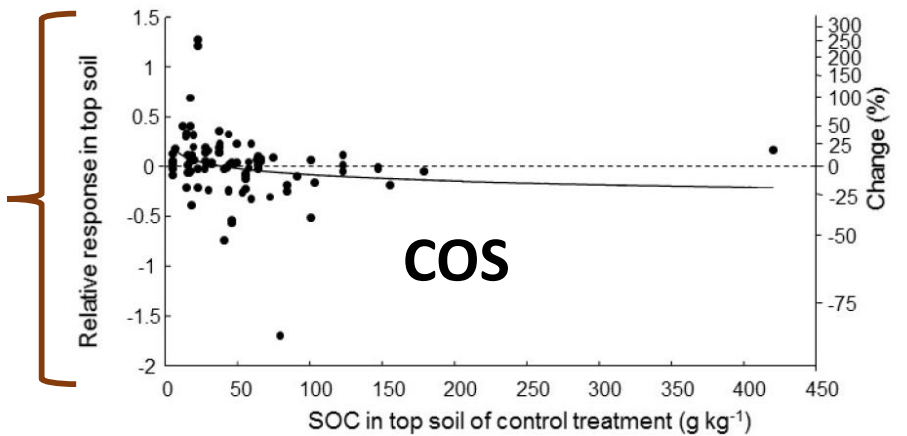
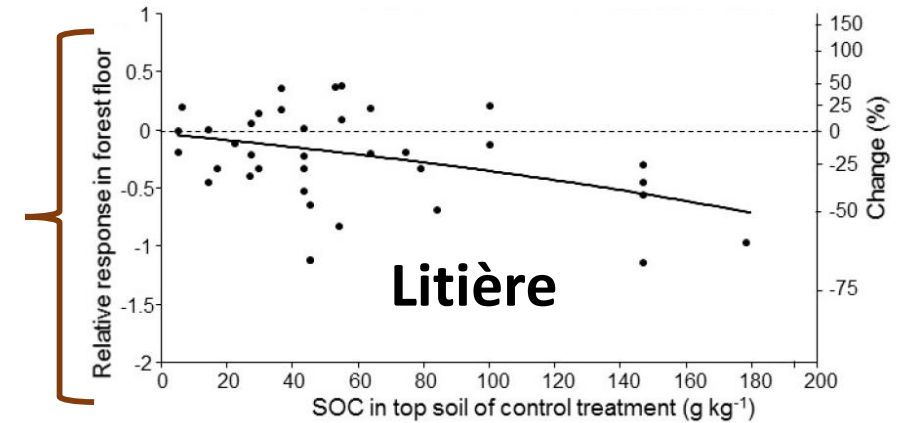
⌘  $\ominus$  C initial

Litière

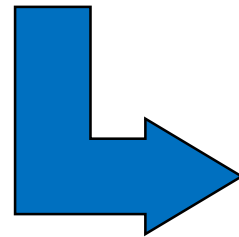
C organique du sol  
(COS)

⌘ Pertes non-systématiques

⌘  $\ominus$  C initial



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



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

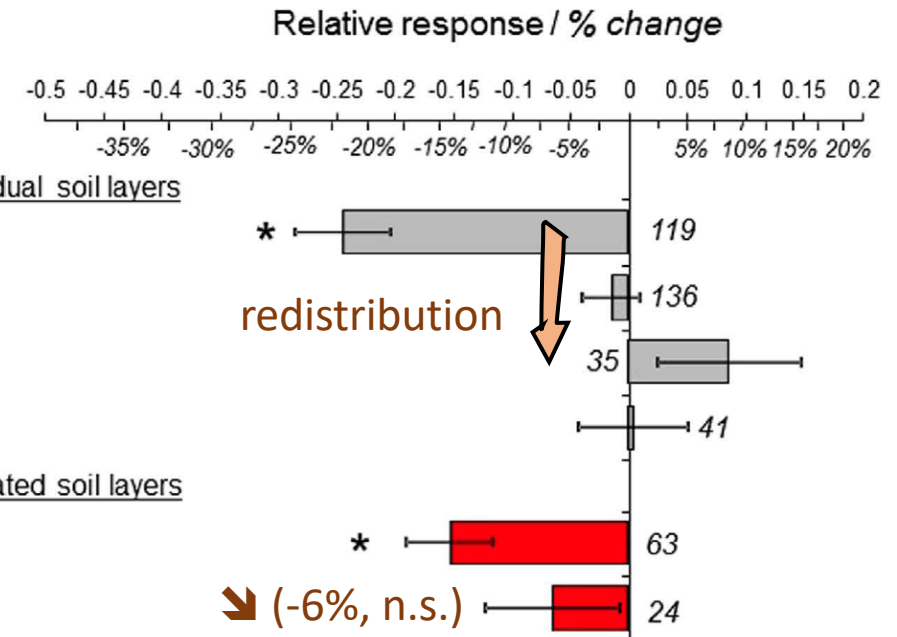
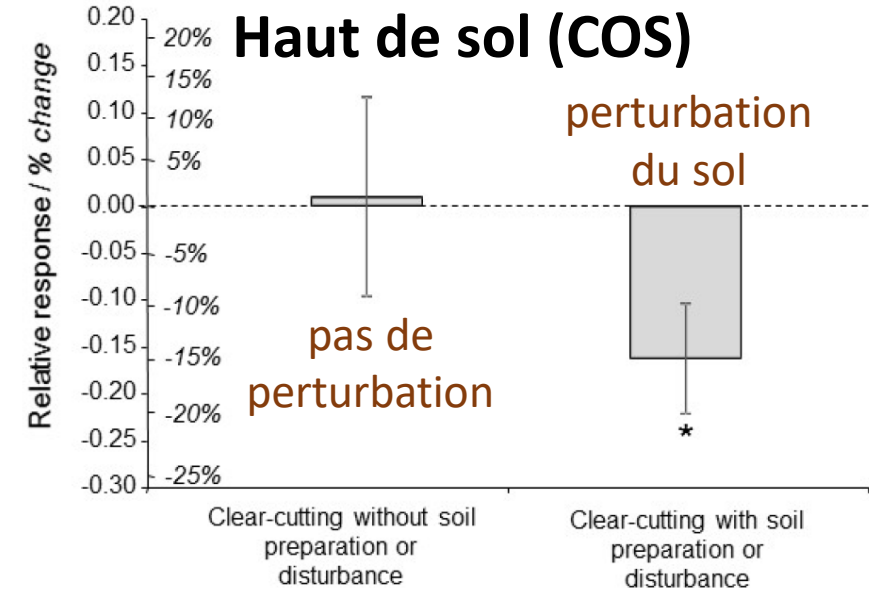
# # Coupe rase (tronc *bois-fort*): corpus large et globalement cohérent

**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]

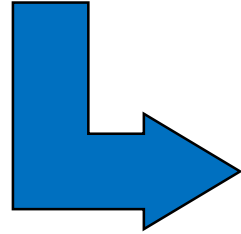
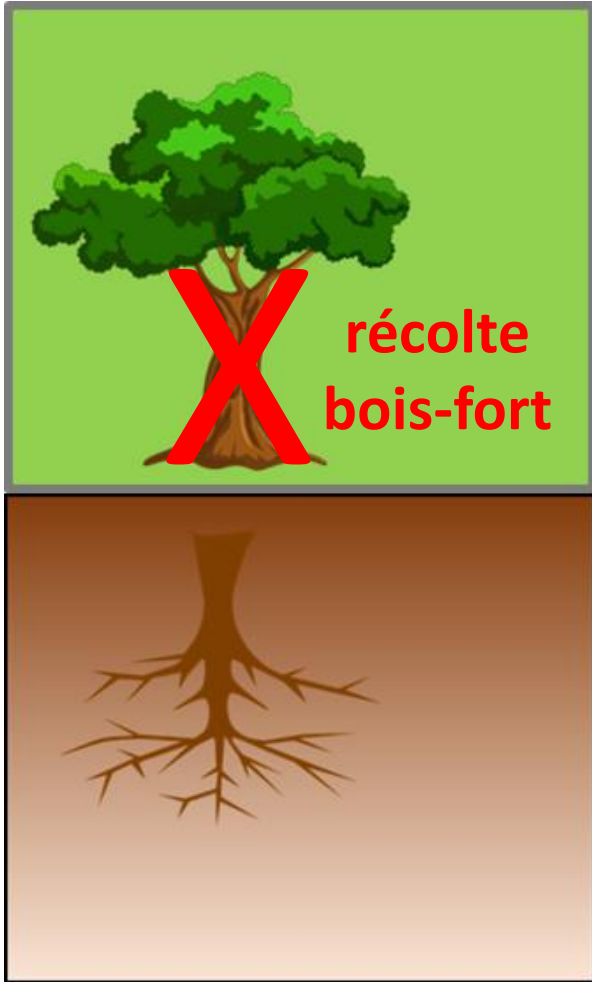
**A l'échelle du profil de sol :**

- **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.]

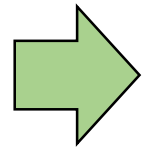


- Les coupes rases exportant uniquement les troncs de bois-fort **n'affectent généralement pas la C séquestration de C**, à condition de **ne pas perturber les sols**.
- Le **risque de perte de C augmente avec la taille initiale du réservoir de C**.



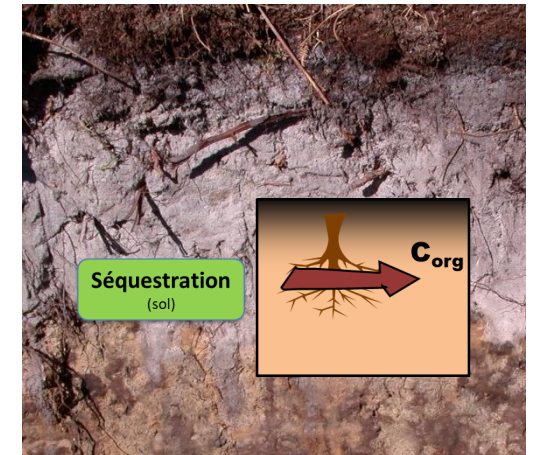
# Question: “*Comment optimiser la contribution des forêts à l’atténuation : maximiser la séquestration dans l’écosystème ou maximiser le stockage dans les matériaux et de substitution de C fossile?*” ⇔ Le dilemme des 3-S

Conclusions le carbone des sols :



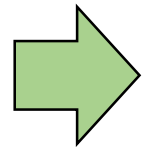
Le **sol** = un compartiment relativement **peu vulnérable** de l’écosystème mais **pas insensible** aux perturbations

- 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)

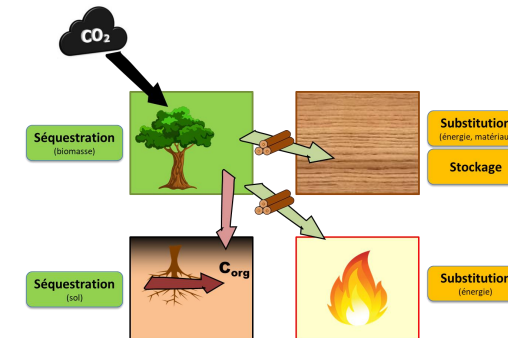


# Question: “*Comment optimiser la contribution des forêts à l’atténuation : maximiser la séquestration dans l’écosystème ou maximiser le stockage dans les matériaux et de substitution de C fossile?*” ⇔ Le dilemme des 3-S

## Conclusions 3S :

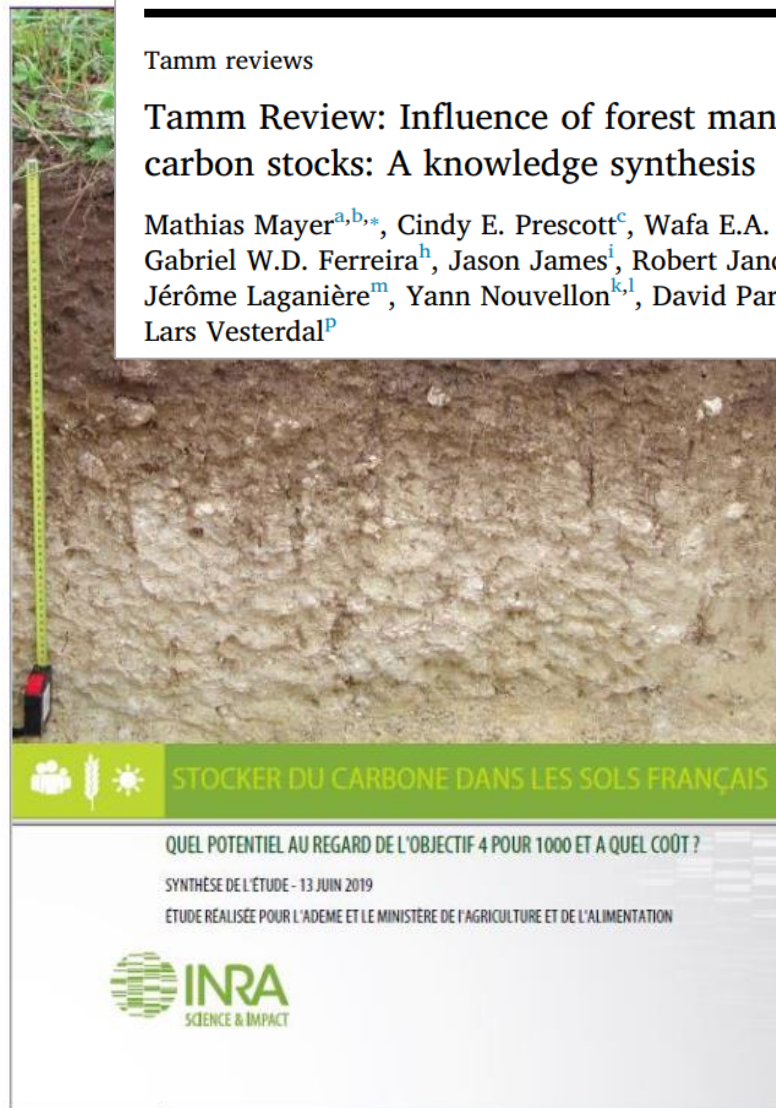


**Différentes réponses pour différents contextes**, en fonction du climat, des sols, de l’économie régionale, ...



- 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



### Tamm reviews

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

Mathias Mayer<sup>a,b,\*</sup>, Cindy E. Prescott<sup>c</sup>, Wafa E.A. Abaker<sup>d</sup>, Laurent Augusto<sup>e</sup>, Lauric Cécillon<sup>f,g</sup>, Gabriel W.D. Ferreira<sup>h</sup>, Jason James<sup>i</sup>, Robert Jandl<sup>j</sup>, Klaus Katzensteiner<sup>a</sup>, Jean-Paul Laclau<sup>k,l</sup>, Jérôme Laganière<sup>m</sup>, Yann Nouvellon<sup>k,l</sup>, David Paré<sup>m</sup>, John A. Stanturf<sup>n</sup>, Elena I. Vanguelova<sup>o</sup>, Lars Vesterdal<sup>p</sup>



à venir (2021) :  
Synthèse scientifique  
internationale

