



HAL
open science

Le rôle des forêts dans la lutte contre le dérèglement climatique

Denis Loustau

► **To cite this version:**

Denis Loustau. Le rôle des forêts dans la lutte contre le dérèglement climatique. Doctorat. France. 2019. hal-03777992

HAL Id: hal-03777992

<https://hal.science/hal-03777992>

Submitted on 15 Sep 2022

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.



Le rôle des forêts dans la lutte contre le dérèglement climatique

Denis Loustau,
INRA, UMR ISPA



1. Interaction forêts – climat

2. La forêt en France métropolitaine

3. Analyses de cas

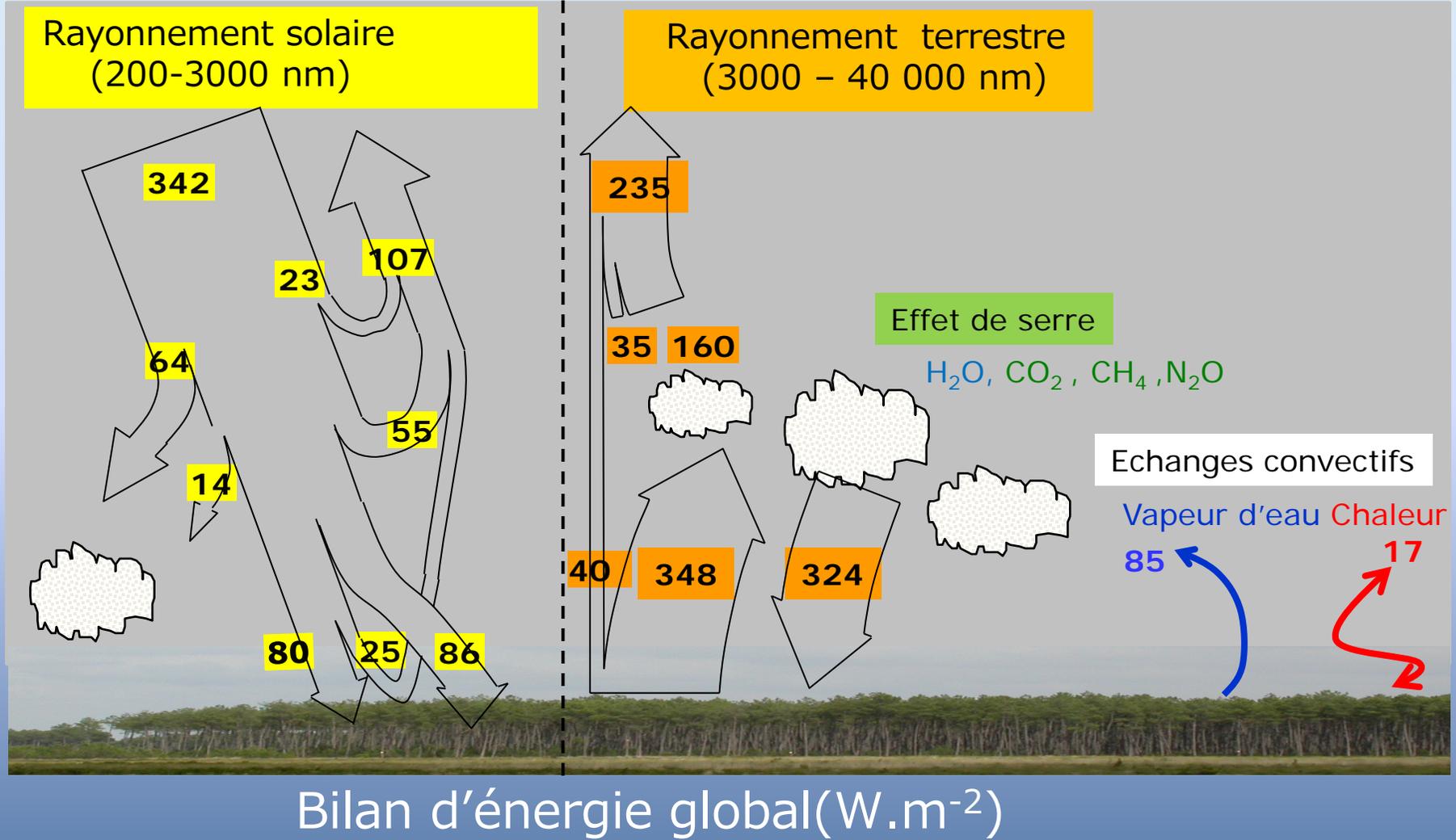
- Exploitation
- Région
- Le pays

4. Discussion. Adapter les forêts:
pourquoi, à quoi, comment ?

Les effets biophysiques des forêts



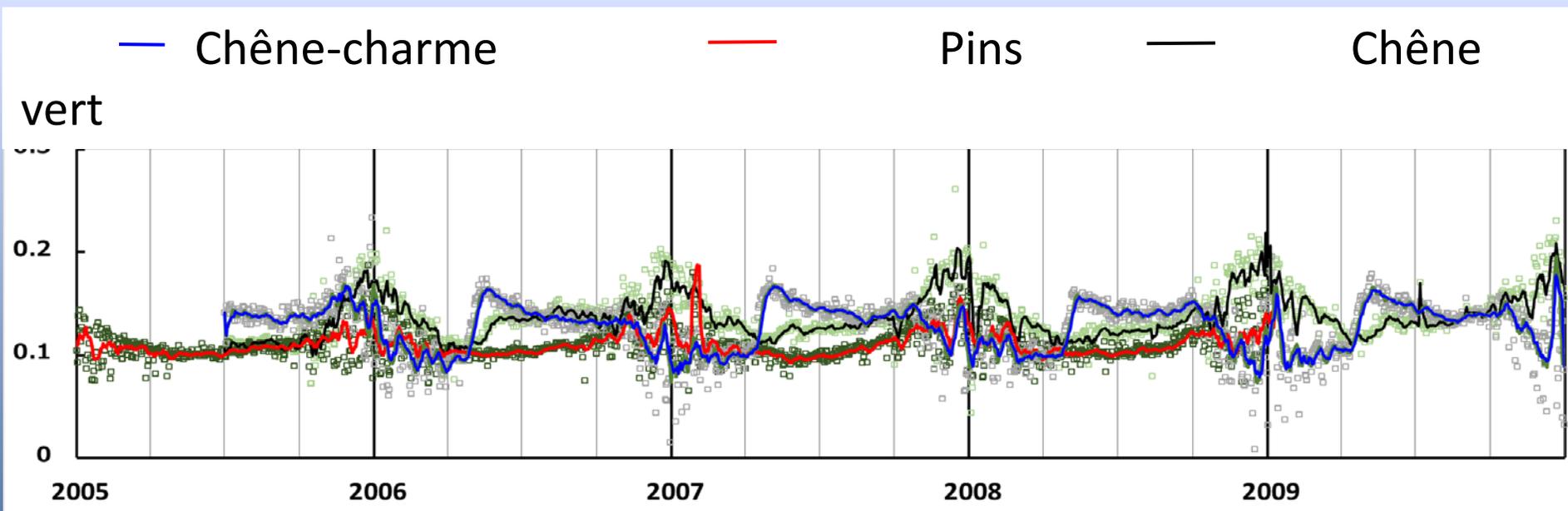
La température locale est contrôlée par le bilan d'énergie



Le bilan d'énergie est affecté par la sylviculture; Ex. albédo (projet CESEC)



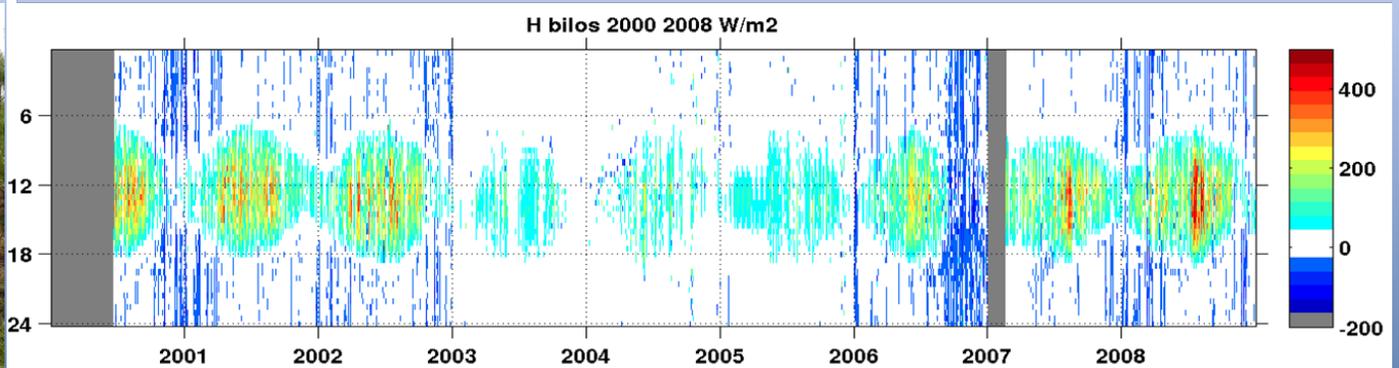
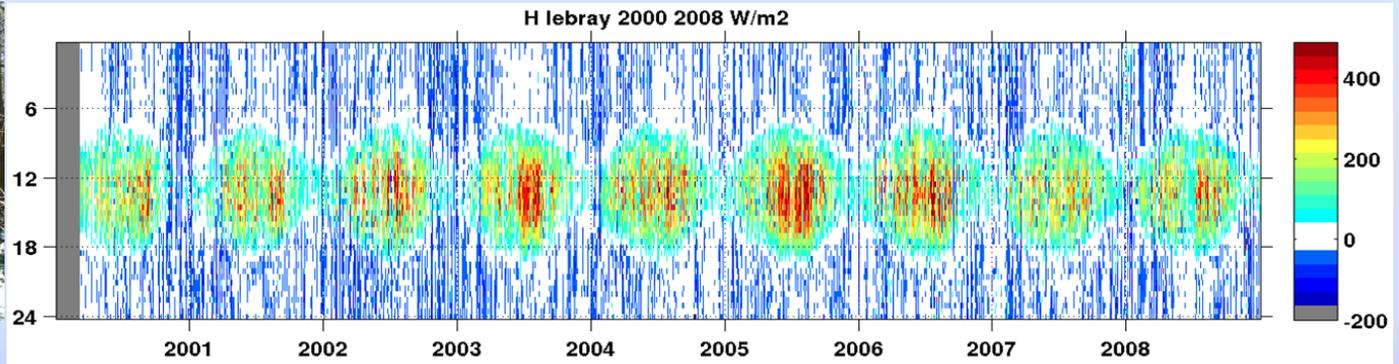
1. Interaction Forêts-Climat



✓ Le flux SW réfléchi varie de $\pm 50\%$ suivant l'essence.

Impacts sylvicoles sur le bilan d'énergie. Ex. effet l'âge sur les flux de chaleur

(Projet CESEC)



Une forêt jeune réchauffe moins qu'une forêt fermée.

Bilan des effets biophysiques des forêts

Biome Removed	$\Delta T_{\text{devegetated region}}$	$\Delta P_{\text{devegetated region}}$	albedo effects	ET effects
tropical forest	1.18°C	-1.34 mm day ⁻¹	moderate	strong
boreal forest	-2.75°C	-0.27 mm day ⁻¹	strong	weak
temperate forest	-1.07°C	-0.49 mm day ⁻¹	moderate	moderate
savanna	0.87°C	-1.10 mm day ⁻¹	moderate	strong
grassland / steppe	0.75°C	-0.41 mm day ⁻¹	moderate	moderate
shrubland / tundra	0.32°C	-0.35 mm day ⁻¹	moderate	moderate / weak

Foley et al. 2005, Science

Effets complexes variant selon :

1. la latitude: les forêts boréales réchauffent
2. l'aridité: les forêts arides réchauffent aussi
3. la sylviculture (âge, éclaircies, essences..)

Impact des forêts sur l'effet de serre atmosphérique



Les forêts atténuent 30% des émissions de CO₂ (moyenne 2005-2014)

33.0 ± 1.6 GtCO₂/yr 91%



Sources



3.4 ± 1.8 GtCO₂/yr 9%

16.0 ± 0.4 GtCO₂/yr
44%



Puits

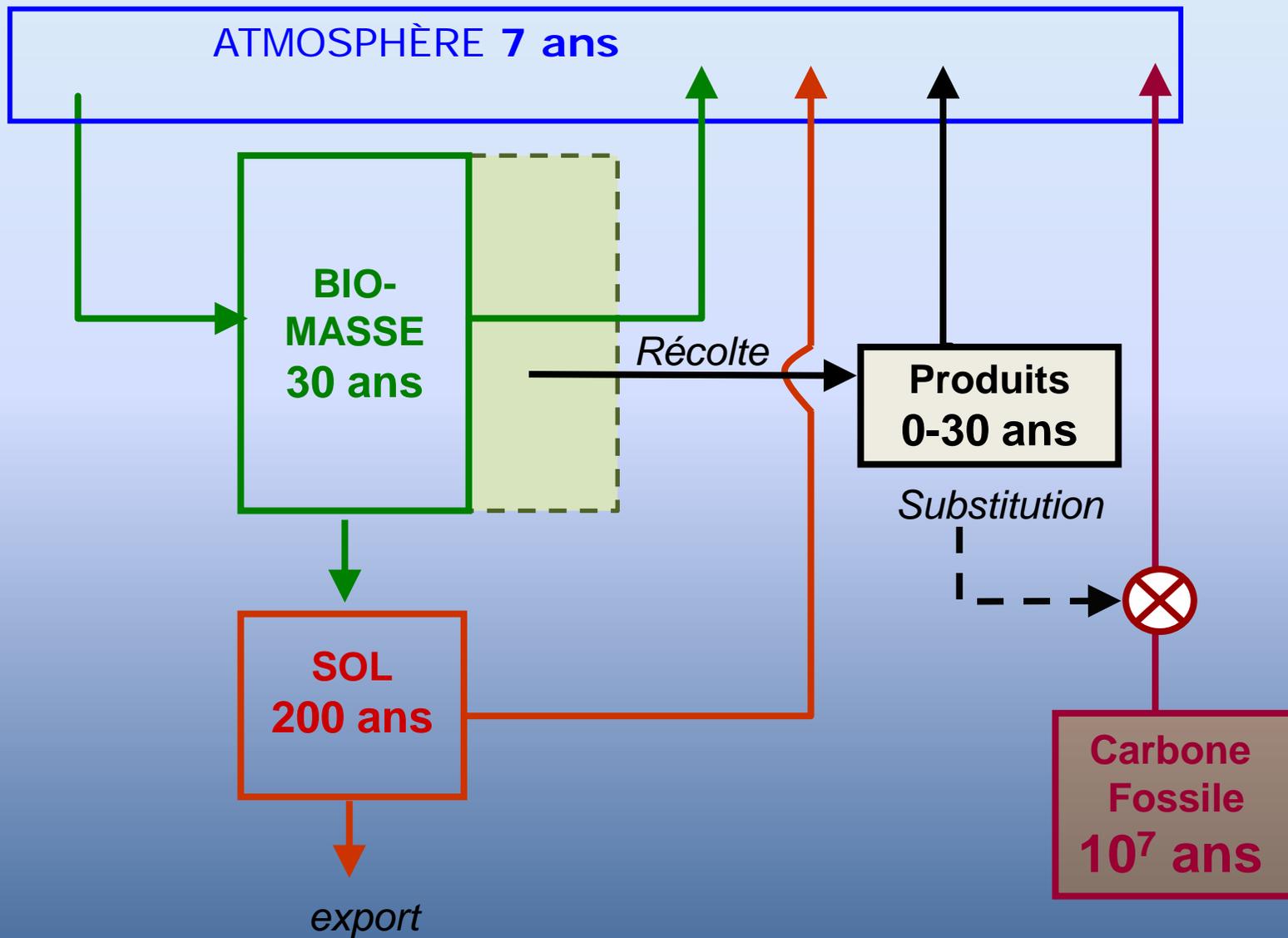
9.5 ± 2.9 GtCO₂/yr
30%
Calculated as the residual
of all other flux components



10.9 ± 1.8 GtCO₂/yr
26%

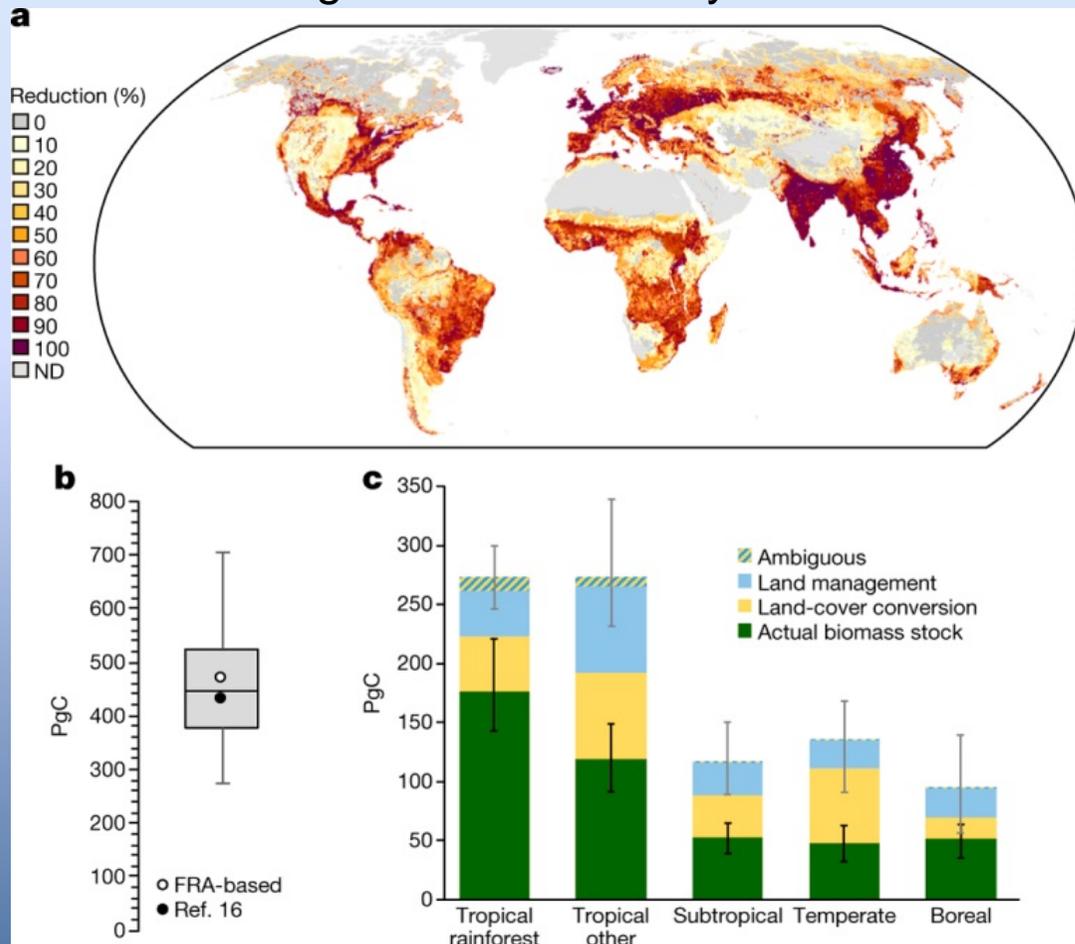


Cycle du carbone *in situ* en forêt



Impact direct des activités humaines sur les stocks de carbone

Differences in biomass stocks of potential and actual vegetation induced by land use



L'exploitation des écosystèmes continentaux a réduit de ~50% leur stock de C.

• La gestion forestière est responsable pour 45% de cette réduction.

• Les chgts d'utilisation des terres (déforestation) de 55%.

Séquestration et substitution

- La séquestration de carbone est un déplacement de la masse de carbone vers les compartiments à long temps de résidence:

atmosphère → *biomasse* → *sol*

La substitution est le remplacement d'une source d'énergie ou d'un matériau par du C forestier.

Acier → *bois*

Aluminium → *bois*

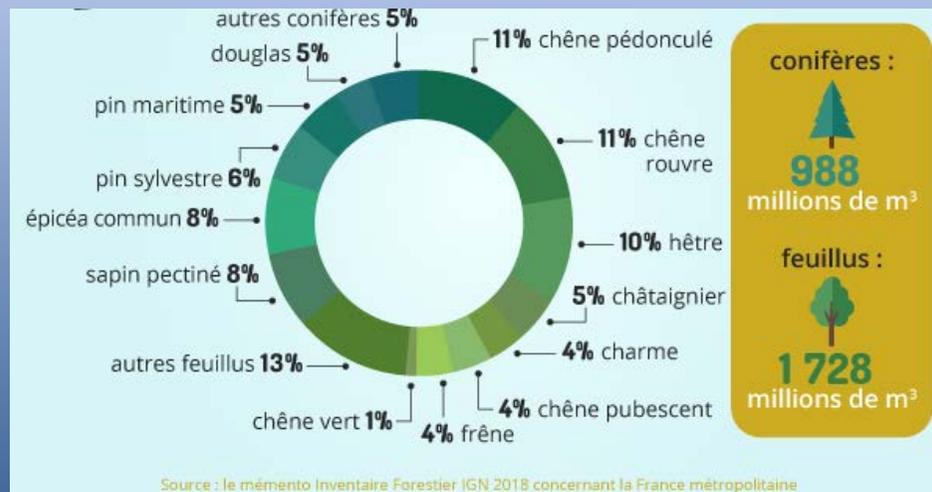
Charbon → *biomasse*

Méthane → *granulés*

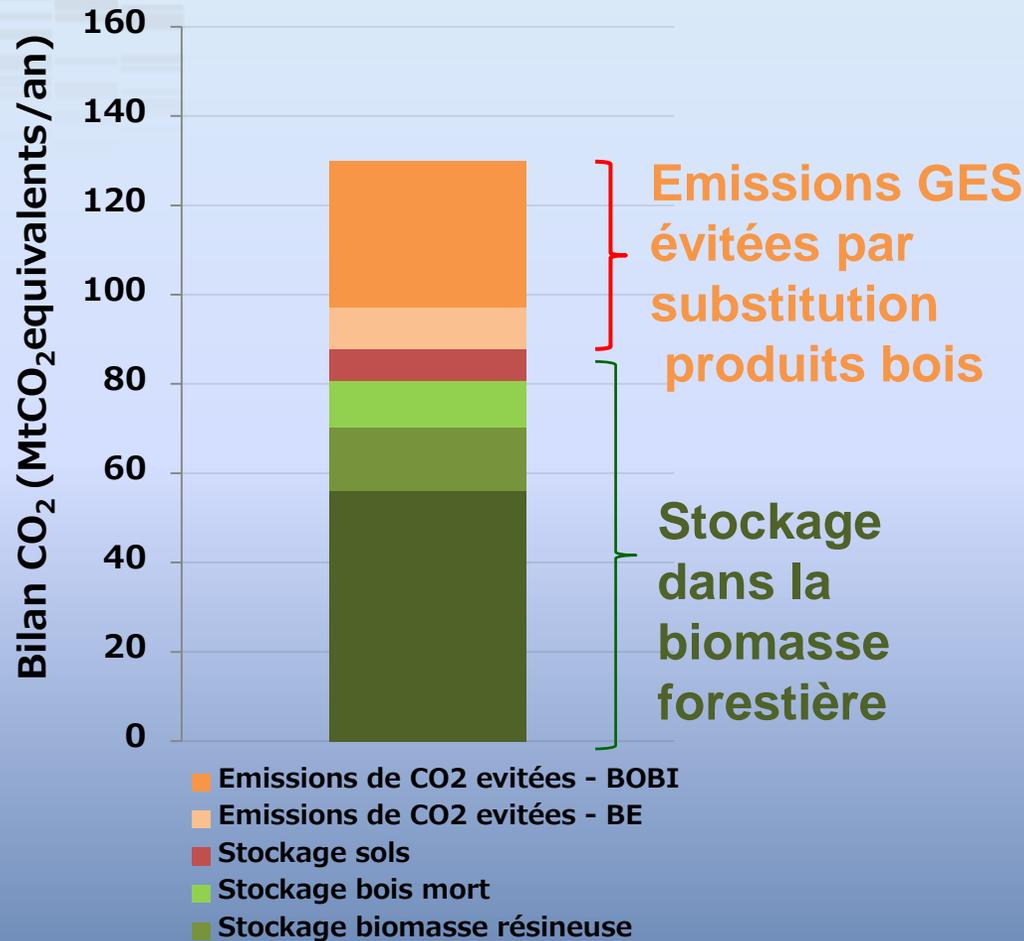
2. La forêt en France métropolitaine



- 16.9 Mha (31% territoire métropolitain)
- + 0.7% an⁻¹
- 75 % privée
- Publique: 1.5 Mha État (domaine), 2.7 Mha Communes
- 2.7 10⁹ m³ de bois sur pied:



Flux de CO₂ actuel de la filière forêt-bois



Soit : 12 - 15% des émissions nationales
: 1.3 % du puits continental global



3. Analyses de cas

Exploitation: une propriété des Landes,

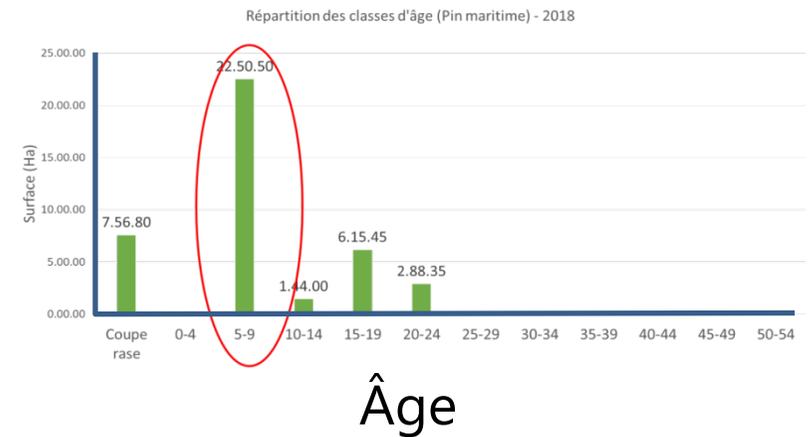
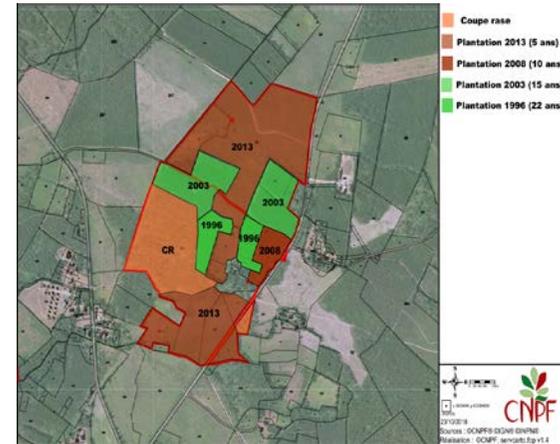
Région: scénariser la sylviculture des essences

Le pays: prospective nationale INRA- IGN

Les questions au niveau de l'exploitation

- *Comment s'assurer des revenus réguliers tout en continuant à produire du bois d'œuvre ?*
- *Comment prendre en compte le dérèglement climatique ?*
- *Comment gérer l'aléas sanitaire ?*

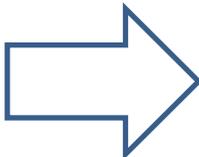
Exploitation privée de 43 ha en Pin maritime après tempête (Aquitaine) Adapté de Sylvain Bazas CPFA.



Situation actuelle

D'ici à 2050 :

- Une seule coupe rase en 2042
- Revenus 2020-42 limités aux éclaircies
- Capacités d'investissement limitées
- Vulnérabilité concentrée sur :
 - une seule classe d'âge (0-15 ans)
 - une essence (Pin maritime variétal)
- Réversibilité et versatilité faibles ($=0.02 \text{ an}^{-1}$)

 Résilience et adaptabilité minimales

Adapté de Sylvain Bazas CPFA.

Stratégie d'adaptation: rééquilibrer la structure d'âge

Etape 1. Zonage de la vulnérabilité

Bloc 1 = 4 ha 4680 = qualité, état sanitaire et risque « feu »

Bloc 2 = 6 ha 0100 = risque « vent » et qualité

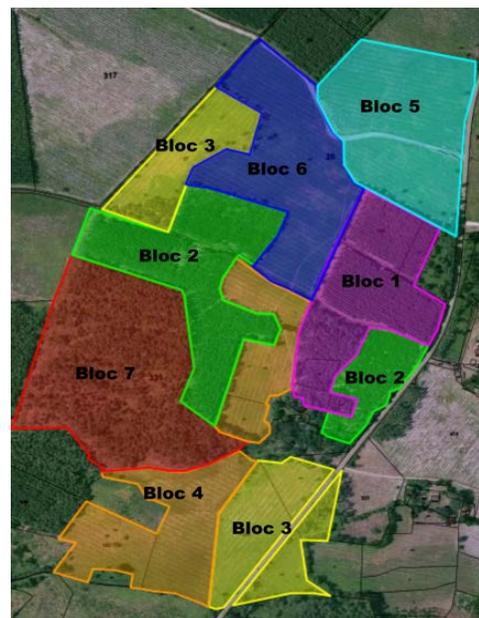
Bloc 3 = 5 ha 3560 = risque « feu » et « vent »

Bloc 4 = 6 ha 5870 = RAS

Bloc 5 = 5 ha 2200 = risque « feu »

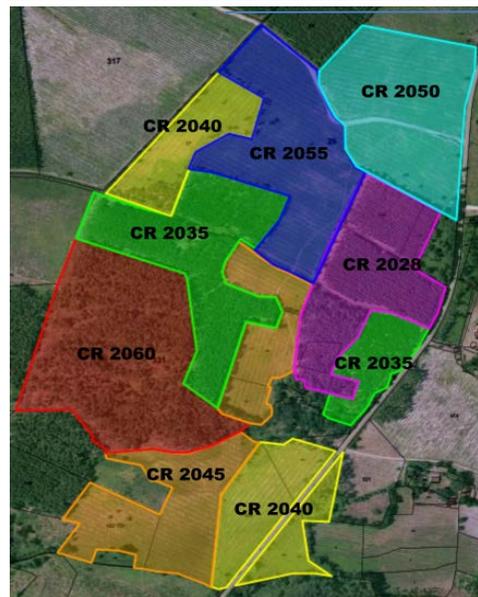
Bloc 6 = 5 ha 6970 = risque « feu » et « vent » (CR du bloc 3)

Bloc 7 = 7 ha 2130 = RAS risque « vent » (CR voisin)



Etape 2. Equilibrer la structure d'âge à l'horizon 2060.

- Lisse les revenus dans le temps
- Accroît les possibilités d'adaptation (essence) ($=0.08 \text{ a}^{-1}$)
- Répartit la vulnérabilité entre différents âges
- Possibilités accrues de renouvellement des essences
- Atténue la « dette carbone »
- ❖ coût d'exploitation accru



Cas régional

Question:

Comment optimiser la sylviculture d'un massif de production pour l'atténuation ?

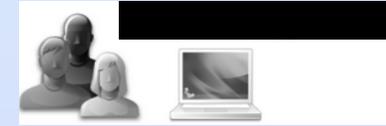
Démarche participative (ANR MACCAC et ADEME Evafora)



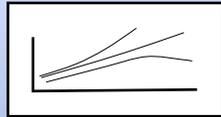
1. Acteurs, opérateurs, ingénieurs

Itinéraires Sylvicoles

Scenario #	Main tree species	Main understorey species	Fertilisation (kg P2O5/ha)	Planting density (ha ⁻¹)	Harvests/ mortality (age % cut)	Climate Scenarios	Soil types	Comment
1	Pinus pinaster	Molinia caerulea, Pteridium aquilinum, Arbutum Thorei, Ulex sp.	0	1250	Self thinning and 90/100	RCP 2.6, 4.5, 8.5	50, 85	Reference close from nature scenario
2	Pinus pinaster	Molinia caerulea, Pteridium aquilinum, Arbutum Thorei, Ulex sp.	80	1250	Stem 15-25; 25-25; 35-25; 45-100	RCP 2.6, 4.5, 8.5	50, 85, 120	Reference Business as usual
3	Pinus pinaster	Molinia caerulea, Pteridium aquilinum, Arbutum Thorei, Ulex sp.	120	2500	Stem+bank+branches tump 15-50; 30-100	RCP 2.6, 4.5, 8.5	85, 120	Biomass production
4	Pinus pinaster	Molinia caerulea, Pteridium aquilinum, Arbutum Thorei, Ulex sp.	120	2500	Stem+bank+branches tump 15-50; 30-50; Stem+bank 55-100	RCP 2.6, 4.5, 8.5	85, 120	Hybrid 2-3
5	Pinus pinaster	Ulex Europaeus	120	1250	Stem+bank+branches tump 15-50; 30-100	RCP 2.6, 4.5, 8.5	85, 120	Biomass Production intensified
6	Eucalypt	0	120	1250	Coppice with 2 coppicing rotations	RCP 2.6, 4.5, 8.5	85, 120	Eucalypt Coppice



3. Restitution



scénarios de climat



Données d'initialisation, Calibration, validation



Calcul



Simulations

8x8 km

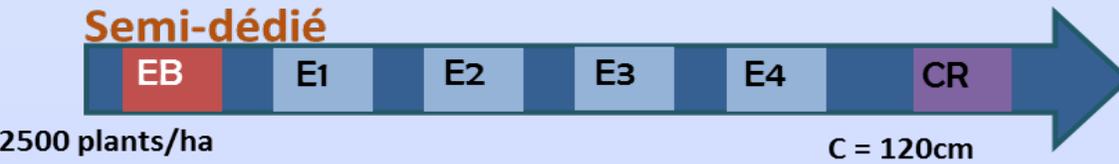
2000-2100

2. Modélisation: validation, implémentation des ITK. Modèle INRA GO+ - CAT





3. Analyses de cas: - région

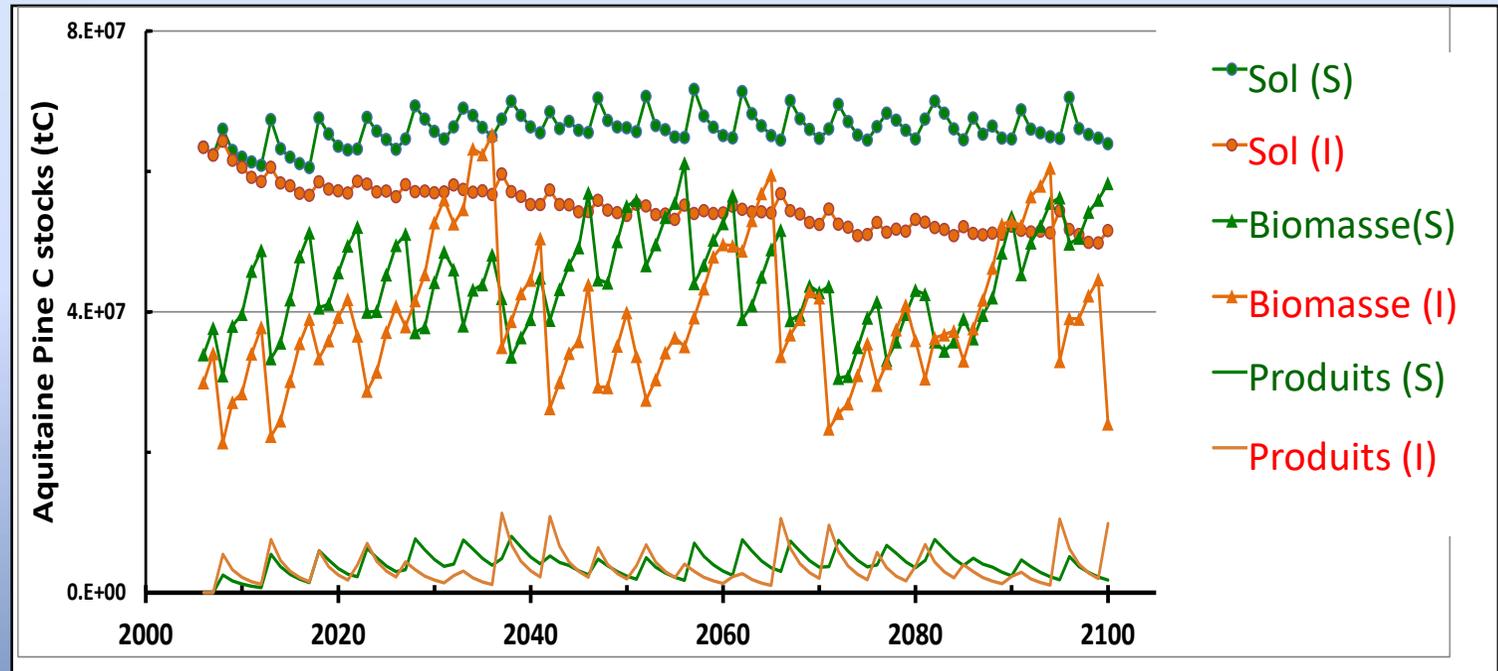


ITK
« non interventionniste »

ITK
« interventionnistes »

Intégration sur la filière forêt-bois des Landes de Gascogne

Stock de carbone *in situ* et produits - Aquitaine entière



RCP 2.6

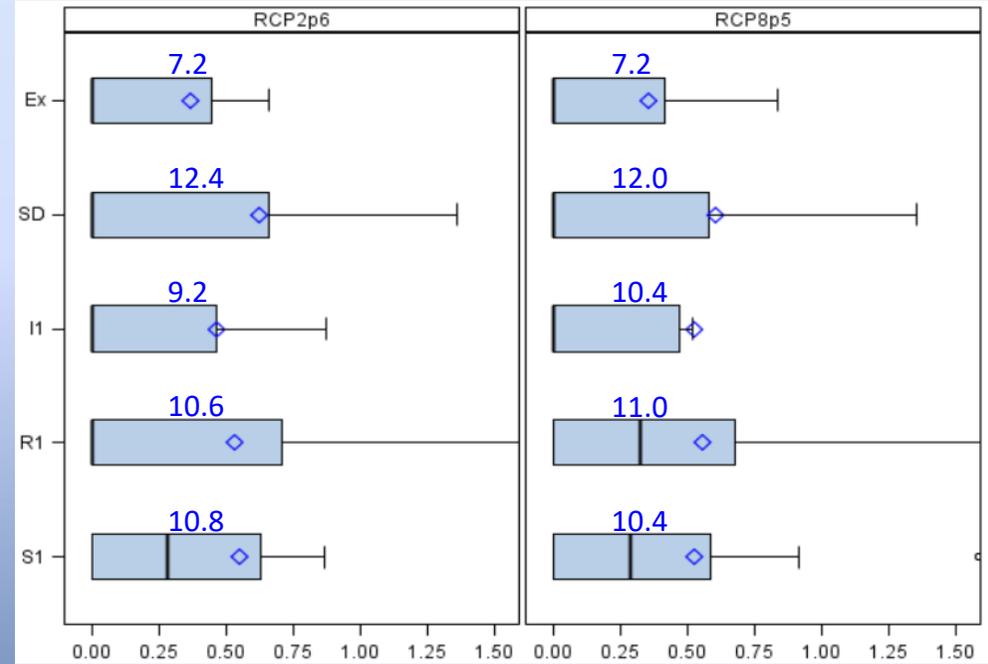
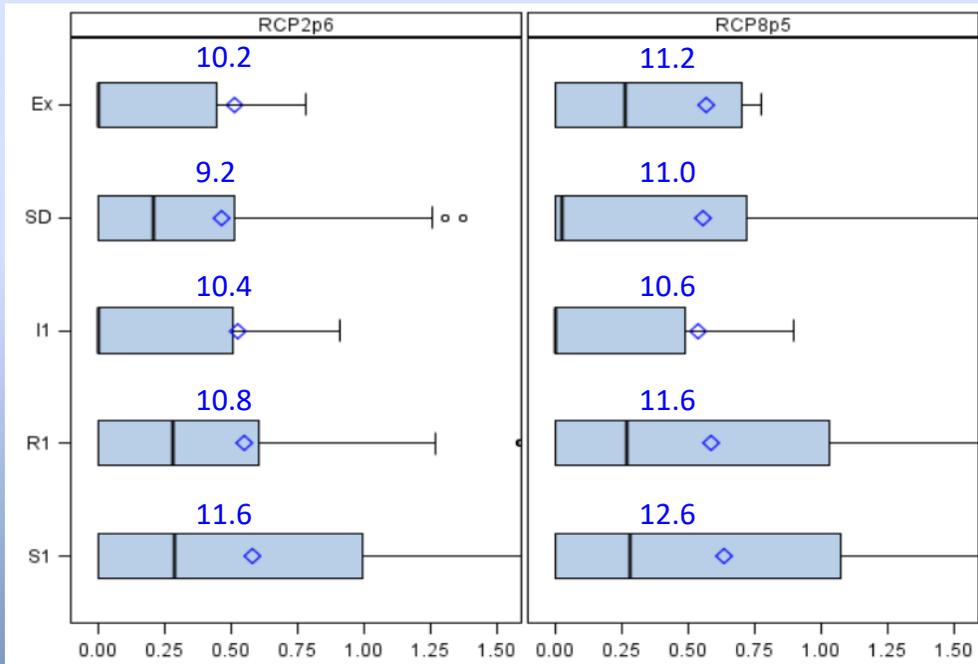
Les stocks de carbone sont systématiquement diminués par l'intensification

Production forestière 2000-2100

Production en vol bois fort($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$)

2006-2052

2053-2100

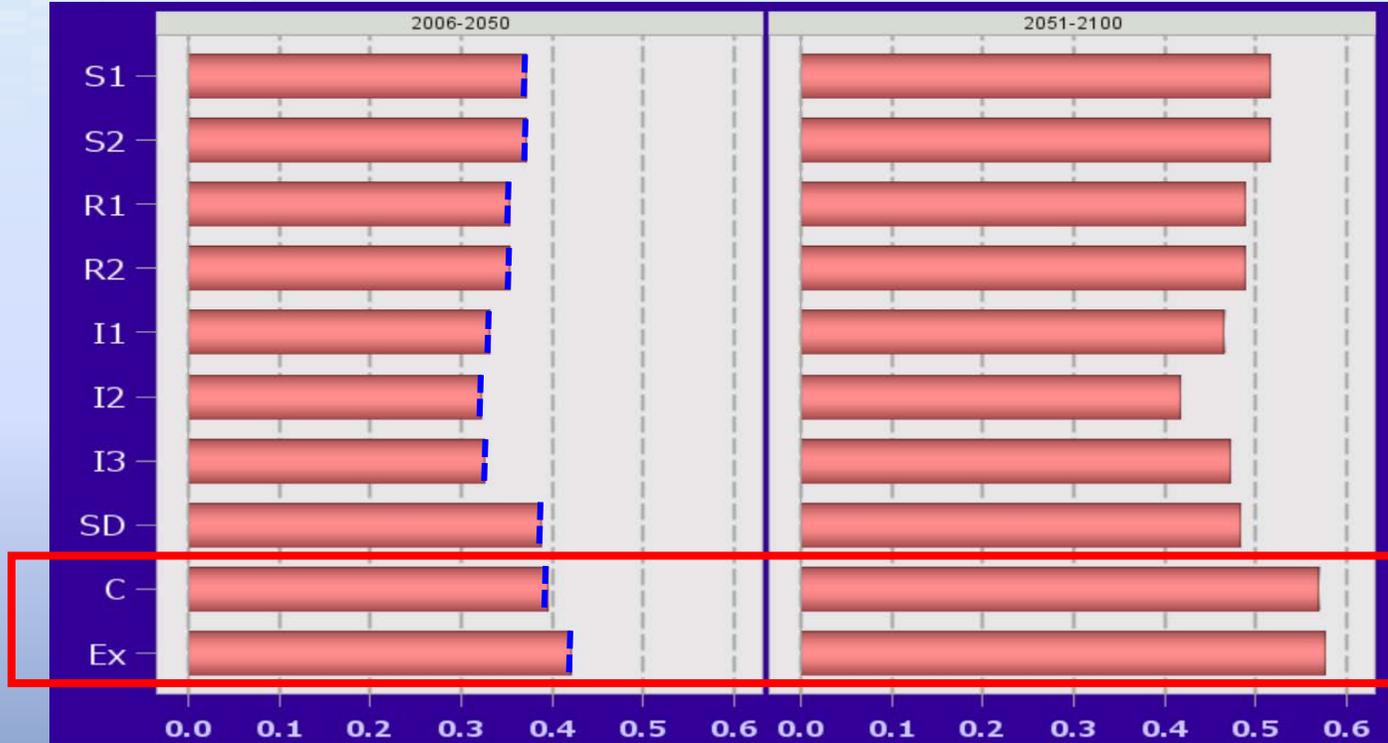


Production + élevée et résiliente sous conduite adaptative (= $f(\text{croissance})$)

Résultats. Comparaison des ITK

Indice de Stress

RCP 8.5, RU=75mm



Les ITK non interventionnistes sont les plus stressés ; la régulation « naturelle » du stress par l'écosystème est insuffisante

Constats

Les options de sylviculture non interventionnistes sont plus vulnérables aux aléas climatiques

L'intensification maximale a un coût élevé en ressources:

- eau
- éléments minéraux N, P
- perte de C organique du sol

Le mode de gestion « standard » à conduite adaptative représente une option:

- résiliente au climat
- relativement efficiente en eau
- efficiente en minéraux

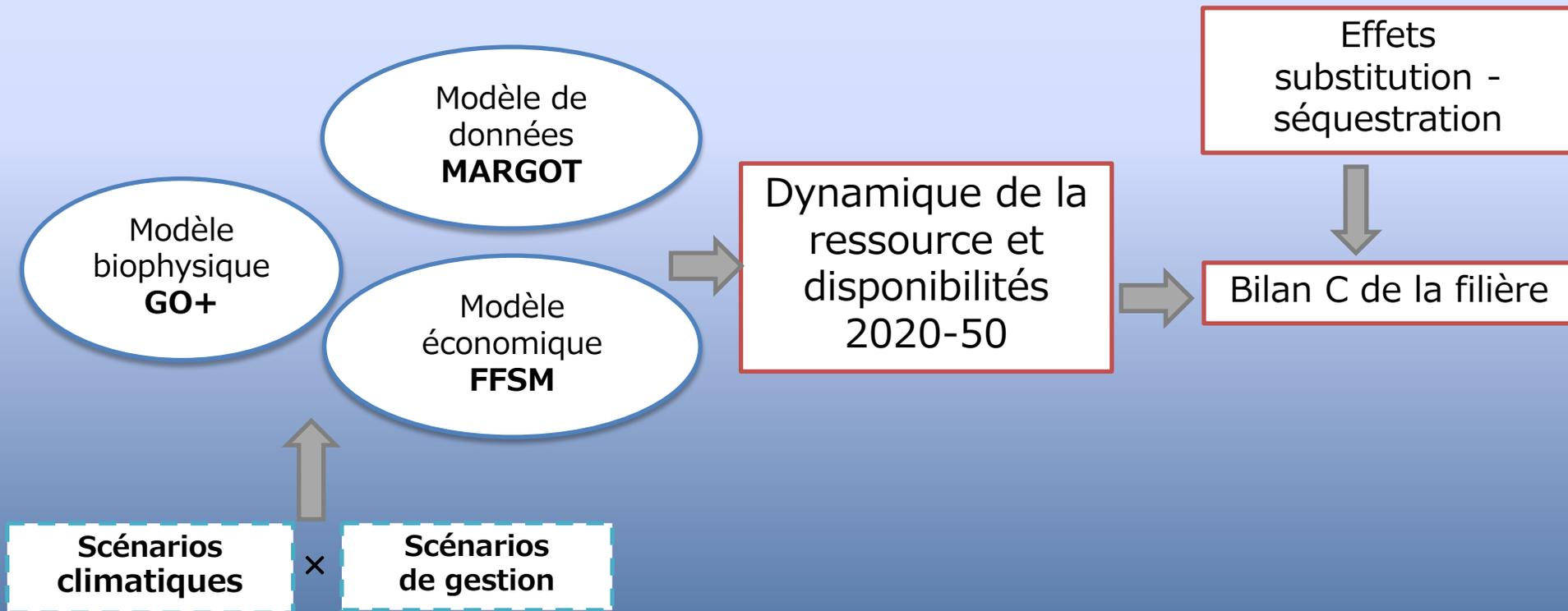
Cas national

Question:

En quoi les forêts françaises peuvent elles contribuer à l'atténuation du dérèglement climatique?

Prospective France 2050 INRA-IGN

- ❖ Bilan CO₂ de la filière forêt-bois française
- ❖ Effets de scénarios de gestion forestière sur la dynamique des peuplements
- ❖ Effets du changement climatique et crises abiotiques et biotiques

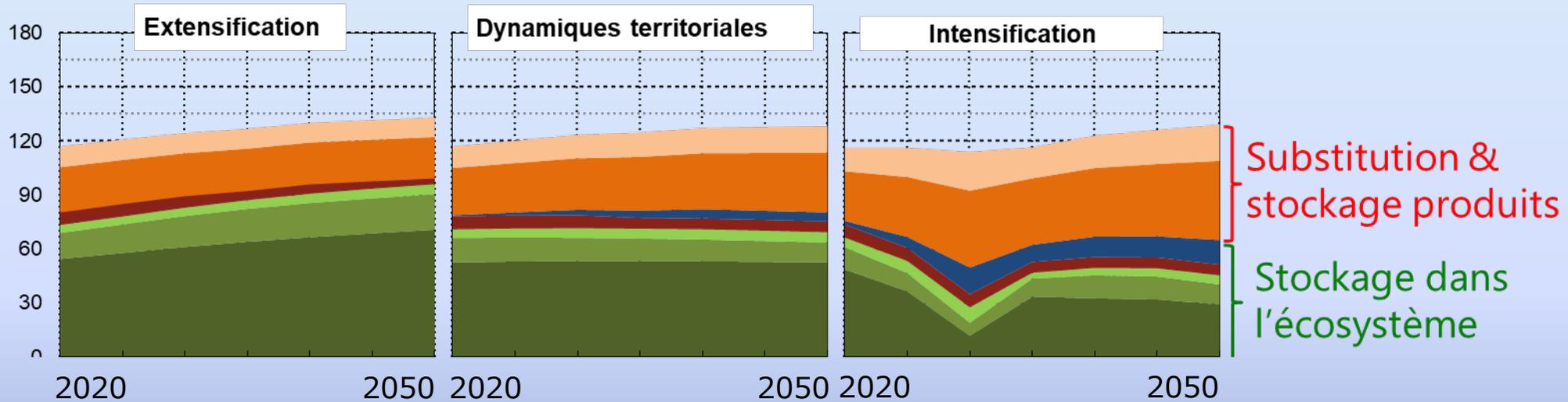


Scénarios nationaux 2020-50

	<u>1. Extensification</u>	<u>2. Dynamiques territoriales</u>	<u>3. Intensification,</u>
Mode de gestion	Vastes espaces en libre évolution.	Divergences entre régions	Transformation, remise en gestion massifs montagneux et méditerranée
Expansion de la surface forestière	spontanée + 400 km ² /an,	spontanée + 400 km ² /an, + qqs plantations localisées	+ 400 km ² /an, Plan de reboisement : + 500.000 ha/ 10 ans
Niveau de récolte nationale	Constant soit ≈55 Mm ³ VAT/an	Maintien du taux de coupes, 50 % de l'accroissement	Stimulation du prélèvement 70-75 % de l'accroissement
Allocation de la récolte entre usages	Déplacements d'usages : « grignotage » des gros diamètres par des débouchés bois-énergie	Hétérogène selon les options prises régionalement	Rééquilibrage de l'offre entre BO, BI et BE (avec stimulation BE)

Bilan de CO₂ selon les 3 scénarios de gestion climat actuel

CO₂ sequestré (MtCO₂eq/an)

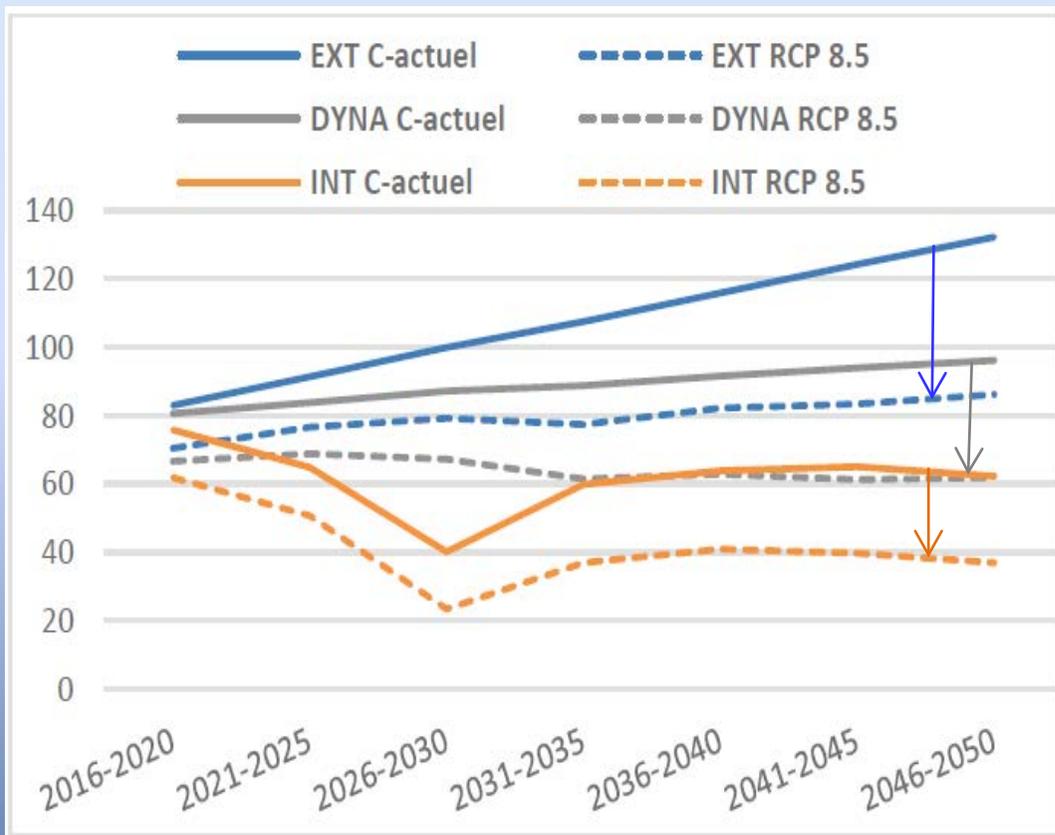


■ Substitution matériaux ■ Substitution BE ■ Produits BBO ■ sols ■ Bois mort ■ Biom Résineux ■ Biom Feuillus

- Les trois scénarios ont un bilan ~comparable en 2050
- Compensation entre stockage en forêt & substitution
- Faible contribution de produits-bois, bois-mort & sols

Impact climatique sur le stockage des forêts françaises

Stockage annuel dans l'écosystème selon les 3 scénarios de gestion et les 2 scénarios climatiques (MARGOT version standard, MtCO₂eq/an)



- Le climat RCP 8.5 réduit la séquestration in situ
- Cet impact est accentué en gestion extensive

Sites INRA :

<http://institut.inra.fr/Missions/Eclairer-les-decisions/Etudes/Toutes-les-actualites/Forets-filiere-foret-bois-francaises-et-attenuation-du-changement-climatique>

Site IGN : <https://inventaire-forestier.ign.fr/spip.php?article876>



4. DISCUSSIONS

Comment optimiser les forêts pour atténuer le dérèglement climatique ?

Les points de complexité:

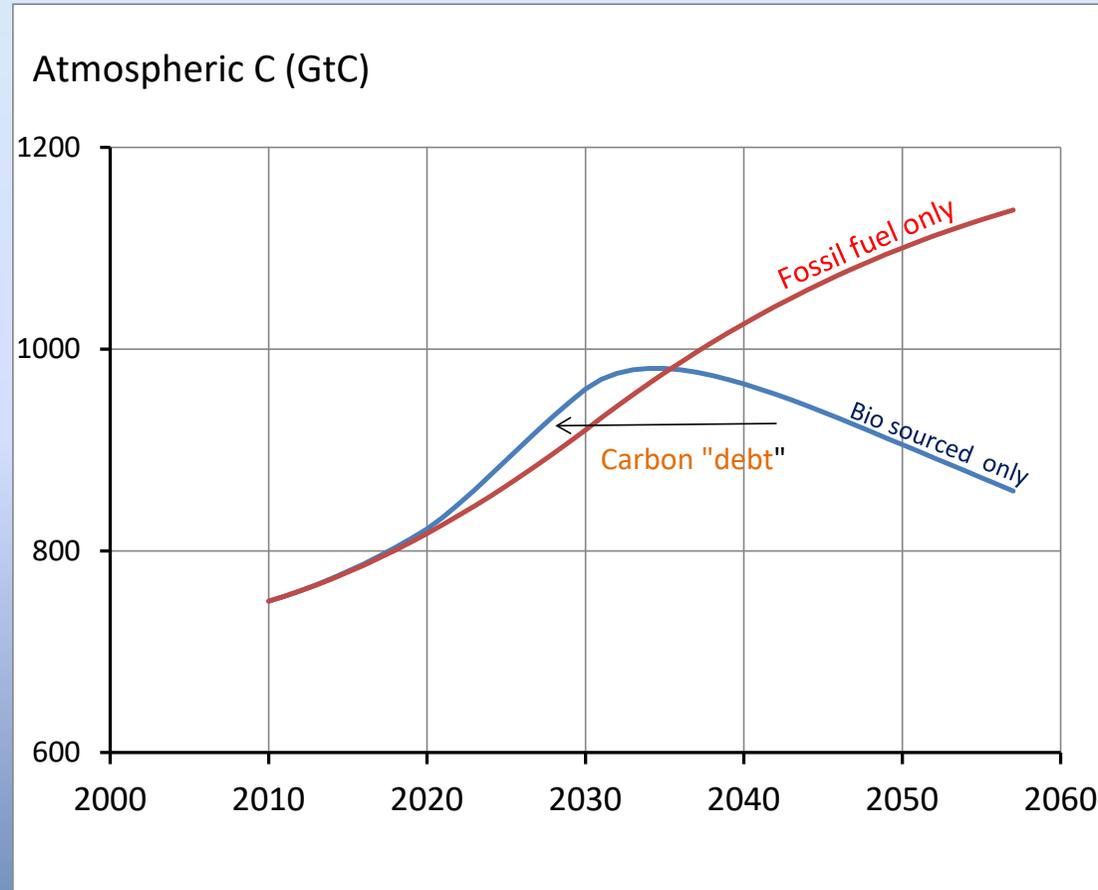
- La diversité écologique des forêts
- La diversité des modes de gestion-exploitation
- La prise en compte des effets biophysiques (ex. en ville)
- Les autres services écosystémiques forestiers

Comment optimiser les forêts pour atténuer le dérèglement climatique ?

Les questions soulevées:

- Les échelles de temps
 - Cycle de vie des forêts (50-250 ans)
 - Sociologie des acteurs et demande en produits bois (3 ans ?)
 - Changements environnementaux (50 ans ?)
- Should I stay or should I go ?
 - Séquestrer du carbone (risqué!!) ?
 - Substituer du C fossile par du C forestier (controversé)?

Séquestration, substitution et dette carbone: la controverse



Explication : substituer peut transitoirement enrichir l'atmosphère en CO₂

Adapter la forêt... à quoi ?

L'environnement futur des forêts est peu prévisible

- Plus chaud, sec, pollutions N et S, O₃, SW↓
- Les processus naturels d'adaptation sont **trop lents**

L'interaction forêt ↔ milieu physique est clé.

Quel niveau d'approche pertinent pour définir les politiques climatiques : local, national , global?

Adapter la forêt... comment ?

Idéotype d'une sylviculture en contexte incertain :

- **versatile**: combinaison d'alternatives
- **diverse** : variétale, essences, âges,
- **résiliente** : plasticité,
- **adaptative**: knowledge-based, dynamique

Adapter la forêt... comment ?

Faisabilité d'une sylviculture en contexte incertain :

- **Économique** : produits et services, demande
- **Technique** : logistique, savoir faire, disponibilité du matériel végétal
- **Sociologique** : aptitude au changement , risque

A wide-angle photograph of a lush, green mountainous region. The landscape is characterized by rolling hills and deep valleys, all densely packed with vibrant green trees. The perspective is from an elevated position, looking down into the valleys. In the foreground, the tops of several trees with bright green leaves are visible. The background shows more distant, hazy mountain ranges under a clear sky. The overall scene is one of a healthy, natural environment.

Discutons !