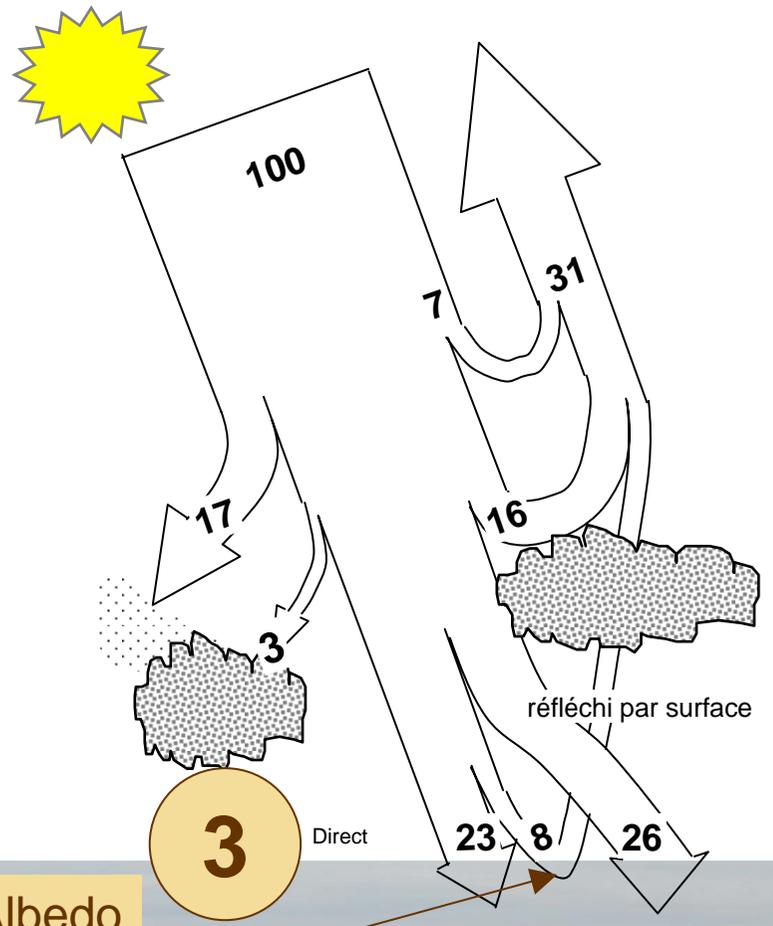


Quelques éléments de science sur la « séquestration » du carbone.

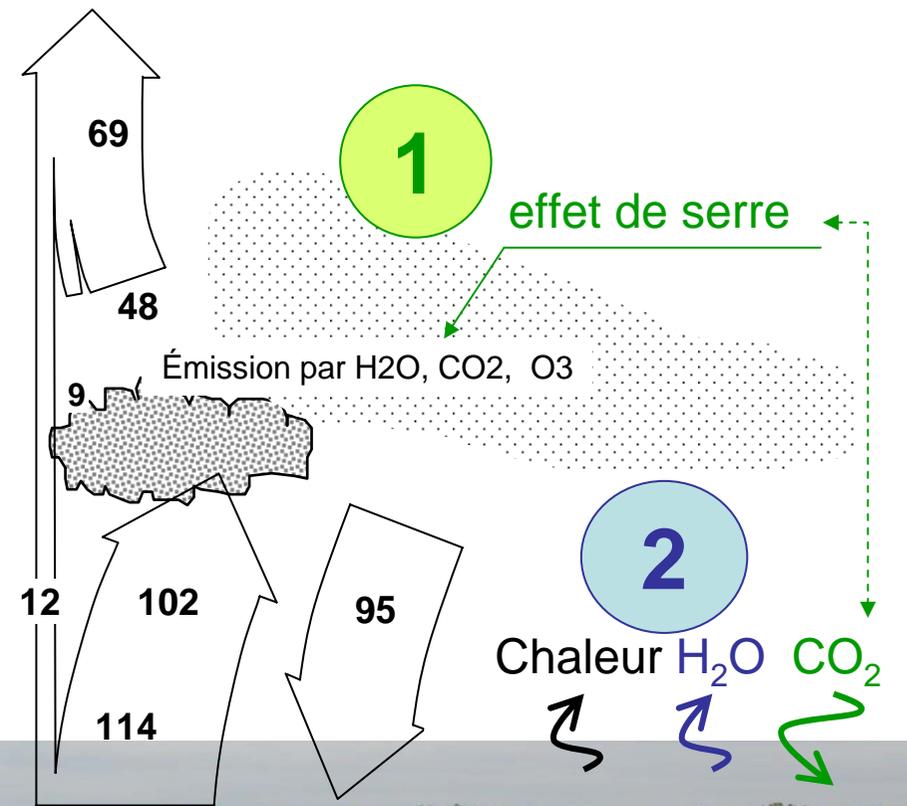
1. Sait-on mesurer la séquestration de C par les forêts?
2. Les contrôles du cycle du carbone forestier
3. Impacts du changement global sur le cycle du carbone
4. Un idéotype sylvicultural pour la séquestration du carbone

Impacts des forêts sur les forçages radiatifs de la température de surface de la terre

Rayonnement solaire

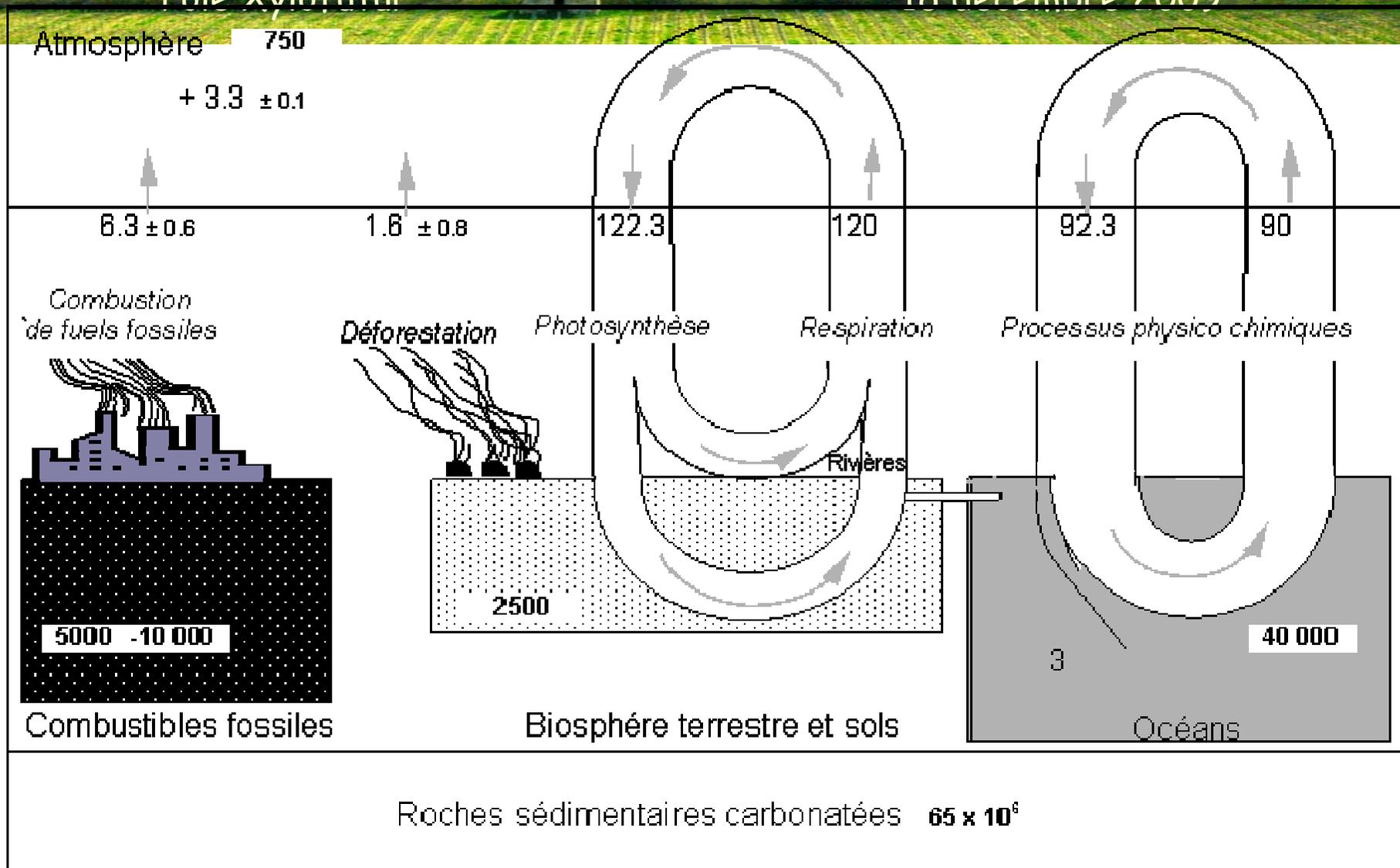


Rayonnement de grande longueur d'onde



3 le cycle global du carbone

COMPENSATION CARBONE & FILIERE BOIS AQUITAINE
 Pôle Xylofutur 18 décembre 2009



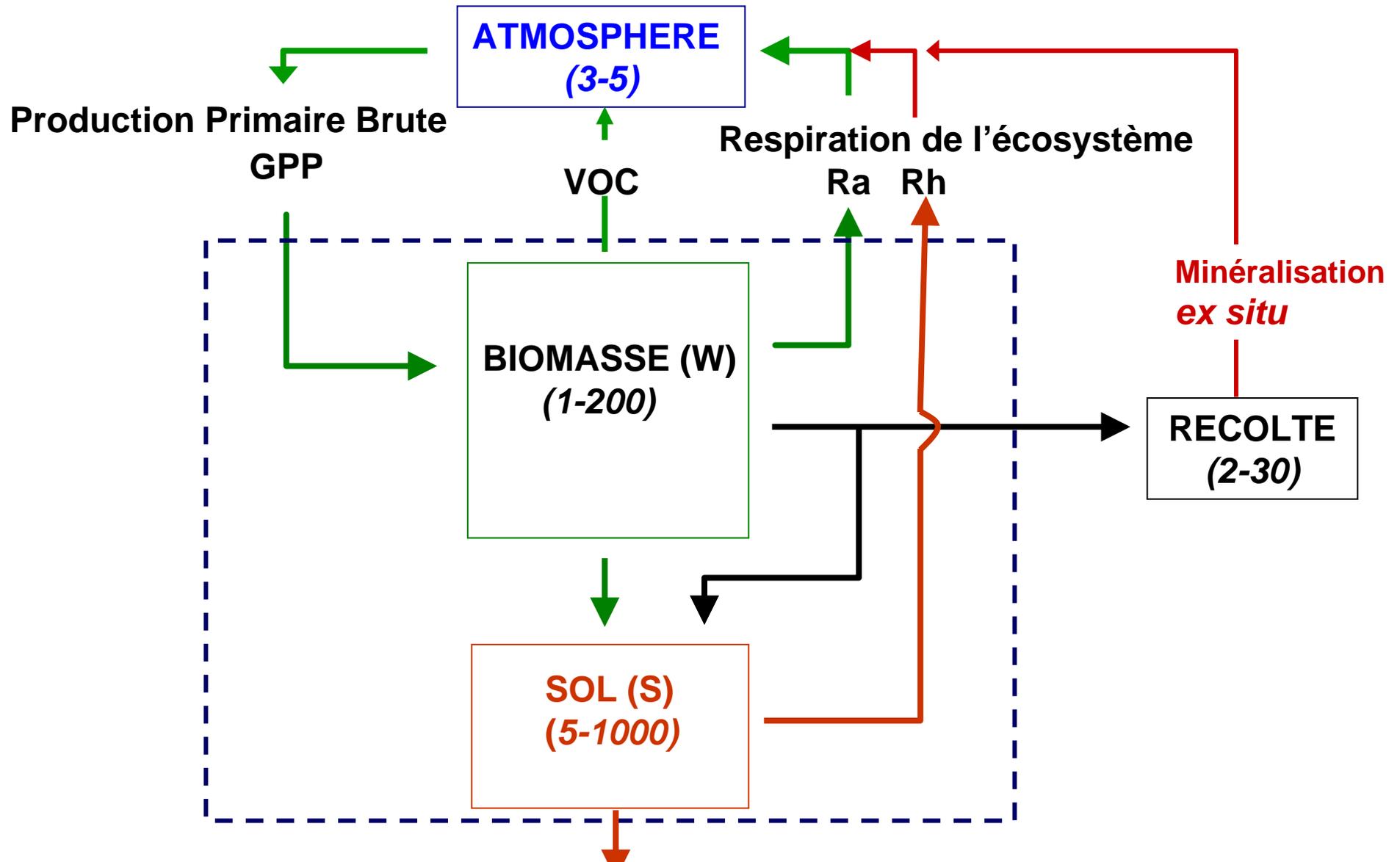
Stocks en GtC, flux en GtC.an⁻¹, GIEC (IPCC) 2001

1. Sait on mesurer la séquestration de C par les forêts?
2. Quels contrôles du cycle du carbone forestier?
3. Impacts du climat sur les forêts françaises
4. Une sylviculture qui séquestre du carbone ?

COMPENSATION CARBONE & FILIERE BOIS AQUITAINE

Pôle Xylofutur

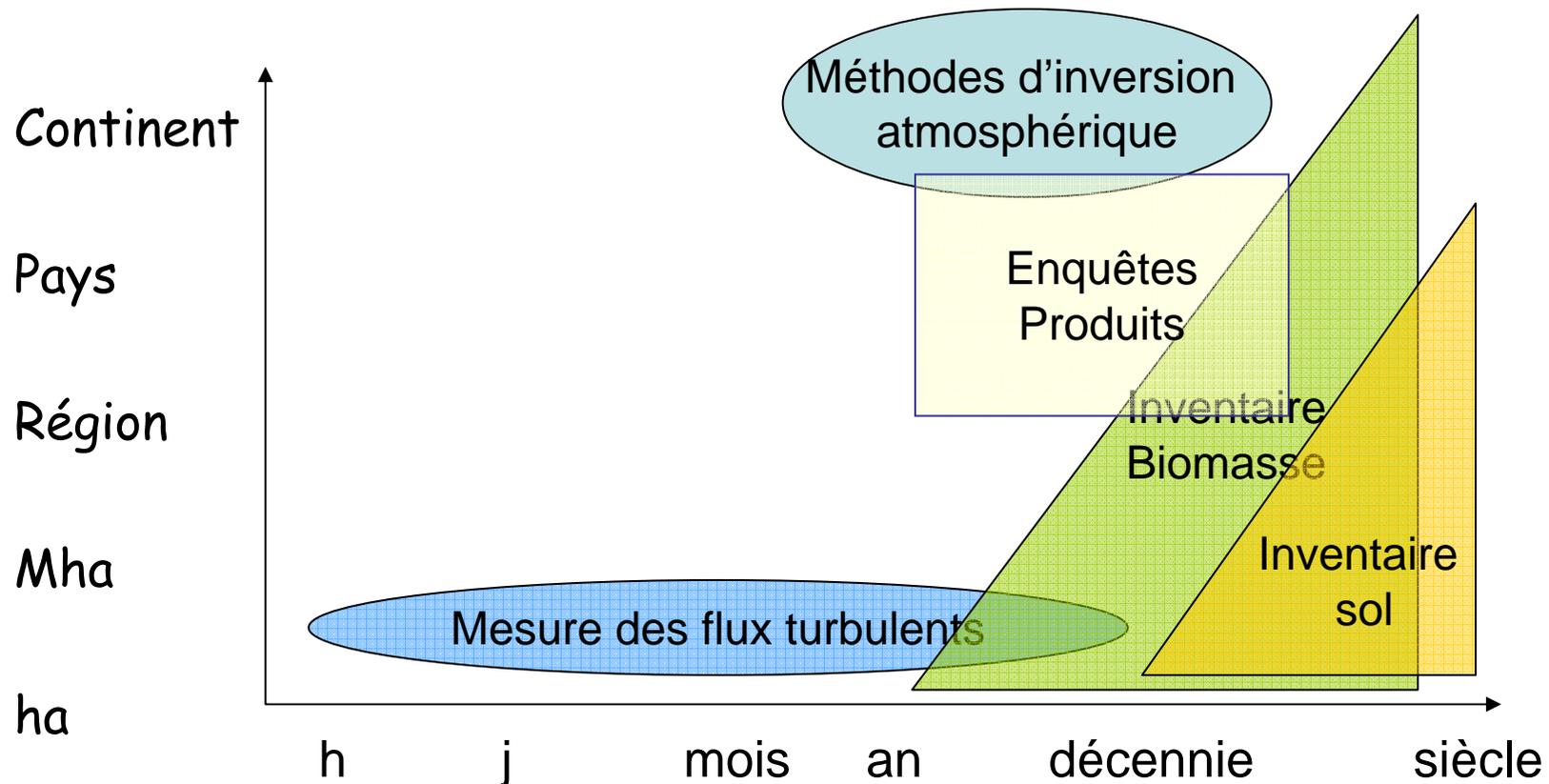
18 décembre 2009



La séquestration de carbone peut être définie comme un flux net depuis un compartiment à turnover élevé, ex. l'atmosphère, vers un compartiment à turnover plus faible, ex. le sol ou la biomasse.

- **Le bilan global terrestre est une déséquestration de carbone fossile (-9 Gt an^{-1}) vers l'atmosphère ($+5 \text{ Gt an}^{-1}$), l'océan ($+2 \text{ Gt an}^{-1}$) et la biosphère continentale ($+2 \text{ Gt an}^{-1}$);**
- **A cause des deux tempêtes, le bilan de carbone de la forêt landaise de 1999 à 2009 est une déséquestration de 12 Mt C de biomasse → atmosphère;**

Comment mesurer les flux de C forestier ?



4. Où est passé le carbone manquant ?

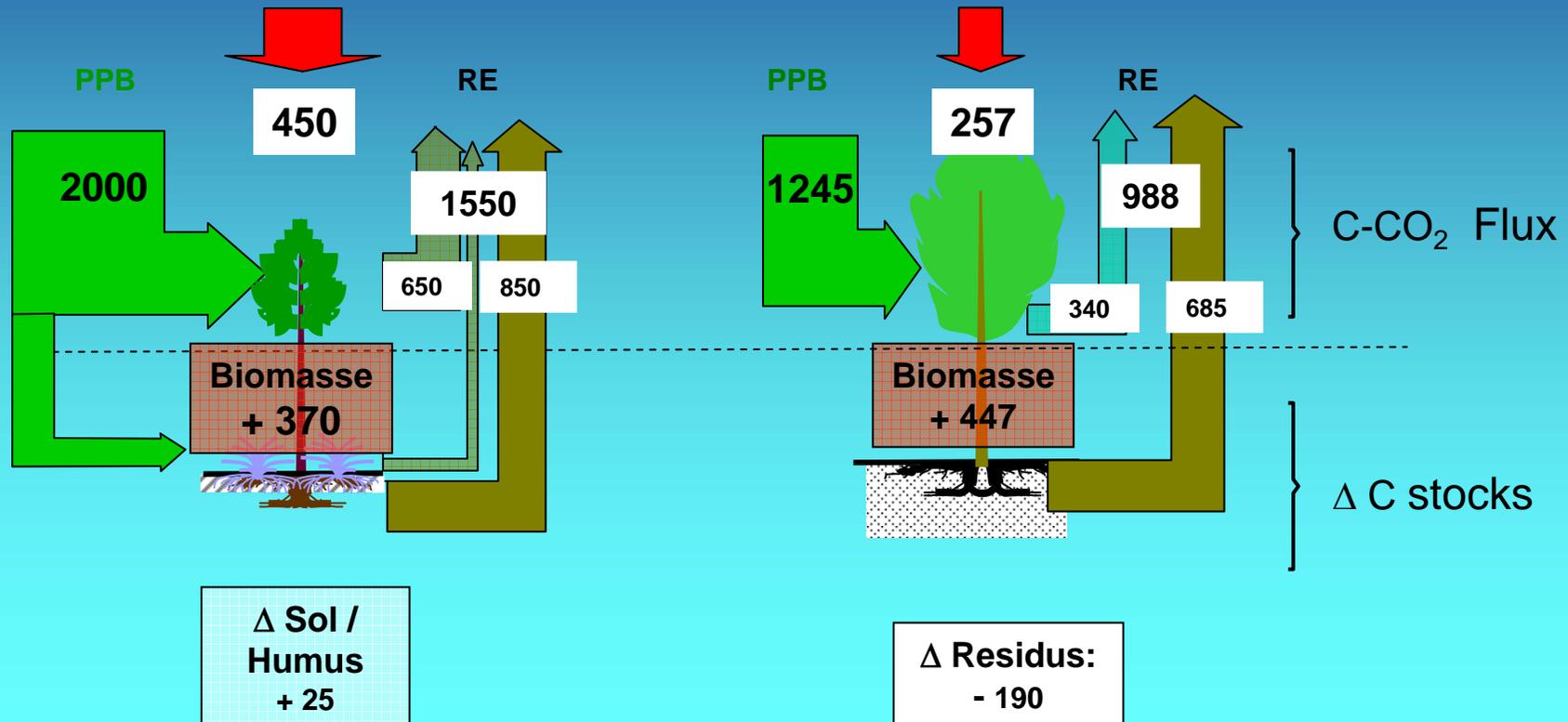
COMPENSATION CARBONE & FILIÈRE BOIS AQUITAINE
Pôle Xylofutur

18 décembre 2009

Bilan annuel de C de forêts tempérées exploitées (gC m⁻² an⁻¹)

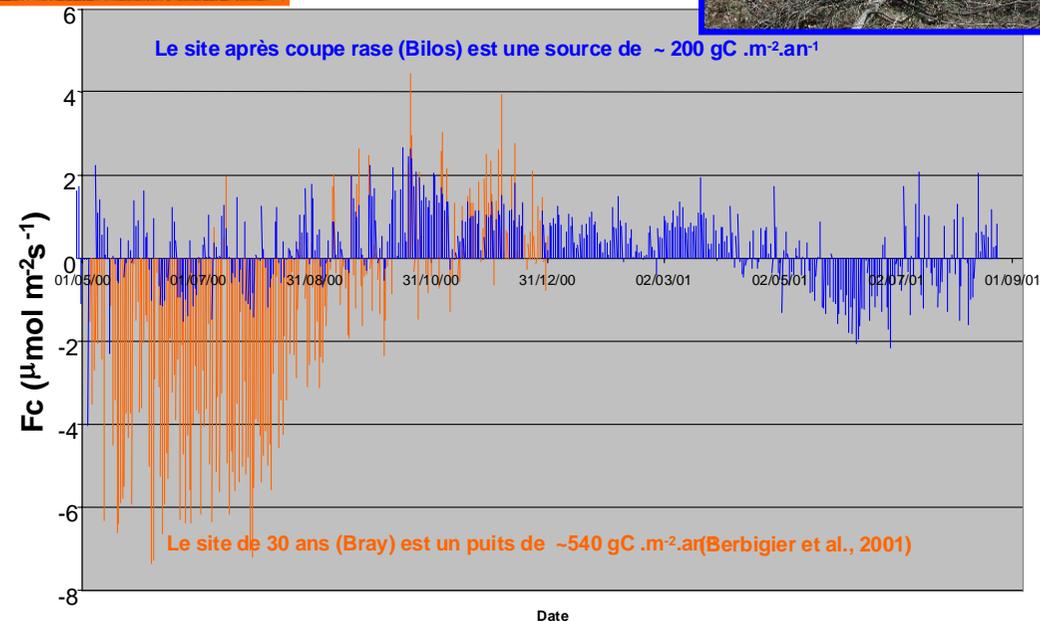
Pinède 27ans
(Bordeaux)

Hêtraie 30 ans
(Sarrebouurg)



1. Sait on mesurer la séquestration de C par les forêts?
2. Quels contrôles du cycle du carbone forestier?
3. Impacts du climat sur les forêts françaises
4. Une sylviculture qui séquestre du carbone ?

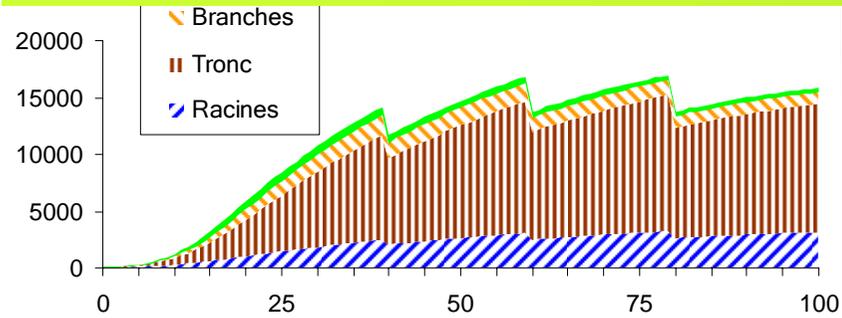
Contrôles du cycle de C de l'écosystème forestier: 1/ Le régime de perturbations



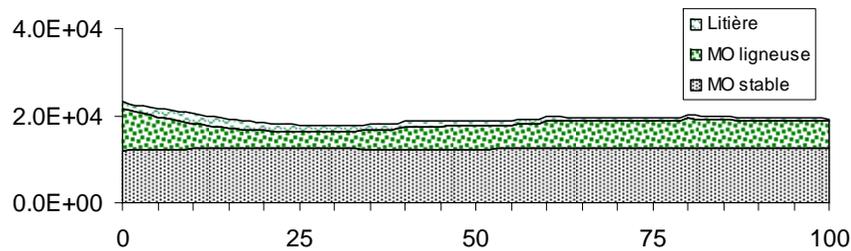
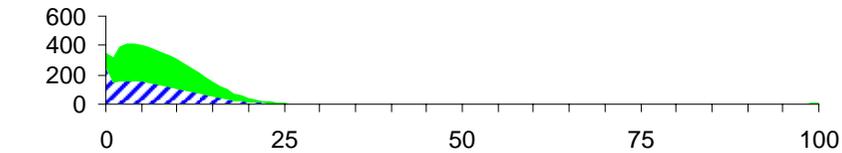
Coupe rase de Pin maritime



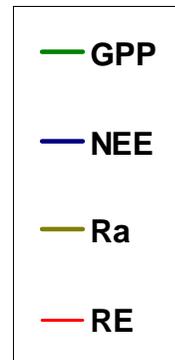
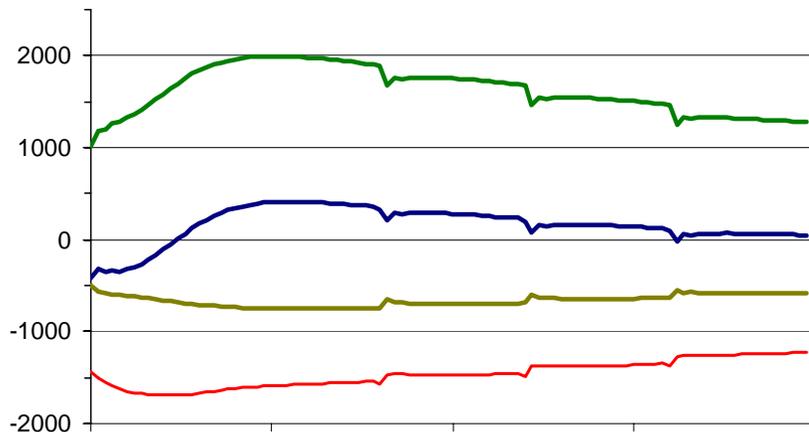
Contrôles du cycle de C de l'écosystème forestier: 2/ la sylviculture



En conditions stationnaires, le bilan net d'une révolution est ~nul à l'équilibre.

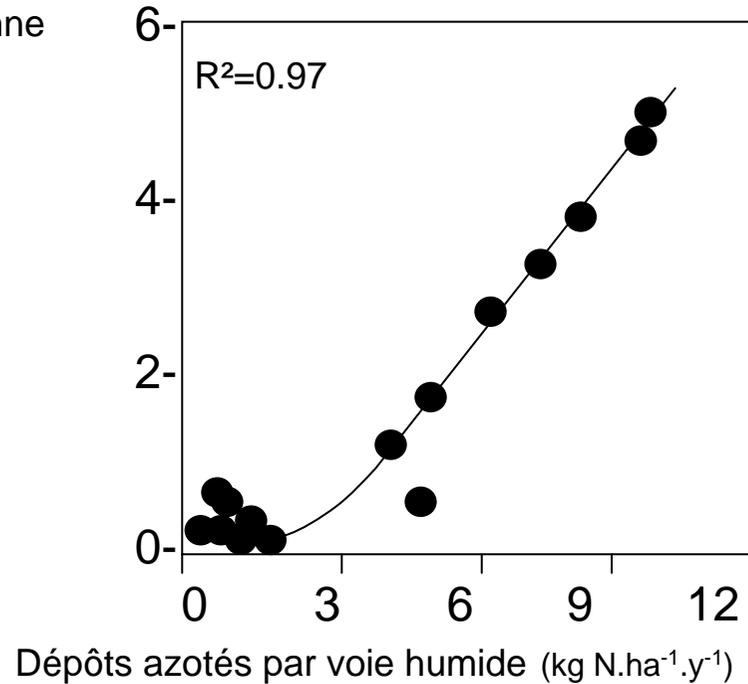


→ La quantification de la séquestration, n'a de sens qu'au pas de temps de la révolution.



Contrôles du cycle de C de l'écosystème forestier: 3/ l'environnement

Production moyenne
(kg C.ha⁻¹.y⁻¹)



(Magnani et al. 2007,
Nature)



La pollution atmosphérique en azote accroît la séquestration en carbone des forêts extensives.

(ici, 20 écosystèmes d'Europe et Amérique du Nord)

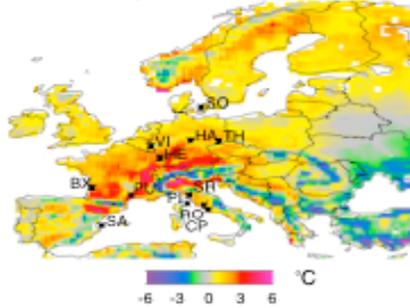
COMPENSATION CARBONE & FILIERE BOIS AQUITAINE

Pôle Xylofutur

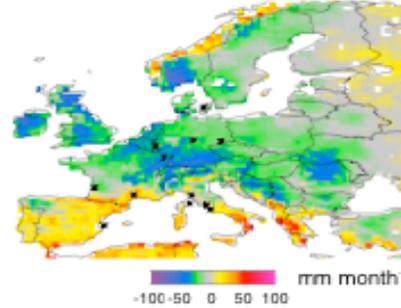
18 décembre 2009

Contrôles du cycle de C de l'écosystème forestier: 4/ le climat

A JUL-SEP Temperature 2003 vs 1998-2002

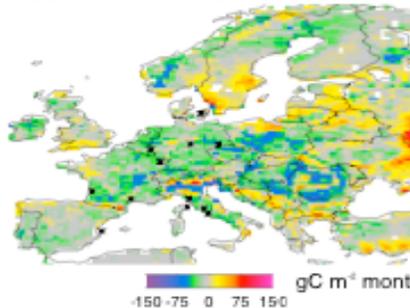


B Annual Rain 2003 vs 1998-2002

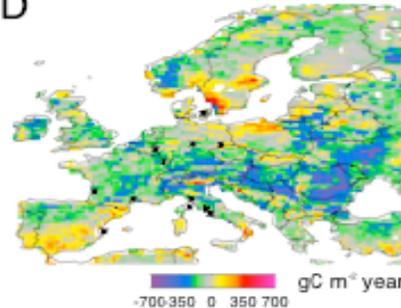


Net Primary Productivity

C JUL-SEP NPP 2003 vs 1998-2002

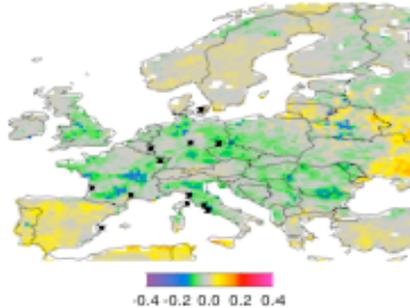


D Annual NPP 2003 vs 1998-2002

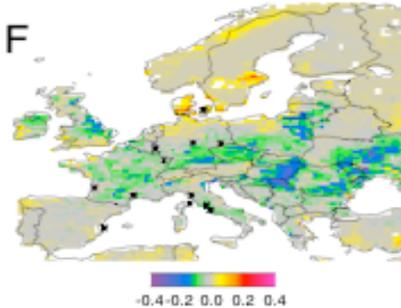


Fraction of Absorbed Photosynthetic Radiation

MODIS JUL-SEP 2003 vs 2000-2002



Simulated JUL-SEP 2003 vs 2000-2002



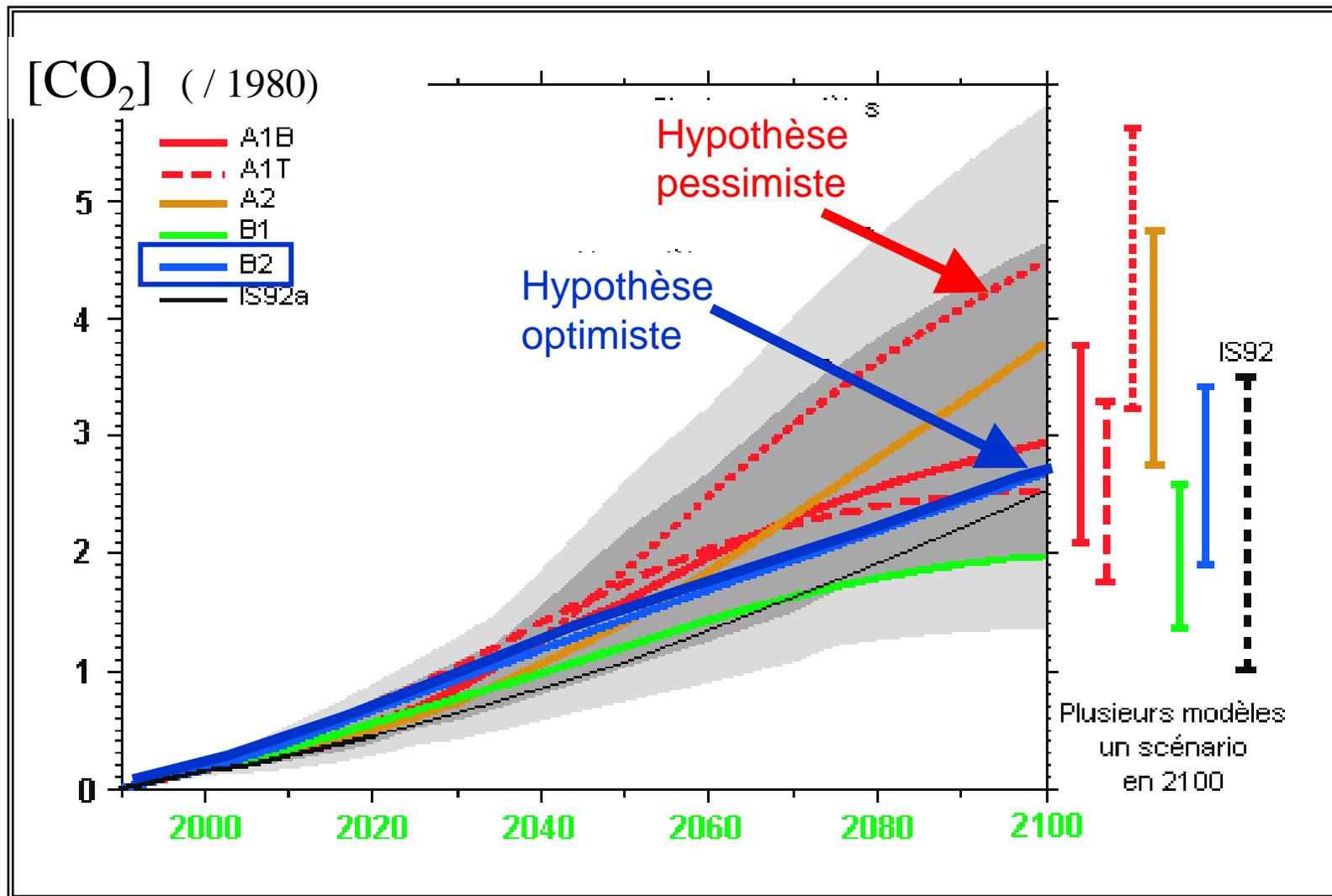
Anomalies climatiques et de séquestration de C en 2003 sur l'Europe.

(Ciais et al. 2005, Nature)

1. Sait on mesurer la séquestration de C par les forêts?
2. Quels contrôles du cycle du carbone forestier?
3. Impacts du climat sur les forêts françaises
4. Une sylviculture qui séquestre du carbone ?

COMPENSATION CARBONE & FILIERE BOIS AQUITAINE

Pôle Xylofutur 18 décembre 2009



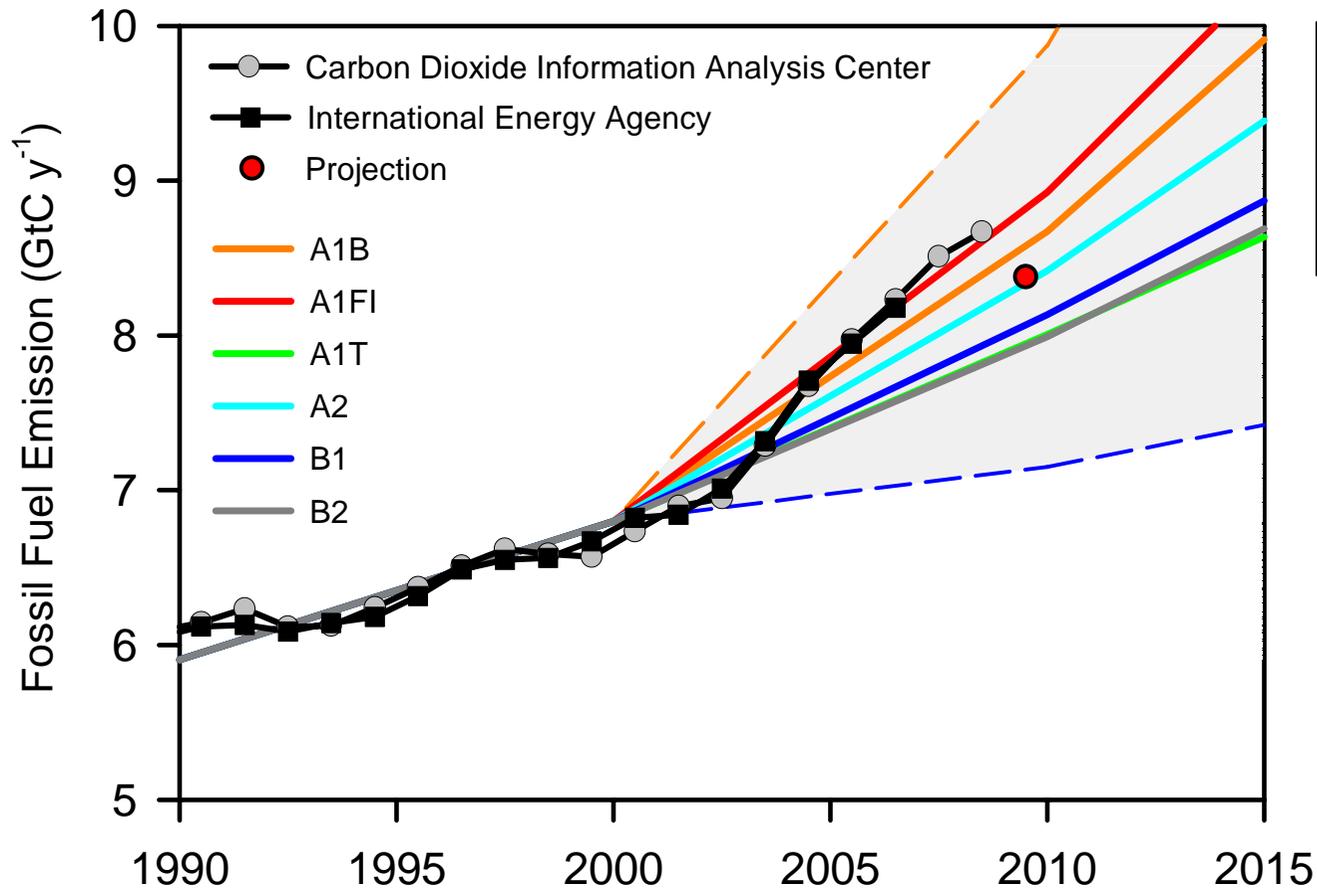
Changement climatique : les scénarios possibles....

COMPENSATION CARBONE & FILIERE BOIS AQUITAINE

Pôle Xylofutur

18 décembre 2009

et la réalité....



Projection **2009**
Emissions: -2.8%
GDP: -1.1%
C intensity: -1.7%

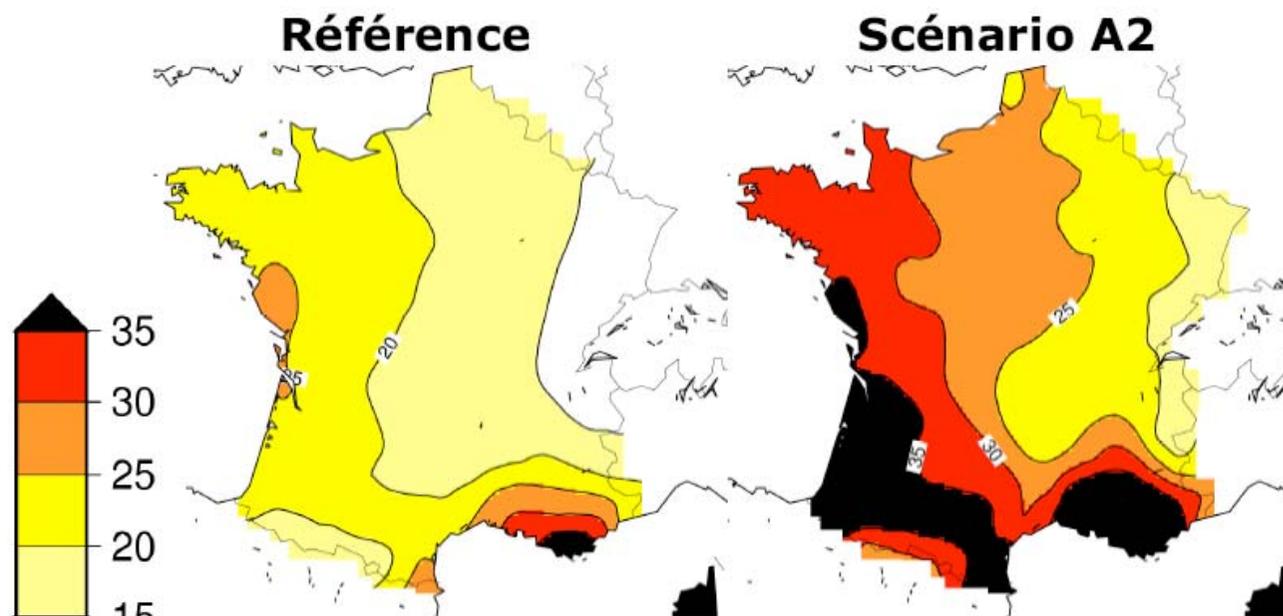
Les scénarios climatiques

COMPENSATION CARBONE & FILIERE BOIS AQUITAINE
Pôle Xylotutur

18 décembre 2009

- CO₂ atmosphérique (230, 380, 550,...ppm)
- élévation de température de 2 à 4°C (moyenne annuelle) sur 2000-2100
- des sécheresses plus graves

Nombre maximal
de jours
sans précipitations.



COMPENSATION CARBONE & FILIERE BOIS AQUITAINE

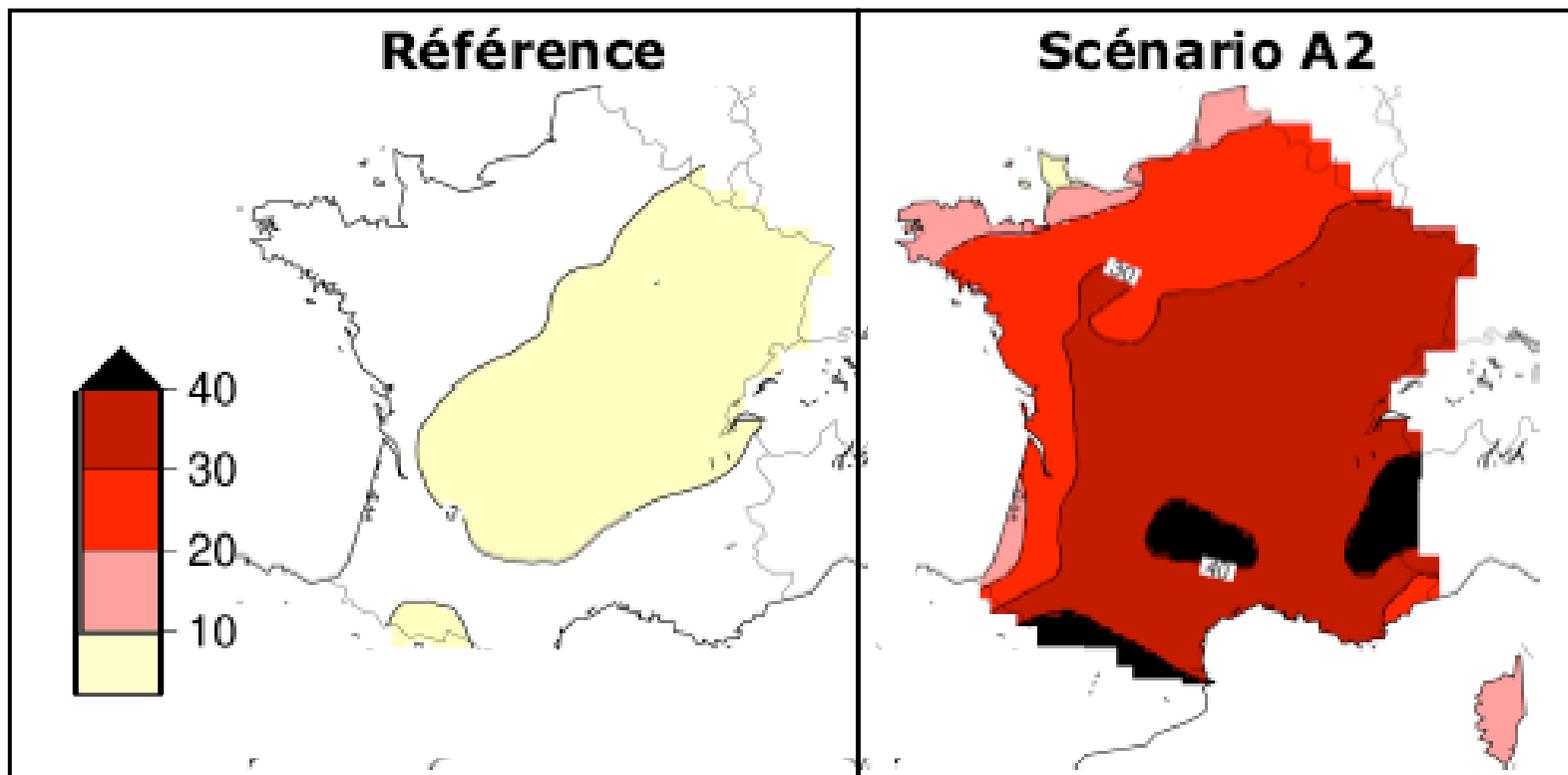
Pôle Xylofutur

18 décembre 2009

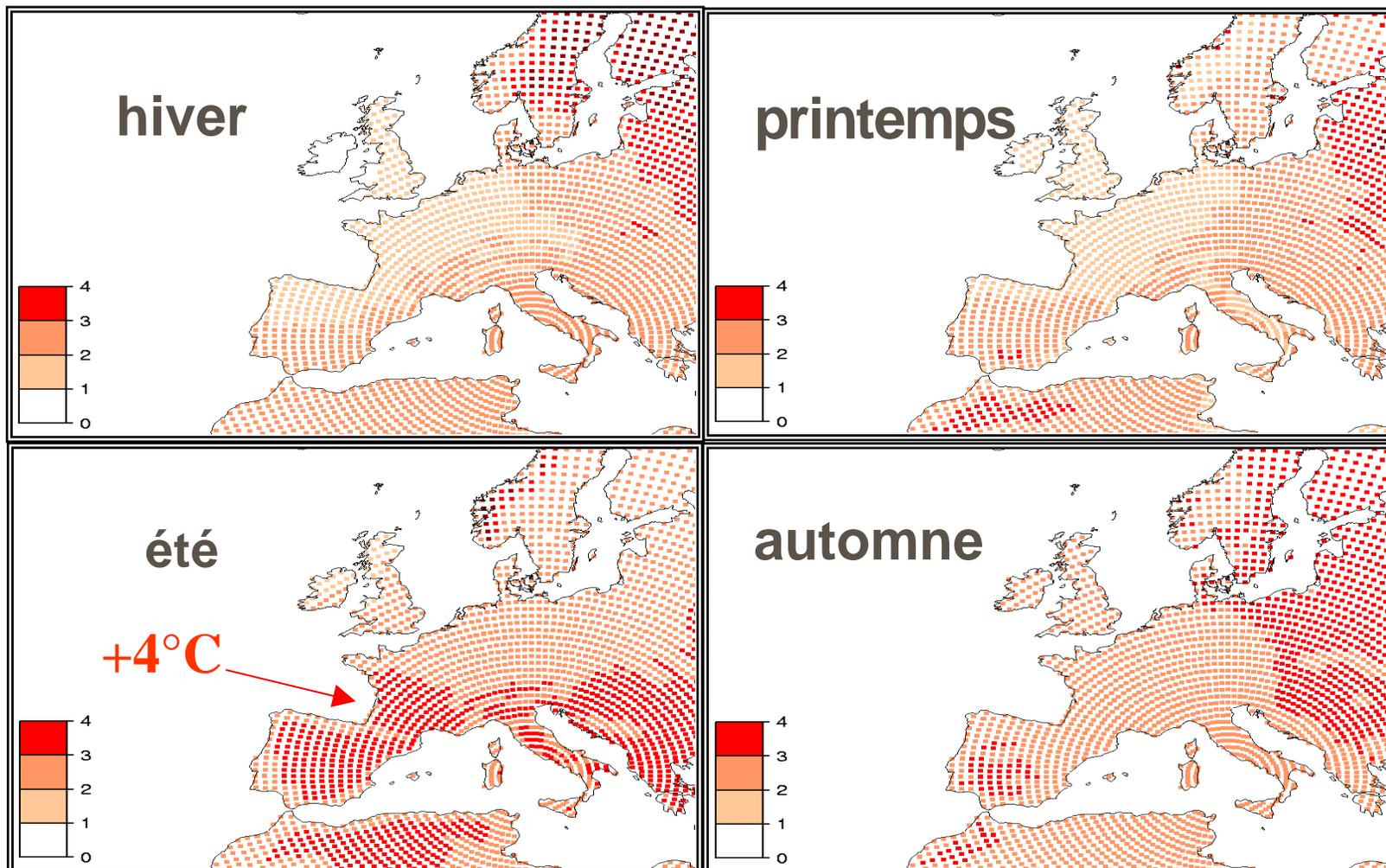
- des canicules plus fréquentes

Nombre de jours de canicule estivale

(Météo France, M Déqué, 2006)

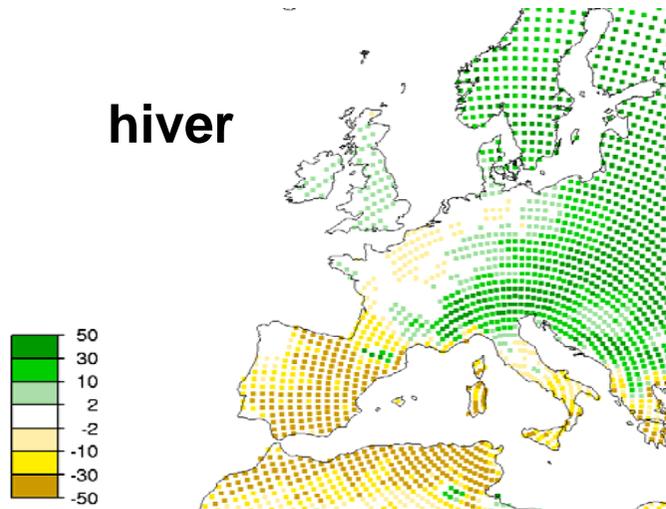


Changement de température en Europe à 700 ppm CO₂ (°C)

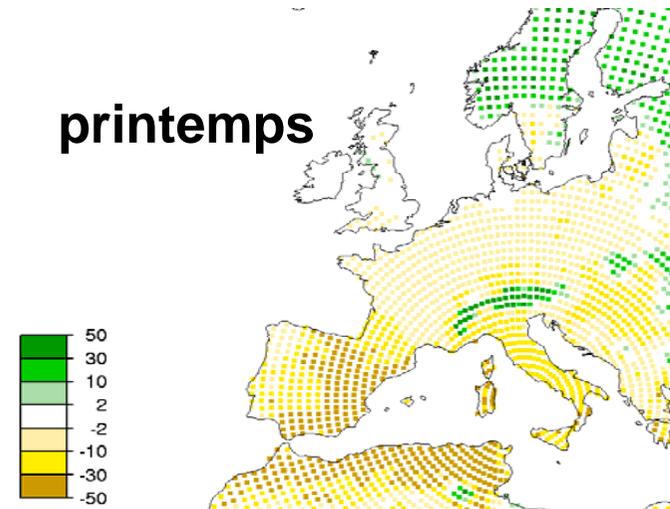


Changement de teneur en eau du sol (mm)

hiver

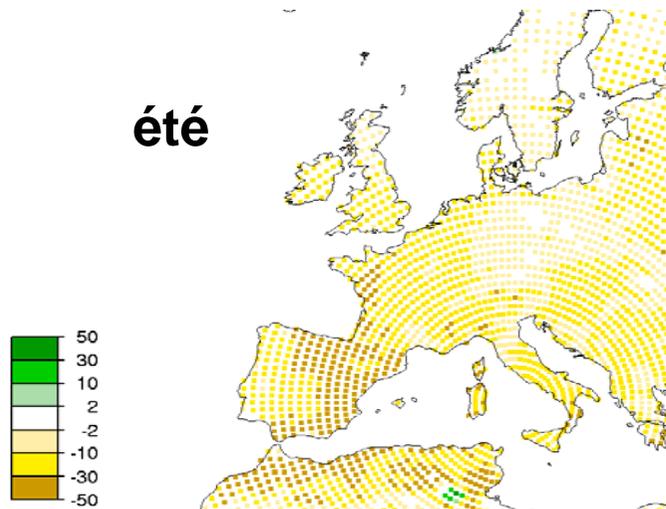


printemps

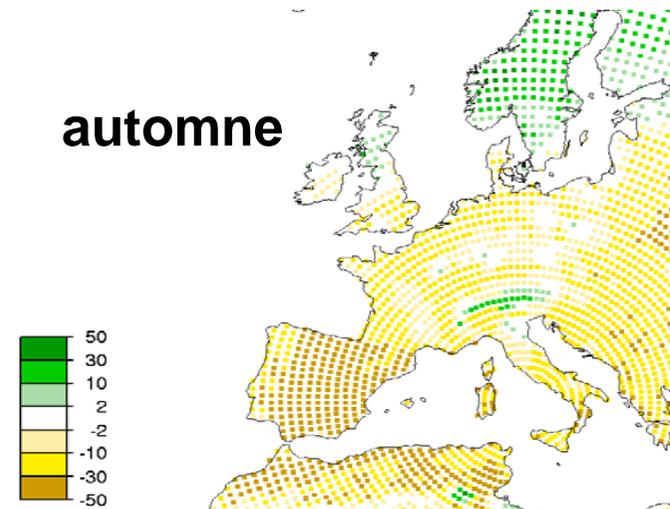


Les sols plus humides en hiver et plus secs en été

été



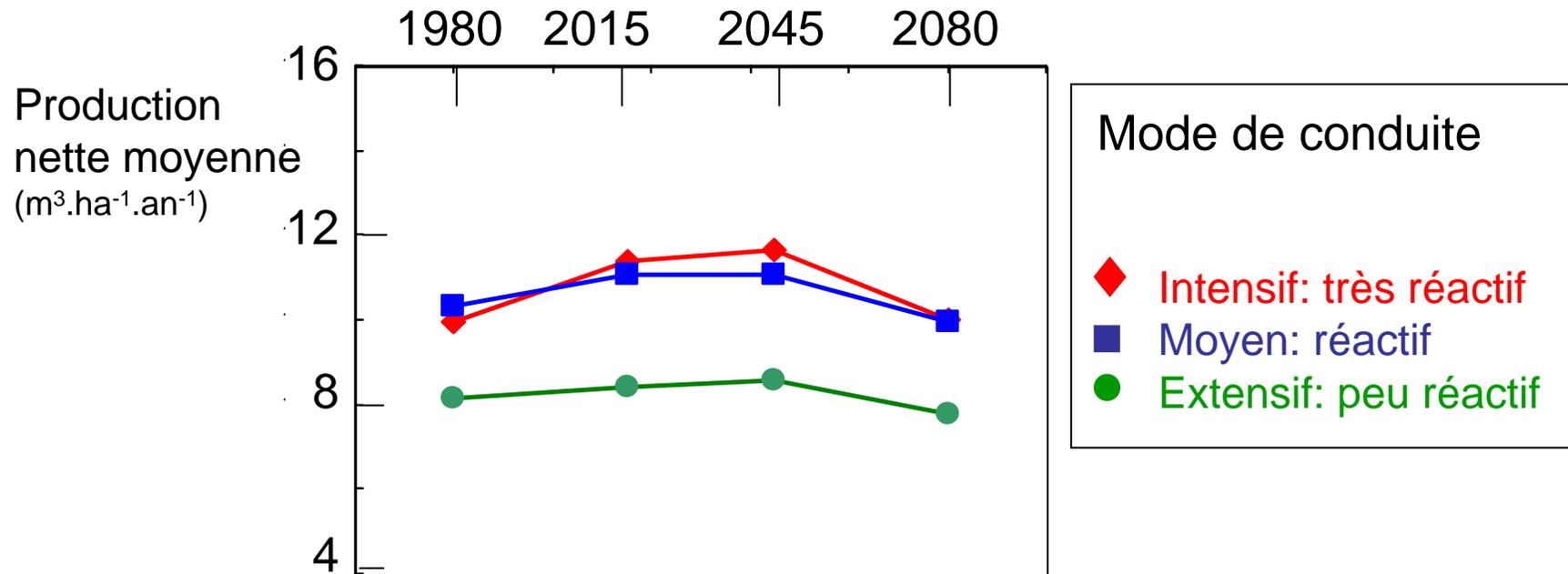
automne



COMPENSATION CARBONE & FILIERE BOIS AQUITAINE

Pôle Xylofutur

18 décembre 2009



Futaie pure de Pin maritime.
Cestas, Lande humide R.U.=75mm, sol pauvre.

<http://www.pierroton.inra.fr/carbofor/index.htm>

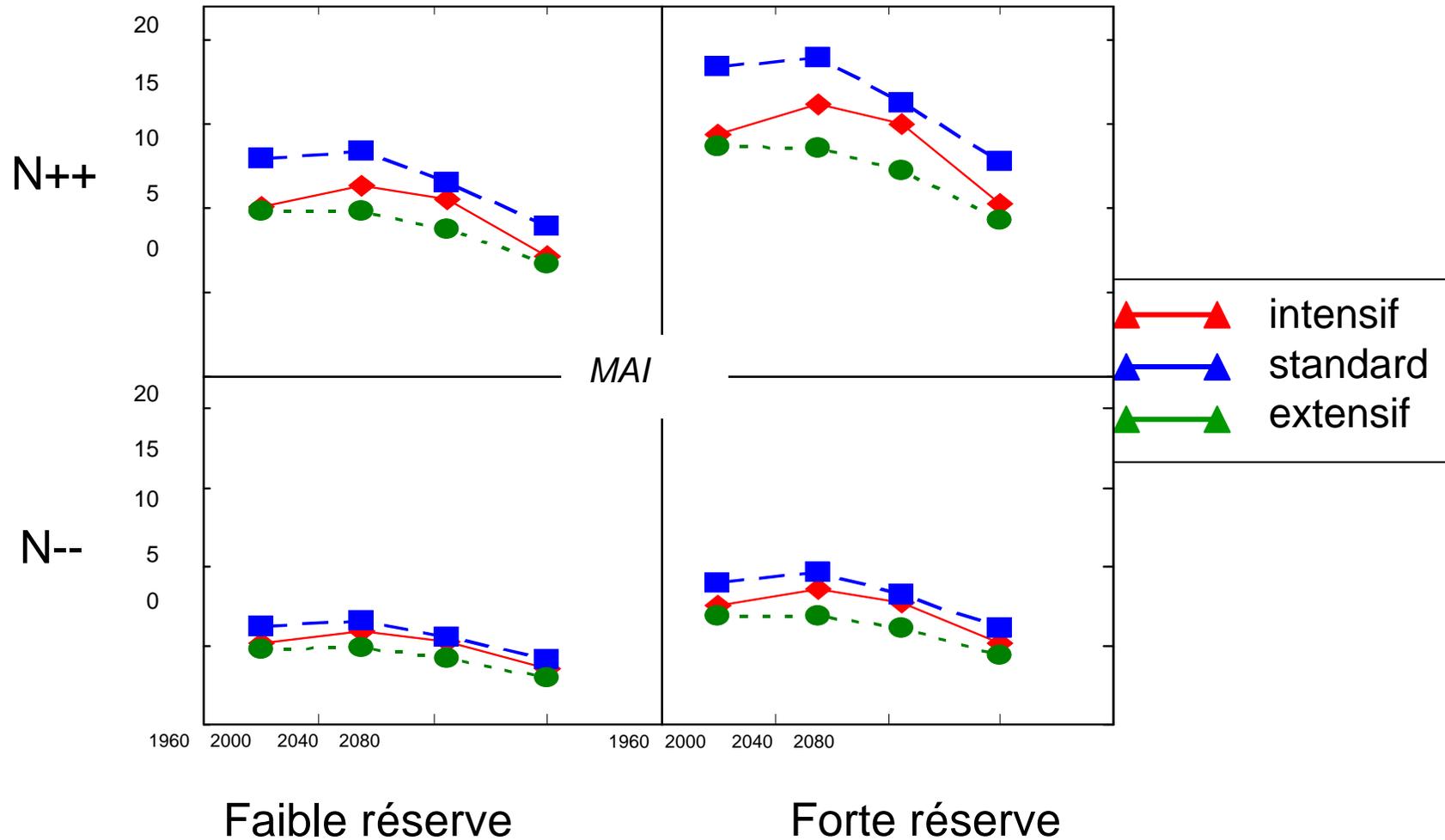
Adapter les forêts et l'aménagement ?

La sylviculture modifie l'impact du climat

COMPENSATION CARBONE & FILIERE BOIS AQUITAINE

18 décembre 2009

Production moyenne (m³.ha⁻¹.an⁻¹)



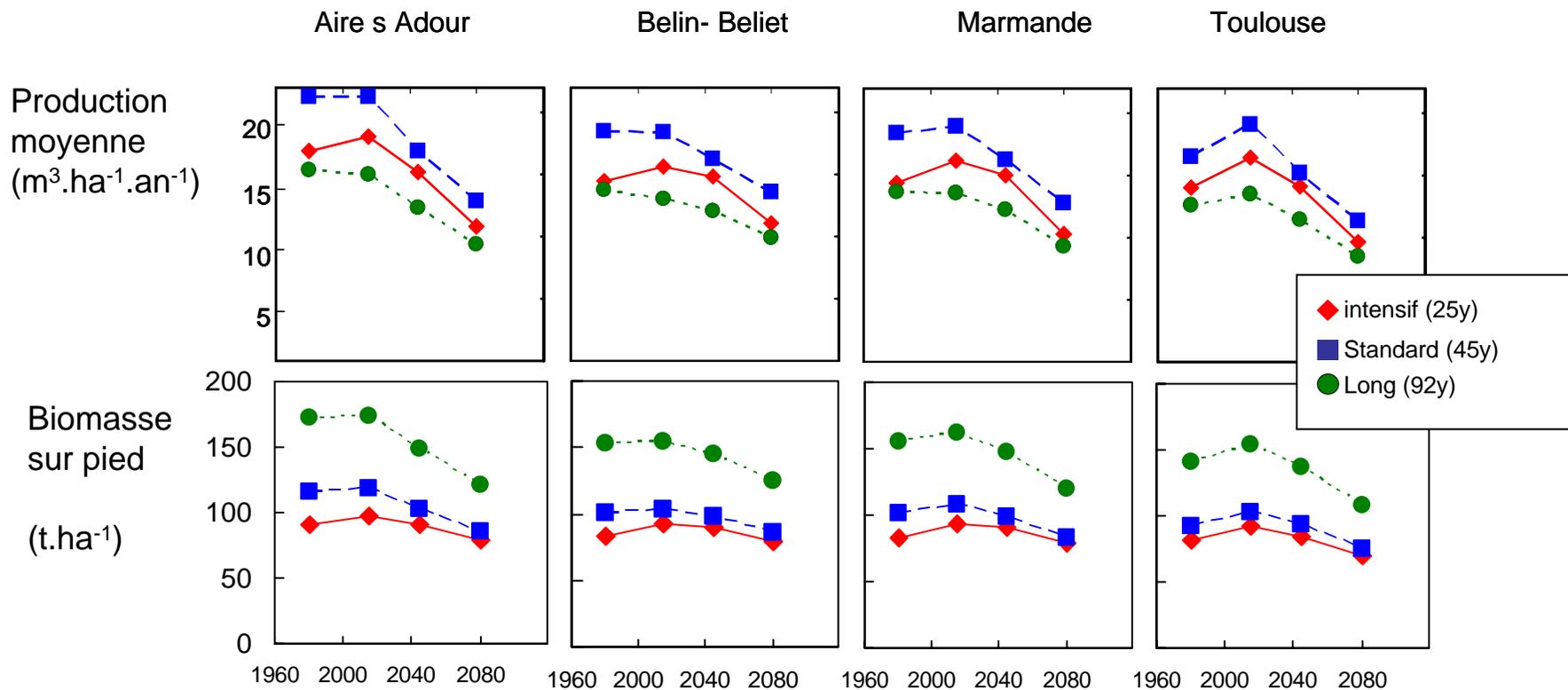
- Itinéraires intensifs sont les plus réactifs (+/-)
- Les stations fertiles amplifient les effets

COMPENSATION CARBONE & FILIERE BOIS AQUITAINE

Pôle Xylofutur

18 décembre 2009

Les impacts prévus: zonage



- Variation importante géographique des impacts
- Déclin général à long terme
- Opportunités à court terme

1. Sait on mesurer la séquestration de C par les forêts?
2. Quels contrôles du cycle du carbone forestier?
3. Impacts du climat sur les forêts françaises
4. Une sylviculture qui séquestre du carbone ?

Récapitulatif: le cycle du carbone en forêt

Systeme dynamique, couplé sol et atmosphère

Contrôles biologiques, physiques et anthropiques

L'unité de temps est la révolution entière

Prendre en compte toutes les fonctions et coûts climatiques de l'écosystème et activités anthropiques associées.

Une « séquestration » de carbone atmosphérique par les forêts peut s'opérer par:

- accroissement des stocks sol, biomasse, produits,
- allongement des temps de résidence
(sol, biomasse, produits)
- substitution au prélèvement de C fossile
production de biomasse - énergie,
bois matériau

Récapitulatif: mesurer la séquestration de carbone

Impératif d'une approche « net - net », complète, cohérente dans le temps, vérifiable et transparente :

- multi-échelles : local → global
- ensemble de la filière :
forêt et sylviculture, transport, transformation,
utilisation, fin de vie
- ensemble des effets:
stock en place,
effets de substitution,
- durée égale à une révolution
- documentée

Une sylviculture « ami du climat

(1) niveau peuplement

Site

- Mécanisation minimale, zéro labour.
- Potentiel productif maximisé: ex. fertilisation N , légumineuses, réserve en eau élevée, remédiation de l'acidification.

Peuplement

- Permanence du couvert végétal; arrêt du mitage, réduction de la vulnérabilité, sylviculture inéquienne
- Maintien proche de l'état de croissance maximale (pp[±] inéquien, production élevée, prélèvement sélectif)
- Potentiel adaptatif aux effets du changement global (climat, CO₂, dépôts N, hydrologie): ex. diversité intra- et inter-spécifiques

Idéotype forestier « ami du climat» (2) niveau régional

- Réduction des perturbations majeures: ex. intégrité horizontale du manteau forestier, diversification spécifique intra- et inter-peuplement
- Distribution des fonctions forestières selon le milieu:
 - Production sur milieux fertiles
 - stockage *in situ* sur milieux moins productifs.
- Allongement t.o. produits du bois (oeuvre, construction) et maximisation du remplacement de fuels fossiles: bois-énergie, construction, habitat
- Gestion appropriée des ressources en eau

Idéotype forestier « ami du climat » (3) niveau global

Extension de la superficie des forêts

Réduction des coûts d'exploitation forestière/bois en g.e.s
(transport, transformation)

Protection des sols

Substitution du carbone à faible temps de turn over