

Contraintes climatiques sur la production forestière



Crédit photo, INRA

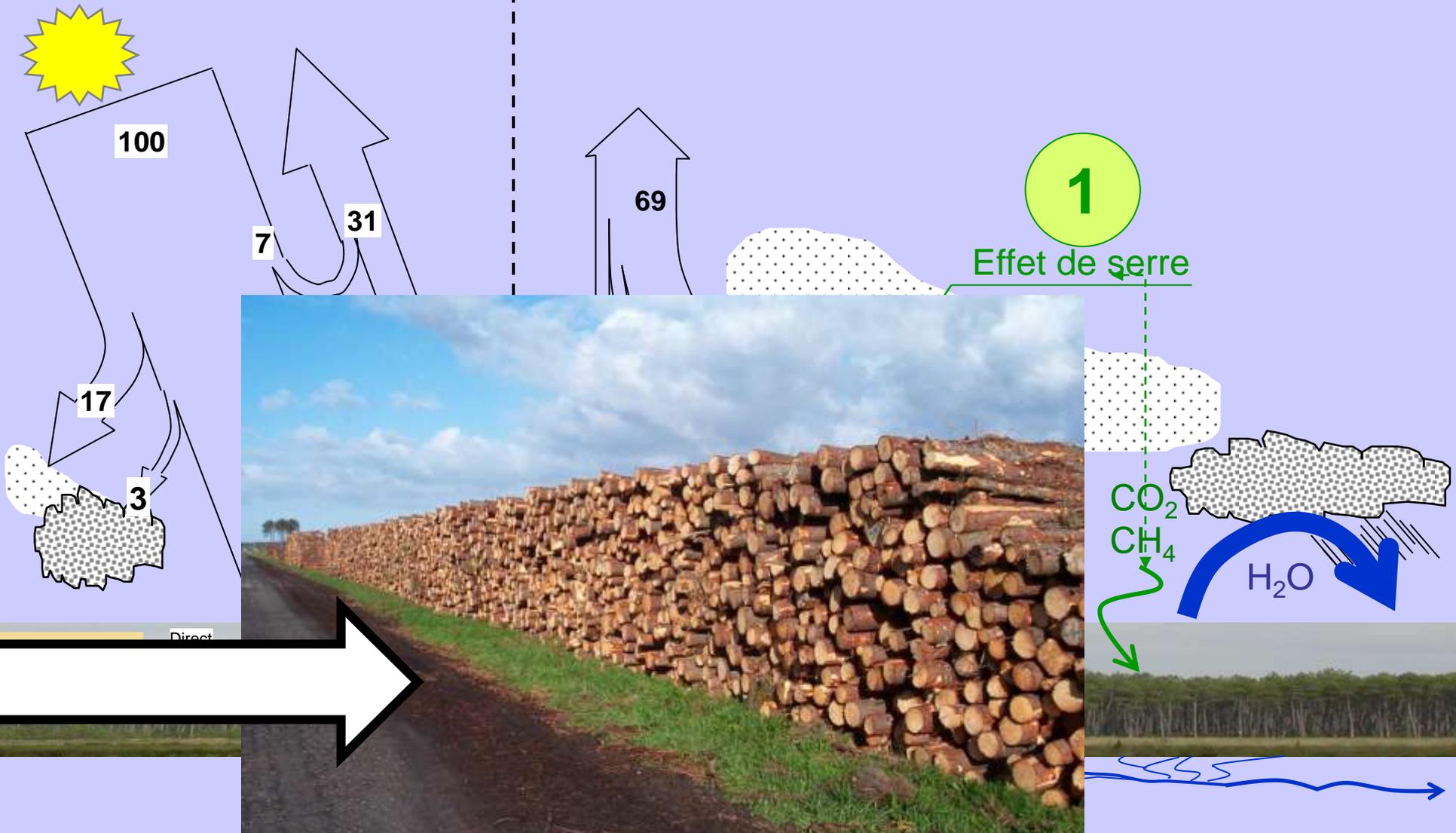
Denis Loustau et Alexandre Bosc

- Les facteurs écosystémiques de production du bois;
- Impact des facteurs climatiques: retour sur les pronostics
- Le changement climatique en 2011: faits et observations

Comment le bois est-il produit? système forestier

Rayonnement solaire

Rayonnement terrestre



Impact biogéochimique des forêts

7.7 GtC y⁻¹



+

1.4 GtC y⁻¹



4.1 GtC y⁻¹

45%



continental biosphere



3.0 GtC y⁻¹

29%

ocean

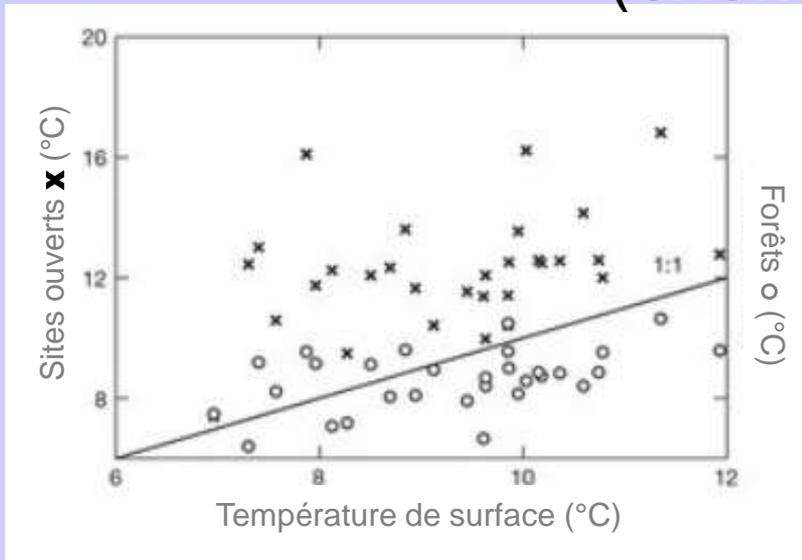


26%

2.3 GtC y⁻¹

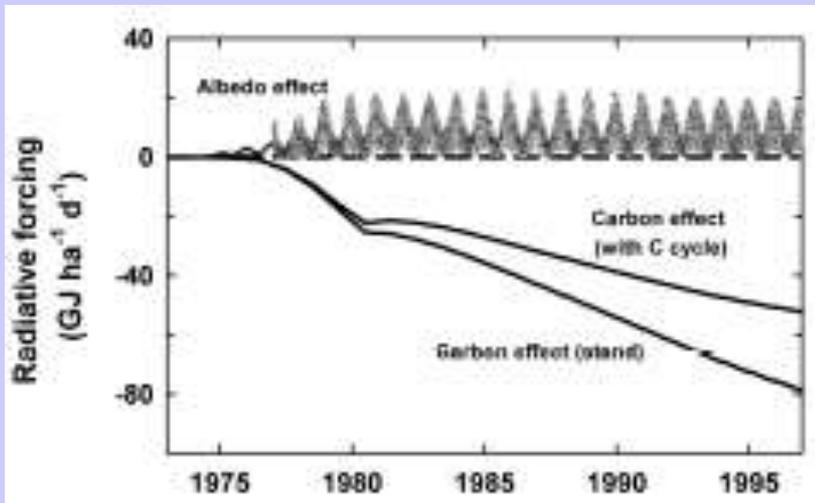
Impact climatique des forêts

(exemples)



Lee et al., *Nature*, 2011

Température locale moyenne de l'air
modifiée de $+0.8^{\circ}\text{C}$ à -0.2°C

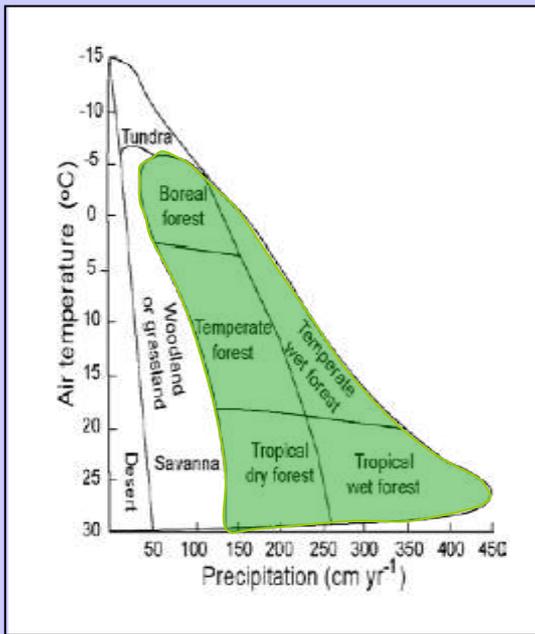


Effet climatique global du boisement de
prairies (Kirschbaum et al. *Biogeoscience*, 2011)

L'écosystème forestier :

- Système thermodynamique ouvert
absorbeur / dissipateur d'énergie
- Réacteur biogéochimique,
 - échangeur d'éléments
 - producteur de biomasse
- Régulateur du cycle hydrologique
- Refuge de biodiversité terrestre



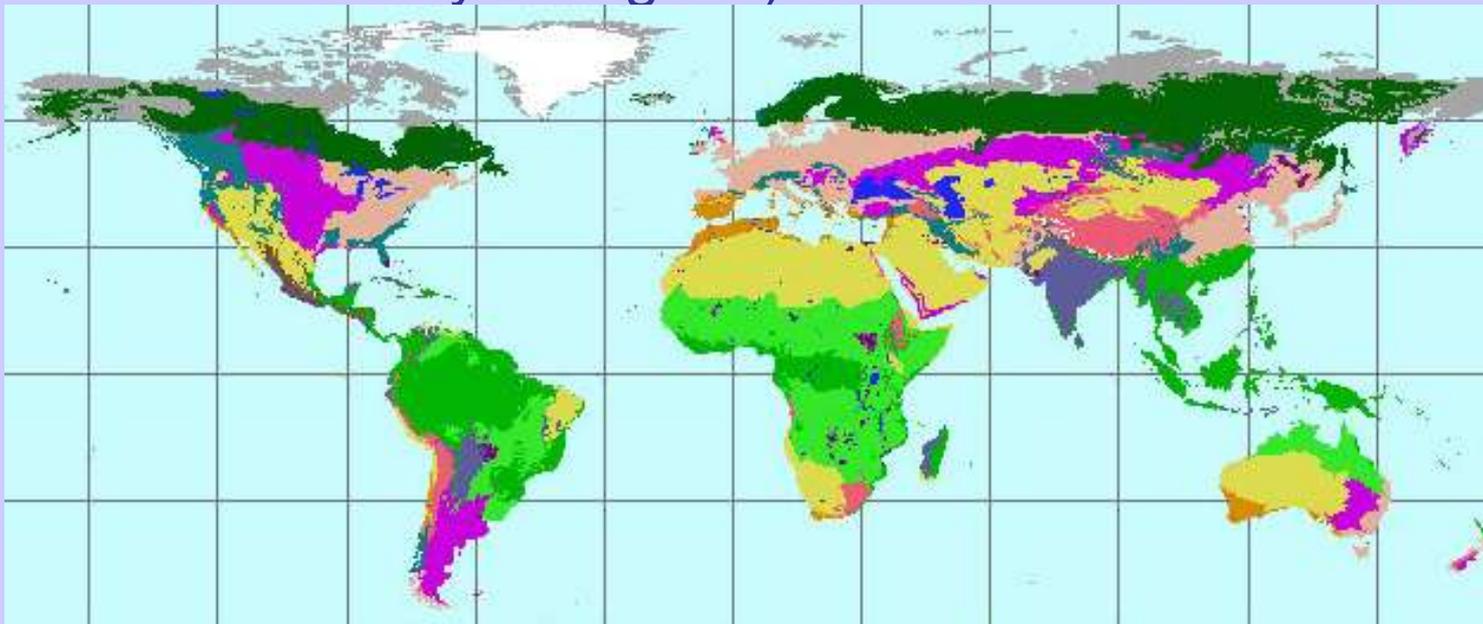


- Terme final des successions végétales terrestres, forte biodiversité

- Extension géographique (55 à >65% des terres émergées, 8000 BP, 30% en 2010)

→ Impact global considérable sur l'environnement **global** (atmosphère, hydrologie...)

Niche climatique



- Les facteurs écosystémiques de production du bois;

- Impact des facteurs climatiques: retour sur les pronostics (Carbofor, Climator)

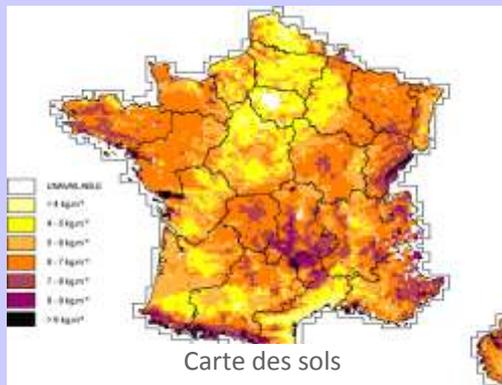
- Le changement climatique en 2011: faits et observations

Approche utilisée pour l'analyse de scénarios

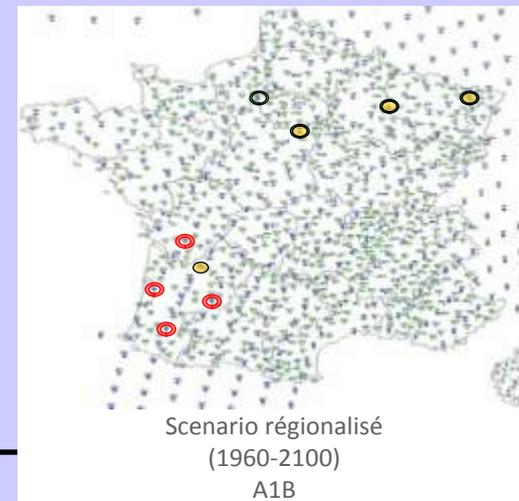
Données IFN
Carbone biomasse



Données RMQS
Carbone sol



Météo - France



Modèles de Fonctionnement

Projets

CARBOFOR, CLIMATOR,
DRYADE, QDIV

ORACLE, FAST, OPTIMAL

X

Matrices régionales

(SW & N)

Classes de Sol (N)
Points de grille (Climat)
Régimes de sylviculture
Initialisation des peuplements

=

Analyse des impacts « Services écosystémiques »

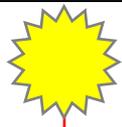
Estimation des flux
Séquestration de carbone
Scénarios de productivité
forestière

Modélisation du fonctionnement: l'approche multi-processus

Multi-functional process-based model of forest growth:

Ex: *Castanea* (CNRS- Univ. Orsay), *GRAECO* (INRA Bordeaux), *ORCHIDEE-FM* (LSCE)

Clouds ← H₂O



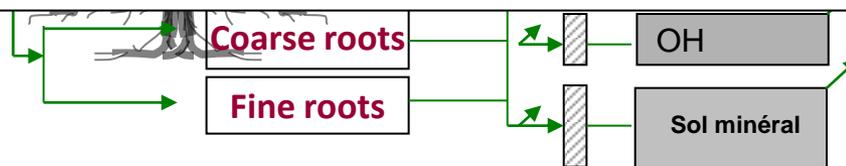
CO₂

- ☺ **intégrative**; permet le changement d'échelle de la feuille à l'arbre et de l'arbre au peuplement et au continent;
- ☺ de plus en plus **robuste**; interfacée avec des bases de données multisources (Carbo-Europe, ICOS, FluxNet, satellite MODIS, inventaires);
- ☺ **adaptable et évolutive** (ozone, projet VULNOZ, dépôts azotés (N-Europe), pathogènes et ravageurs, projet GICC FAST);
- ☹ complexe, mal comprise, peu visible, encore trop peu développée en France.

(Rh)

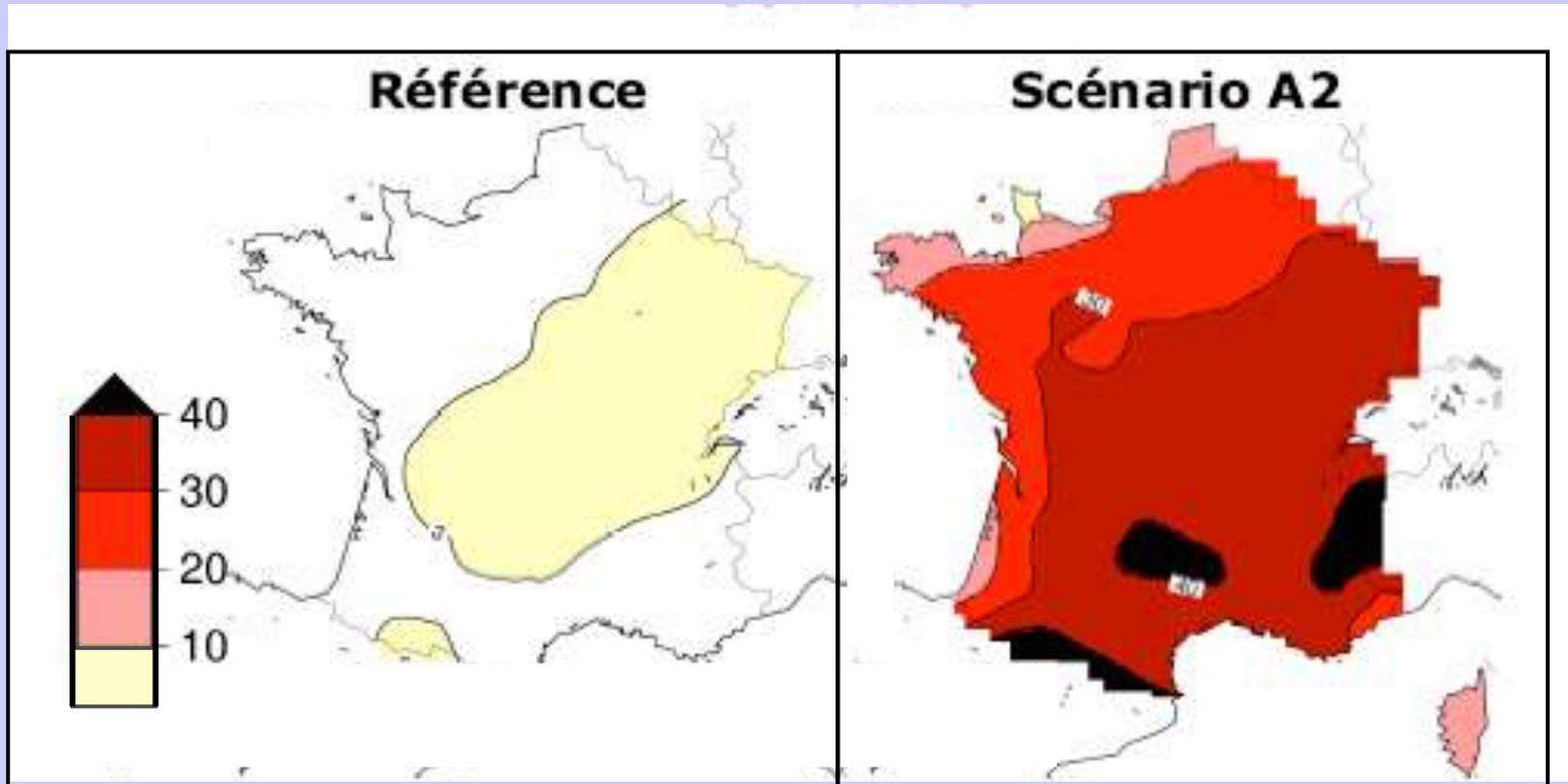
Soil water → Root uptake

Belowground water

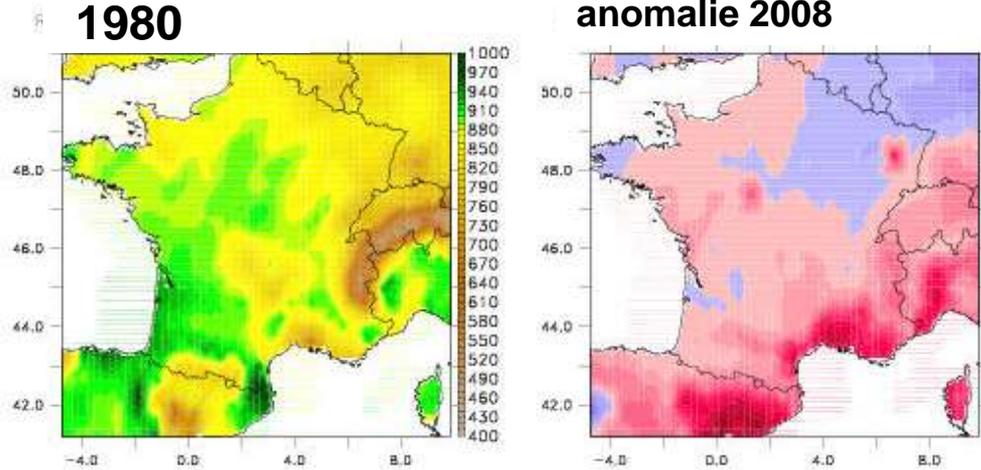


Scénarios climatiques (A2) 2000-2100

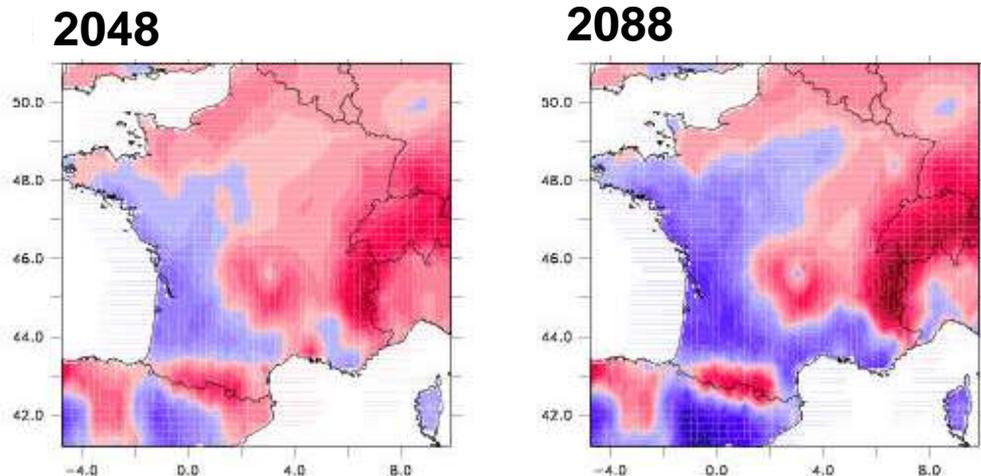
- plus chaud, plus sec,
- du CO₂ des dépôts d'azote, de l'ozone,
- des canicules plus fréquentes (cf. décennie 2002-2011)
- tempêtes et autres extrêmes en augmentation probables
- invasions et pertes de biodiversité



Des prévisions pour la France



Anomalie, (NPP en $\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$)

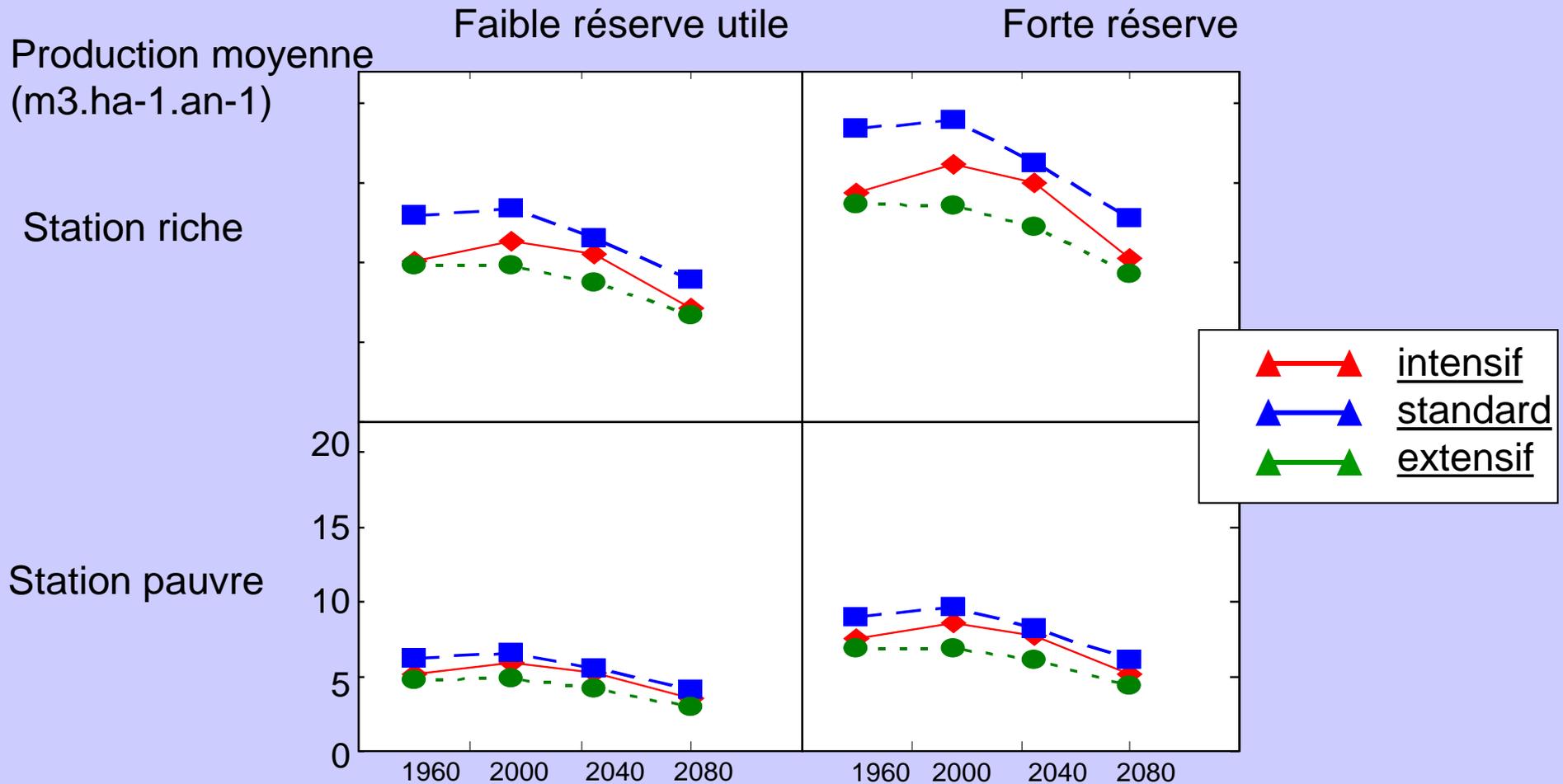


Conifères de plaine 1960 – 2100

- Évolution discontinue avec une inversion en 2040

- Contrastes géographiques importants avec un effet décroissant du Nord au Sud

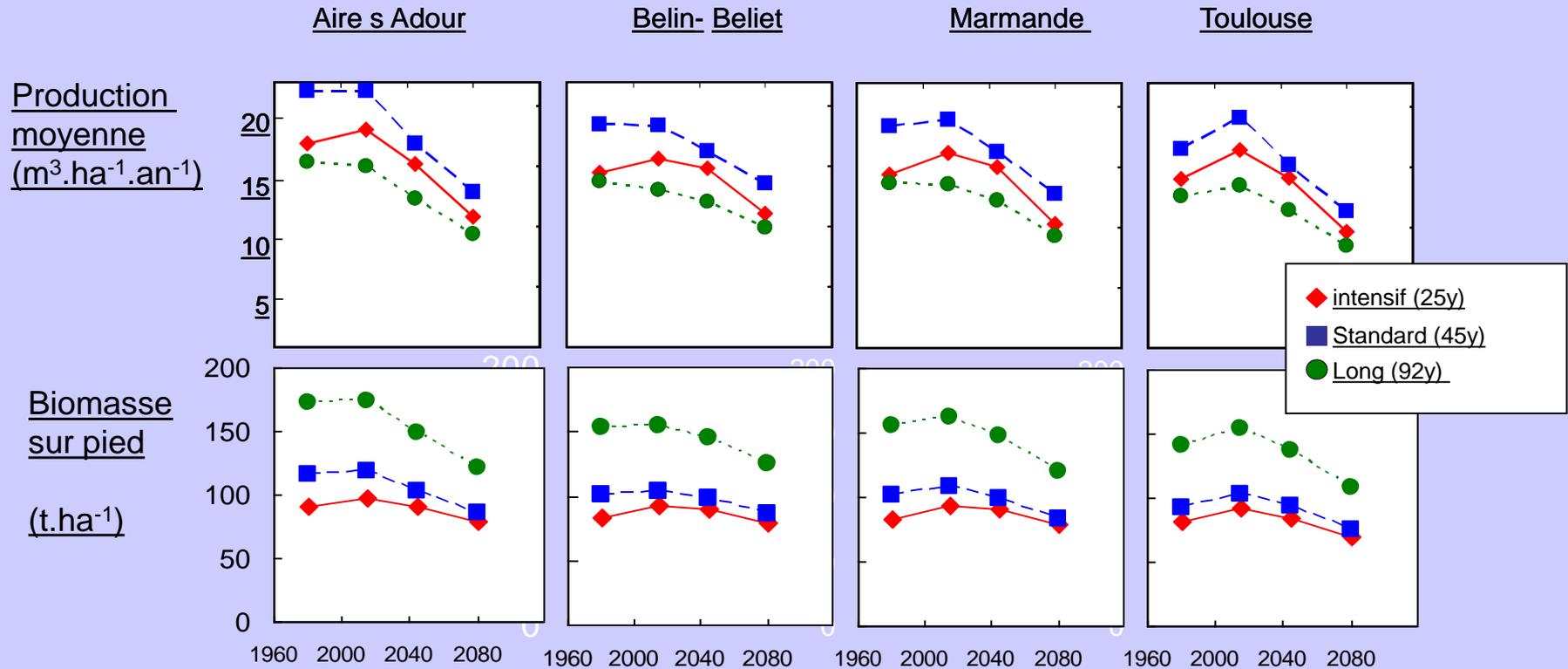
Futaies de pin maritime, Nord Gironde



Principales interactions climat - production:

- Les itinéraires intensifs sont plus réactifs;
- Les stations fertiles amplifient les effets;

Les impacts prévus: zonage infra régional

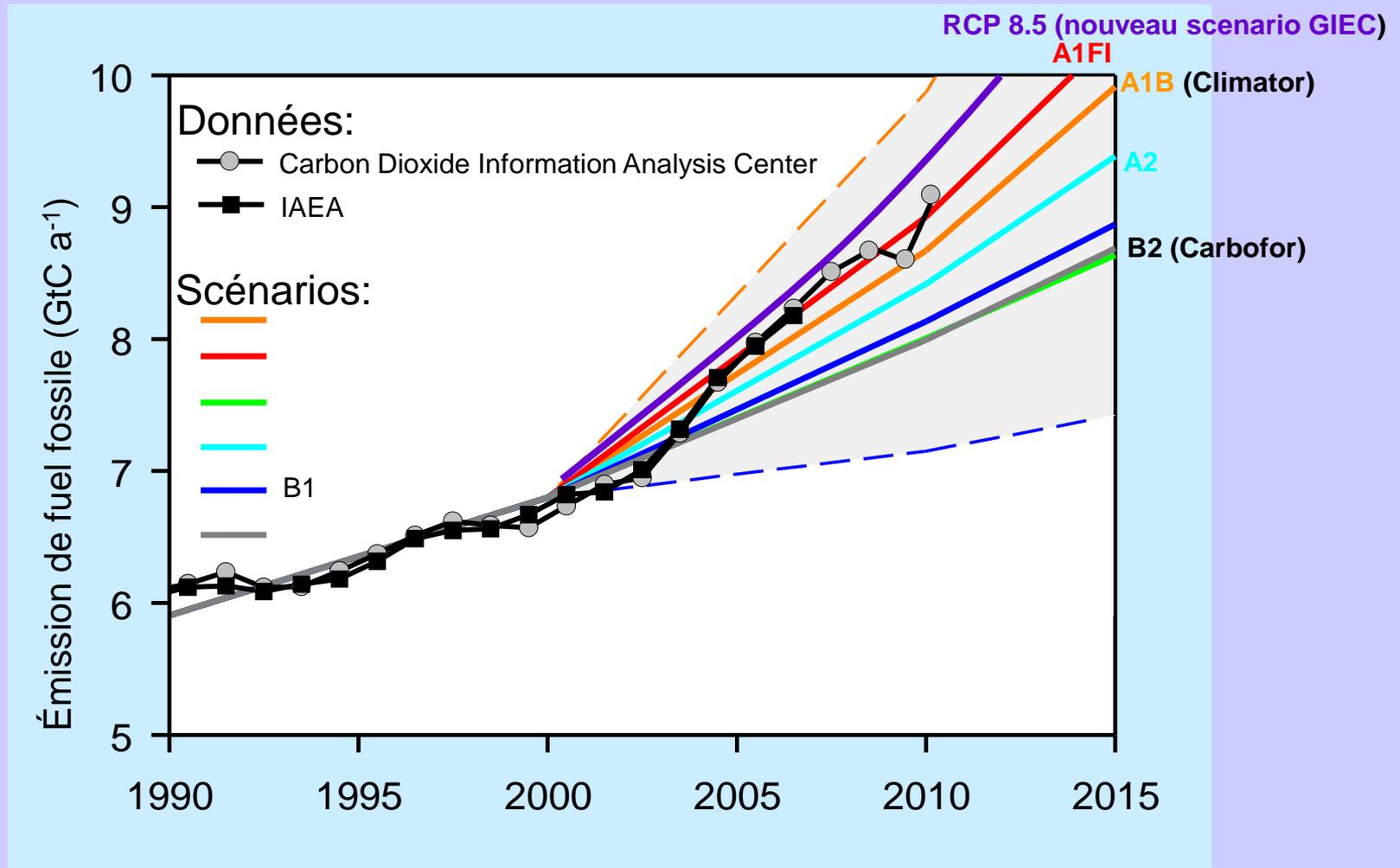


- Forte variation géographique des impacts (gradient climatique)
- Déclin général à long terme
- Opportunités à court terme

- Les facteurs écosystémiques de production du bois;
- Impact des facteurs climatiques: retour sur les pronostics

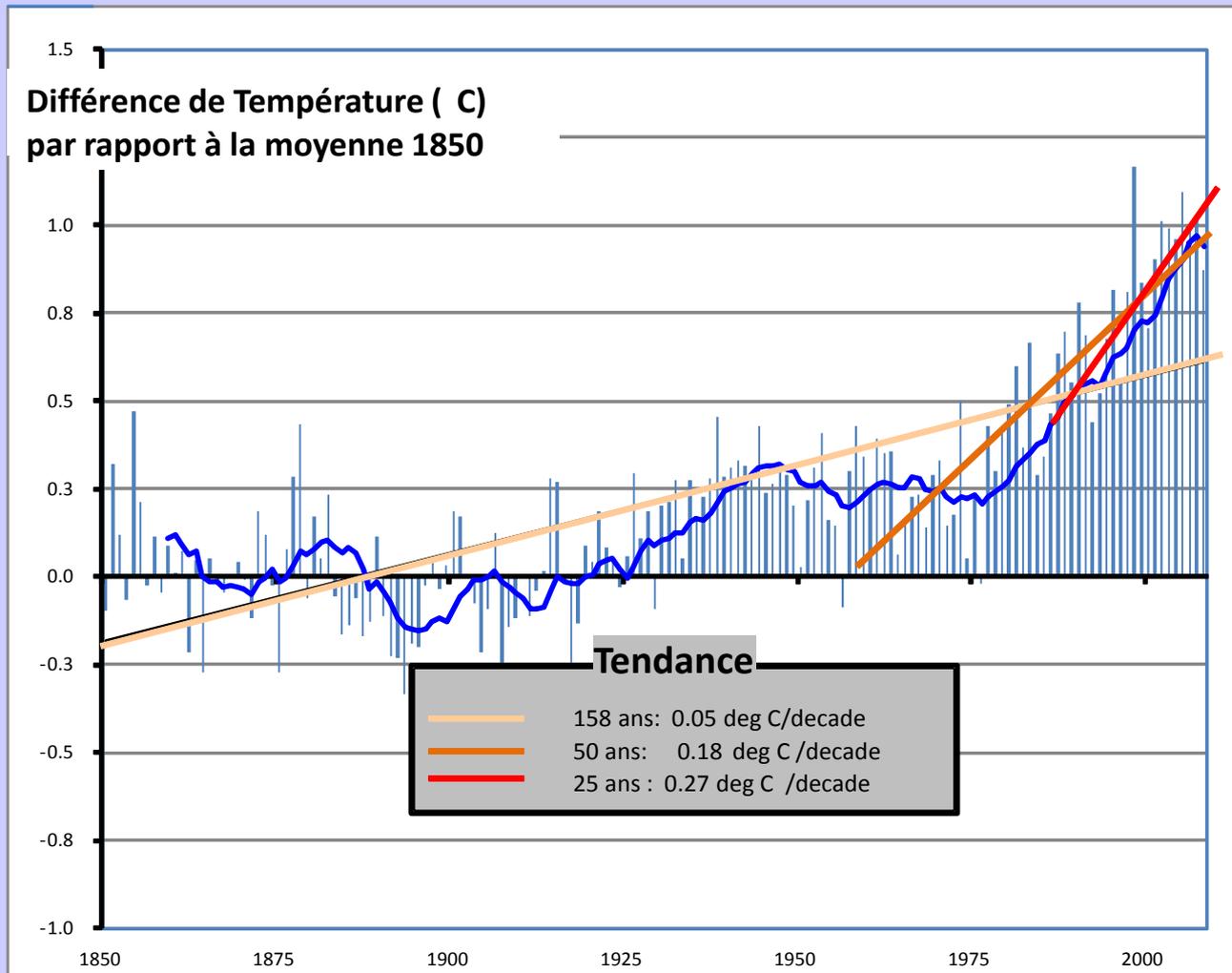
- Le changement climatique en 2011: faits et observations: où en est on après Durban?

Trajectoire des émissions et scénarios du GIEC (m.a.j. 2011)

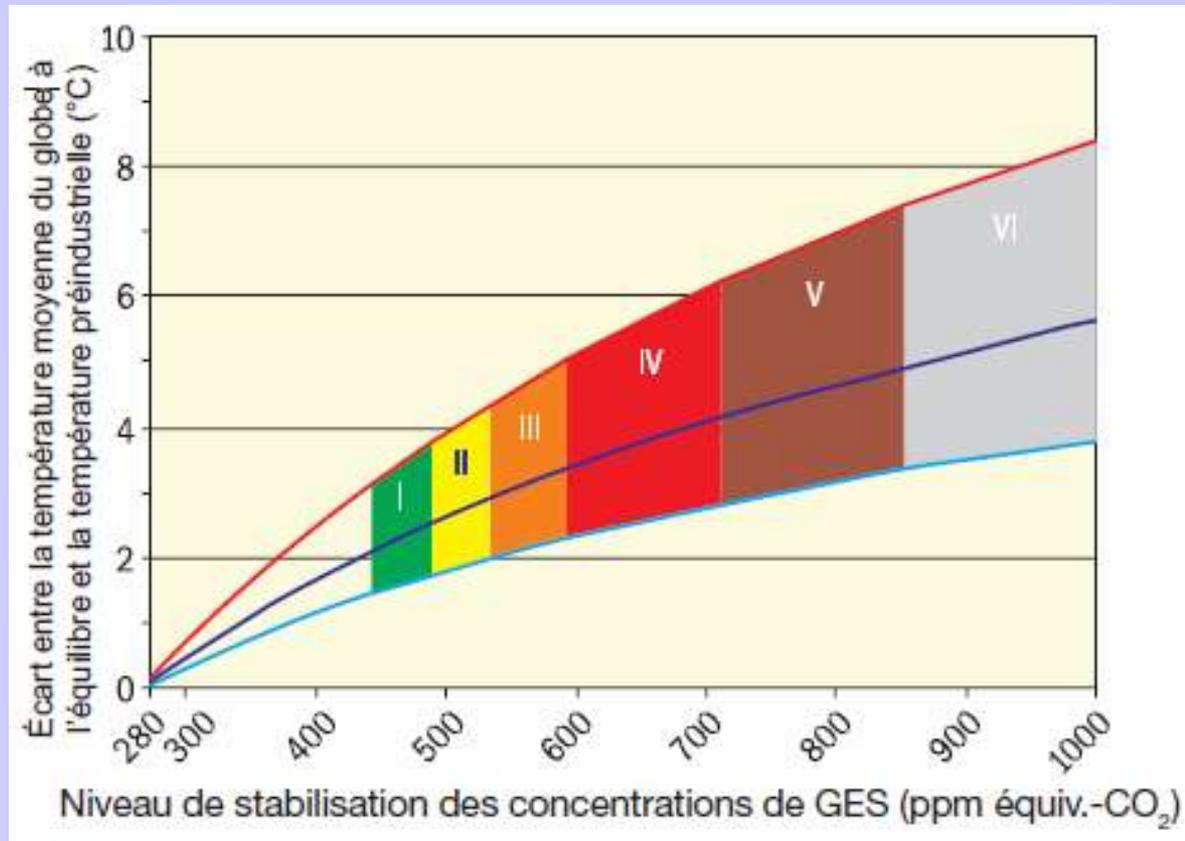


Raupach et al. 2007, *PNAS*, updated; Le Quéré et al. 2009, *Nature Geoscience*; FMI 2009
Friedligstein et al., 2011, *Nature Geoscience*. Moss et al. 2010, *Nature*.

Reconstitution de l'évolution de la température moyenne de l'air de l'Europe continentale

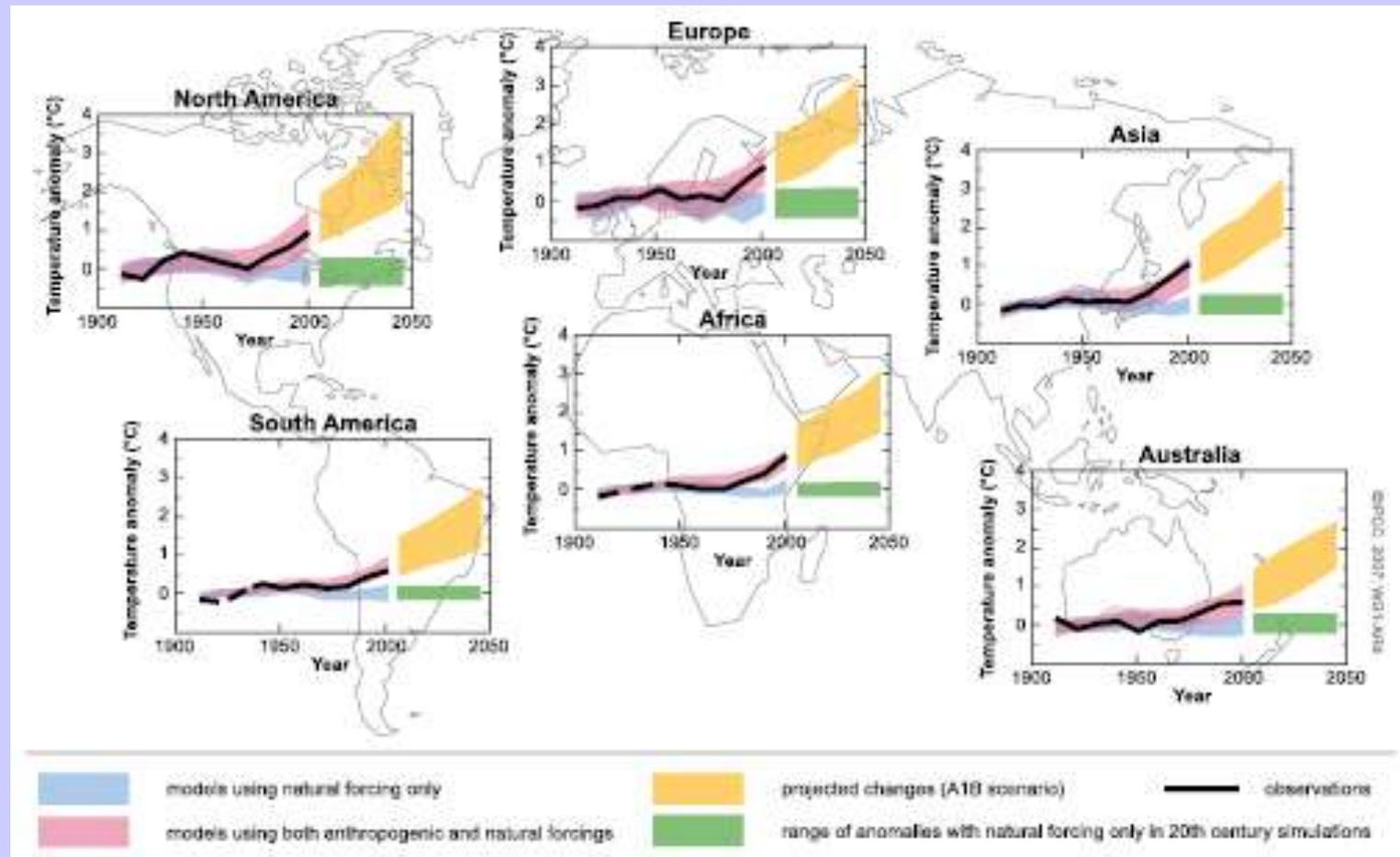


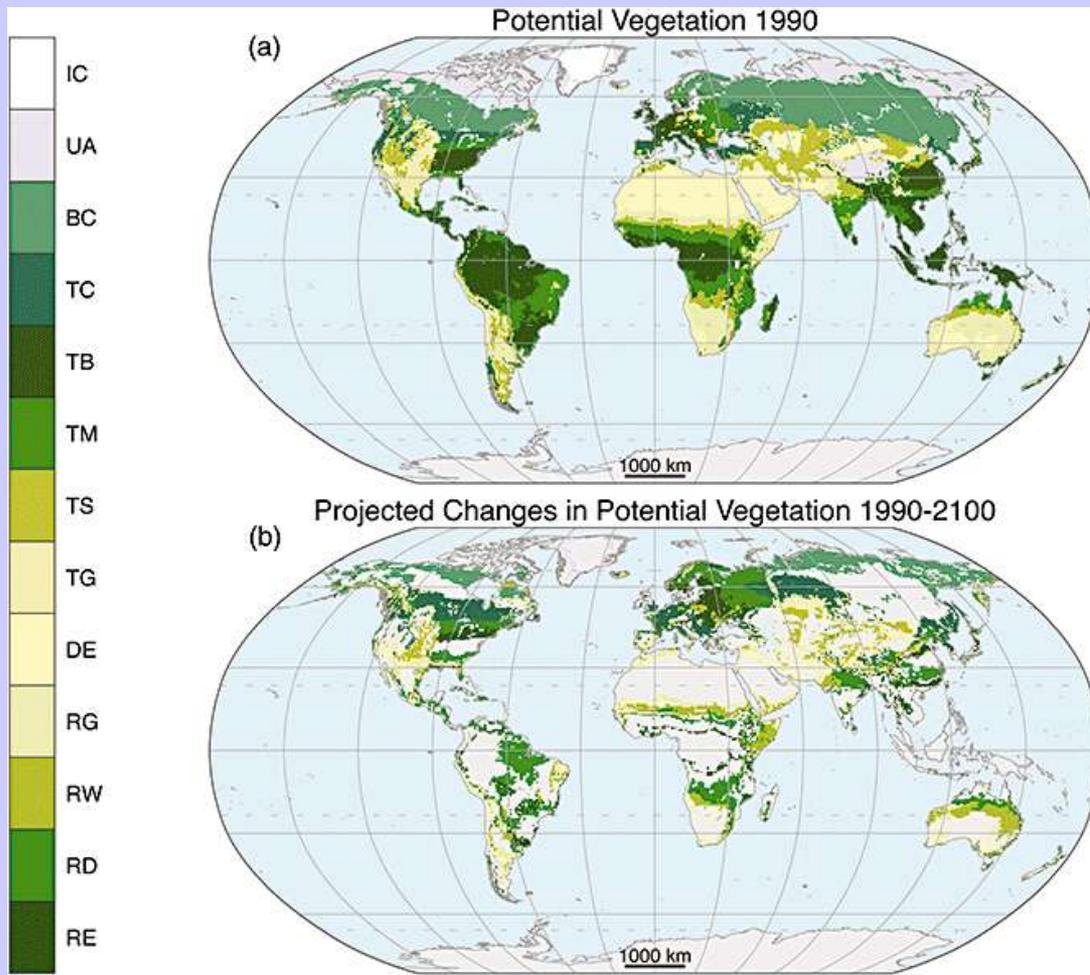
Niveau de stabilisation en CO₂ atteint et élévation de température moyenne globale.



- L'extrapolation de la trajectoire actuelle aboutirait à une élévation de plus de **8 deg C** sur les continents.
- L'émission additionnelle de CO₂ depuis le permafrost (non prise en compte) accélère de 10-20% la vitesse d'évolution du changement climatique.
(ajout de 1GtC par an pendant plusieurs décennies
Schuur et al., *Nature*, 2009, Muskett et Romanovsky, *Natural Science*, 2011)

Prévision de l'élévation de température par continent (obsolète !).



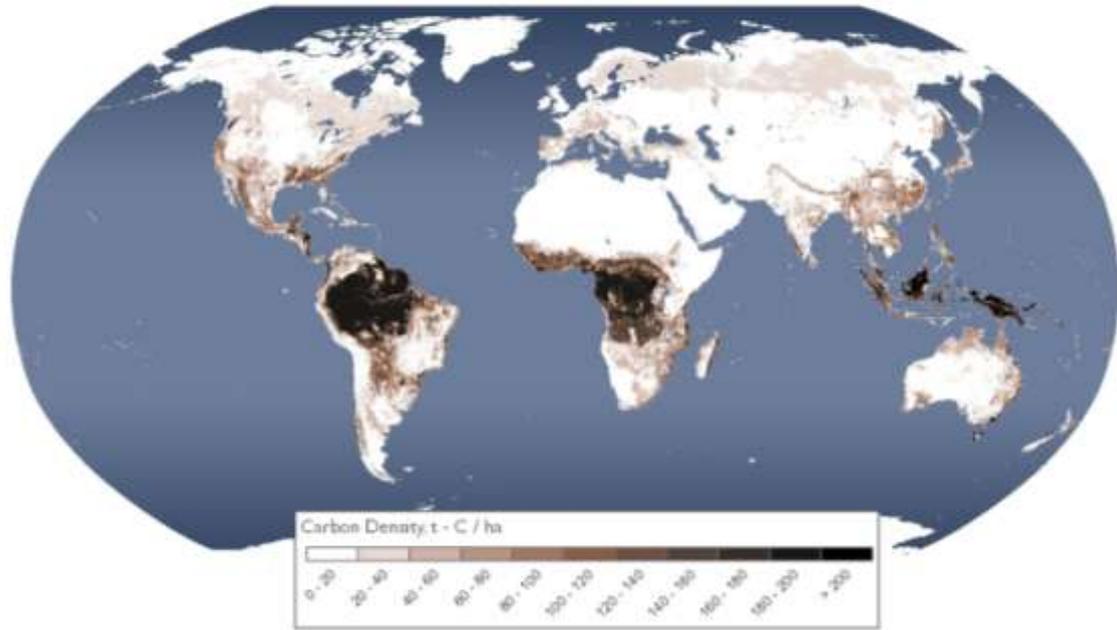


Gonzalez et al. *Global Ecol. & Biogeog.* 2010

5 à 40 % de la surface des biomes forestiers est vulnérable au changement climatique (Gonzalez et al. 2010)

La capacité de migration et d'adaptation intrinsèques des essences forestières sont limitées. (cf. Smith et Beaulieu 2009)

Global Above- and Below-ground Living Biomass Carbon Density



Ruesch, et al. 2008. New IPCC Tier-1 Global Biomass Carbon Map For the Year 2000.



Scharlemann, J., Hiederer, R., Kapos, V. (2009). *UNEP-WCMC & EU-JRC*, Cambridge, UK.

Les zones vulnérables ont les plus fortes densités en carbone:

←Biomasse (zone tropicale)

←Sol (permafrost et tourbières boréales)

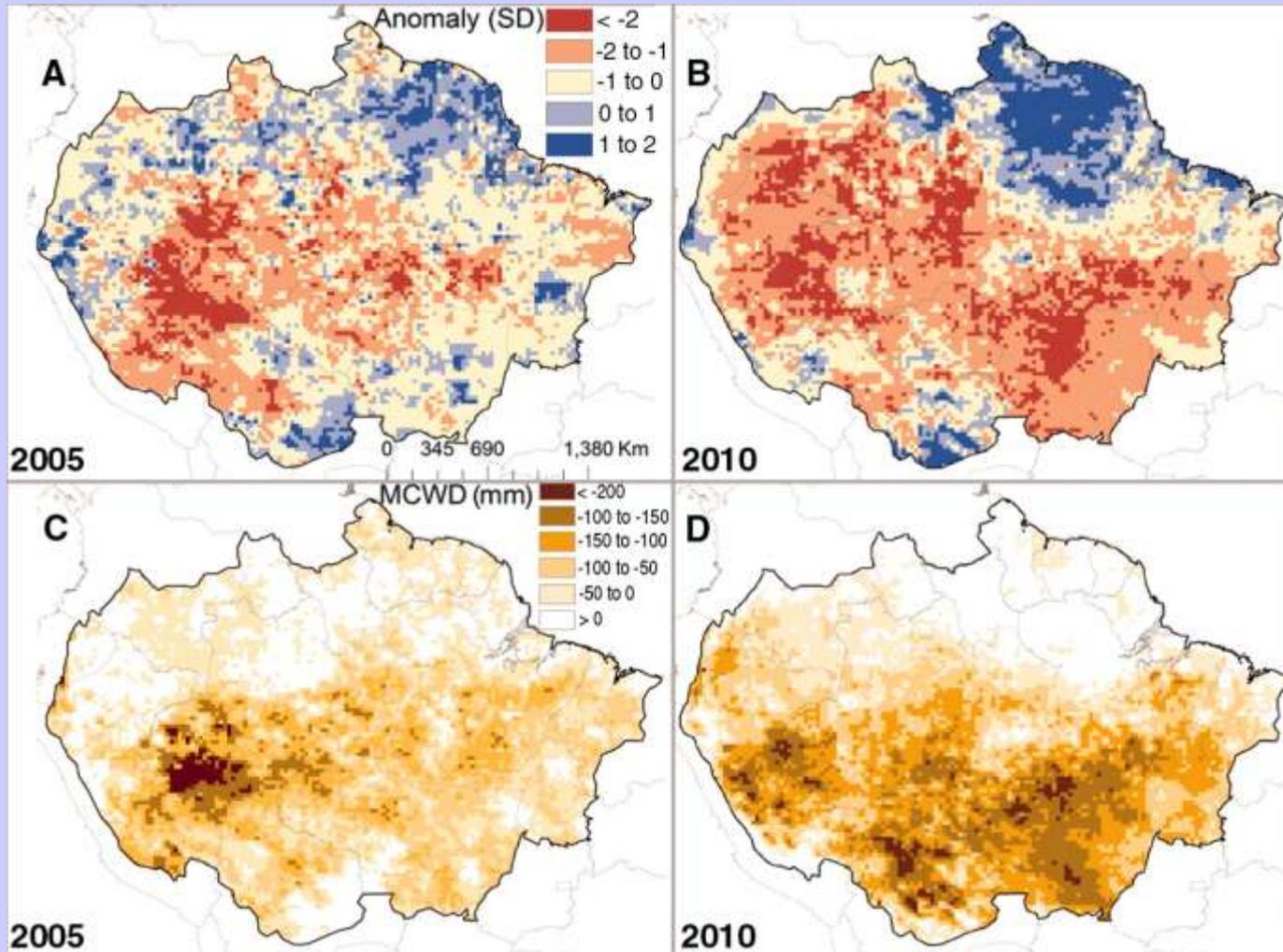
(Schuur et al. 2008, Muskett et Romanovsky, *Natural Science*, 2011)

Cette rétroaction n'est pas encore prise en compte dans les scénarios climatiques analysés.

Plusieurs observations **récentes**, **indépendantes et convergentes** de dégradation des forêts exposées:

- **En France et en Europe**, (e.g. Ciais et al. 2005 *Nature*), séries de sécheresse canicules 2002-2011, tempêtes 1999, 2009,
- **En zone méditerranéenne** (Carnicer et al., *PNAS* 2011, Filippo et al. *Ann For Sci*, 2010, Piovesan et al. *Glob.Ch.Biol.*, 2008)
- **En forêt amazonienne** (Lewis et al., *Science*, 2011)
- **En forêt Eurasienne** (Piao et al., *Glob.Ch.Biol.*, 2011)

Repeated drought events led Amazonian rainforest from a weak sink to a strong source



« À long terme, il est probable que, si rien ne vient atténuer les changements climatiques, la capacité d'adaptation des systèmes naturels, aménagés et humains sera dépassée. Une stratégie limitée aux seules mesures d'adaptation pourrait se solder par des changements climatiques trop importants pour qu'une adaptation efficace soit possible, si ce n'est à un prix social, écologique et économique exorbitant »

Conclusion : QUE FAIRE ? Priorités pour l'action.

1. **Atténuer** : réduire et stopper le changement climatique de toute urgence (pour les forêts , mais pas seulement...)

2. **Optimiser** le potentiel des forêts pour araser le pic de CO₂ annoncé:
biomasse, **sol** ,
séquestration, substitution.

Conclusion : QUE FAIRE ? Priorités pour l'action.

3. **Assister l'adaptation des ECOSYSTEMES**: structure, composition ,
étagement, composition, reproduction et régénération,
sélection évolutive dirigée,... :

Tout (ou presque) reste encore à faire !

4. Inscrire l'action de gestion et d'aménagement
dans les **contextes**

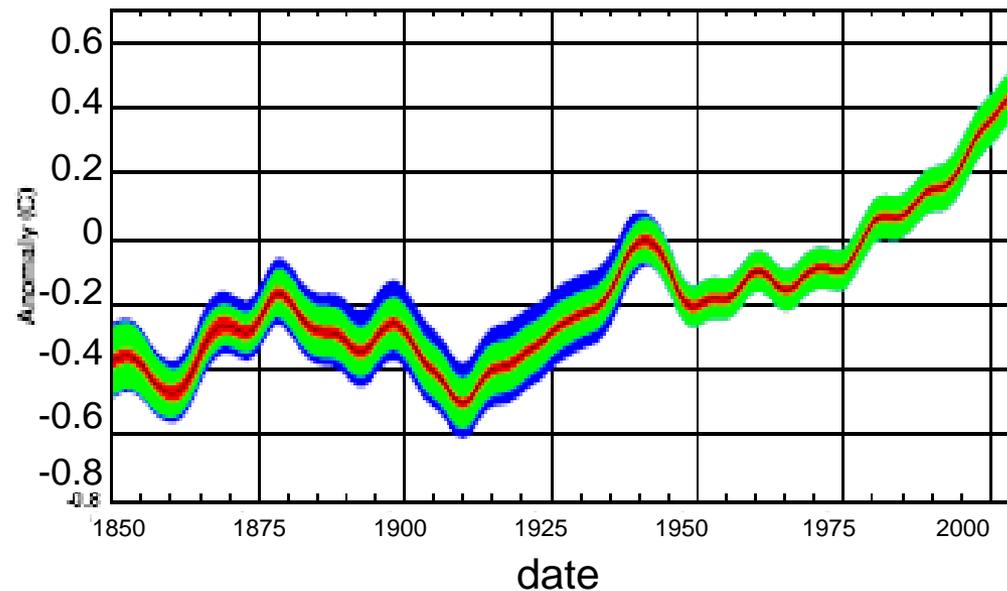
local ←et→ global

A dirt path winds through a dense forest. The path is covered in fallen leaves and small rocks, leading into the distance. The trees are lush green, and sunlight filters through the canopy, creating dappled light on the ground. The overall atmosphere is peaceful and natural.

Merci

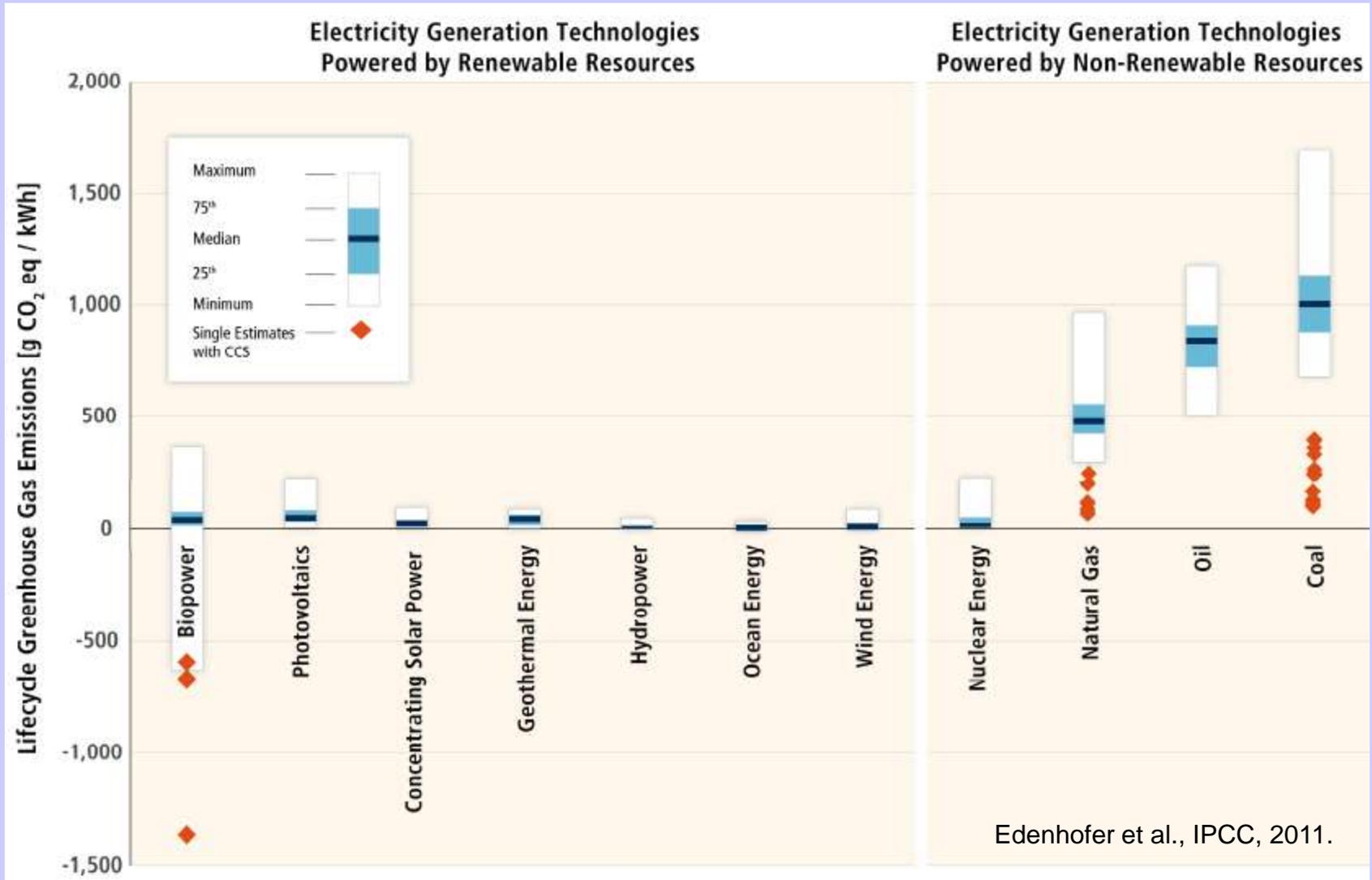
Climat et cycle du carbone : le réchauffement, brutal, global

Anomalie de T.
vs
1961-1990
(°C)



Evolution de la température moyenne terrestre relativement à 1961-90. (*moyenne pondérée des données filtrées et corrigées d'un ensemble de base de 4389 stations météo*)

Brohan et al. 2006 *J. Geophysical Research*.



Regional carbon accumulation in forests (from forest inventories data)

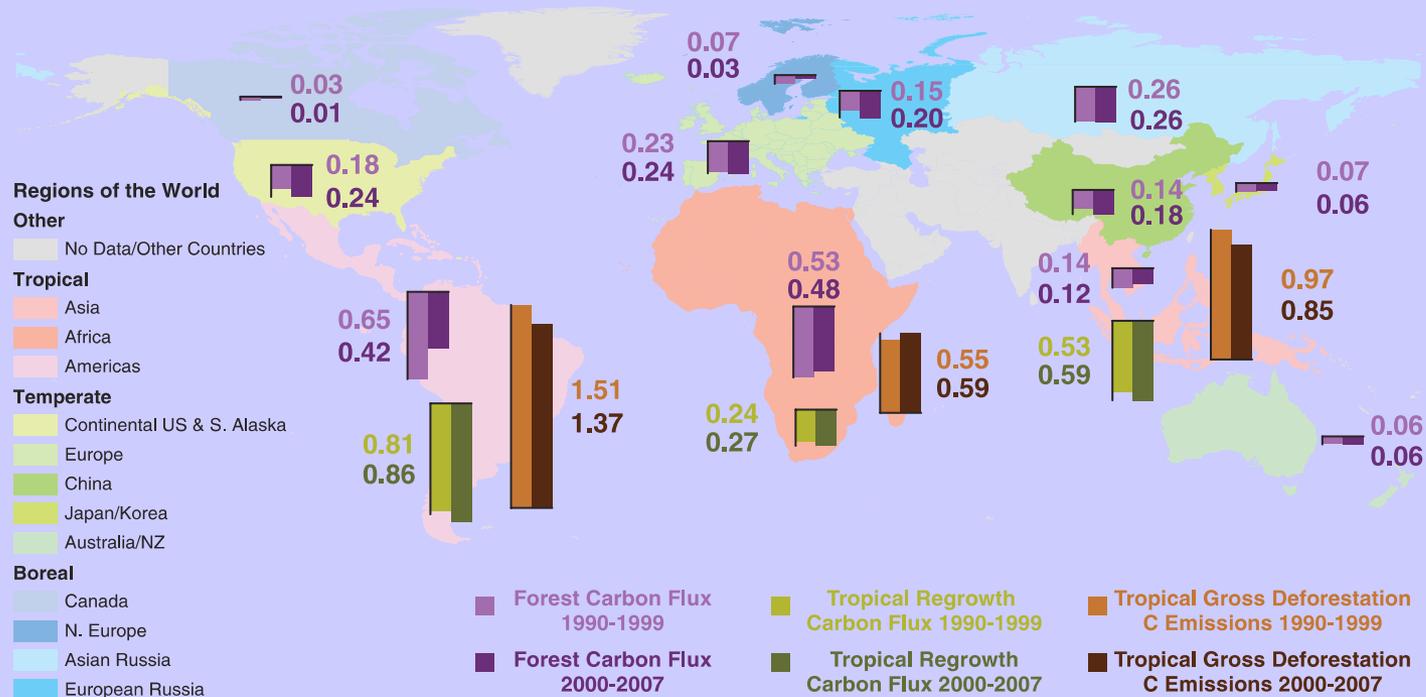


Fig. 1. Carbon sinks and sources (Pg C year⁻¹) in the world's forests. Colored bars in the down-facing direction represent C sinks, whereas bars in the upward-facing direction represent C sources. Light and dark purple, global

established forests (boreal, temperate, and intact tropical forests); light and dark green, tropical regrowth forests after anthropogenic disturbances; and light and dark brown, tropical gross deforestation emissions.

Global synthesis of forest biomass inventories (Pan et al. *Science* 2011)

The forest C accumulation is equivalent to almost half of fossil fuel emissions

Carbon sink and source in biomes	1990–1999	2000–2007	1990–2007
Boreal forest	0.50 ± 0.08	0.50 ± 0.08	0.50 ± 0.08
Temperate forest	0.67 ± 0.08	0.78 ± 0.09	0.72 ± 0.08
Tropical intact forest*	1.33 ± 0.35	1.02 ± 0.47	1.19 ± 0.41
Total sink in global established forests†	2.50 ± 0.36	2.30 ± 0.49	2.41 ± 0.42
Tropical regrowth forest‡	1.57 ± 0.50	1.72 ± 0.54	1.64 ± 0.52
Tropical gross deforestation emission§	-3.03 ± 0.49	-2.82 ± 0.45	-2.94 ± 0.47
Tropical land-use change emission	-1.46 ± 0.70	-1.10 ± 0.70	-1.30 ± 0.70
Global gross forest sink¶	4.07 ± 0.62	4.02 ± 0.73	4.05 ± 0.67
Global net forest sink#	1.04 ± 0.79	1.20 ± 0.85	1.11 ± 0.82

Equations of global forest C fluxes

$$F_{\text{established forests}} = F_{\text{boreal forests}} + F_{\text{temperate forests}} + F_{\text{tropical intact forests}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$F_{\text{tropical land-use change}} = F_{\text{tropical gross deforestation}} + F_{\text{tropical regrowth forests}} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$F_{\text{gross forest sink}} = F_{\text{established forests}} + F_{\text{tropical regrowth forests}} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$F_{\text{net forest sink}} = F_{\text{established forests}} + F_{\text{tropical land-use change}} \quad (\text{Eq. 4})$$

NBP = 4.0 Pg C y⁻¹ in “established” forests