



# Rôle des forêts et de la bioénergie dans la lutte aux changements climatiques: séquestration du carbone et bioénergie

David Paré et Pierre Bernier  
Service canadien des forêts

2<sup>ème</sup> symposium, valorisation de la biomasse et des résidues de transformation:  
Perspective et développement pour la production d'énergie



# Rôle des forêts et de leurs aménagement pour mitiger les changements climatiques: beaucoup de confusion

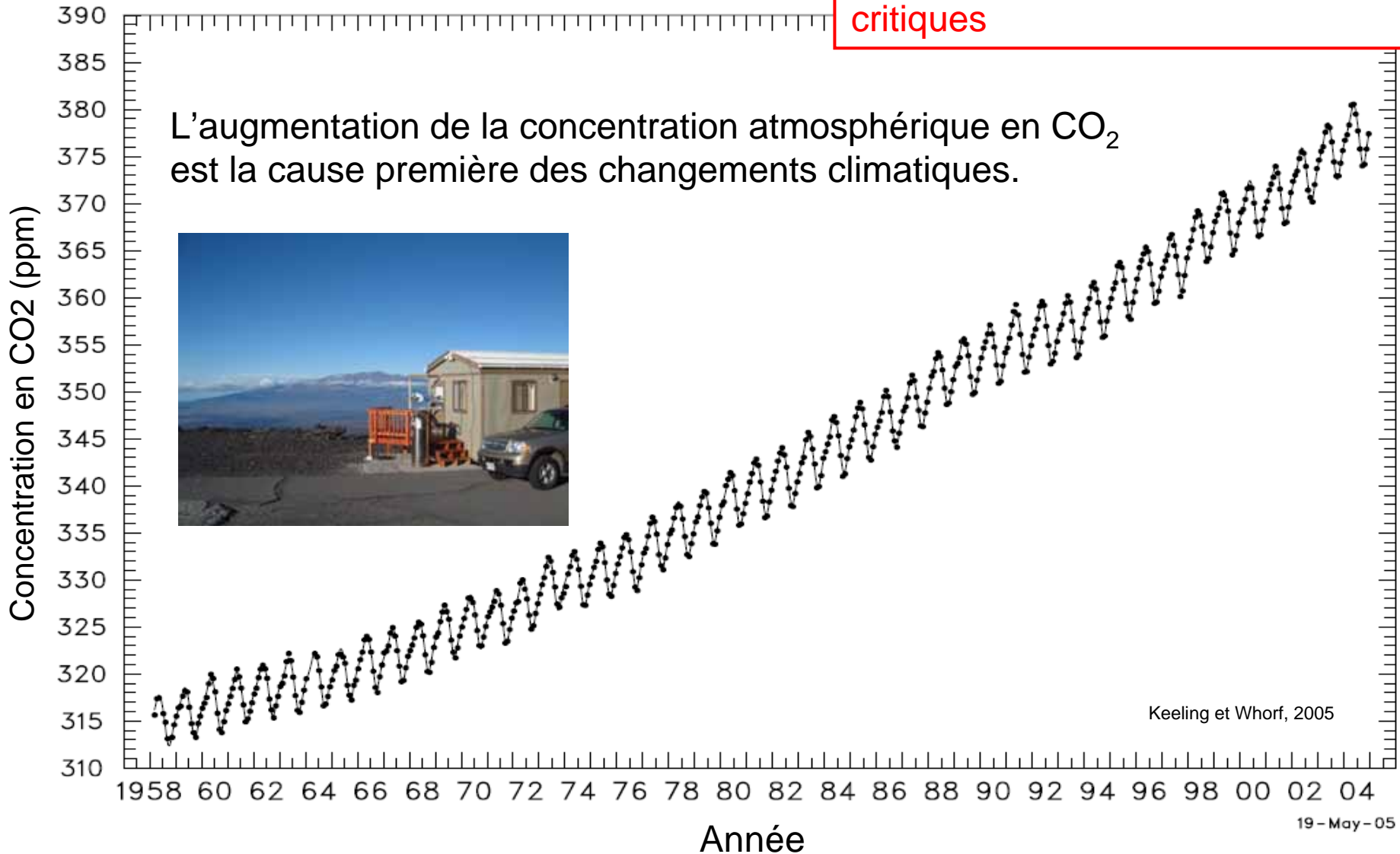


# Le problème

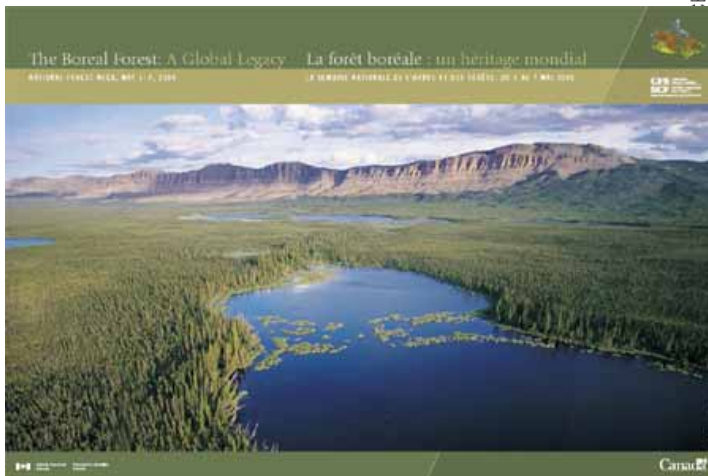
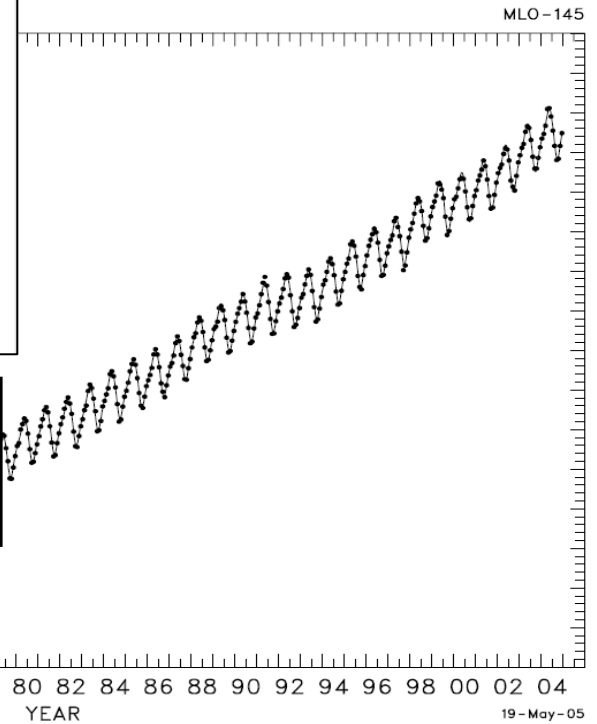
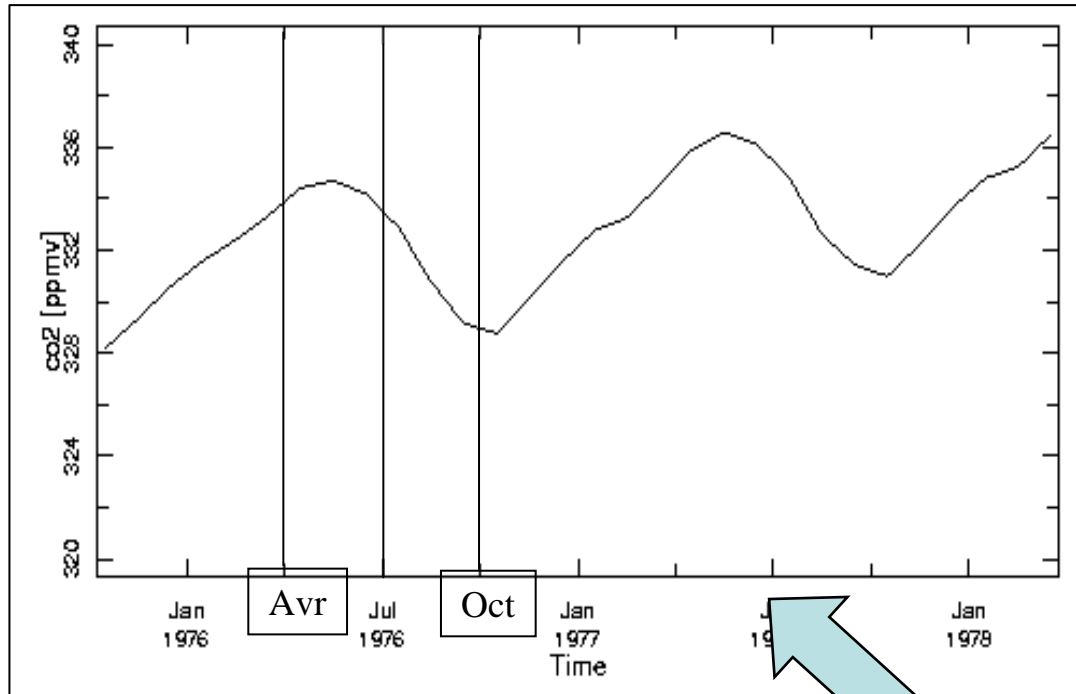
GIEC: 450ppm: seuil critique

Les prochains 50 ans sont critiques

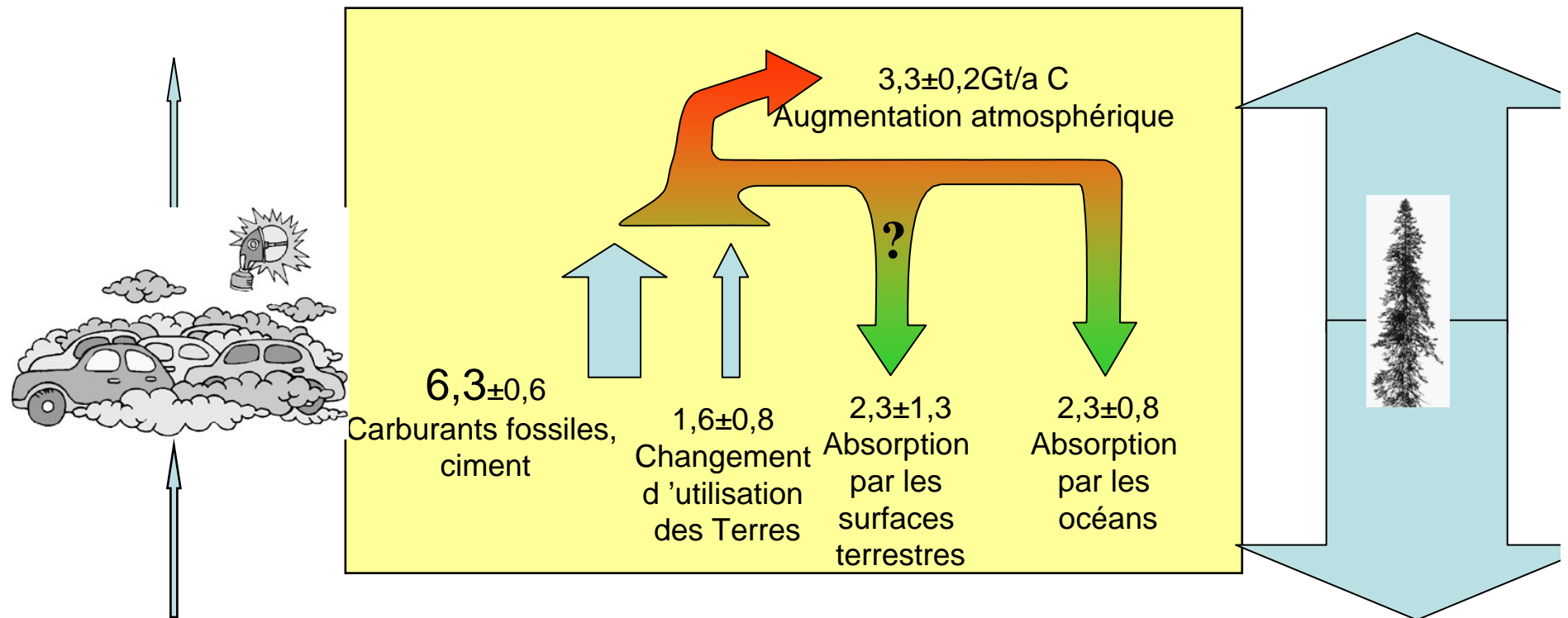
MAUNA LOA OBSERVATORY, HAWAII  
MONTHLY AVERAGE CARBON DIOXIDE CONCENTRATION



# Rôle de la forêt sur la régulation de l'atmosphère: Même à l'échelle planétaire, la forêt influence l'atmosphère



# Annuellement, les échanges de C entre les forêts et l'atmosphère sont importants



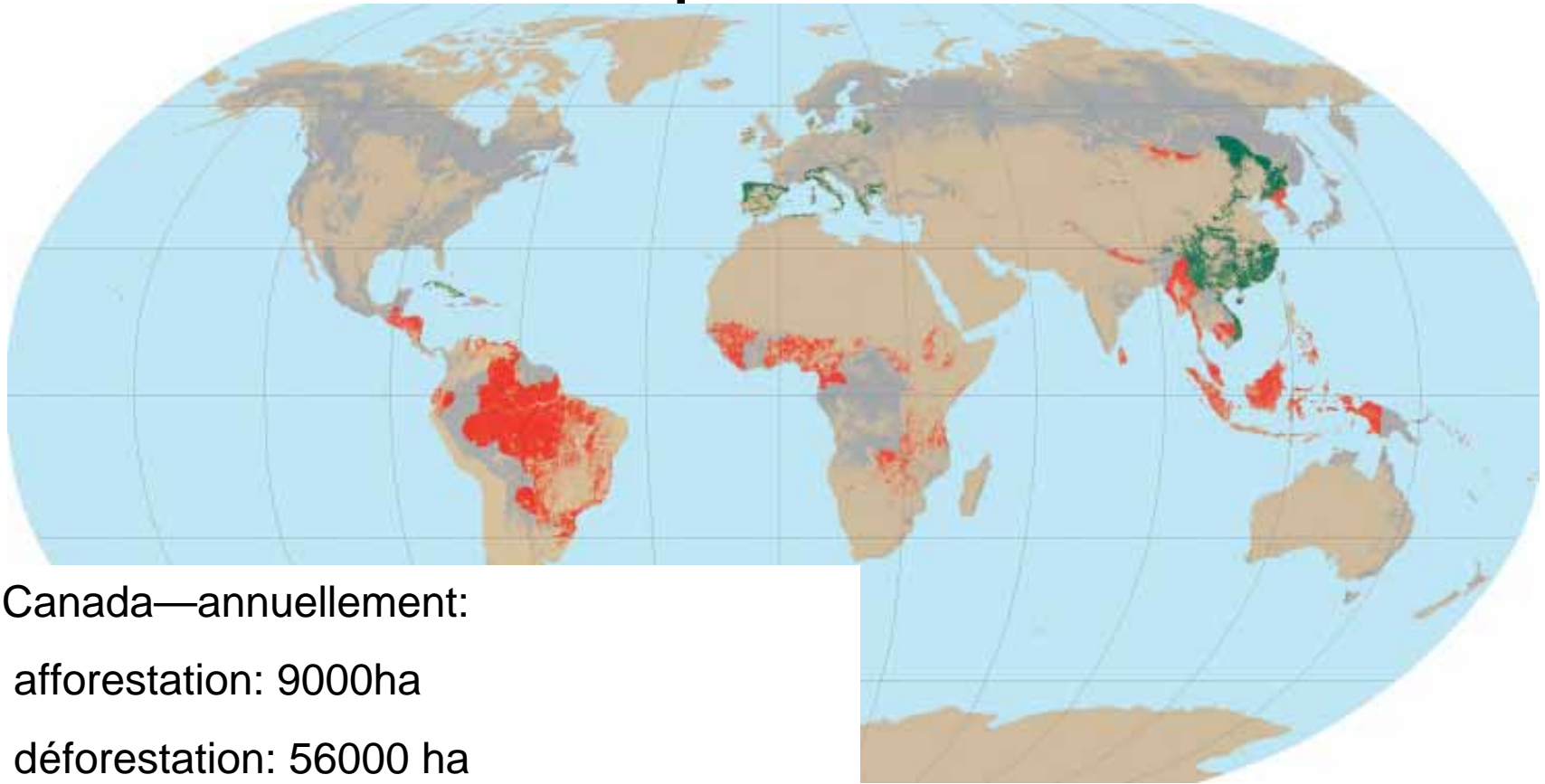
Source GIEC/IPCC pour 1989-1998

**Cycle C du sol: 80 Gt/a C Raich 2003**

**Forêts: 160 Gt C/a**

# La déforestation

## Variation des superficies forestières



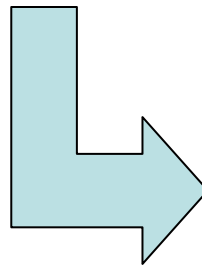
**Rouge > 5 % décroissance annuelle**

**Vert > 5% croissance annuelle**

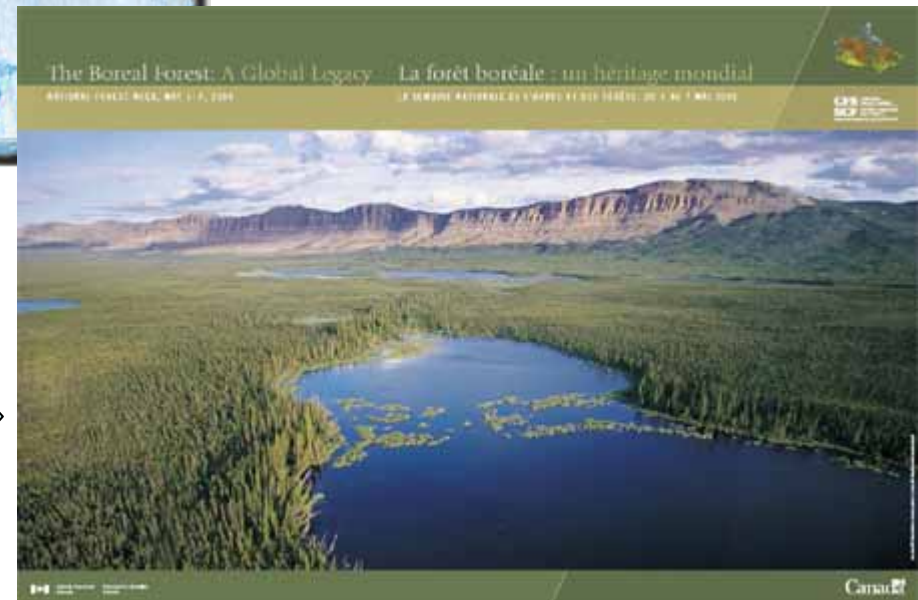
# La forêt canadienne a été un important capteur net de CO<sub>2</sub>



Il y a 11 000 ans  
(sans les skieurs)

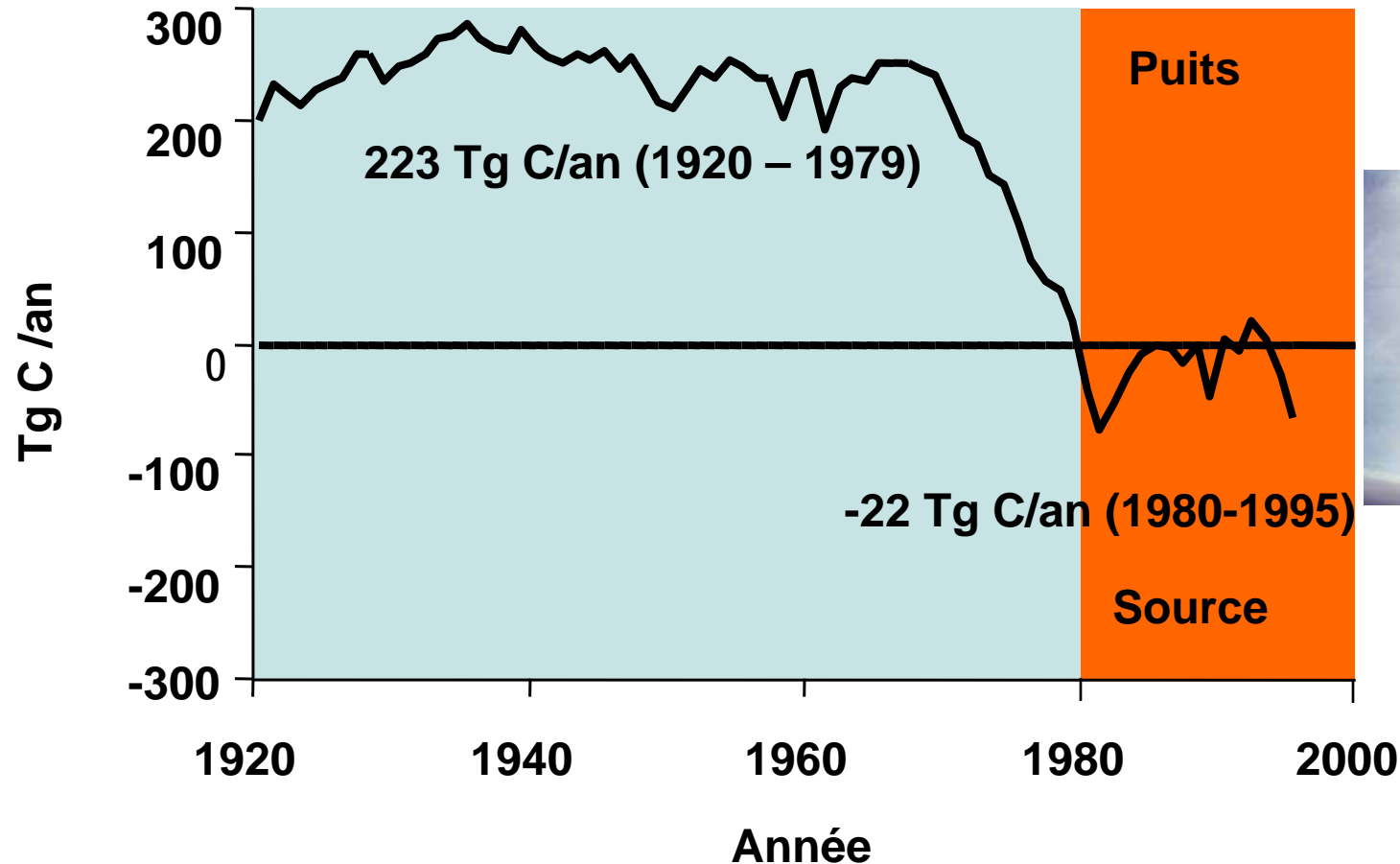


Aujourd'hui



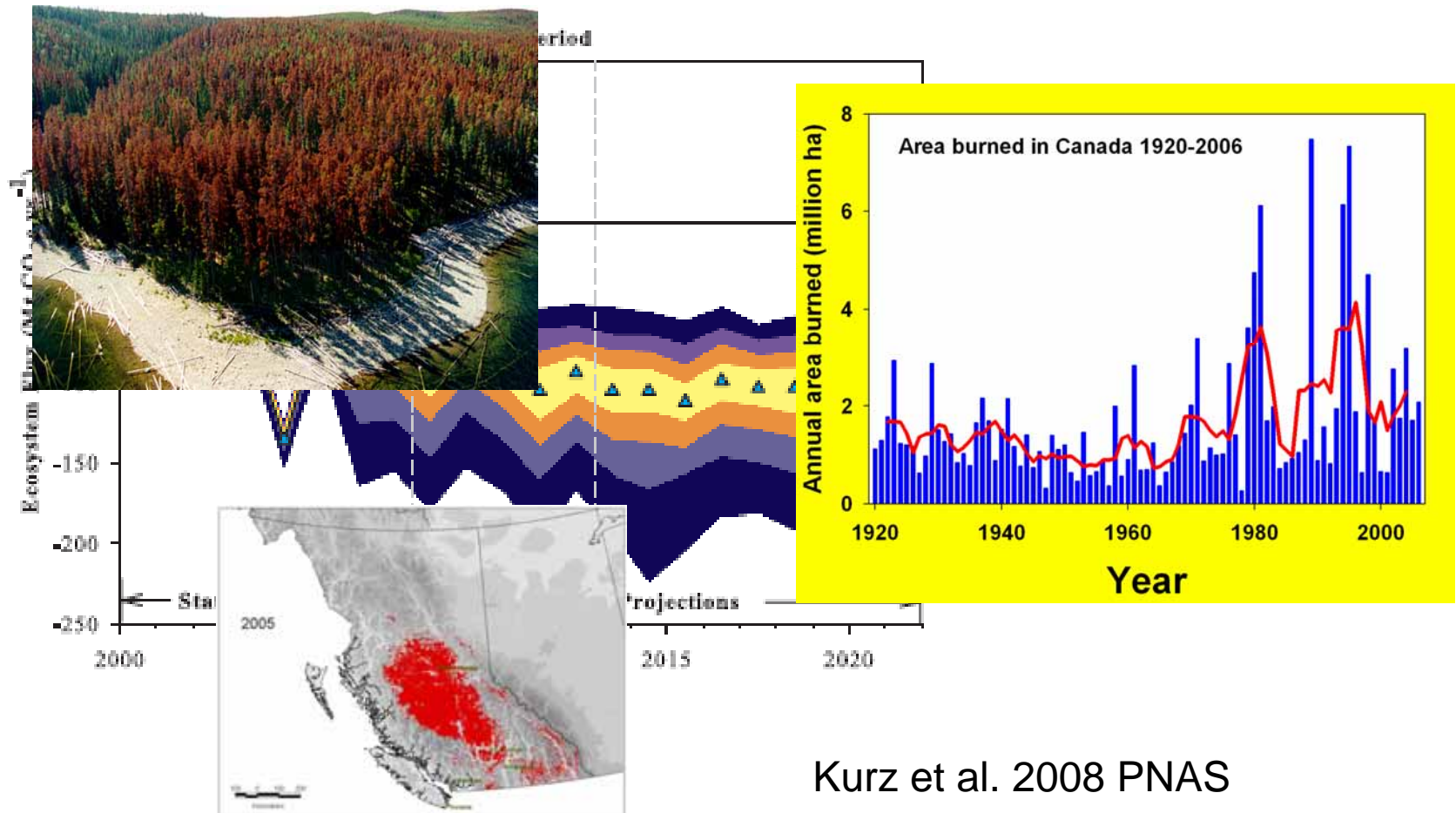
235 Gt C pendant 11 000 ans, sur  $4 \times 10^6$  km<sup>2</sup> = **54 kg C ha<sup>-1</sup> an<sup>-1</sup>**

# Variation des stocks de carbone (PTB) (Modèle SCF MBC-SCF-2) Kurz et al.



Productivité totale du biome = PPT- décomposition - perturbations  
PPT= productivité primaire totale

# Les forêts canadiennes depuis l'an 2000: source ou puits?



Kurz et al. 2008 PNAS

# Aménagement de la forêt et contribution au réchauffement climatique: qui a raison?



Un rapport international publié aujourd'hui par Greenpeace... On y apprend qu'en plus de dégrader les écosystèmes, l'exploitation forestière est une importante source d'émissions de gaz à effet de serre (GES); ..cela risque de libérer des GES massivement et rapidement dans l'atmosphère.

GIEC 2007 ch 9: Forestry, AR4, Groupe III mitigation: "Un aménagement forestier durable visant à maintenir ou accroître les stocks de carbone tout en produisant d'une manière soutenue du bois, de la fibre ou de l'énergie, va généré les plus grands bénéfices durables en matière de **mitigation**.

\*(traduction libre)

# Poser les bons paramètres

- D'où on part?

forêts naturelles, forêts aménagés, friches, prairies, champs agricoles,...

- Quelle durée doit-on considérer?

1 an, 10 ans, 50 ans, une révolution forestière (60-100ans)

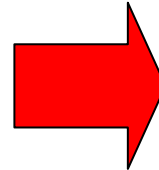
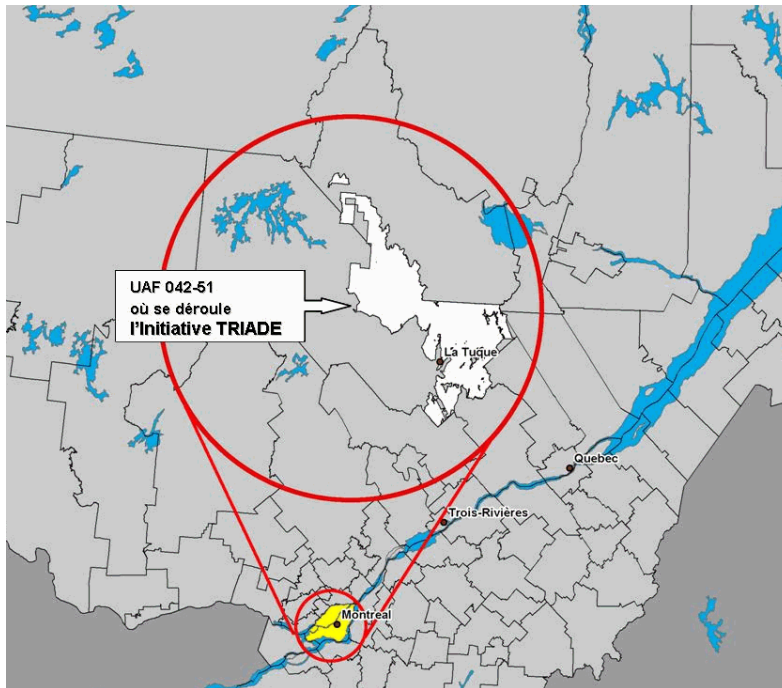
- Concept de la dette de carbone: Fangione et al. 2008 Science.

- Effet global sur les émissions de carbone

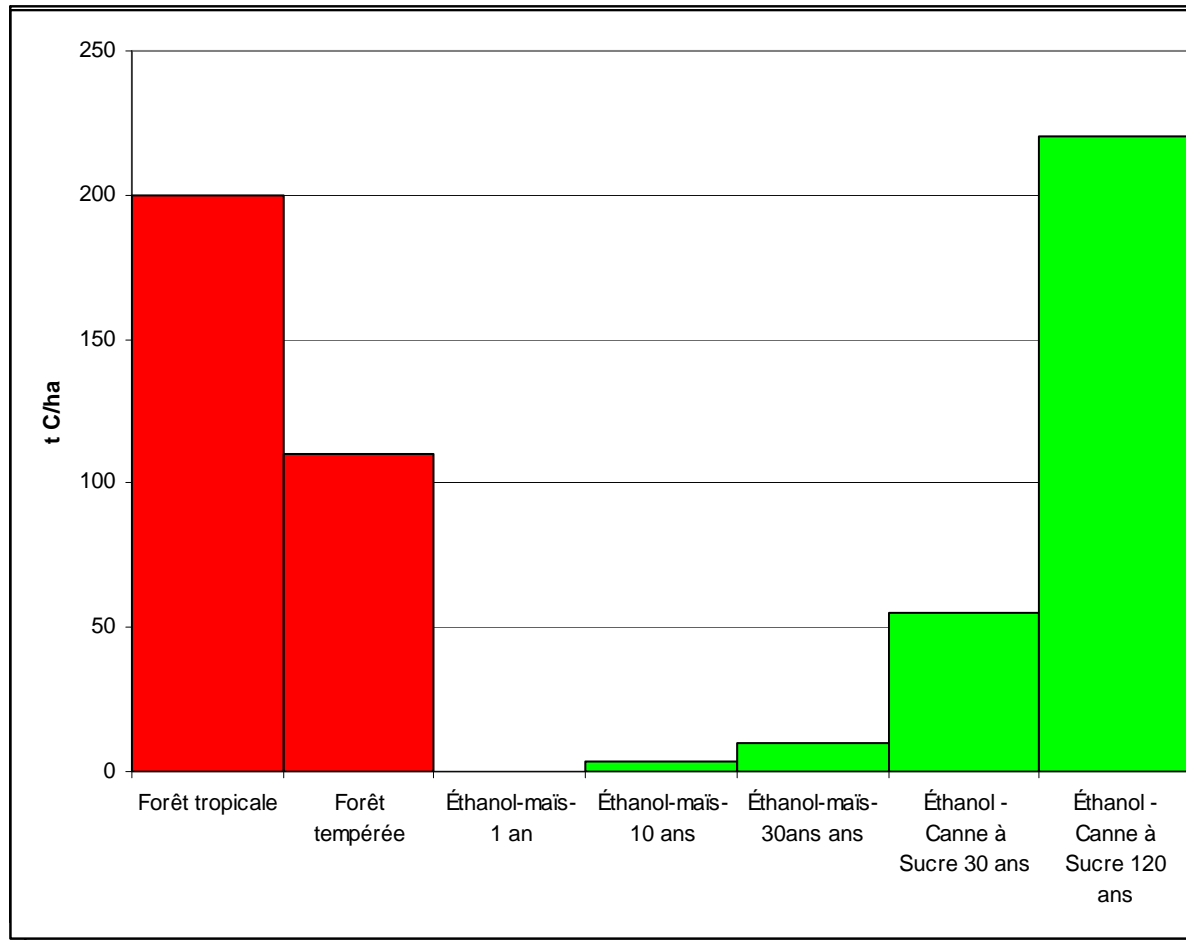
1-C sur le territoire forestier 2-C dans les produits de consommation et dépotoirs 3-substitutions réelles de sources d'émission de GES

- D'où on part?

Quelle est la quantité de C sur mon territoire?



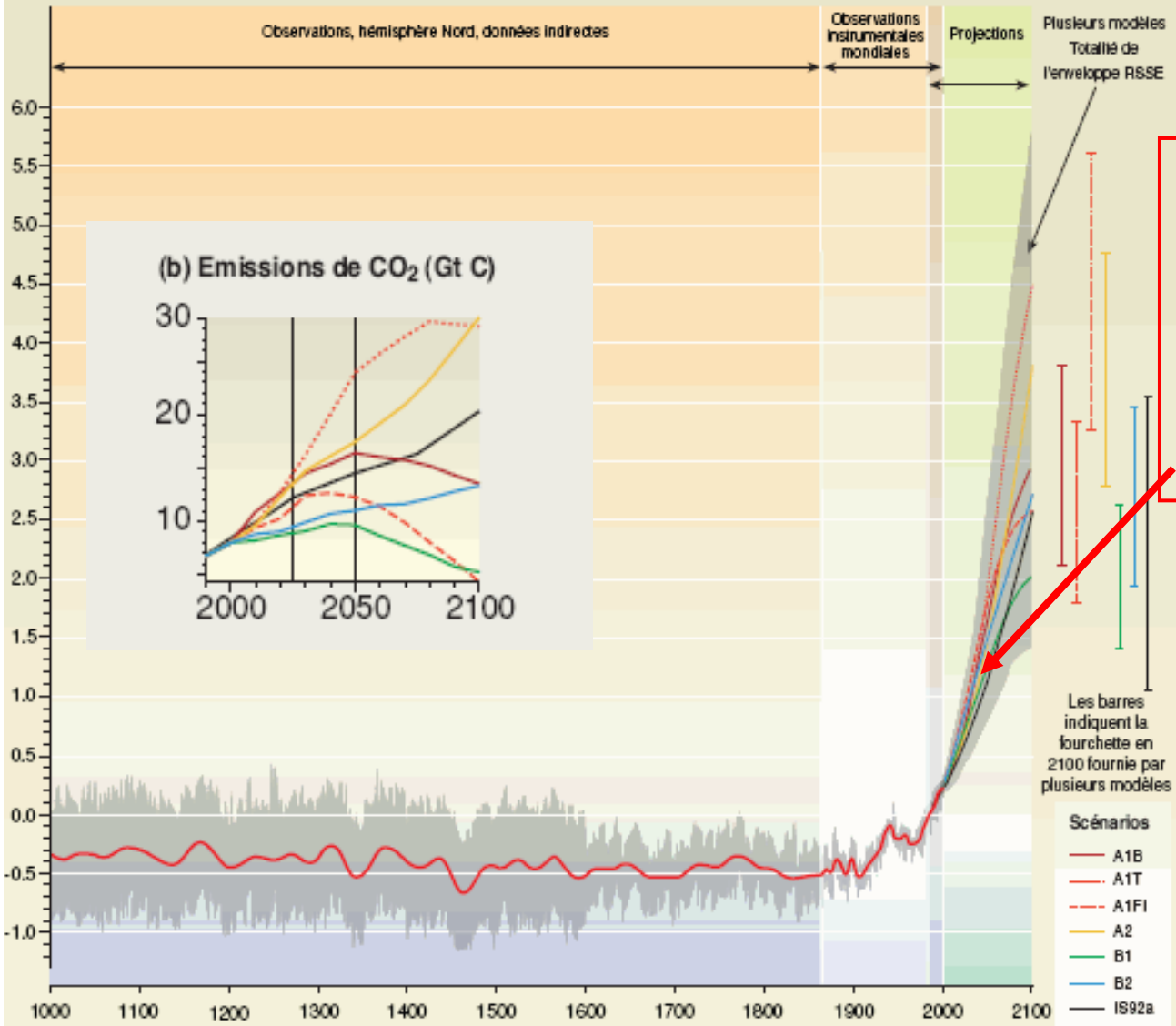
# Pertes en biomasse sur pied vs gains en émission évitée



D'après Righelato et Spacklen Science 2007

# Variations de la température à la surface de la terre: période 1000 - 2100

Variations de la température in °C (à partir de la valeur pour 1990)



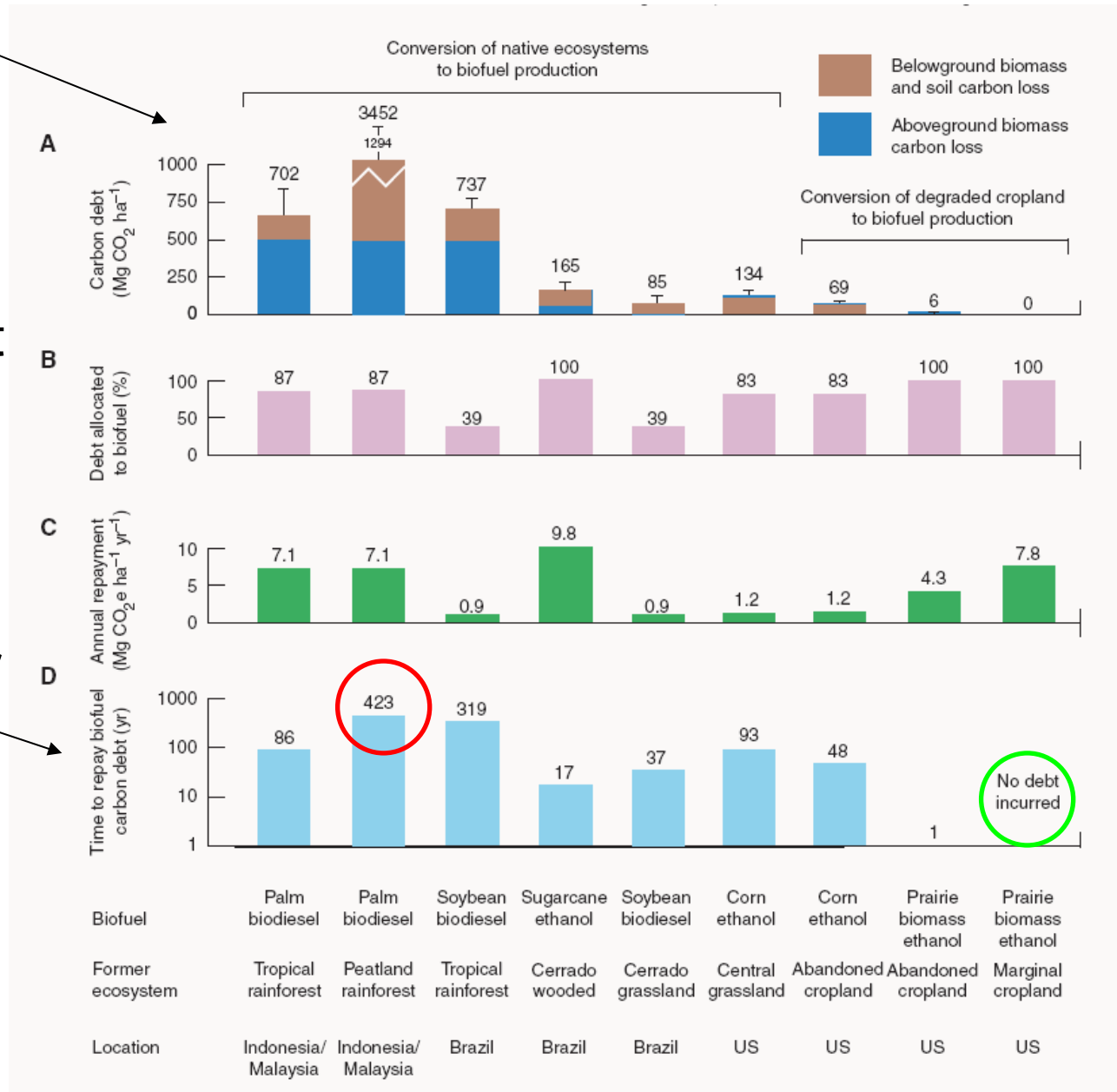
Les prochains 50 ans sont critiques

GIEC

# La dette de C

Fangione et al. 2008 Science

# Temps pour repayer la dette



# Effet de l'aménagement forestier sur les stocks de C en forêt sous nos latitudes



# Distribution des peuplements de différentes classes d'âge en forêt normalisée et en forêt sous perturbations naturelles selon un modèle d'exponentielle négative

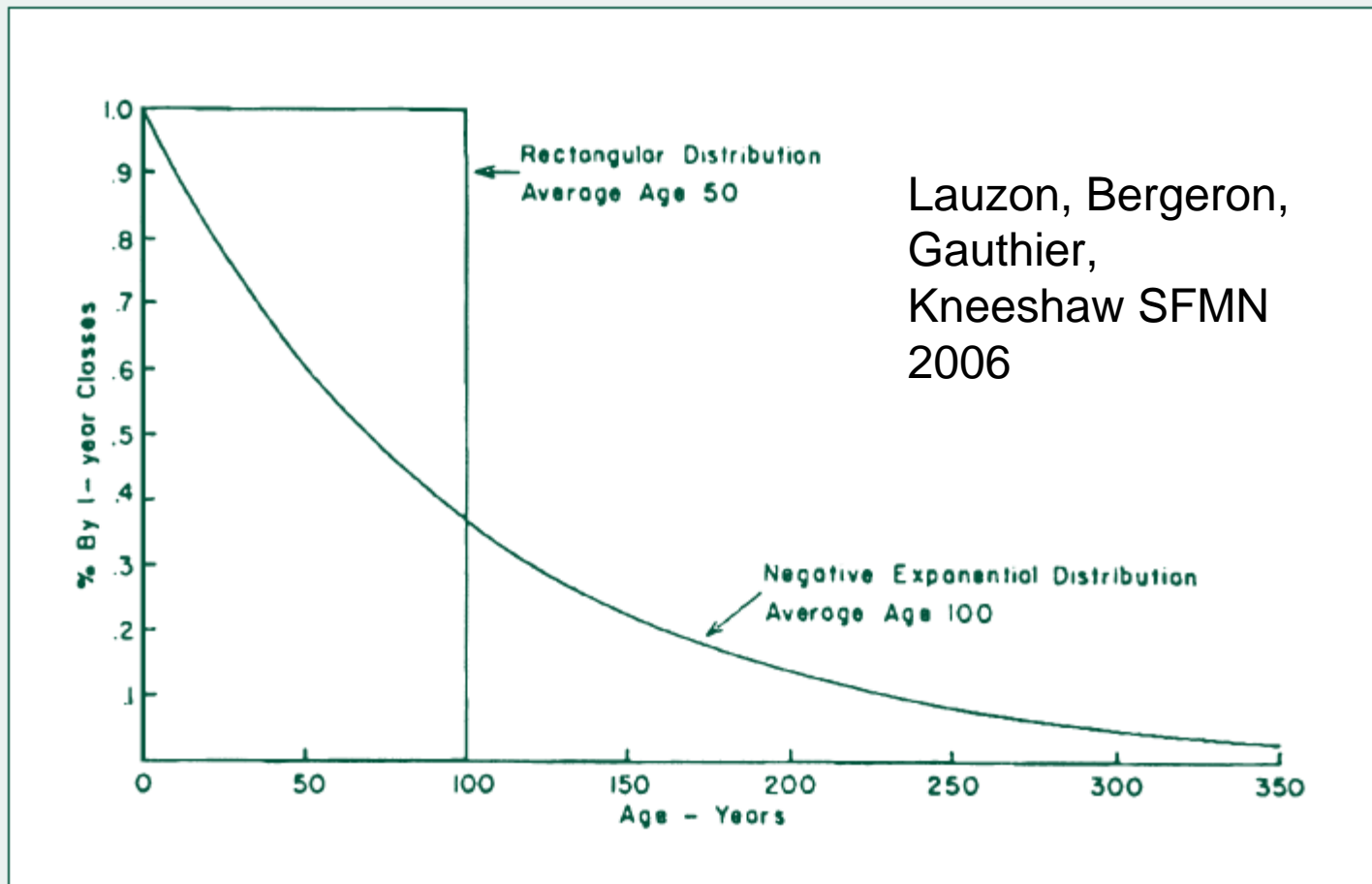
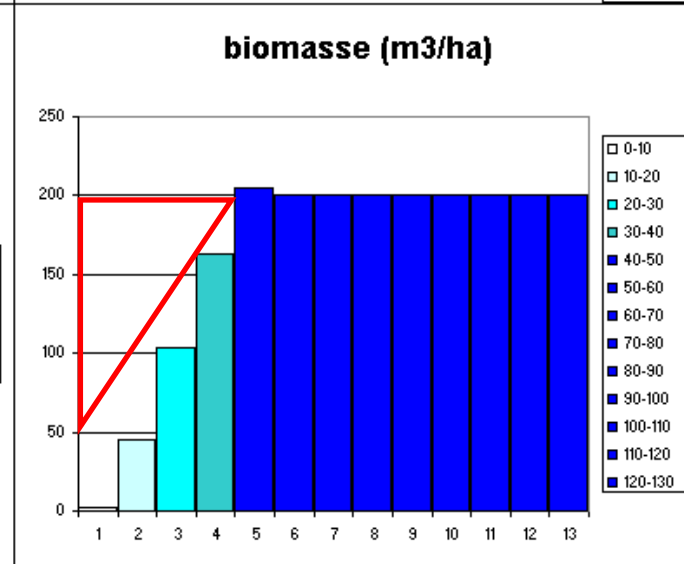
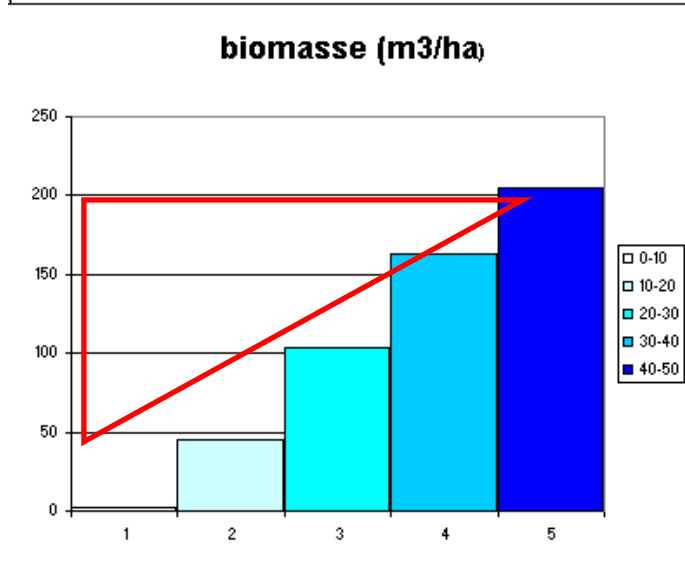
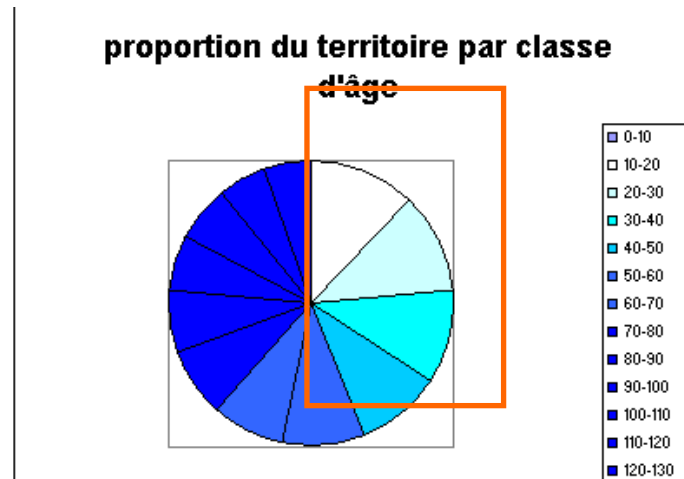
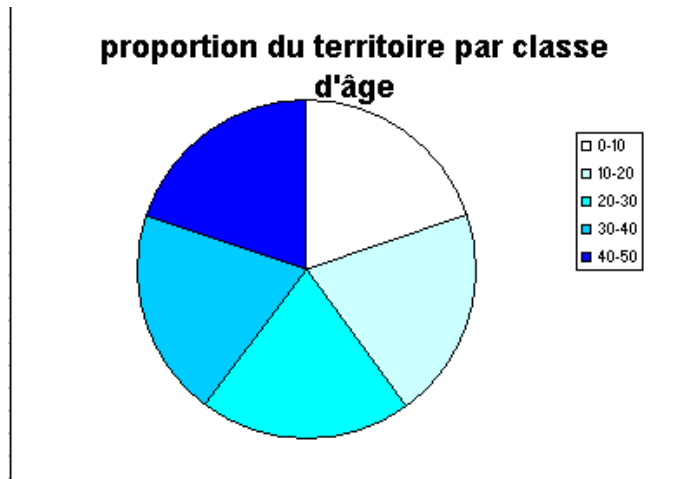


Figure 2. Two age-class distributions, rectangular and negative exponential, compared at same rotation, 100 years (from Van Wagner 1978).

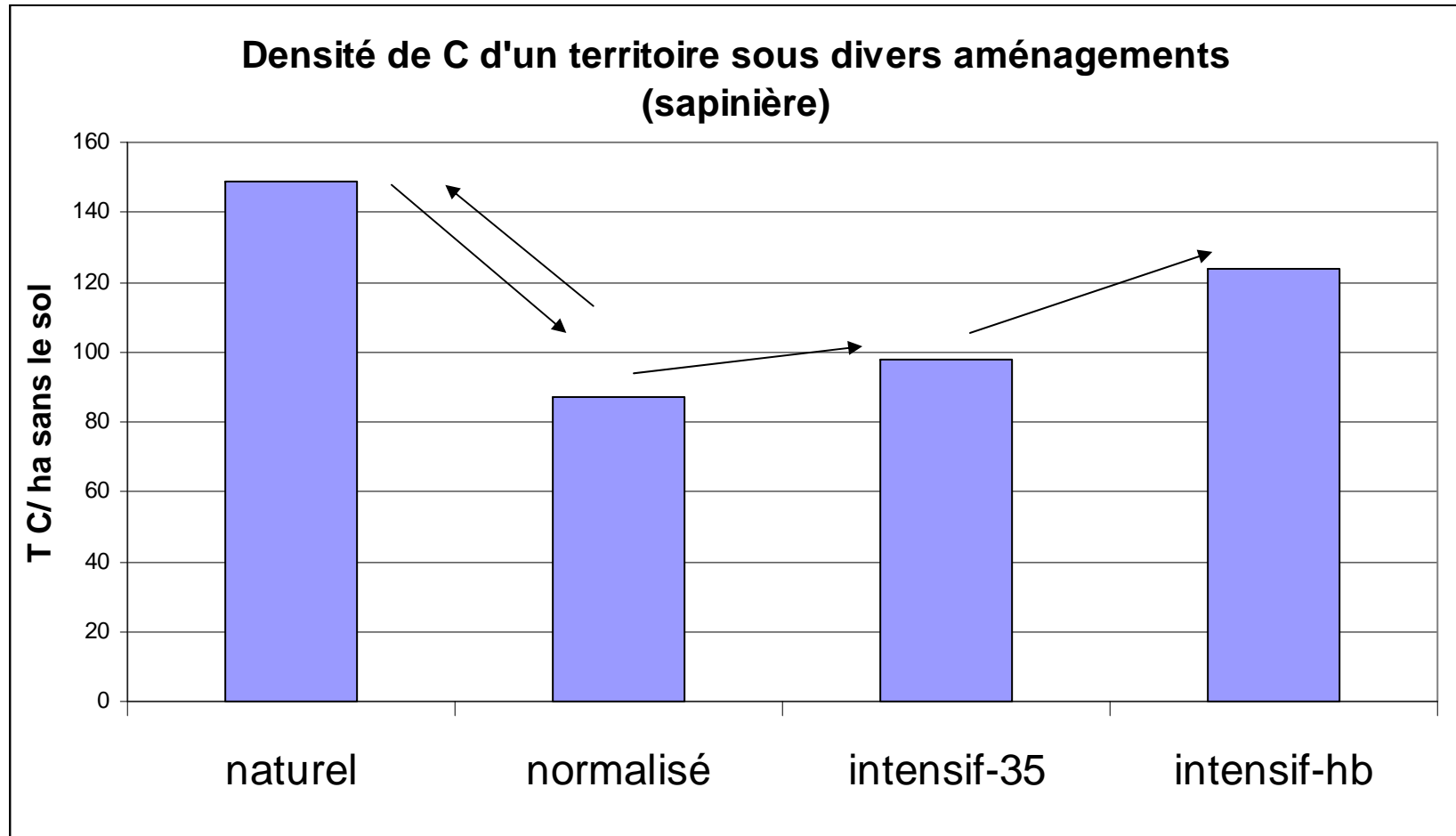
# Biomasse sur pied selon l'aménagement



Normalisé





Exponentielle négative

# Densité du carbone à l'équilibre dans un territoire sous différents aménagements



# Impact de l'aménagement forestier sur le C en forêt:

1-point de départ:

- Tous types de forêts sur friche 
- Forêt normalisée vs forêt naturelle 
- Foresterie extensive normalisé vs foresterie intensive  

2-échelle de temps

3-la perte ou le gain est unique "one shot deal"

4-aménagement intensif: plus forte productivité, moins de superficie (6x)  
autant de C sur pied que l'aménagement extensif



**Donc:**

- **Une coupe réduit le C du site mais ne l'élimine pas**
- **Les perturbations naturelles ont un effet similaire, mais moins fort (laissent plus de carbone au site car seule la coupe enlève les troncs)**

Mais l'important n'est pas de garder le plus de carbone possible sur le site...

L'important est de réduire nos émissions nettes à l'atmosphère.

La société a 3 demandes principales pour le bois:

- Bioénergie



- Papier et produits dérivés

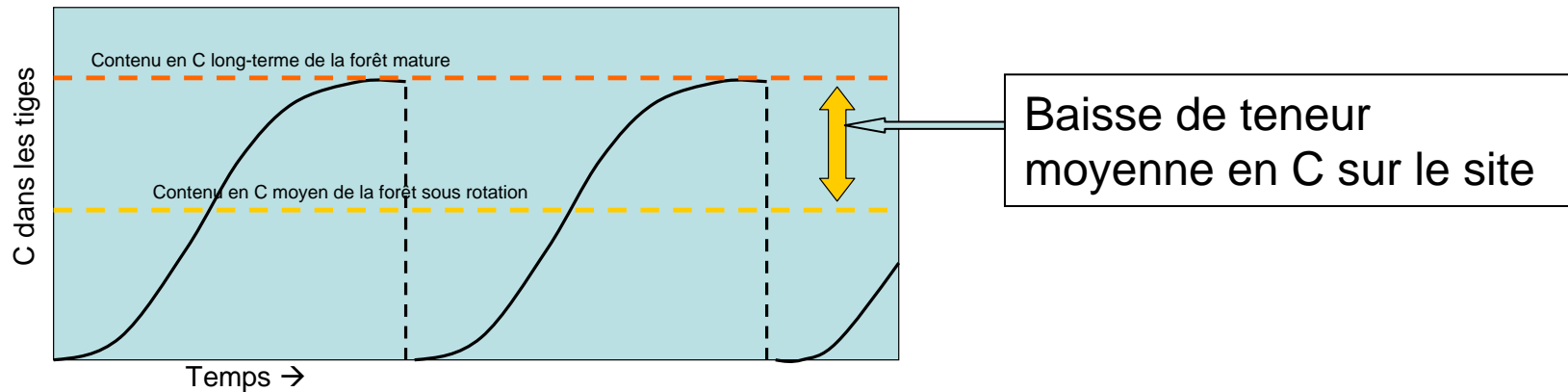


- Produits de bois solide



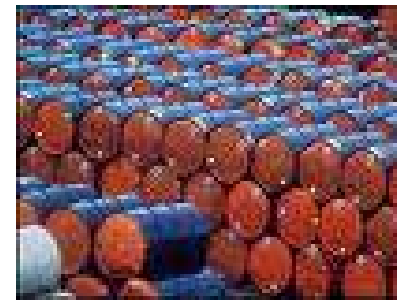
L'effet net de la récolte est donc le bilan entre:

- La baisse (unique) de la teneur moyenne de carbone sur le site...



... et le coût en émission de CO2 des produits de substitution tels que:

Les combustibles fossiles



L'acier

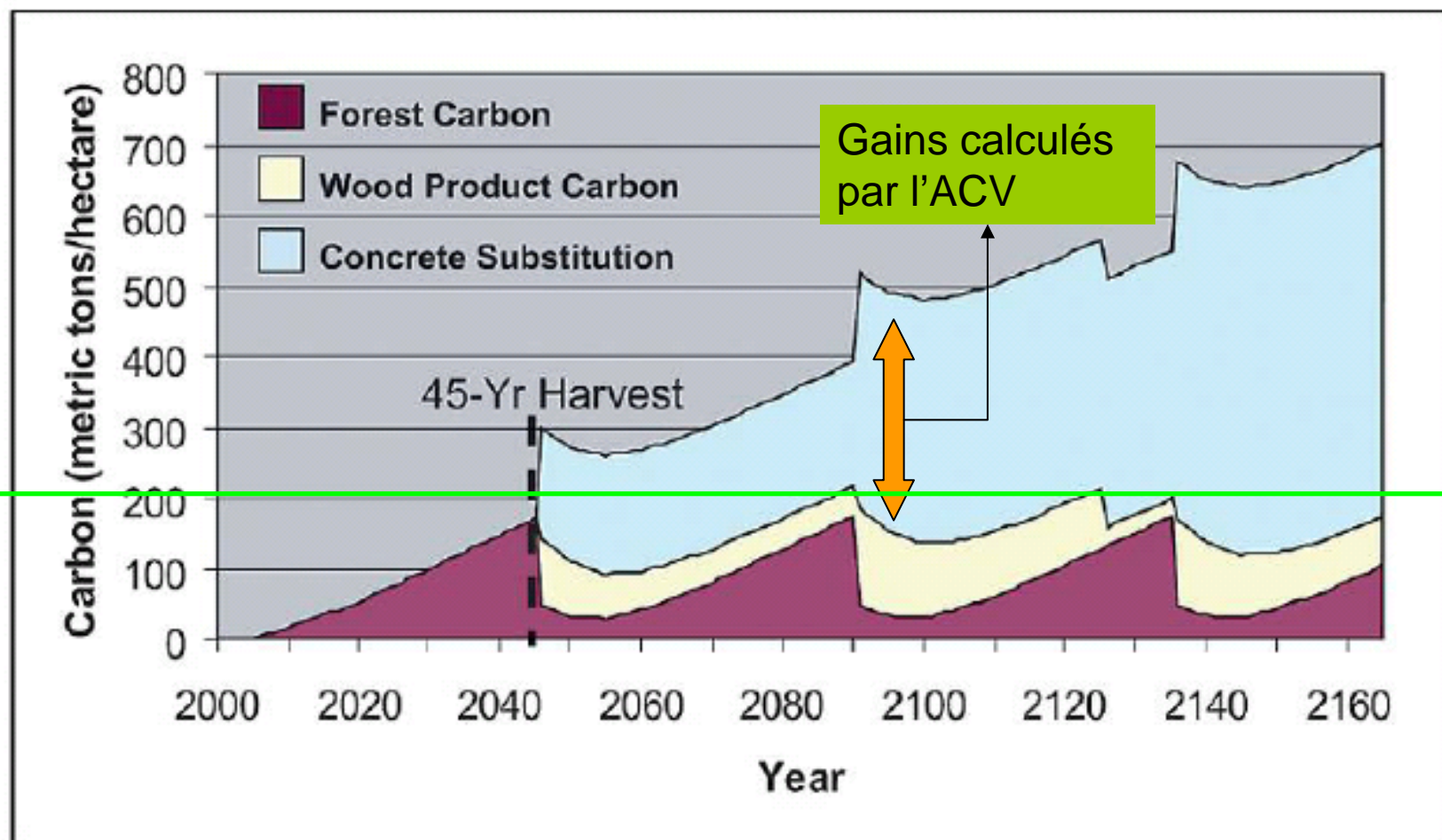


Le béton

Les produits agricoles



# Carbon Store in Forest and Wood Product Pools with Concrete Substitute

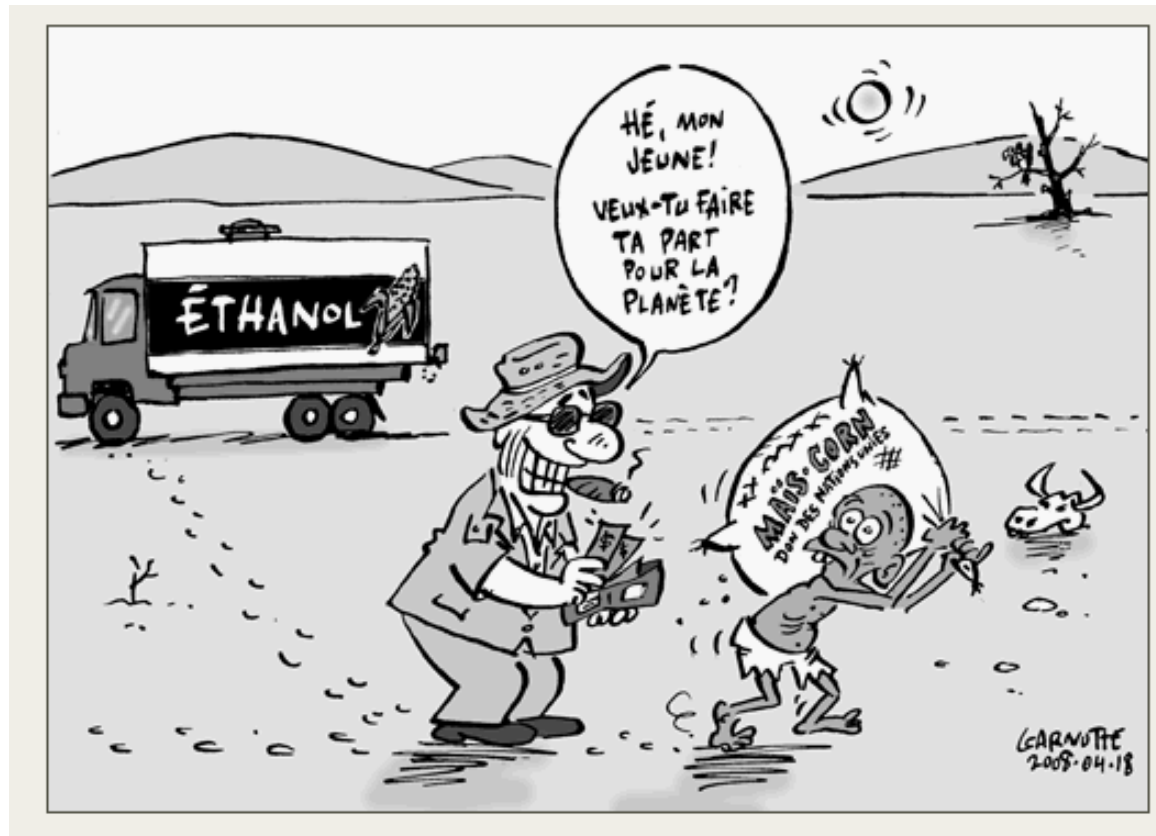


Source: adopted from Perez-Garcia et al 2005b



Le même raisonnement s'applique pour la bio-énergie, que ce soient les granules ou l'éthanol cellulosique (advenant que cette filière prenne de l'ampleur).

# La bioénergie de la forêt ne cause pas la famine:



- Un plein d'ethanol de 80L = 220kg de maïs =  
Énergie nécessaire à un être humain pour une année!

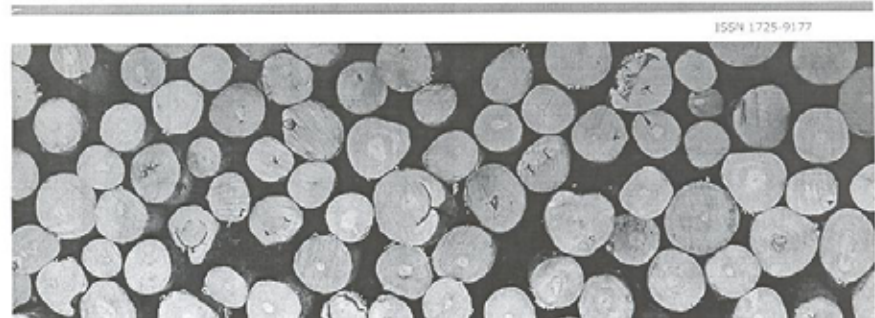
# Conditions gagnantes

- GIEC 2007 ch 9: Forestry, AR4, Groupe III mitigation: " Un aménagement forestier **durable** visant à maintenir ou accroître les **stocks** de carbone tout en produisant **d'une manière soutenue** du bois, de la fibre ou de l'énergie, va généré les plus grands bénéfices durables en matière de mitigation. "

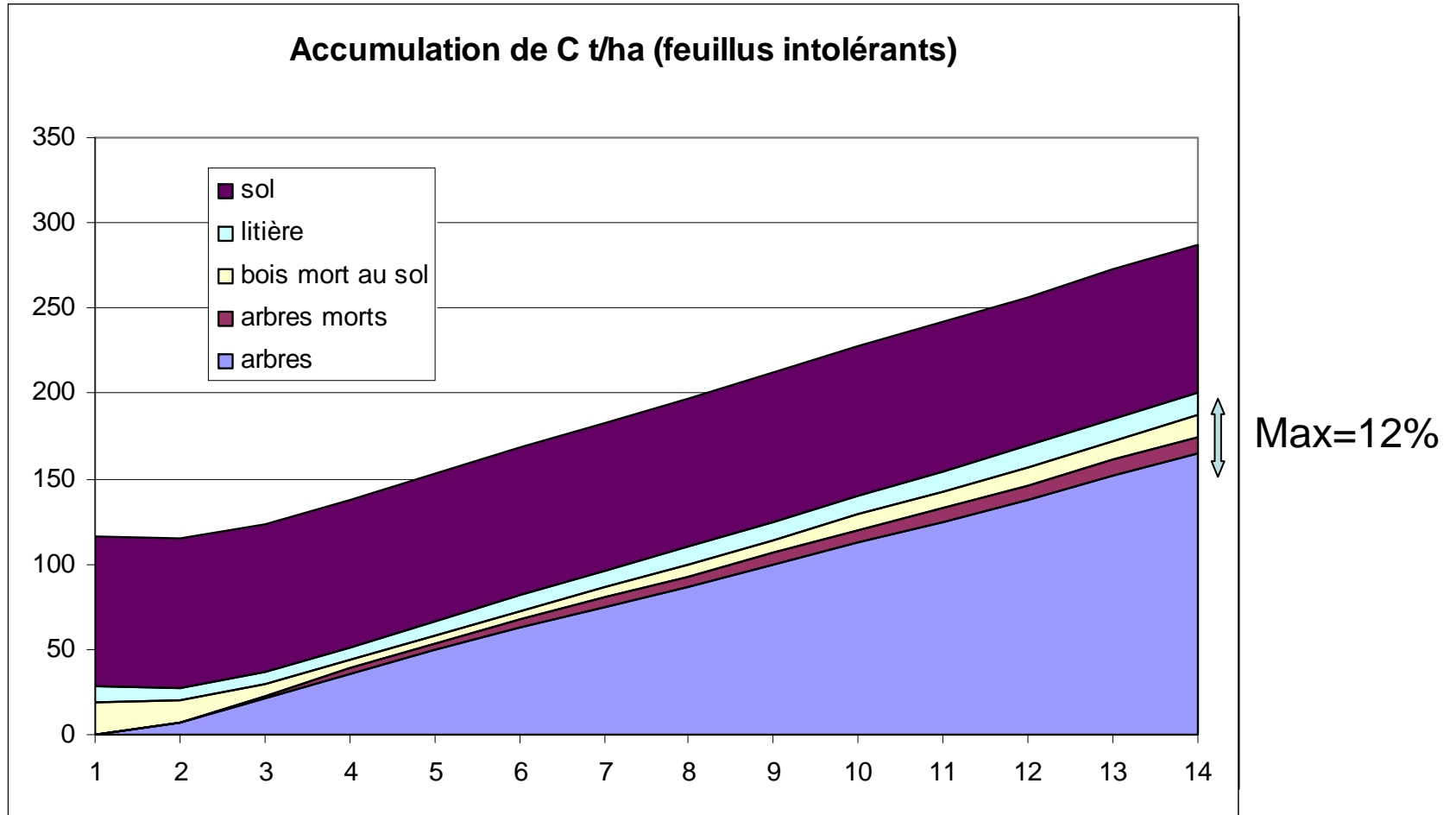
# Productivité soutenue



How much bioenergy can Europe produce  
without harming the environment?

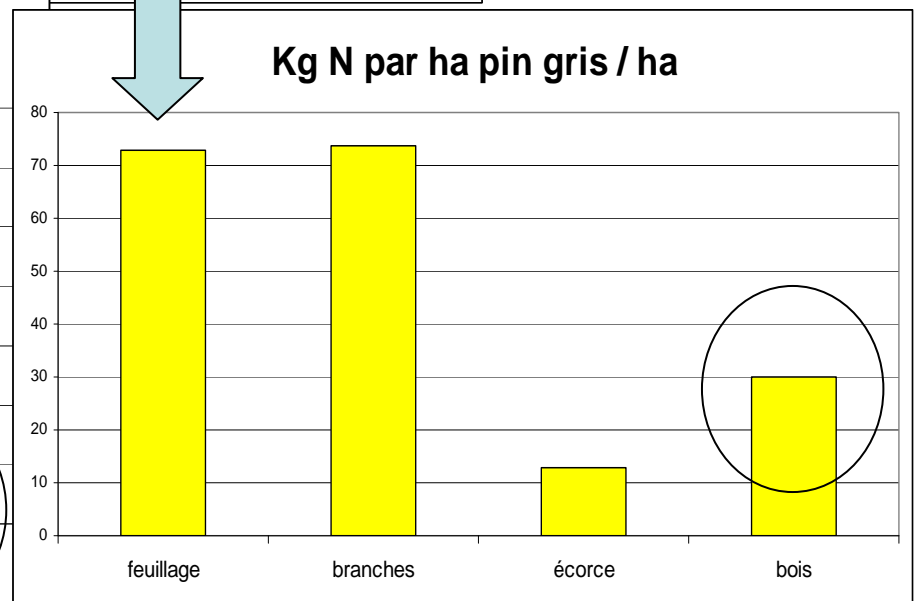
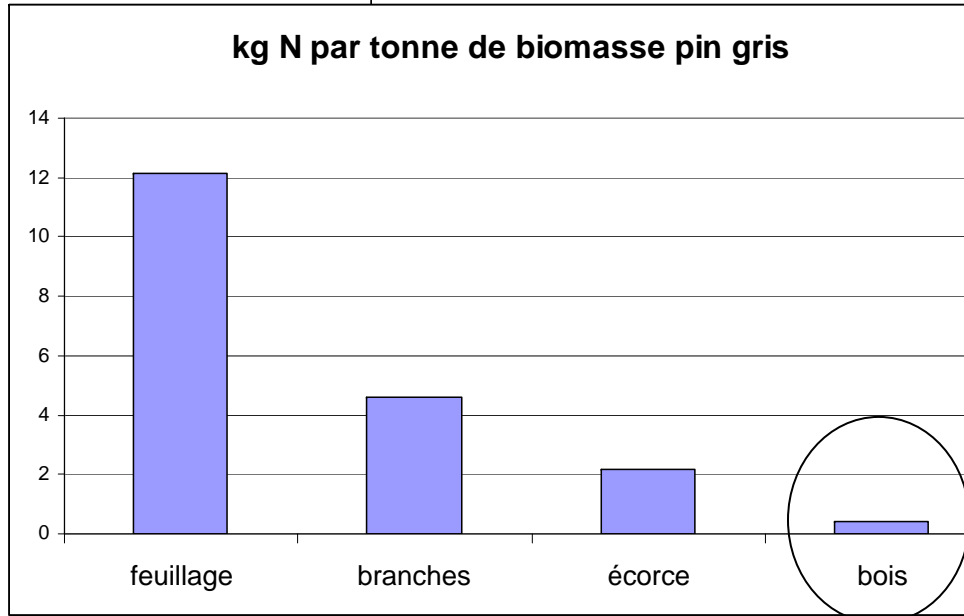
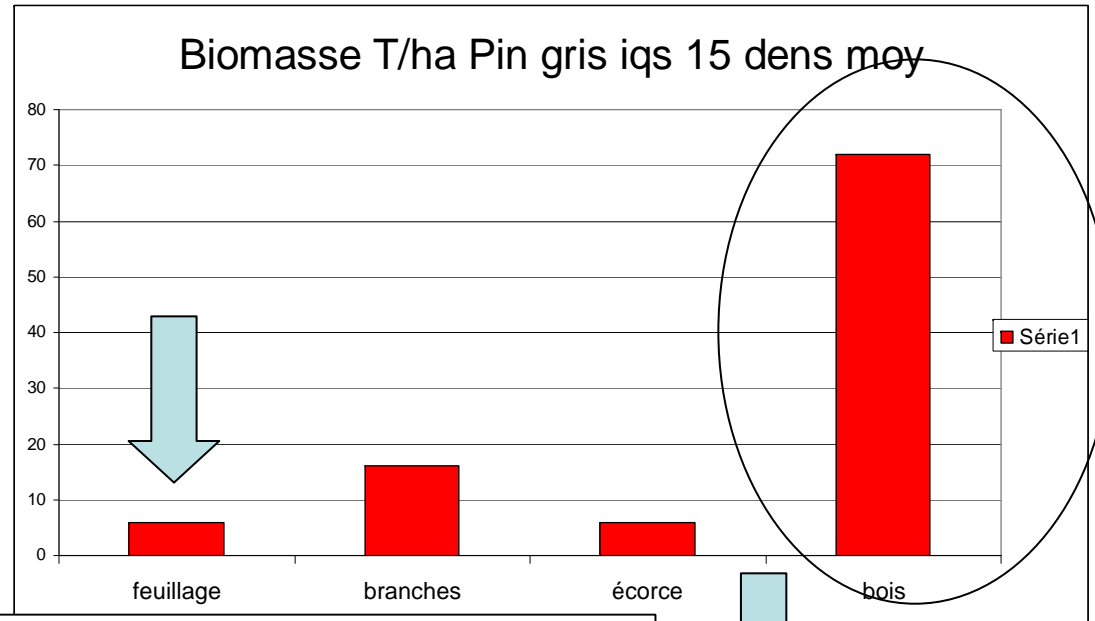


# Accumulation de C t/ha au cours du développement d'une forêt de feuillus intolérants (source NCASI- NE-USA- Aspen birch)



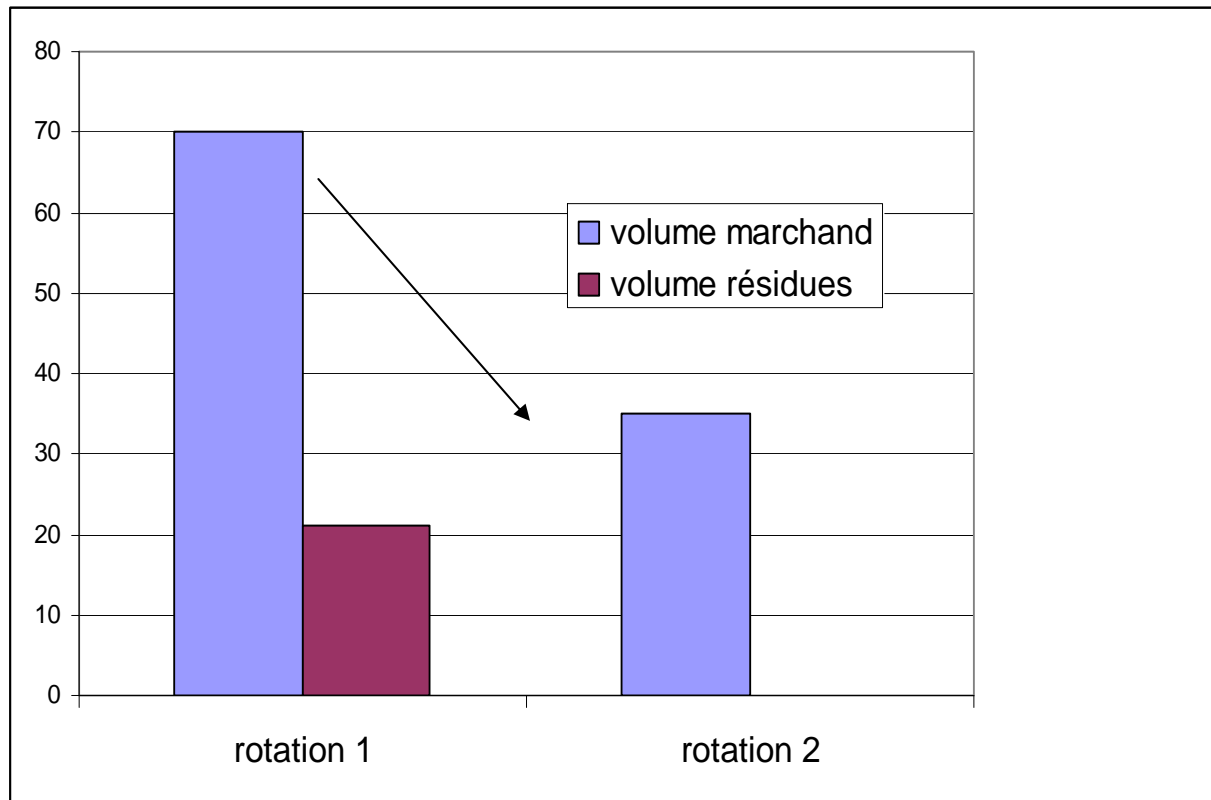
# Productivité soutenue

Distribution de la biomasse et de N dans différentes parties de l'arbre



# Productivité soutenue

- Maintien des fonctions de l'écosystème:  
Exemple Pin gris sur sable profond (m<sup>3</sup>/ha):



# Solutions gagnantes

- S'assurer de la durabilité  
(capacité des sols, quantité et qualité du matériel  
extrait, biodiversité)-encore beaucoup de  
questions!
- Produire plus de biomasse forestière:  
Plus de cellulose  
*Comment?*  
Investir dans l'aménagement de la forêt

# Potentiel

Émissions annuelles de Gaz à effet de serre (GES) équivalent CO<sub>2</sub>:

**Canada 692 x 10<sup>6</sup> T CO<sub>2</sub>;**

**Québec 50x10<sup>6</sup> T CO<sub>2</sub>**


Récolte annuelle de bois au Canada:

**Canada: 250 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> par an;**

**Québec: 40-50 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> + 30 % non utilisé**

Si on considère que 1 m<sup>3</sup> = 1 tonne de CO<sub>2</sub>

# Conclusions

- **La forêt et ses produits représentent un potentiel réel de mitigation des C.C.**  
-en particulier les produits de substitution dont la bioénergie
- L'effet réel de mitigation dépend du maintien de C sur le territoire et on doit considérer le temps 
- Une condition essentielle: la durabilité des pratiques
- Dans le futur – une solution gagnante pour tous: produire davantage de fibres....