Empreinte écologique, cycle de vie et bilan carbone du matériau bois

Claude Villeneuve
Professeur
Directeur de la Chaire en Éco-Conseil
Département des sciences fondamentales
Université du Québec à Chicoutimi
Conférence aux États Généraux du bois
Québec le 28 avril 2010

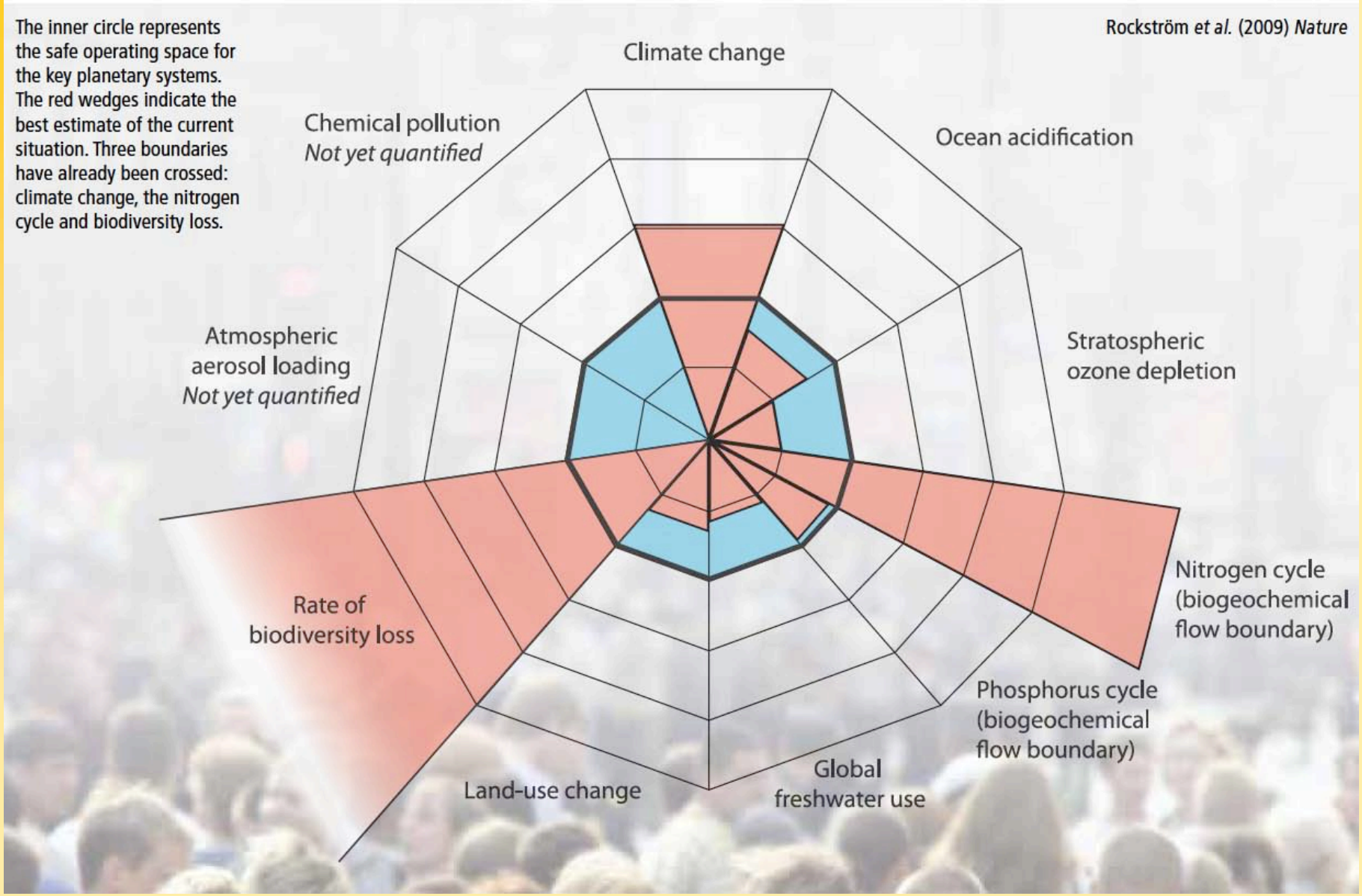
Plan

- Introduction
- L'empreinte écologique et les forêts
- Les limites de l'empreinte écologique
- L'approche cycle de vie
- Le cycle de vie des bâtiments
- Le cycle de vie des matériaux
- Les limites de l'approche cycle de vie
- Les bilans carbone
- Pistes de recherche
- Conclusion

Introduction

- Le développement durable repose sur deux exigences fondamentales:
  - Exigence de développement, pour répondre aux besoins des moins biens nantis
  - Exigence de durabilité écologique pour rendre nos modes de vie compatibles avec la capacité limitée de l'environnement à répondre à nos besoins actuels et futurs
- Besoin d'indicateurs synthétiques pour décrire la pression d'une population ou d'un produit sur l'environnement

Seuils et catégories d'impacts affectés par l'activité humaine



Évolution de la température moyenne globale 1850-2004

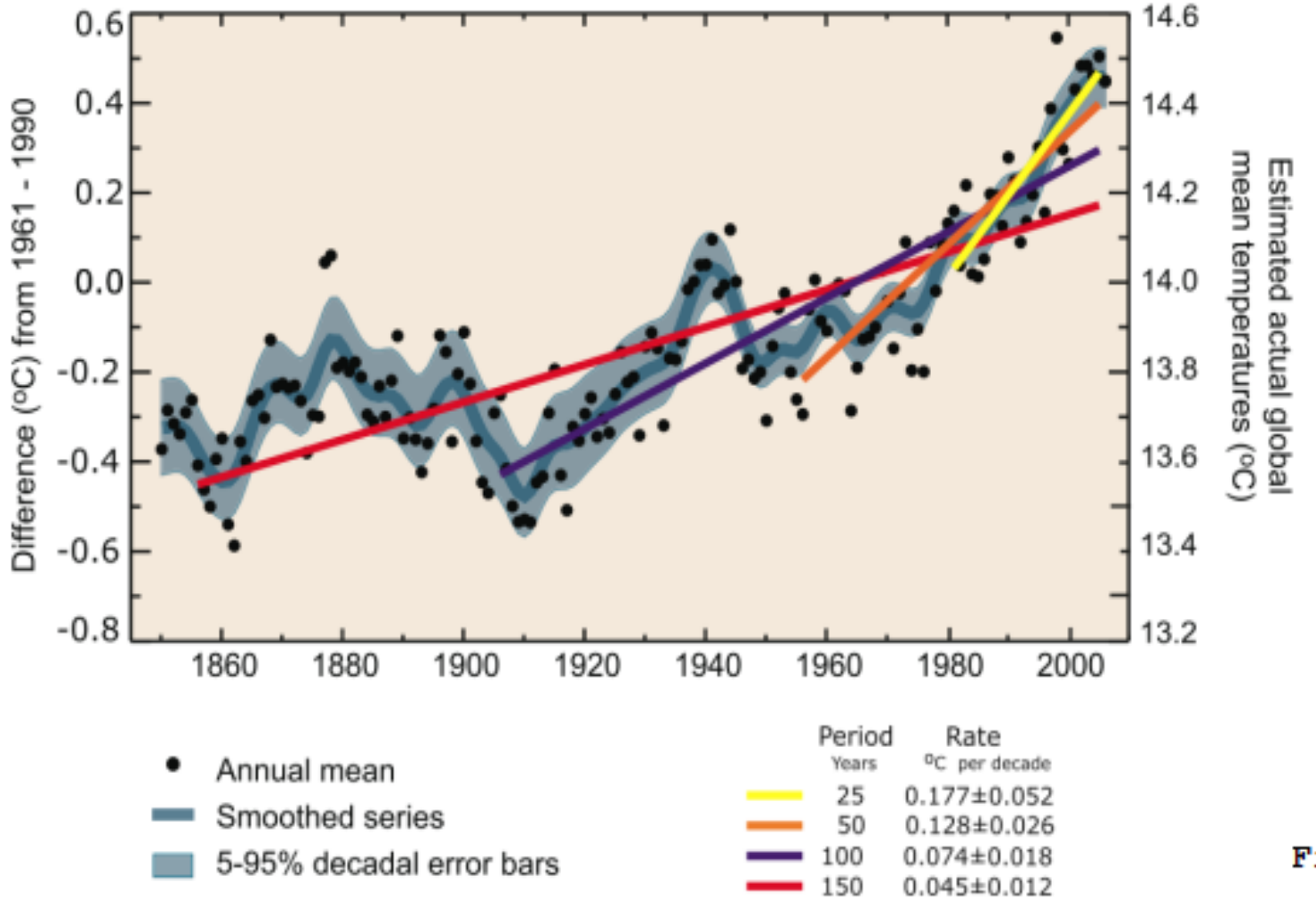
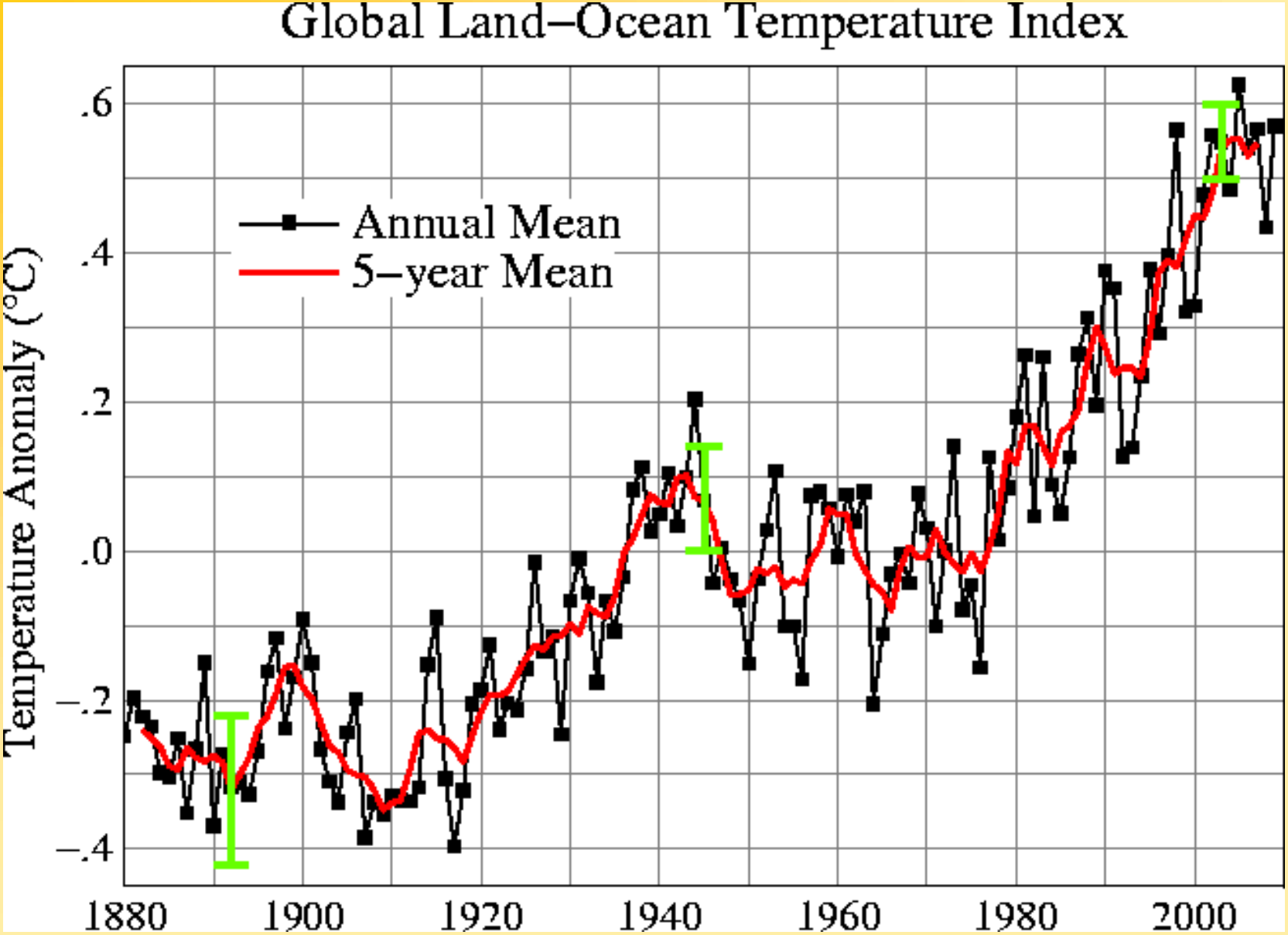


Figure TS.6

Source: GIEC, rapport du groupe de travail 1 (2007)



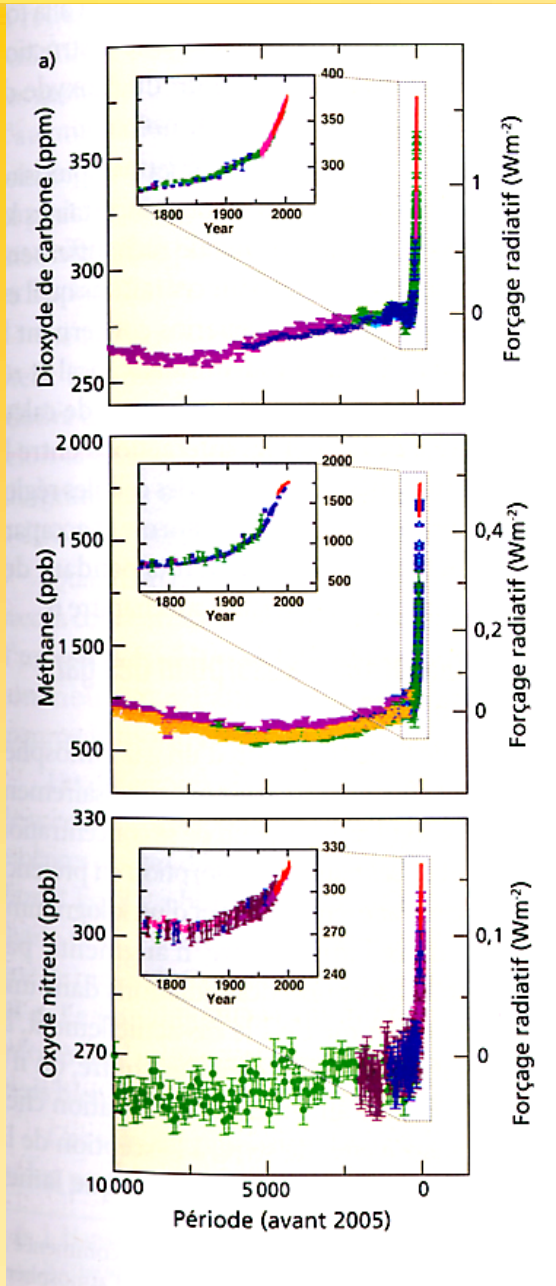
Source NASA: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/Fig.A2.lrg.gif (février 2010)

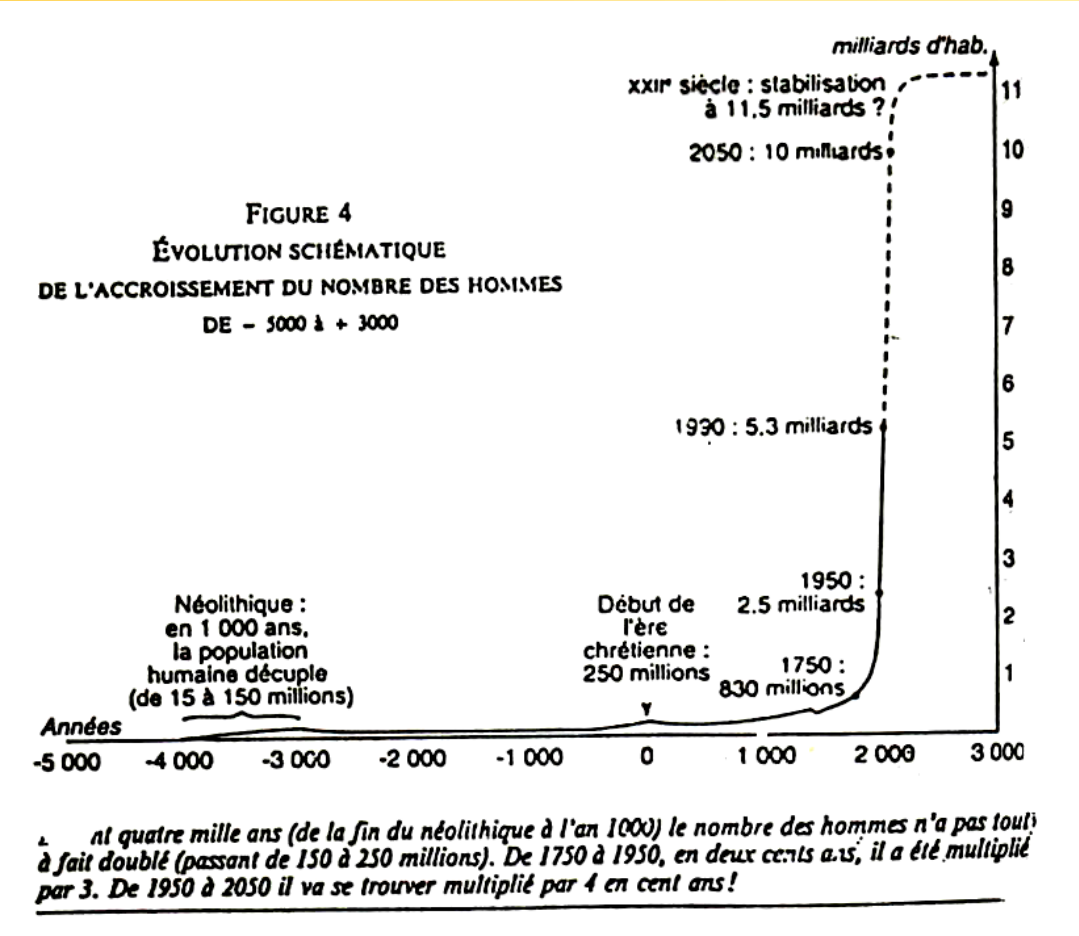
Le palmarès

Global Top 10 Warm Years (Jan-Dec)	Anomaly °C	Anomaly °F
2005	0.61	1.10
1998	0.58	1.04
2003	0.56	1.04
2002	0.58	1.01
2009 2006	0,56 0.56	1,01 1,01
2007	0.55	0.99
2004	0.54	0.97
2001	0.52	0.94
2008	0.49	0.88

Source: NOAA, http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/?report=global&year

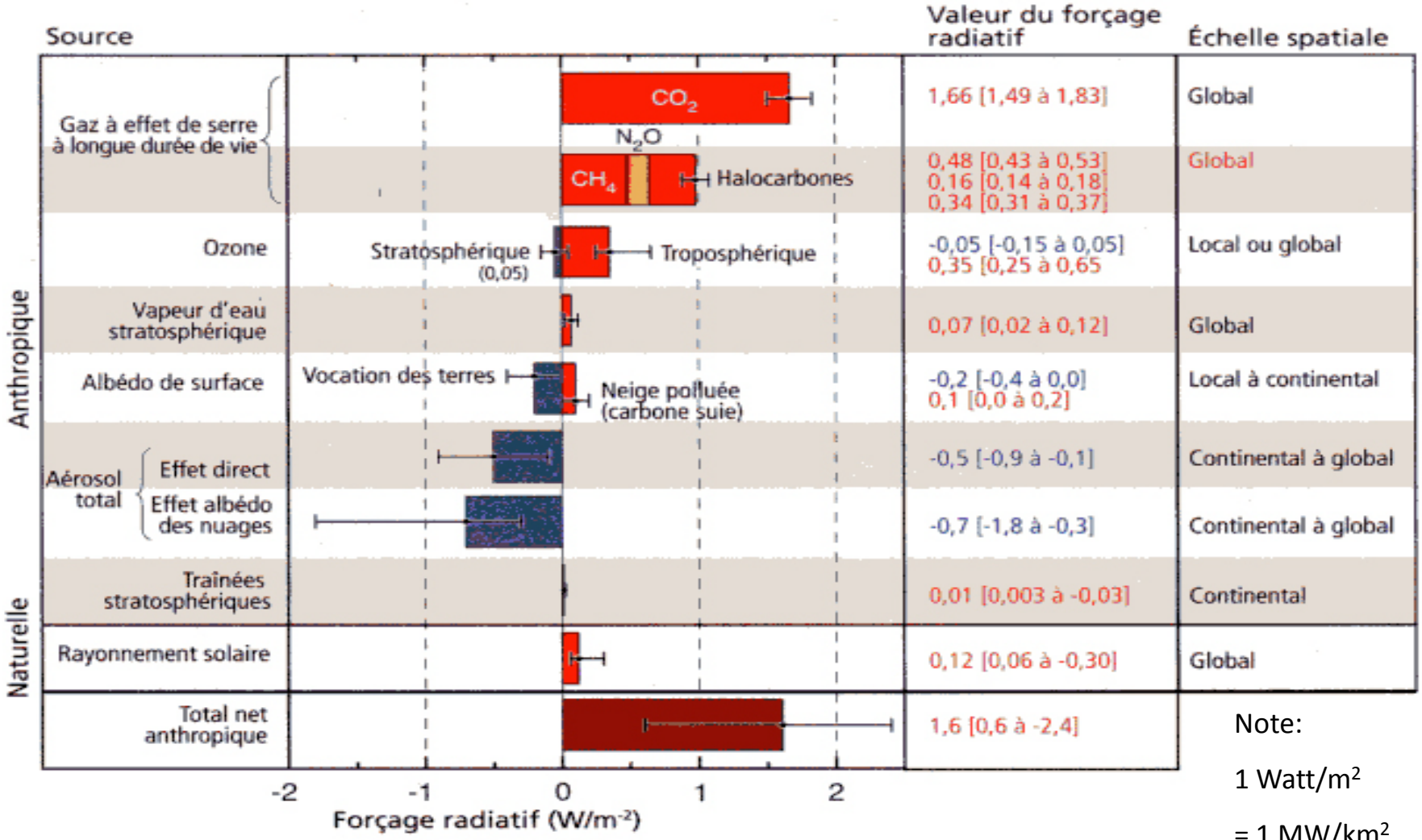
Coïncidence?





Source: GIEC, rapport du groupe de travail 1 (2007)

Contribution au forçage radiatif?



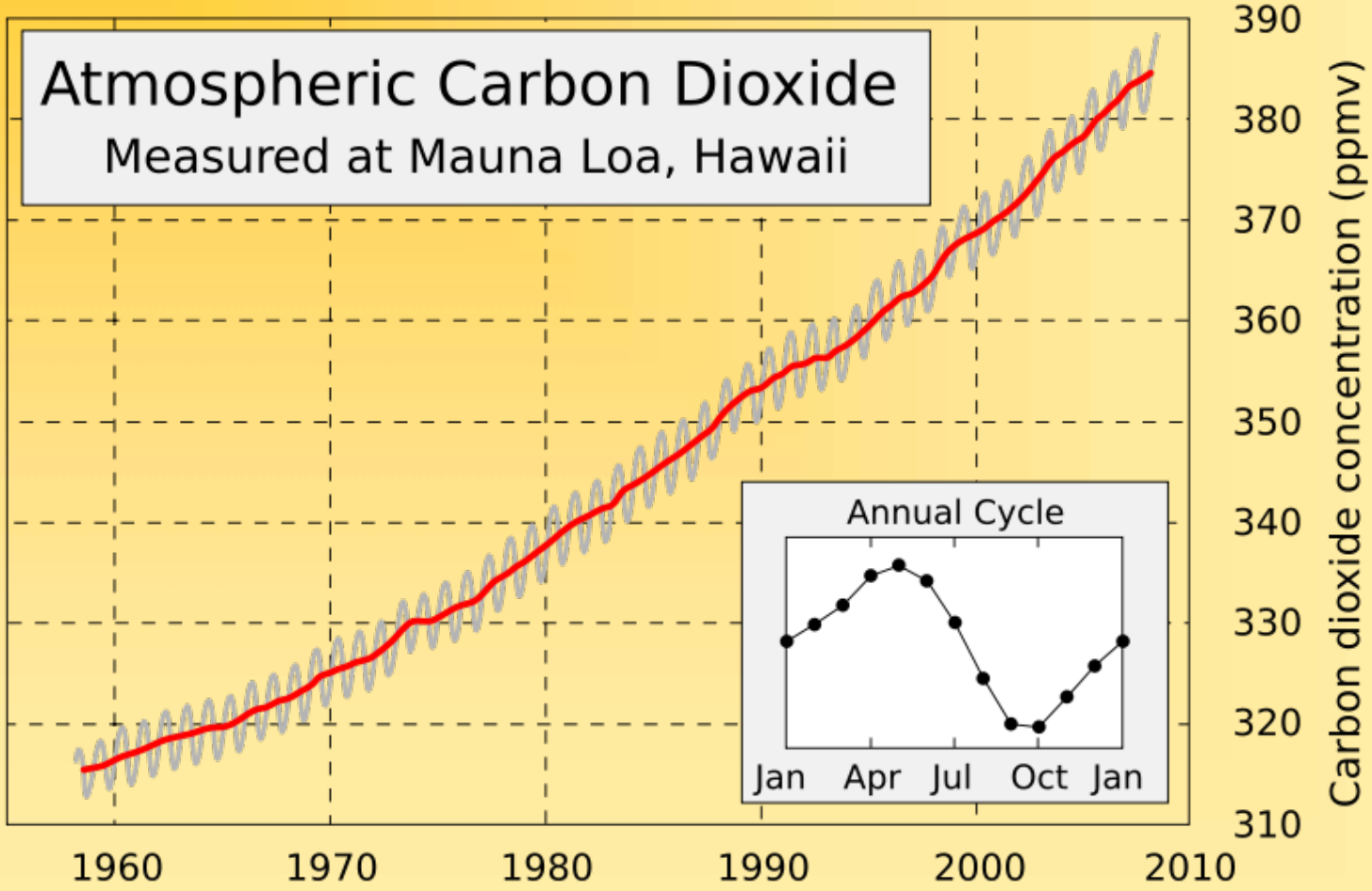
Note:

1 Watt/m^2

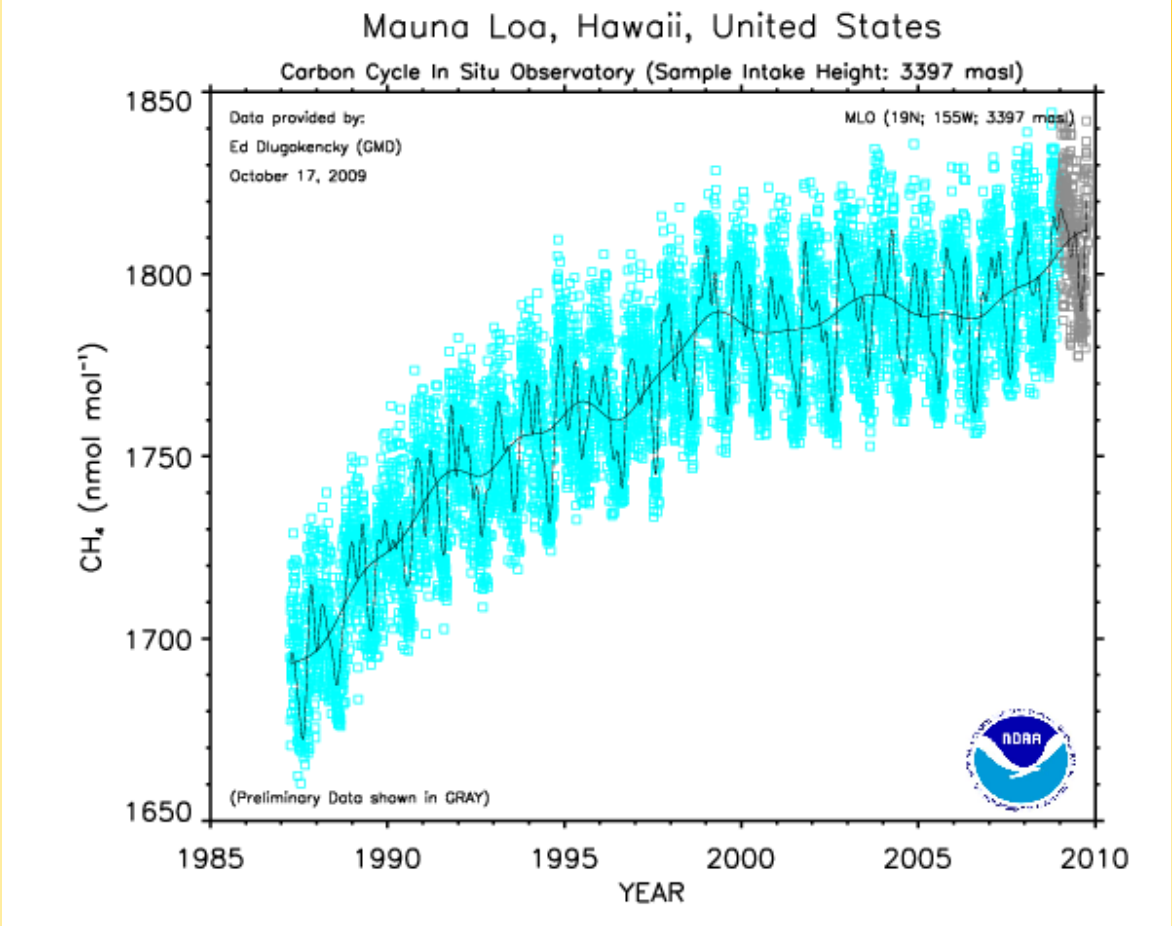
= 1 MW/km^2

Source: GIEC, rapport du groupe de travail 1 (2007) in Villeneuve, C. et Richard (2007)

Inexorablement plus!

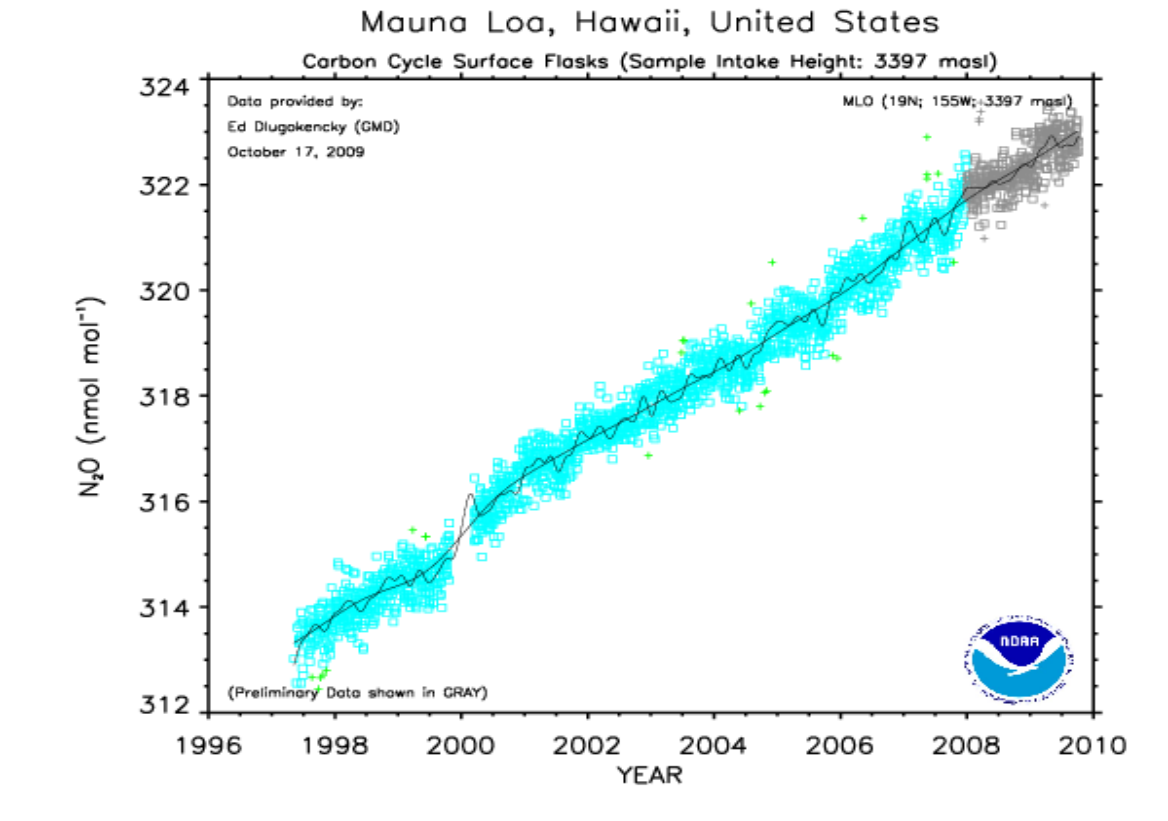


Évolution récente du méthane



Source: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/iadv/

Évolution récente du N_2O



Source: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/iadv/

Les responsabilités?

(Source: GIEC, GT3, 2007)

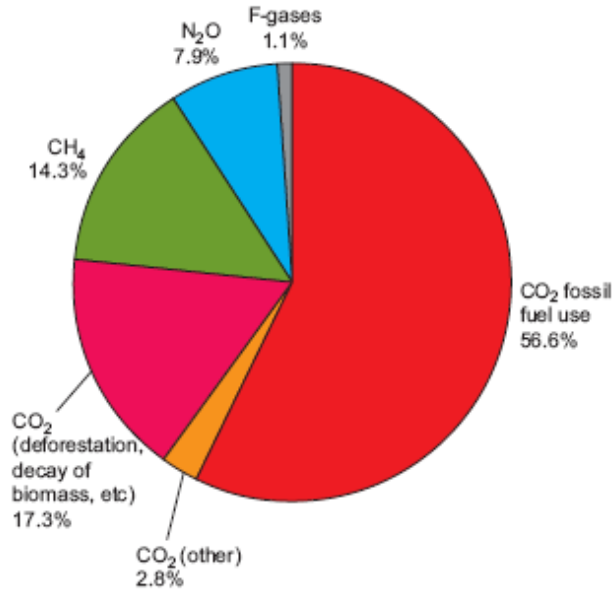
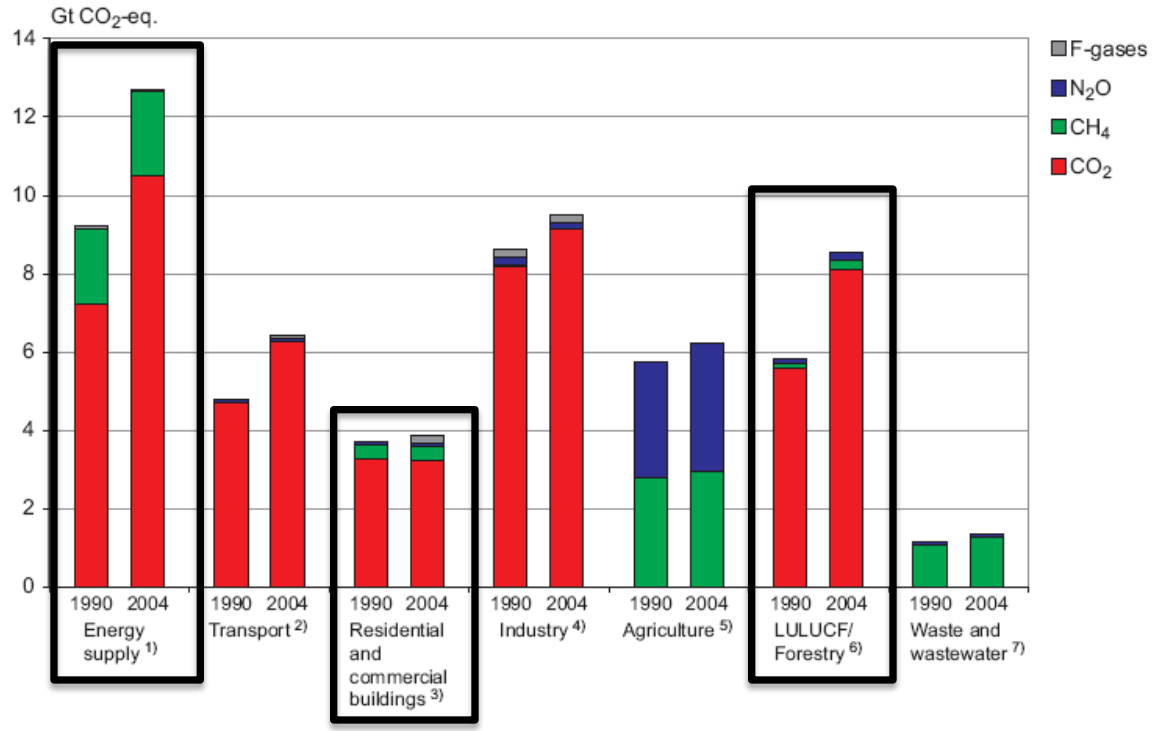


Figure TS.1b: *Global anthropogenic greenhouse gas emissions in 2004 [Figure 1.1b].*



Émissions anthropiques en 2007

49 Gt CO_2éq dont 29 en CO_2

Source: GIEC, rapport du groupe de travail 3 (2007)

Contributions du secteur du bâtiment

- En 2004 (GIEC, 2007)
- Émissions liées à l'électricité (5Gt) et le cycle de vie des matériaux
- Autres émissions directes (3Gt)
  - 0,4 $GtCO_2$eq. CH_4
  - 0,1 $GtCO_2$eq. N_2O
  - 1,5 $GtCO_2$eq. (CFC, HFC, HCFC) (refroidissement)
  - 1 $GtCO_2$eq. CO_2 (chauffage)
- Prévisions 2020: 11,4$GtCO_2$éq. Et 15,6 $GtCO_2$éq. Incluant l'électricité

Forêts et développement durable?

- Les forêts sont le principal puits de carbone terrestre
- Elles sont aussi le principal réservoir de biodiversité
- Une utilisation durable des forêts qui leur permette de continuer à jouer ce rôle ou à améliorer leur performance dans ce sens ne peut que contribuer à créer des marges de manœuvre pour l'adaptation des générations futures aux nouvelles conditions de vie que nous imposent notre démographie et notre évolution technologique
- Comment mesurer dans ce cadre la valeur du matériau bois?

Trois indicateurs

- L’empreinte écologique
- Le bilan de cycle de vie
- Le bilan carbone
- Peut-on les appliquer au matériau bois?

Prémisses de l'empreinte écologique

- Le monde économique (économosphère) est en grande partie dépendant des écosystèmes de la biosphère pour :
  - L'énergie et les matières premières
  - L'assimilation finale des déchets
- L'humanité ne peut consommer durablement plus de ressources que la nature ne peut en régénérer
- Pour mesurer la soutenabilité, il faut comparer la demande et l'offre de services issus de la nature

Le principe comptable

- Pour répondre à la question : « *Est-ce que l'économosphère mobilise plus de ressources que la biosphère peut en régénérer? », il faut connaître:*
  - La quantité de services issus de la biosphère requis pour faire fonctionner l'économosphère (demande)
  - La quantité de ces mêmes services que la biosphère est capable de régénérer (offre)
  - Si l'offre est plus grande que la demande, alors on peut prétendre à la durabilité
  - Dans le cas inverse, l'économosphère ne peut continuer durablement

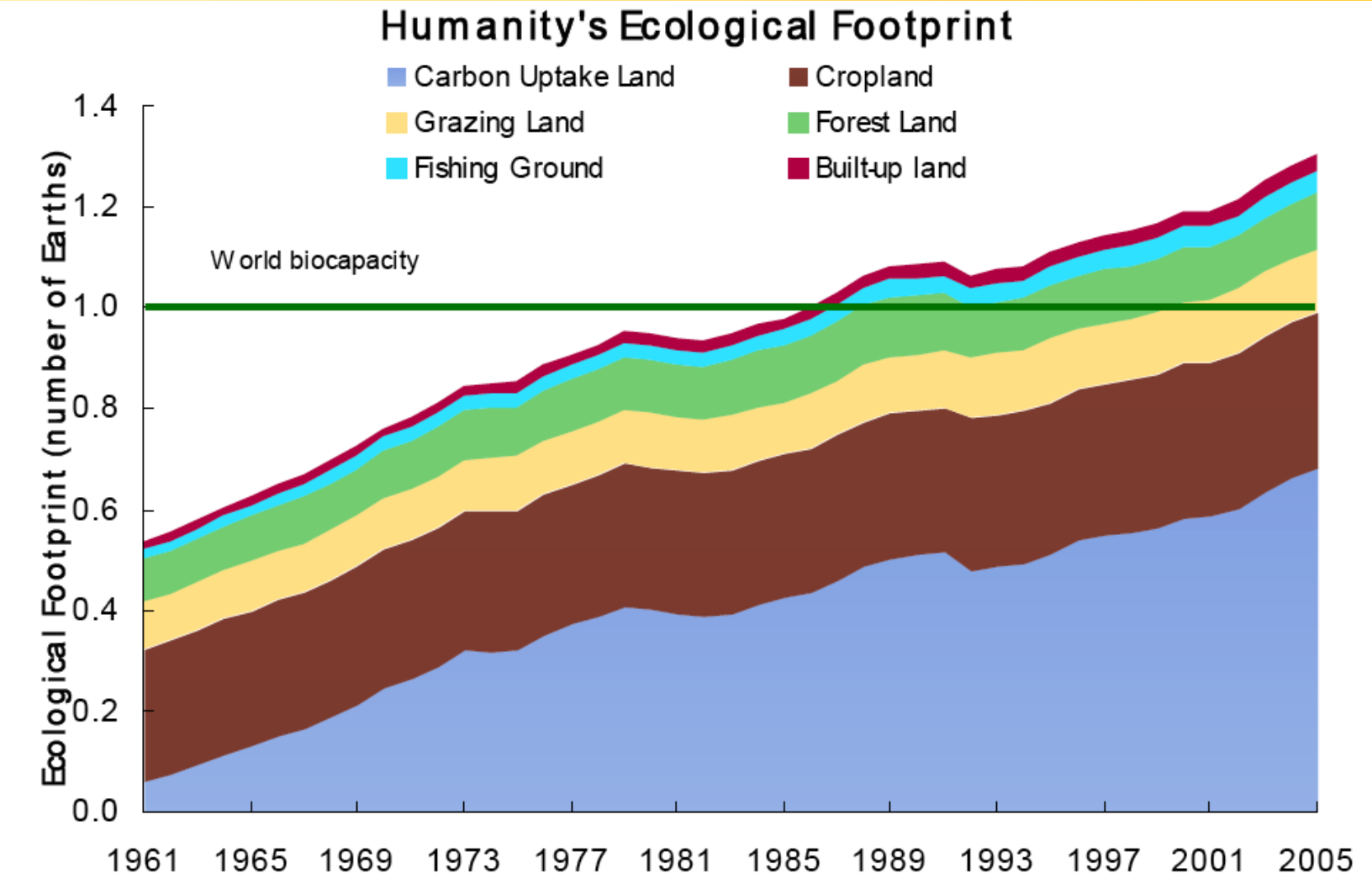
Un indicateur synthétique

- Comme le PIB, l'empreinte écologique est un indicateur composite qui tente de synthétiser une réalité complexe en une seule donnée facile à communiquer
- Exige de définir un cadre conceptuel précis qui décrit précisément ce qui sera inclus et omis dans le calcul (champ d'étude)

Le cadre de référence

- L'empreinte écologique limite son champ d'étude à la partie régénérative et biologique de l'écosystème
- L'empreinte écologique s'attache à représenter la quantité de capacité régénérative de l'écosystème qui doit être mobilisée pour fournir à l'éconosphère les ressources dont elle a besoin et assimiler les déchets qu'elle produit
- Elle analyse donc qu'une partie de l'utilisation du capital naturel

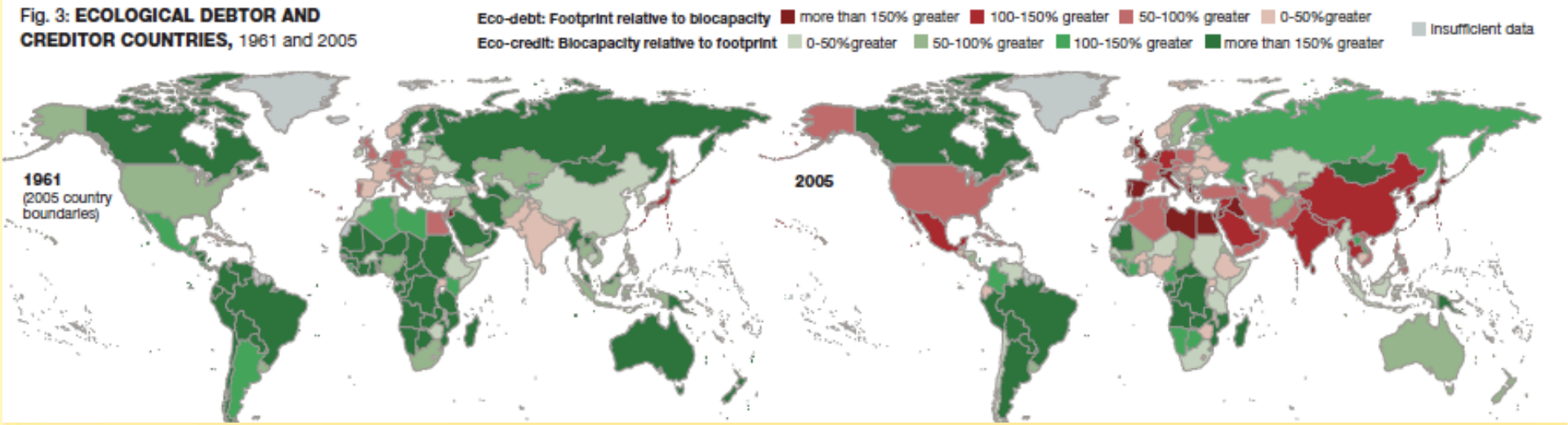
Une empreinte qui s'agrandit



L'empreinte écologique et les forêts

- La plus grande proportion d'empreinte écologique est représentée par la surface de forêts utilisée pour capter les émissions de CO_2
- Les forêts captent le CO_2 pour leur croissance
- Les forêts gérées durablement contribuent à stocker le carbone dans le bois (environ 25% du CO_2 capté à chaque rotation)
- Basée sur une comptabilité nationale, elle donne une interprétation biaisée

Évolution de l'empreinte écologique nationale 1961-2005



Limites

- Une forêt qui capte du CO_2 ne perd pas pour autant ses autres fonctions écologiques
- L'utilisation d'énergie de biomasse pour substituer des carburants fossiles n'est pas prise en compte dans l'empreinte écologique
- Le carbone séquestré dans le matériau n'est pas non plus pris en compte, il est considéré comme émis lors de la coupe.

Du berceau au tombeau

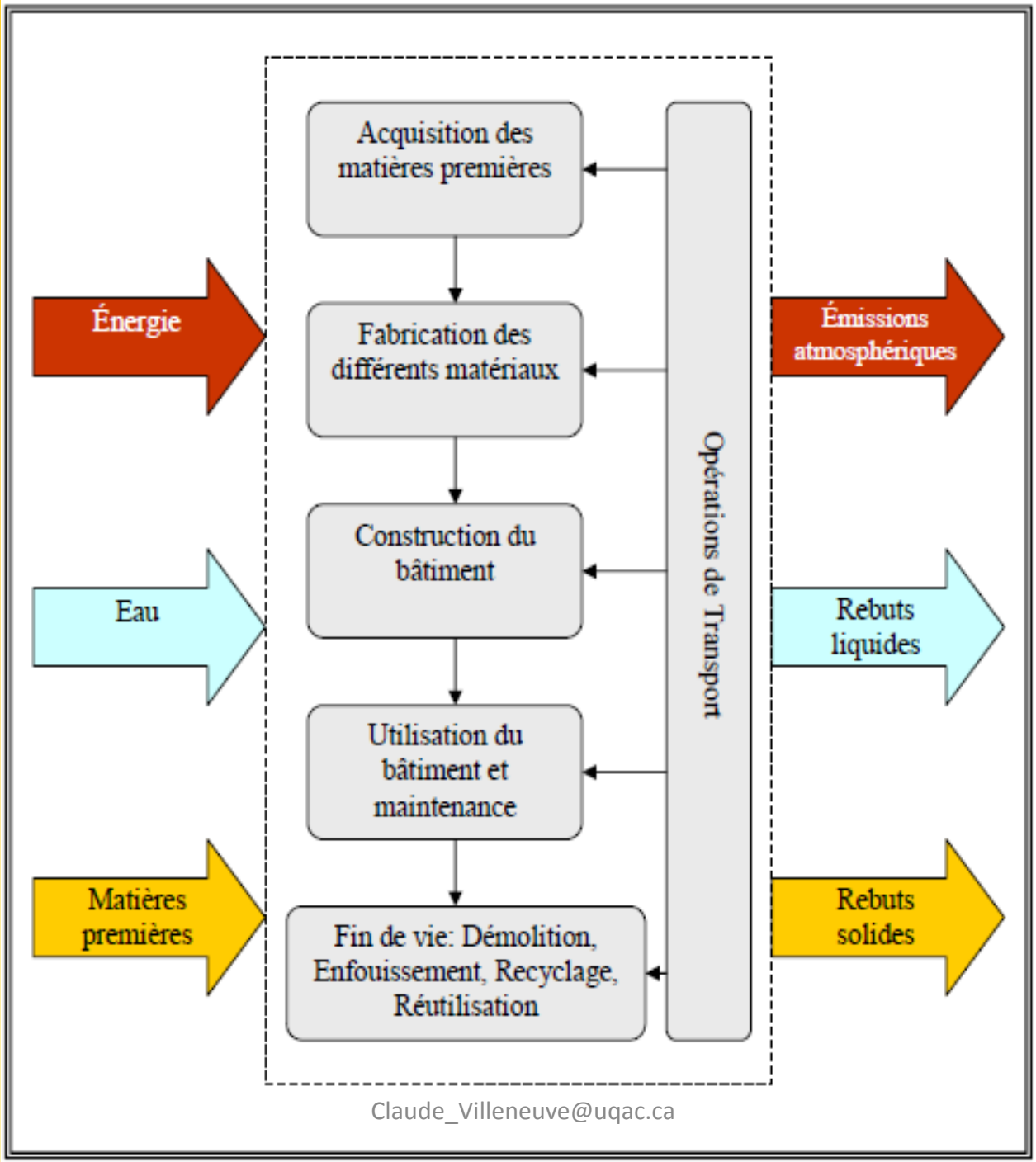
- L'idée de considérer les impacts d'un produit ou d'un service sur l'environnement de la phase de la conception et de l'extraction des ressources jusqu'au moment de la disposition finale des résidus a pris naissance dans les années 1980.
- C'est aujourd'hui une méthode normalisée (ISO 14 040 à 49) qui regroupe des équipes de recherche comme le CIRAIG. L'initiative pour le cycle de vie regroupant le PNUE et la SETAC propose et diffuse des outils pratiques permettant d'évaluer les risques inconvénients et avantages des produits et services tout au long de leur cycle de vie

L’analyse de cycle de vie

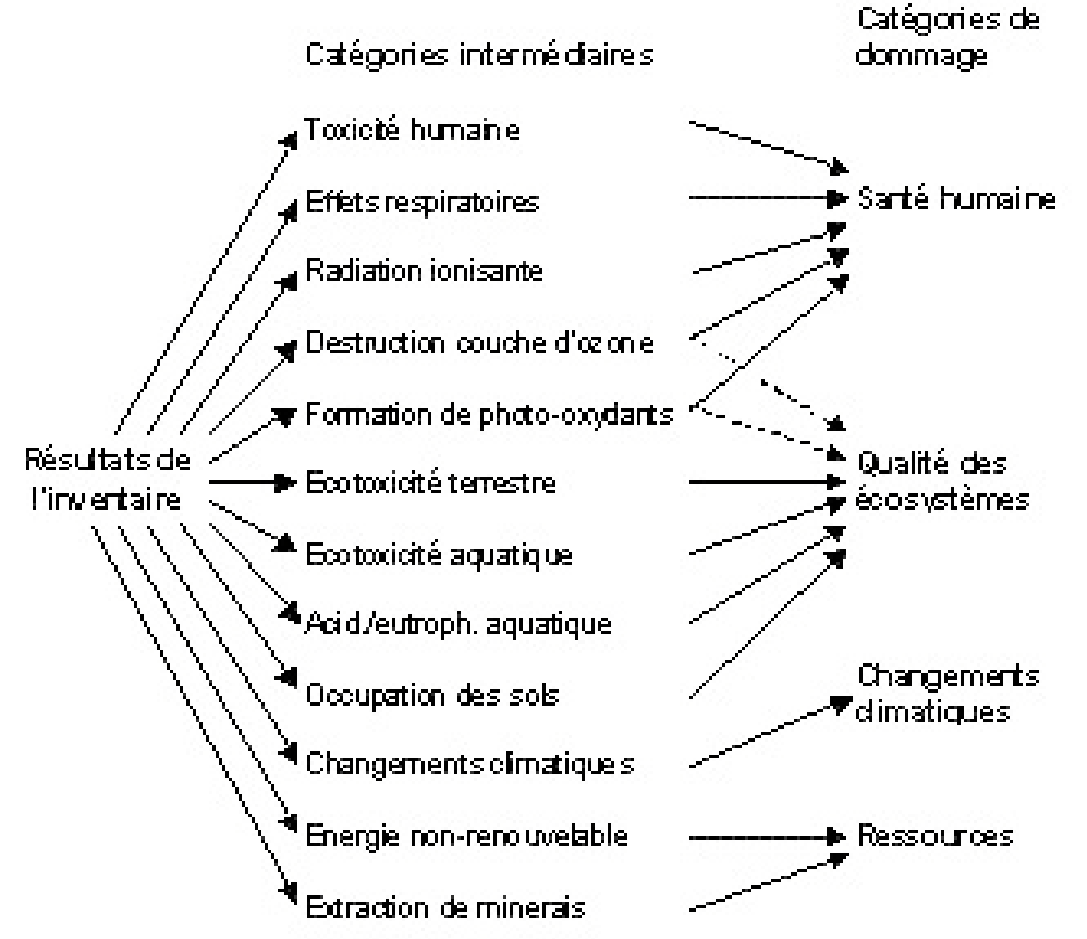
- Méthode permettant d’établir les impacts **potentiels** de la consommation d’un produit ou d’un service
- Utile pour connaître les phases critiques ou « points chauds »
- Utile pour comparer des matériaux, des options d’approvisionnement pour des unités fonctionnelles équivalentes

Cycle de vie des bâtiments

- Extraction des ressources
- Fabrication des matériaux
- Transport
- Construction
- **Utilisation**
- Démolition


Acquisition des matières premières
Fabrication des différents matériaux
Construction du bâtiment
Utilisation du bâtiment et maintenance
Fin de vie: Démolition, Enfouissement, Recyclage, Réutilisation
Opérations de Transport
Énergie
Eau
Matières premières
Émissions atmosphériques
Rebuts liquides
Rebuts solides

Structure générale des impacts



Limites de l'ACV dans le domaine des matériaux de construction

- Les études négligent généralement les variations des stocks de carbone forestier
- Le stockage du CO_2 dans le bois est rarement considéré
- Les différences entre les parcs de production électrique font varier énormément les bilans selon les juridictions
- L'utilisation des matériaux pour la substitution de carburants fossiles peut rendre un bâtiment positif pour le climat, mais son efficacité varie beaucoup
- La combinaison chauffage-refroidissement varie beaucoup selon les localisations géographiques et la fonction des bâtiments

Donc?

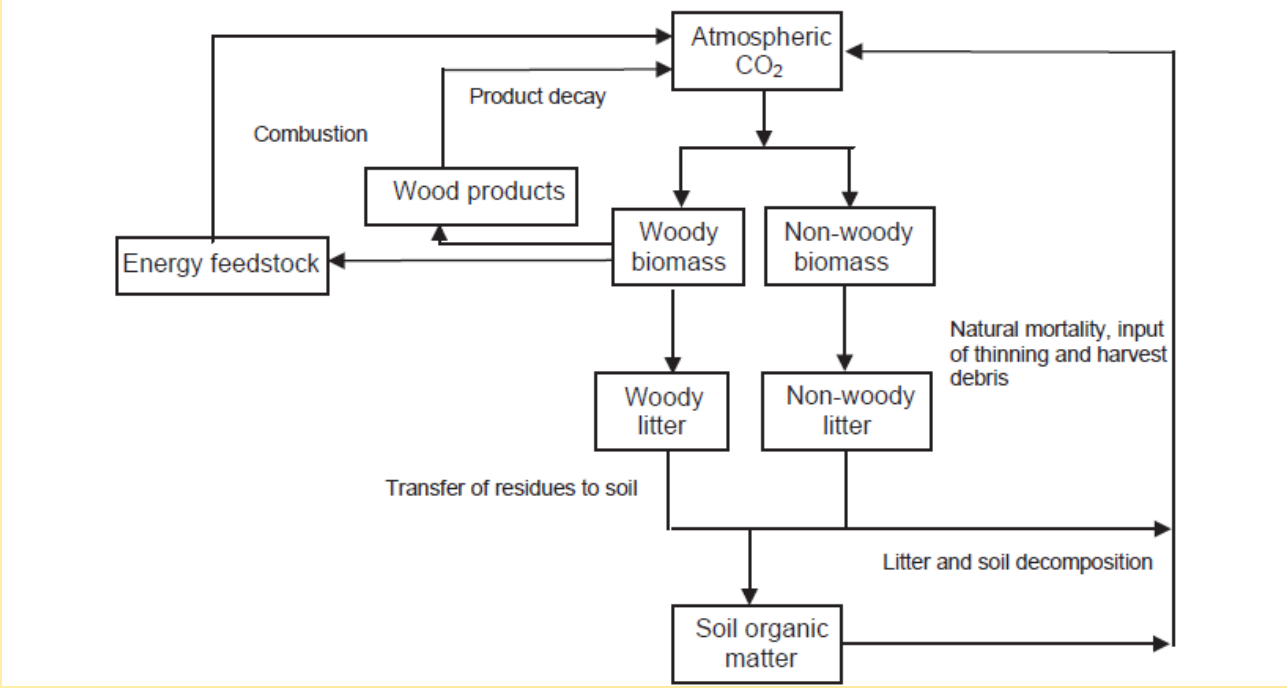
- Les comparaisons sont difficiles en raison:
  - Du choix des frontières
  - Des particularités propres aux ressources locales
  - De l'agrégation des impacts qui peut différer selon les méthodes choisies
  - Des données souvent génériques ou estimées

Bilan carbone

- Analyse de cycle de vie tenant compte uniquement des émissions de gaz à effet de serre
- Établir les frontières
- Déterminer les sources, puits et réservoirs
- Quantifier les SPR
- Établir la quantité d'émissions par unité fonctionnelle
- Essentiel pour le marché du carbone ou pour déclarer la carboneutralité
- Approprié dans le cas des matériaux, car l'essentiel des impacts se joue sur les changements climatiques

Le cycle général du carbone forestier

Source: (Dewar et al. 1992).



Énergie intrinsèque

- L'énergie intrinsèque ou « grise », c'est « la somme totale de l'énergie nécessaire à assurer l'élaboration d'un produit, et ceci de l'extraction du/des matériau(x) brut(s), le traitement, la transformation, la mise en œuvre du produit, ainsi que les transports successifs qu'aura nécessité la mise en œuvre. Sont également incluses les dépenses énergétiques des matériaux et engins ayant contribué à son élaboration. »

Intensité carbonique de divers matériaux

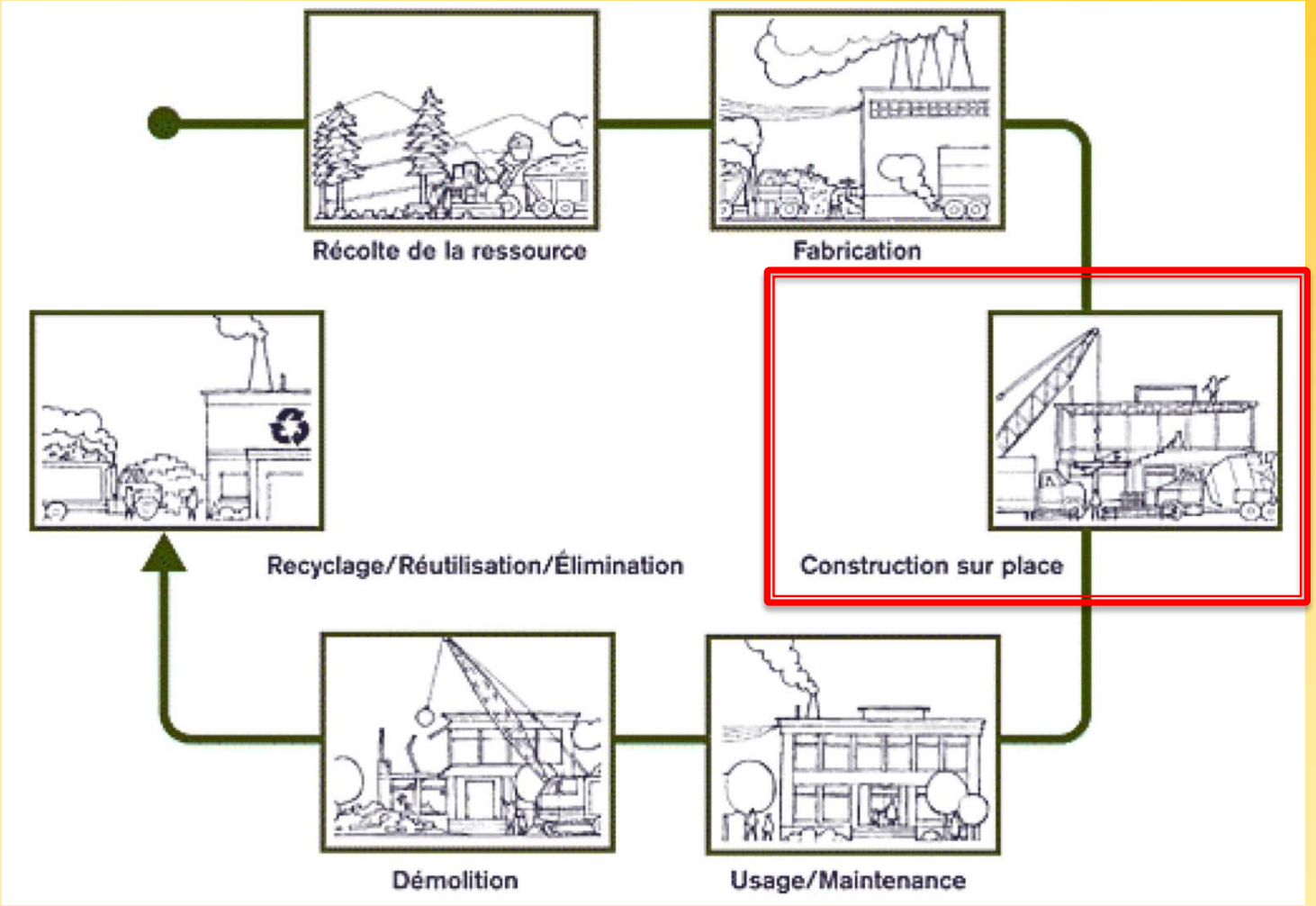
Matériaux	Émissions de C (kg de C/ tonne de matière)
Charpente en bois	-460
Verre	630
Acier	1 090
Aluminium	2 400
Plastique	2 810

Récapitulatif des intensités carboniques des différents matériaux les plus couramment utilisés dans le secteur de la construction (incluant la séquestration de C pour le bois).
Source: Taylor et Van Langenberg (2003).

Un cas d'étude

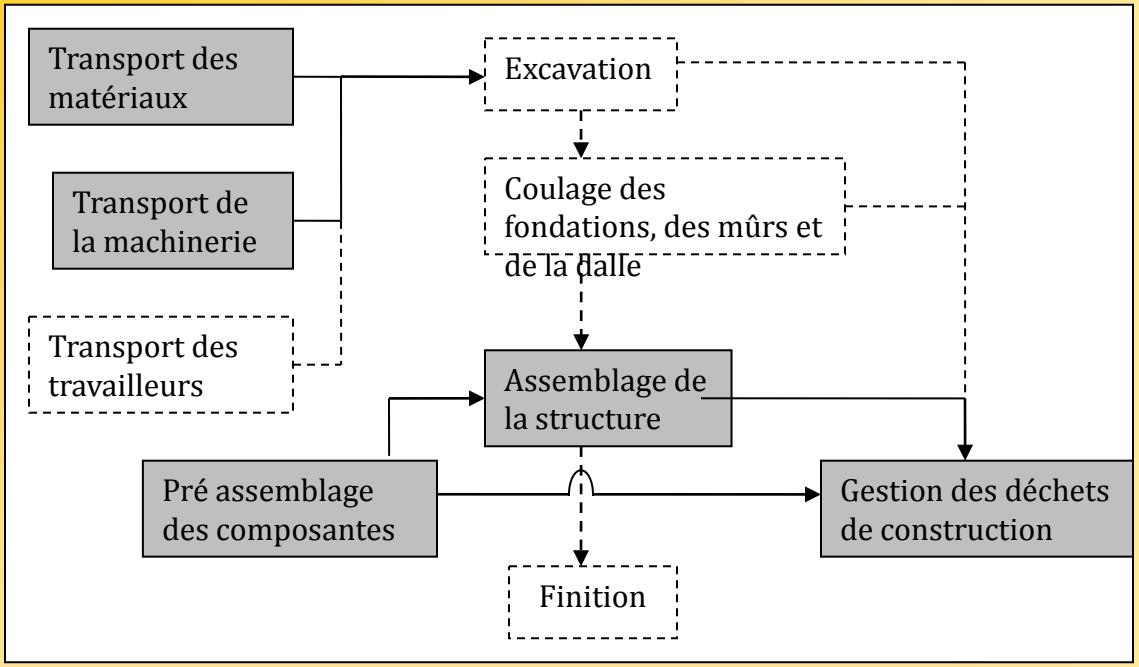
- Aréna de l'UQAC
- Construction été 2009
- Bilan carbone des poutres de lamellé-collé de Chantier Chibougamau
- Comparaison avec une structure acier
- Phase construction terminée
- Rapport final Hiver 2011
- Recherche commandée par Cecobois

Cycle de vie et frontière du rapport



Source: Chaire en Éco-Conseil (2009)

Processus inclus et exclus



Légende

Processus inclus dans l'analyse

Processus exclus de l'analyse

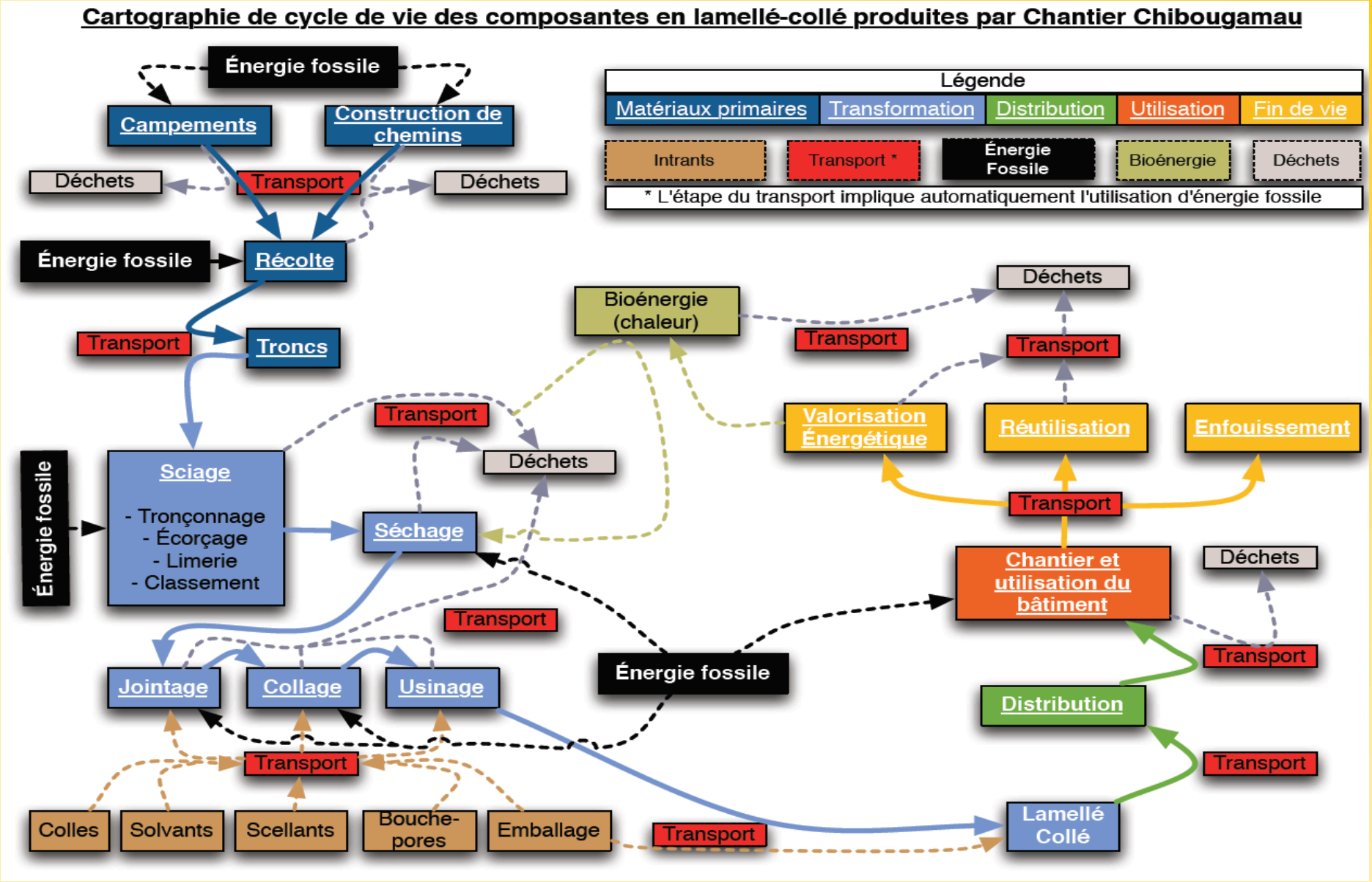
Source: Chaire en Éco-Conseil 2009

Bilan carbone du chantier

- Émissions mesurées attribuables à l'utilisation du bois 10 tonnes CO_2éq
- Carbone séquestré 146 tonnes CO_2éq
- Bilan positif 136 tonnes CO_2éq pour la durée de vie du bâtiment

Commentaires

- La majeure partie des émissions vient du transport des poutres de Chibougamau à Chicoutimi
- La phase chantier représente une partie majeure des émissions dans le cas du bois mais la partie séquestrée pour la durée de vie du bâtiment excède d'un ordre de grandeur les émissions de cette phase


Cartographie de cycle de vie des composantes en lamellé-collé produites par Chantier Chibougamau
Énergie fossile
Campements
Construction de chemins
Déchets
Transport
Déchets
Énergie fossile
Récolte
Transport
Troncs
Énergie fossile
Sciage
- Tronçonnage
- Écorçage
- Limerie
- Classement
Transport
Déchets
Séchage
Transport
Jointage
Collage
Usinage
Énergie fossile
Transport
Colles
Solvants
Scellants
Bouche-pores
Emballage
Transport
Légende
Matériaux primaires
Transformation
Distribution
Utilisation
Fin de vie
Intrants
Transport *
Énergie Fossile
Bioénergie
Déchets
* L'étape du transport implique automatiquement l'utilisation d'énergie fossile
Bioénergie (chaleur)
Transport
Déchets
Transport
Valorisation Énergétique
Réutilisation
Enfouissement
Transport
Chantier et utilisation du bâtiment
Déchets
Transport
Distribution
Transport
Lamellé Collé

Hypothèses

- Le transport est le plus important facteur d'émissions au total.
- La phase de transformation représente la seconde en importance.
- Les hypothèses de fin de vie peuvent faire varier le bilan du cycle de vie des matériaux lamellés-collés.
- Les intrants tels les colles, solvants, bouche-pores, emballages, etc., ont une contribution significative aux émissions de GES.
- Les émissions de GES peuvent être réduites de façon importante par la réutilisation à des fins énergétiques des résidus de bois.

Importance de la phase fin de vie

- Maintien séculaire de la séquestration ou substitution énergétique
  - 136 tonnes CO_2éq. Ou X mégajoules?
- Durée de vie du bâtiment vs restockage du carbone forestier
- Hypothèses de séquestration à long terme dans l'enfouissement à sec

Conclusion

- Le bilan carbone capture l'essentiel des impacts de la filière des matériaux de structure dans la construction tout en étant représentatif de l'énergie intrinsèque du bâtiment
- L'utilisation du matériau bois est généralement plus avantageuse dans un contexte de réduction des émissions de CO_2, de séquestration et d'énergie intrinsèque, mais les émissions liées au transport peuvent avoir une importance non négligeable sur le bilan