

Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans l'océan indien, Madagascar

« MODÉLISATION DU CYCLE DE CARBONE »

Auteur principal : Docteur RATOVOHAJA Hanitra (1)

Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

Co-Auteurs : Professeur Titulaire RASOANARIVO Rivocharinala (2)

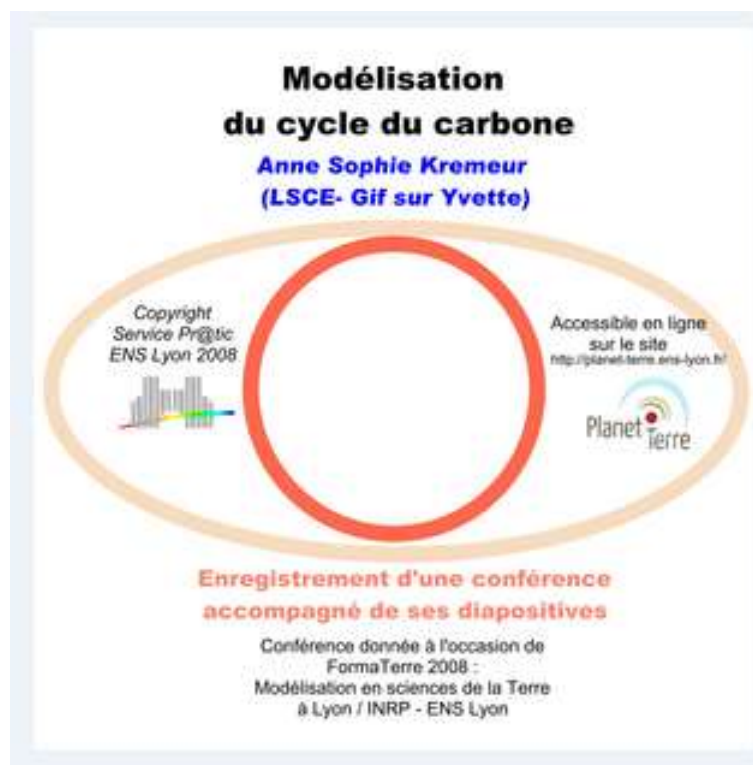
Enseignant Chercheur à l'EDGVM, UMG Mahajanga

Professeur Titulaire RANARIJAONA Hery Lisy Tiana (3)

Enseignant Chercheur à l'EDGVM, UMG Mahajanga

Monsieur ANDRIANJAFIMANANA Fenosoa Eric (4)

Doctorant à l'EDGVM, UMG Mahajanga



Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans l'océan indien, Madagascar

« MODÉLISATION DU CYCLE DE CARBONE »

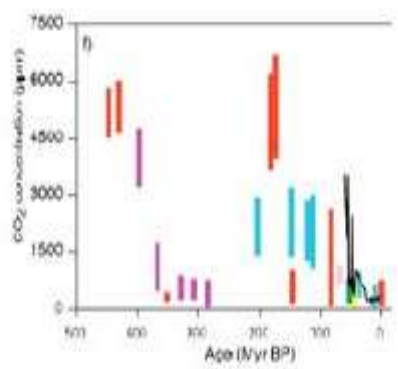
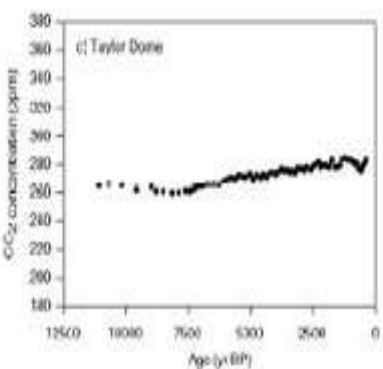
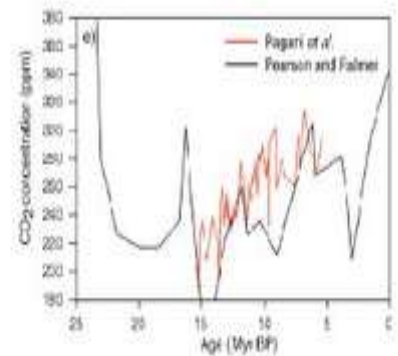
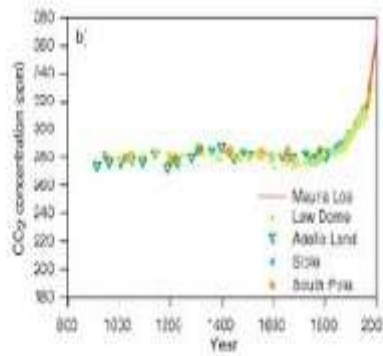
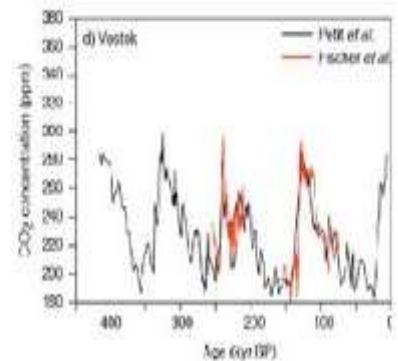
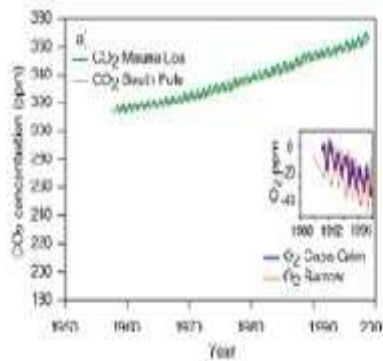
Docteur RATOVOHAJA Hanitra

Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

Introduction

Variations passées du CO₂ atmosphérique

Méthodes :
mesures directes,
bulles d'air des carottes de glace,
indices stomataux,
isotopes du bore,
 $\delta^{13}\text{C}$ dans les paléosols,
....



Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans l'océan indien, Madagascar

« MODÉLISATION DU CYCLE DE CARBONE »

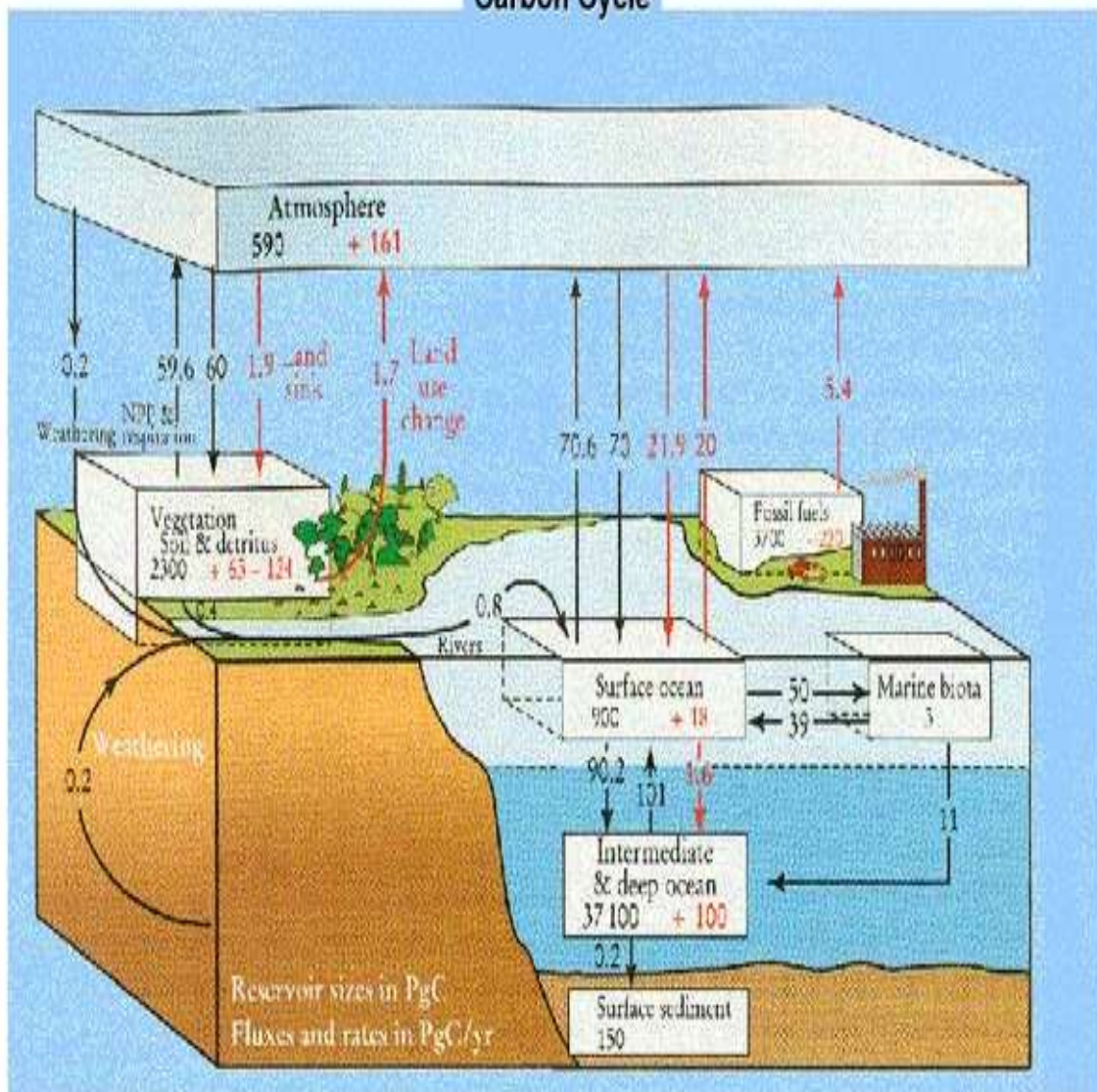
Docteur RATOVOHAJA Hanitra

Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

From Sarmiento and Gruber, 2002

Introduction

Short-Term Carbon Cycle



Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans l'océan indien, Madagascar

« MODÉLISATION DU CYCLE DE CARBONE »

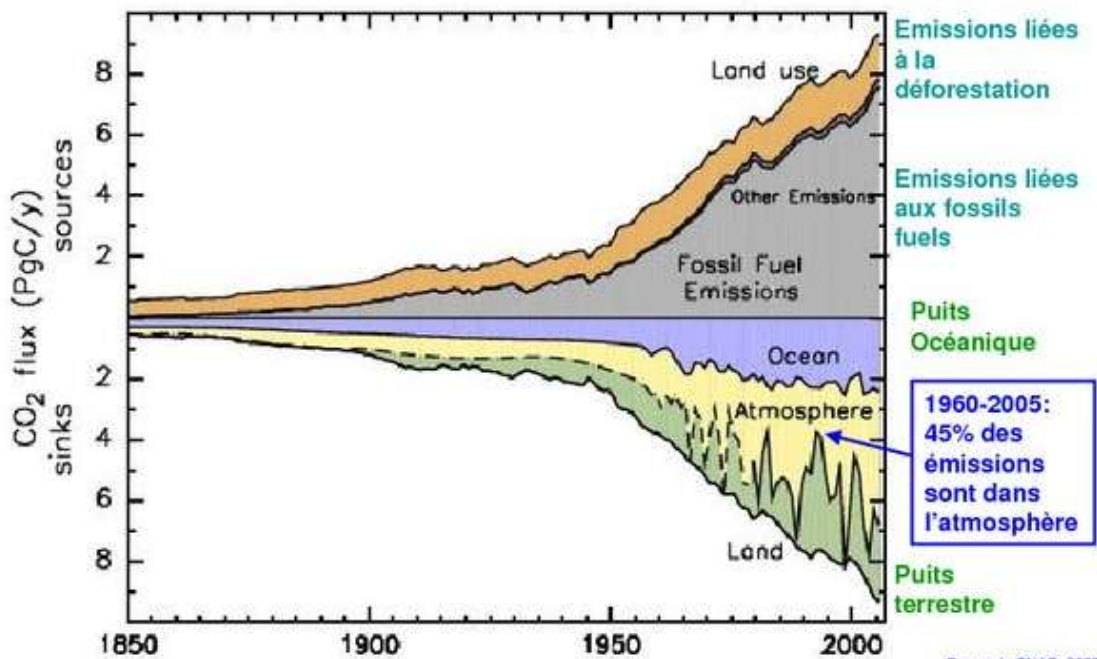
Docteur RATOVOHAJA Hanitra

Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

Introduction

Bilan de carbone :

entre 1960-2005, 55 % du carbone émis est absorbé par les réservoirs naturels

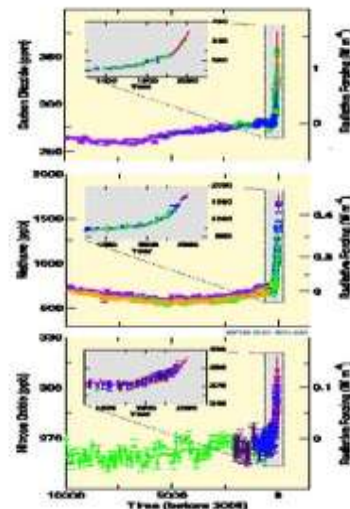


Raupach, PNAS, 2007

Introduction

>2007 Dernier Rapport du GIEC

"Global atmospheric concentrations of carbon dioxide, methane and nitrous oxide have increased markedly as a result of human activities since 1750 and now far exceed pre-industrial values determined from ice cores spanning many thousands of years



Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans l'océan indien, Madagascar

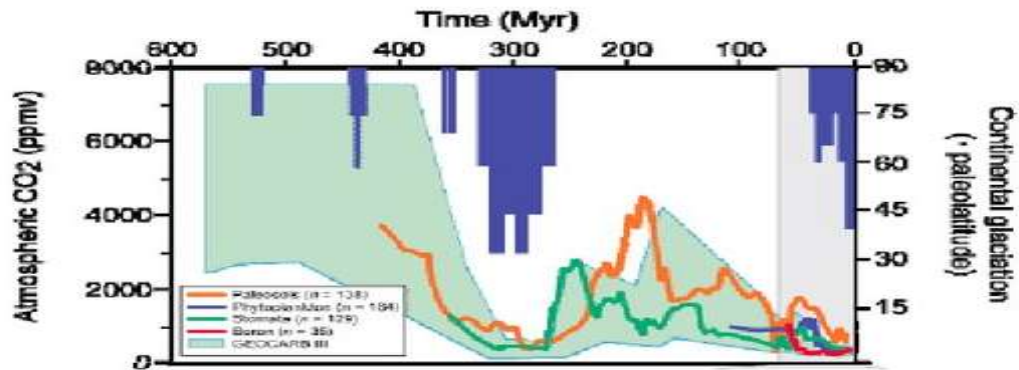
« MODÉLISATION DU CYCLE DE CARBONE »

Docteur RATOVOHAJA Hanitra

Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

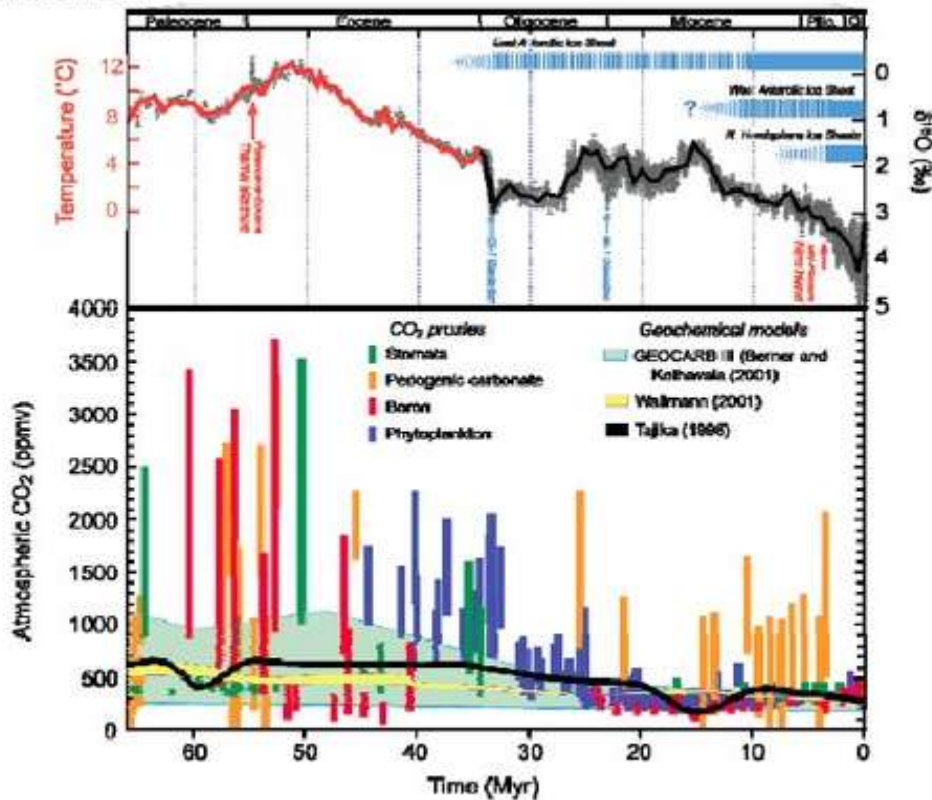
Introduction

CO2 et climat ont varié en phase dans le passé



IPCC, 2007

Introduction

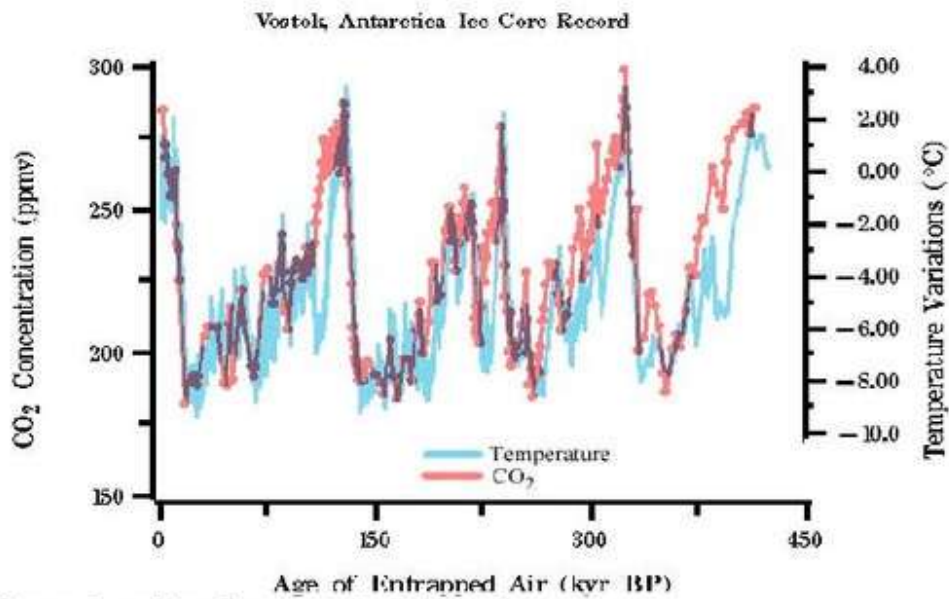


IPCC, 2007

Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans
 l'océan indien, Madagascar
 « MODÉLISATION DU CYCLE DE CARBONE »
 Docteur RATOVOHAJA Hanitra
 Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

Introduction

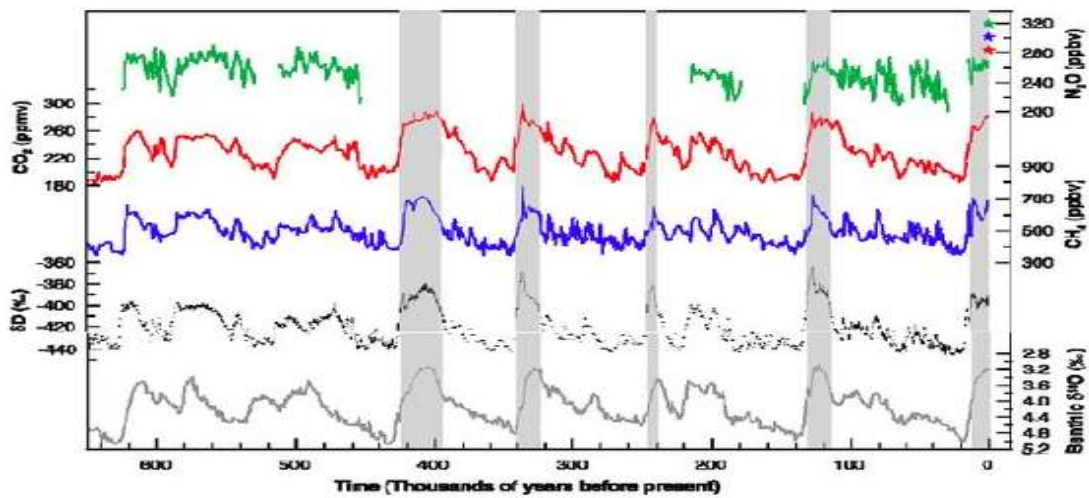
CO₂ et climat ont varié en phase dans le passé



Source: Jean-Marc Barnola et al. Petit et al.

Introduction

EPICA, Dome C (jusqu'à 800 ka)

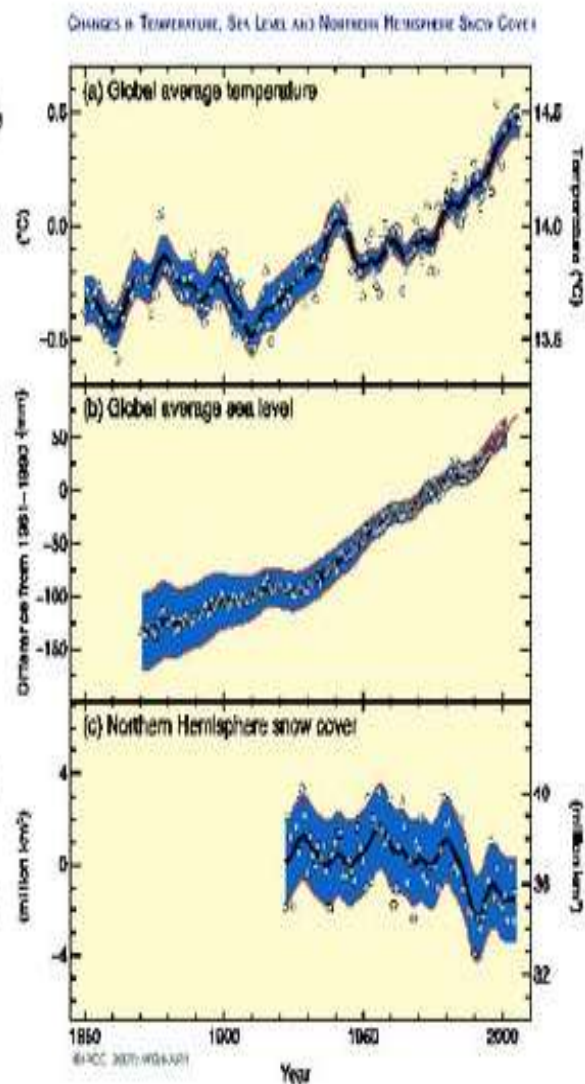


Introduction

➤ 2007 Dernier Rapport du GIEC :

“Global atmospheric concentrations of carbon dioxide, methane and nitrous oxide have increased markedly as a result of human activities since 1750 and now far exceed pre-industrial values determined from ice cores spanning many thousands of years

Warming of the climate system is unequivocal, as is now evident from observations of increases in global average air and ocean temperatures, widespread melting of snow and ice, and rising global average sea level.”



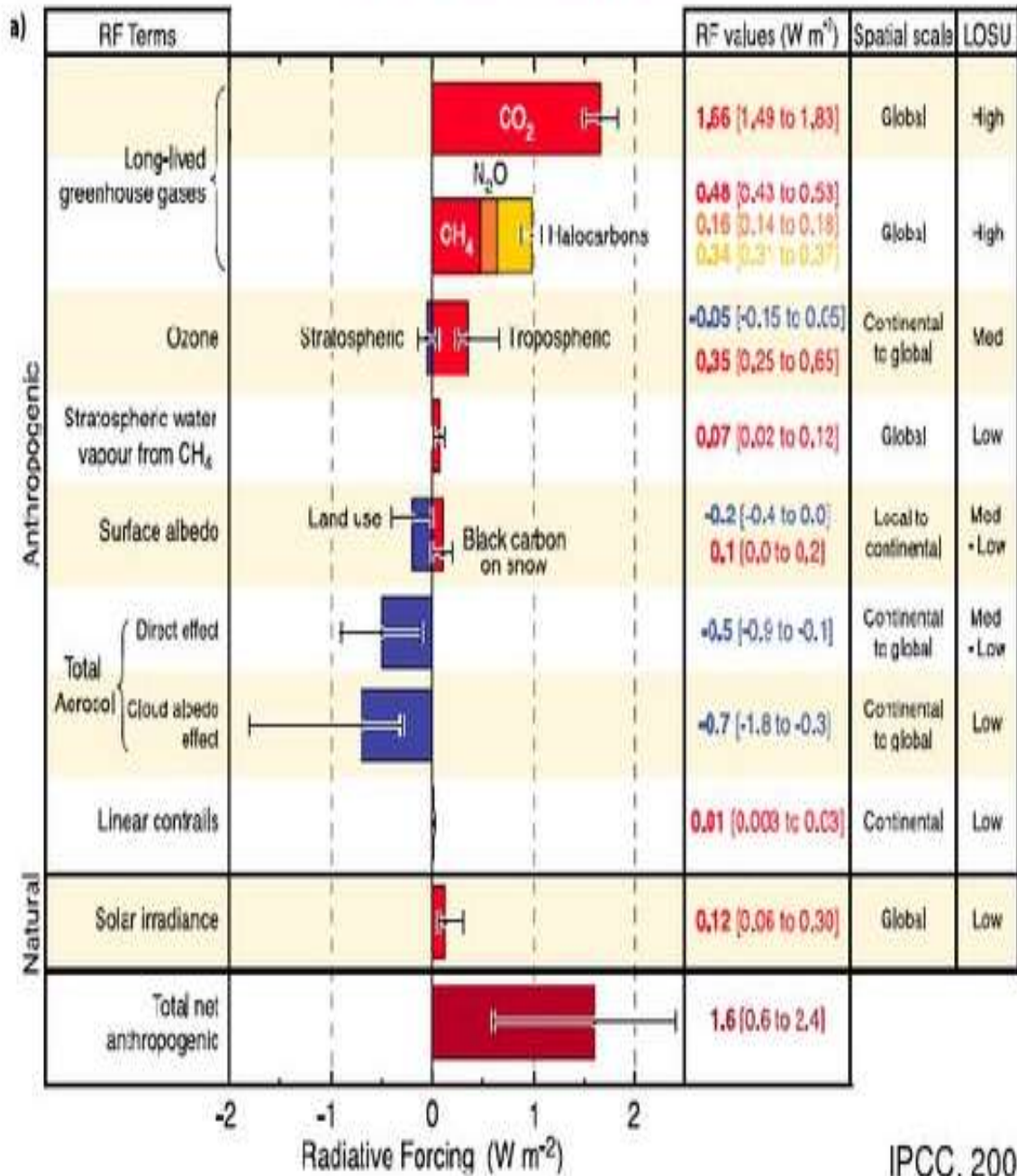
Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans l'océan indien, Madagascar

« MODÉLISATION DU CYCLE DE CARBONE »

Docteur RATOVOHAJA Hanitra

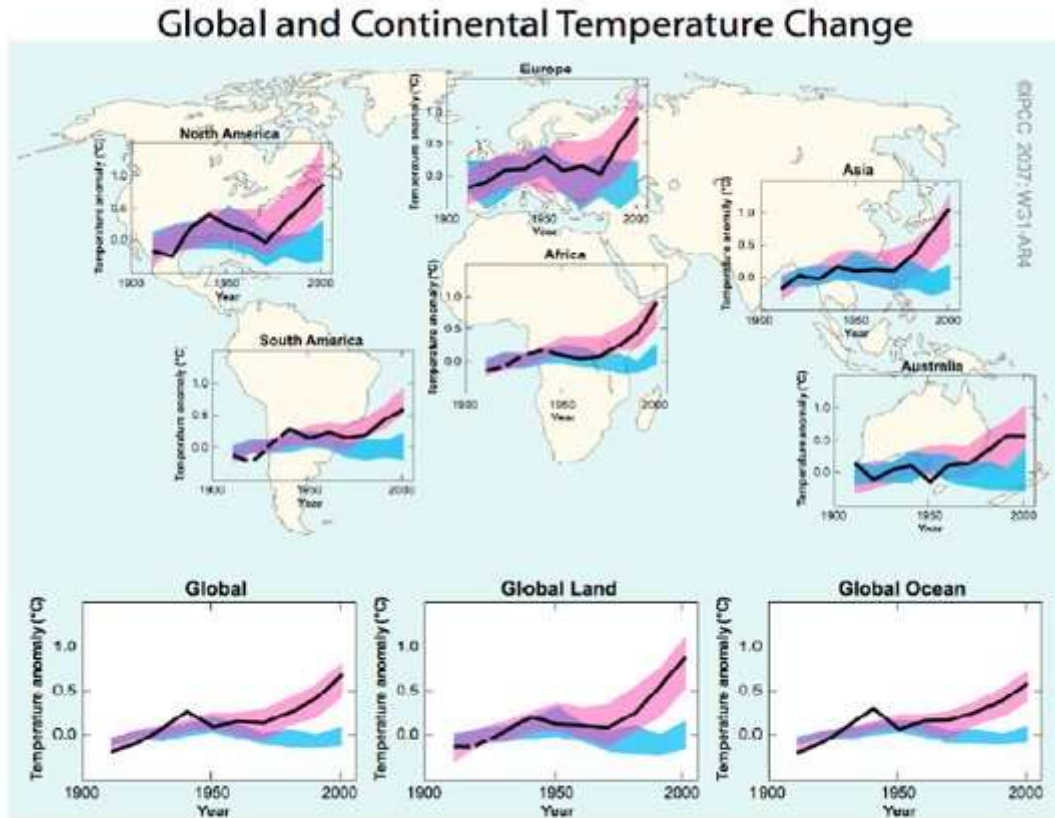
Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

GLOBAL MEAN RADIATIVE FORCINGS



IPCC 2007: WG1-AR4

Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans
 l'océan indien, Madagascar
 « MODÉLISATION DU CYCLE DE CARBONE »
 Docteur RATOVOHAJA Hanitra
 Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga



Introduction

➤ 2007 Dernier Rapport du GIEC :

“Most of the observed increase in global average temperatures since the mid-20th century is *very likely* due to the observed increase in anthropogenic greenhouse gas concentrations.

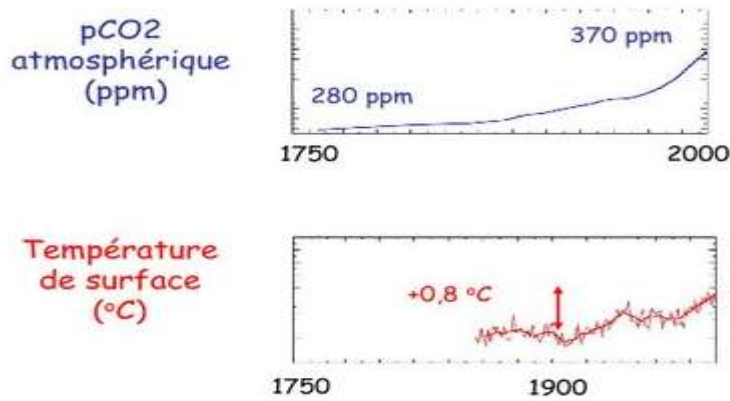
This is an advance since the TAR’s conclusion that “most of the observed warming over the last 50 years is *likely* to have been due to the increase in greenhouse gas concentrations”.

Discernible human influences now extend to other aspects of climate, including ocean warming, continental-average temperatures, temperature extremes and wind patterns.

Likely : > 66 %
 Very likely : > 90%

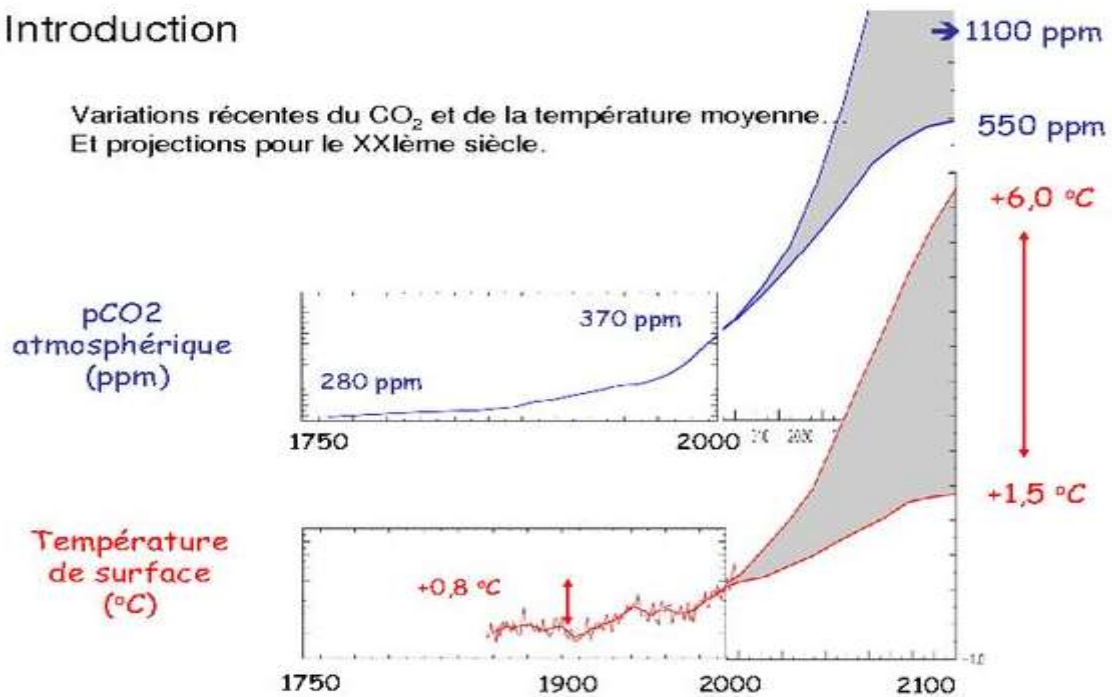
Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans
l'océan indien, Madagascar
« MODÉLISATION DU CYCLE DE CARBONE »
Docteur RATOVOHAJA Hanitra
Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

Variations récentes du CO₂ et de la température moyenne...



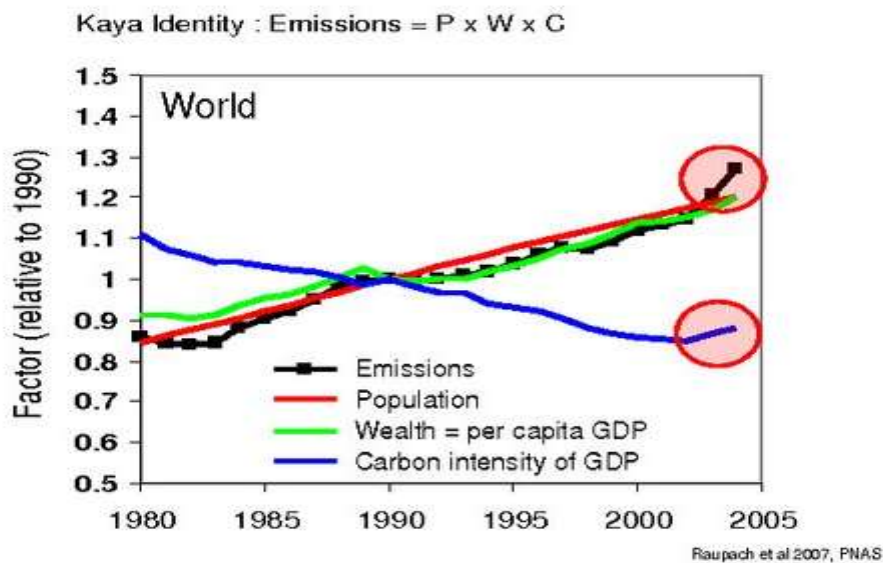
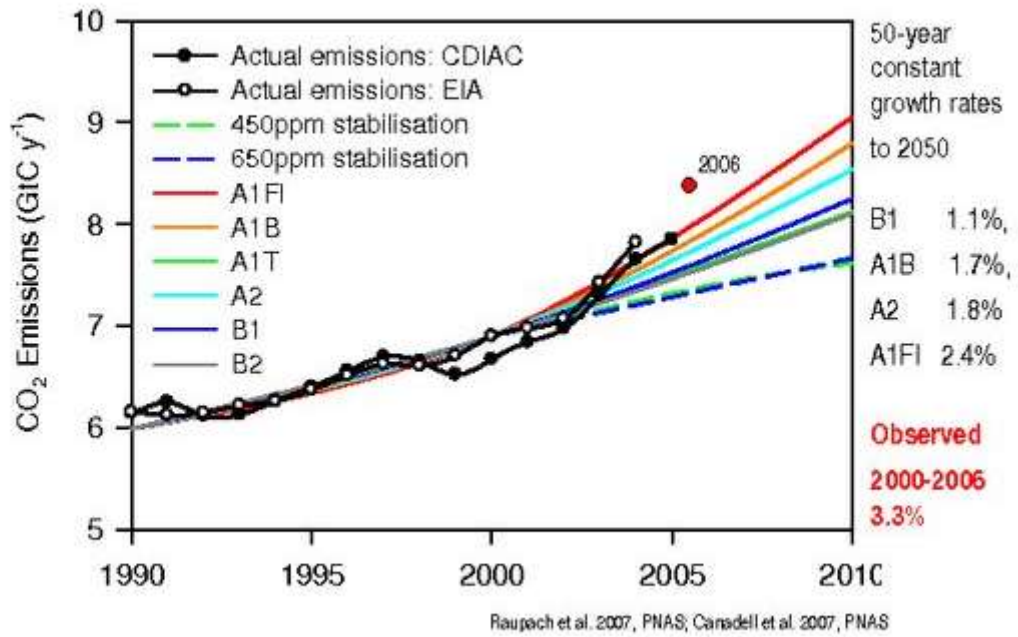
Introduction

Variations récentes du CO₂ et de la température moyenne...
Et projections pour le XXI^{ème} siècle.



Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans
 l'océan indien, Madagascar
 « MODÉLISATION DU CYCLE DE CARBONE »
 Docteur RATOVOHAJA Hanitra
 Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

Emissions Récentes... plus rapides que prévues dans les scénarios les plus pessimistes



Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans
l'océan indien, Madagascar
« MODÉLISATION DU CYCLE DE CARBONE »
Docteur RATOVOHAJA Hanitra
Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

Aujourd'hui : 2 questions, 2 échelles de temps, 2 modèles très différents

1. Changement climatique futur :

Quelle rôle pour la rétroaction climat-carbone ?

Echelle de temps : 1860-2100

Type de modèles : Modèles de circulation générale (GCM),
Modèles du cycle du carbone (océan et continent)

Source : Cox et al. 2000 (Nature), Friedlingstein et al. 2006 (J. of Climate)

2. Cycles glaciaire – interglaciaire

Comment expliquer les cycles G-IG et le couplage climat-CO₂ à 100 ka ?

Echelles de temps : -3 Ma – présent

Type de modèle : 4 équations et une feuille de calcul excel.

Source : Paillard et Parrenin, 2004 (EPSL, La Recherche)

1. Couplage climat-carbone (1860-2100) :

Principe

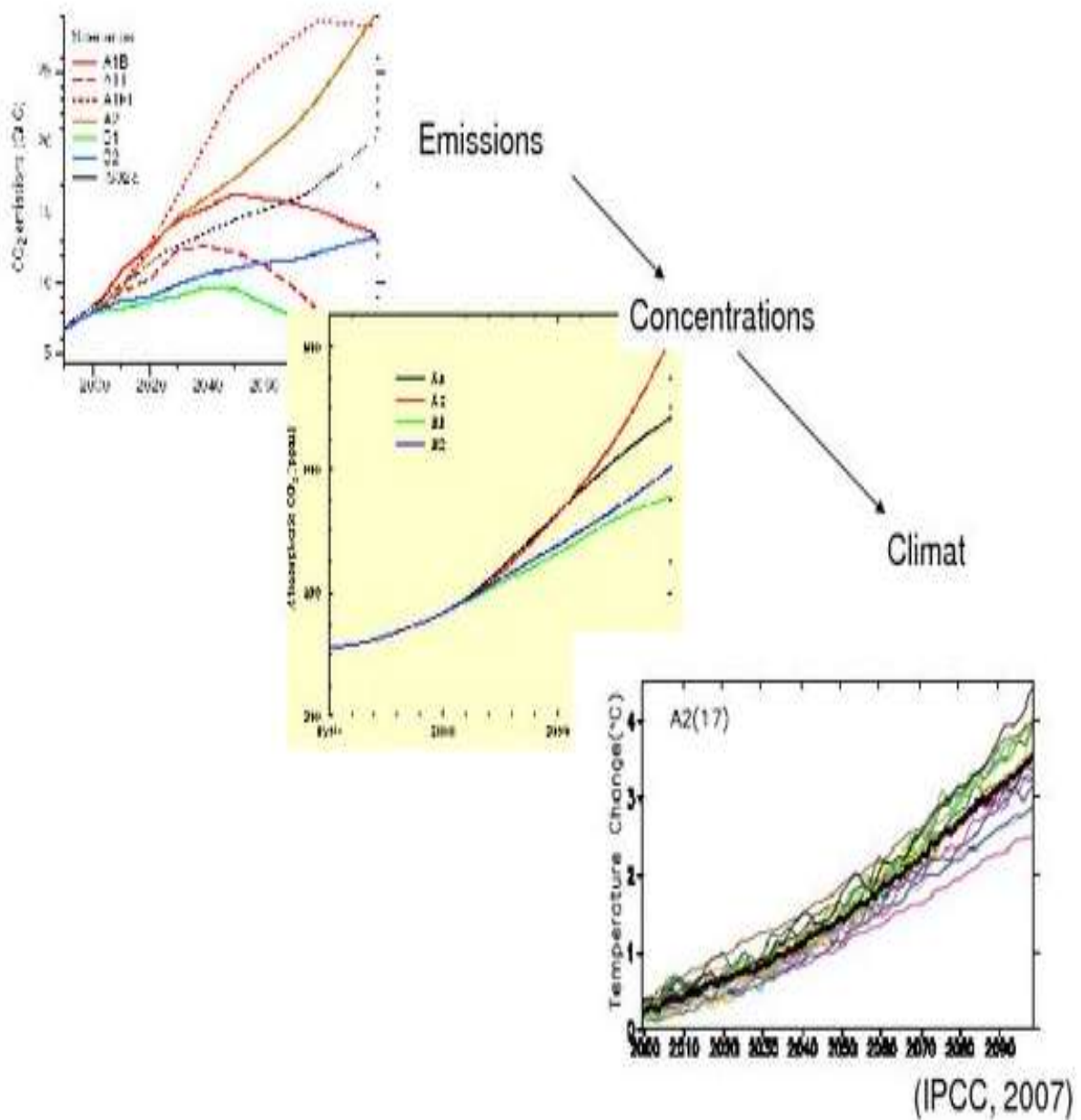
Quels modèles ?

Résultats / Mécanismes

Incertitudes, Comment aller plus loin ?

Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans
l'océan indien, Madagascar
« MODELISATION DU CYCLE DE CARBONE »
Docteur RATOVOHAJA Hanitra
Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

Principe : Simulations climatiques classiques



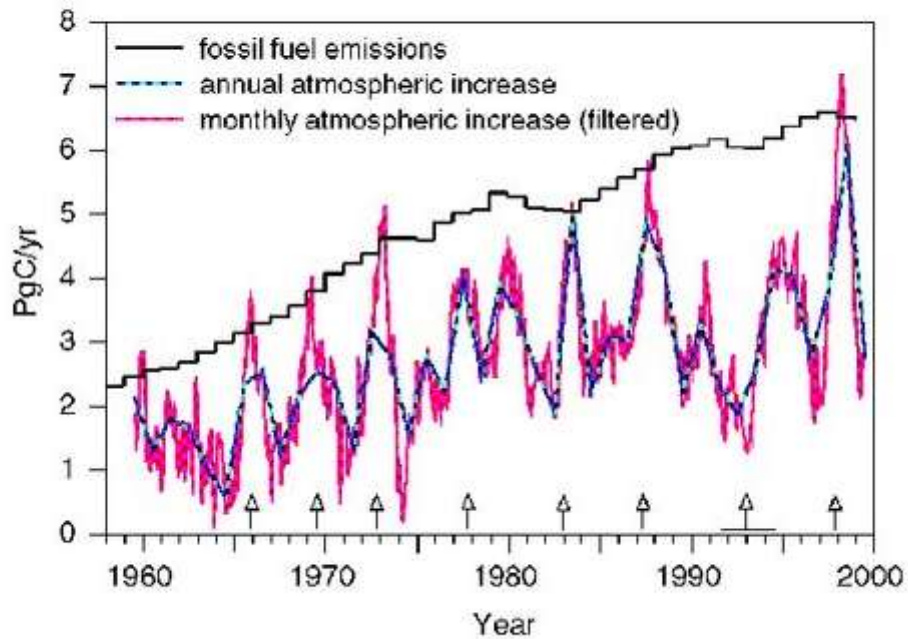
Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans l'océan indien, Madagascar

« MODELISATION DU CYCLE DE CARBONE »

Docteur RATOVOHAJA Hanitra

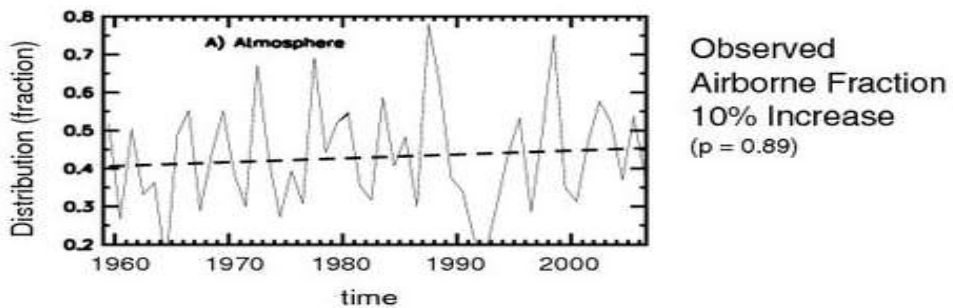
Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

Principe : Les puits de carbone (océan et biosphère terrestre) répondent aux modifications du climat



→ Evenements El-Nino

Principe : Les puits de carbone (océan et biosphère terrestre) répondent aux modifications du climat



Airborne fraction : Fraction du CO₂ émis qui reste dans l'atmosphère

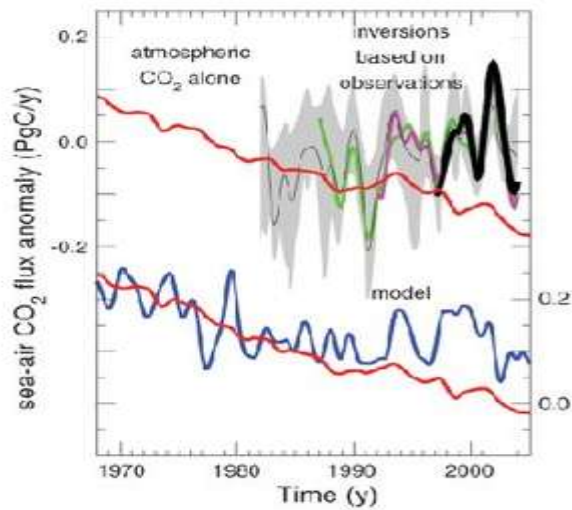
Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans l'océan indien, Madagascar

« MODELISATION DU CYCLE DE CARBONE »

Docteur RATOVOHAJA Hanitra

Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

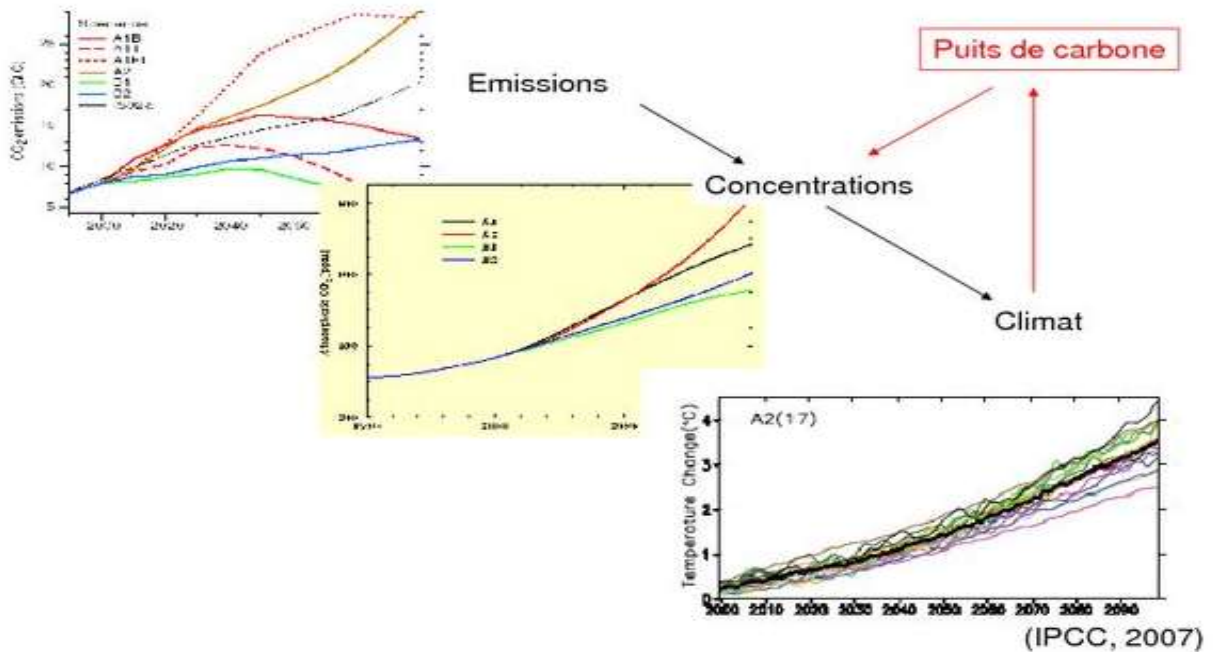
Principe : Les puits de carbone (océan et biosphère terrestre) répondent aux modifications du climat



Flux de carbone dans l'océan austral

Le Quéré et al. , Science, 2007

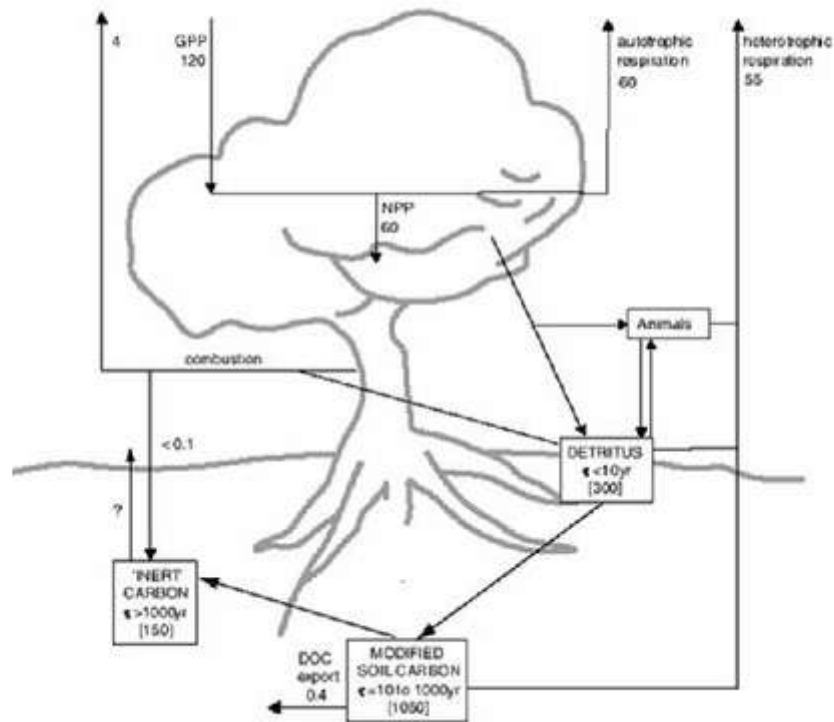
Principe : Simulations couplées climat-carbone



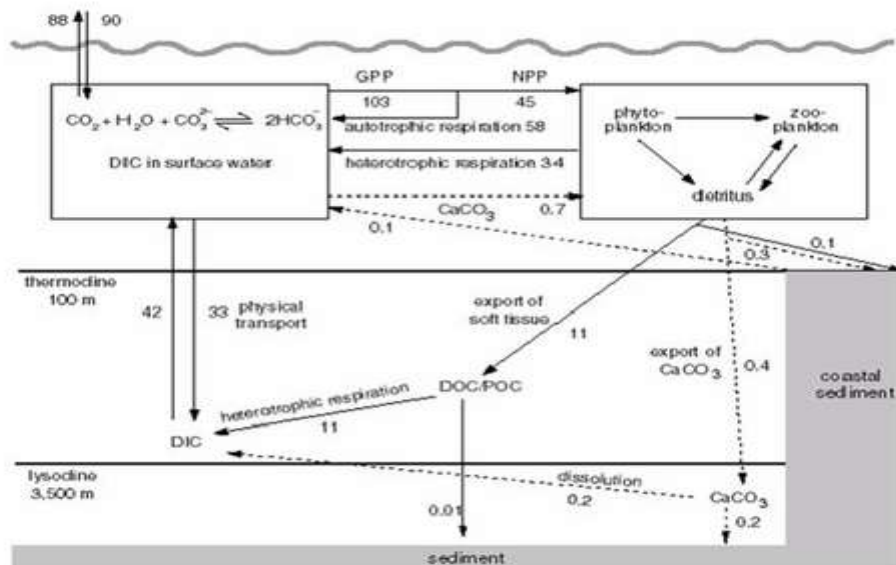
(IPCC, 2007)

Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans
 l'océan indien, Madagascar
 « MODELISATION DU CYCLE DE CARBONE »
 Docteur RATOVOHAJA Hanitra
 Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

Cycle du carbone dans la biosphère terrestre

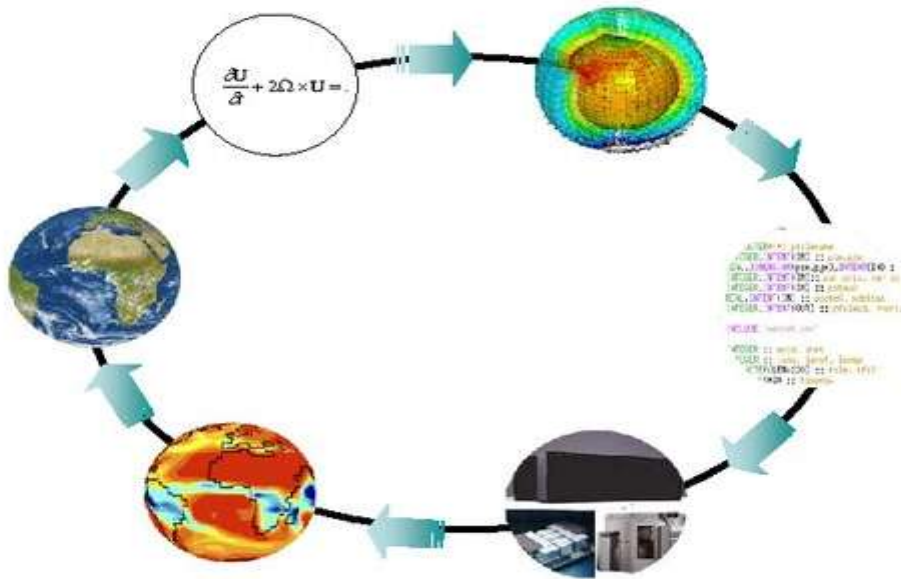


Cycle du carbone dans l'océan

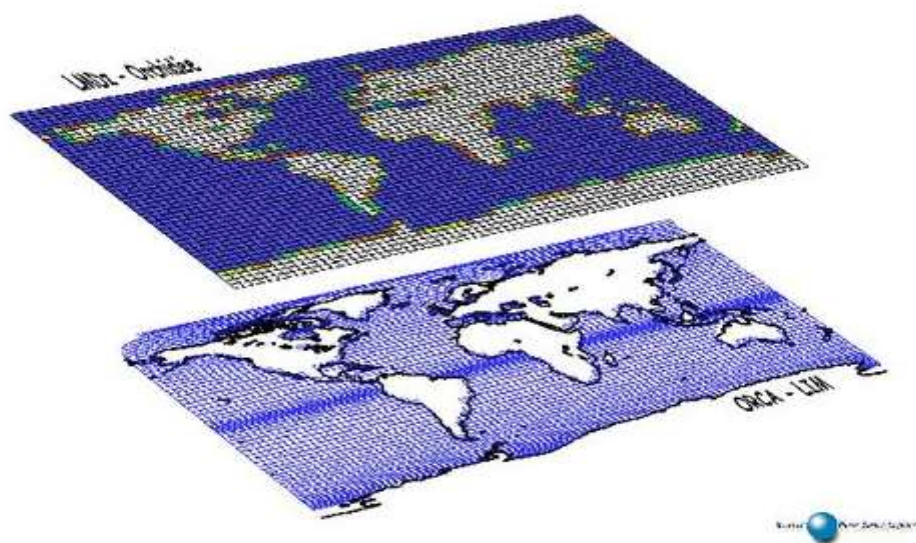


Introductions aux interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans
l'océan indien, Madagascar
« MODELISATION DU CYCLE DE CARBONE »
Docteur RATOVOHAJA Hanitra
Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

Quels modèles ?



Modèle couplé climat-carbone : Discrétisation



Introductions et interactions entre le système climatique et les cycles biogéochimiques dans
l'océan indien, Madagascar
« MODELISATION DU CYCLE DE CARBONE »
Docteur RATOVOHAJA Hanitra
Maître de Conférences à l'IUGM Mahajanga

CONCLUSION

Suivant les certitudes, le CO₂ atmosphérique résulte des échanges avec plusieurs réservoirs dont à long-terme que se trouve le dégazage, l'altération, etc... Et en moyen-terme nous voyons l'océan profond, les sédiments océaniques, etc... Et enfin, à court-terme, l'océan, biosphère terrestre, le sol, etc... D'après le bilan de carbone entre 1960 à 2005, nous avons été constaté 55% du carbone émis est absorbé par les réservoirs naturels. Dans l'univers, entre 1960 à 2005, 45% des émissions de carbone sont dans l'atmosphère. Le CO₂ est un gaz à effet de serre et influence le climat. Désormais, deux questions doivent être posées sur deux échelles de temps et deux types de modèles. Pour le changement climatique du futur, quel est le rôle pour la rétroaction climat-carbone ? Entre 1860-2100, les types de modèles convenus : modèle de circulation générale (GCM), modèles du cycle de carbone (océan et continent). Pour les cycles glaciaires et interglaciaires, comment expliquer les cycles G-IG et le couplage climat-CO₂ à 100 ka ? Les échelles de temps : entre -3Ma à présent. Le Type de modèle à 4 équations et une feuille de calcul excel. Par principe, les simulations climatiques classiques se produisent par les trois vecteurs, émissions, concentrations et climat. Les puits de carbone (océan et biosphère terrestre) répondent effectivement aux modifications du climat.