

« Quelle est la nature de la Terre? »

*Pratiques théoriques et engagements politiques  
des géosciences*

Sébastien Dutreuil



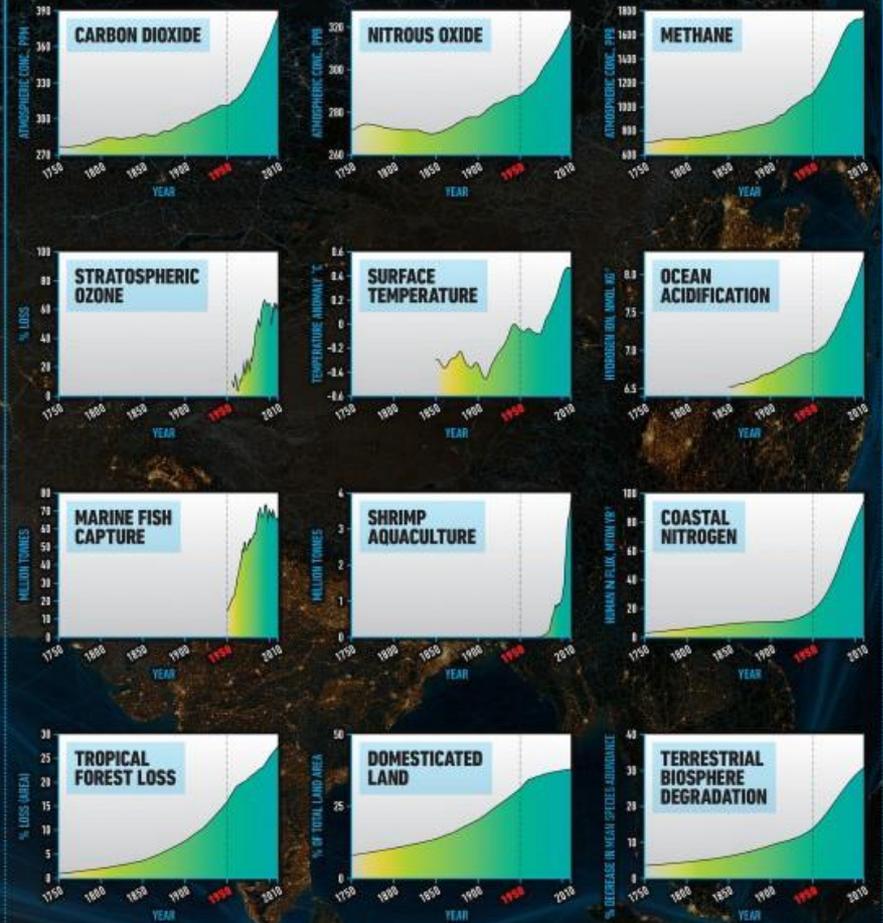
# Anthropocene

## THE GREAT ACCELERATION

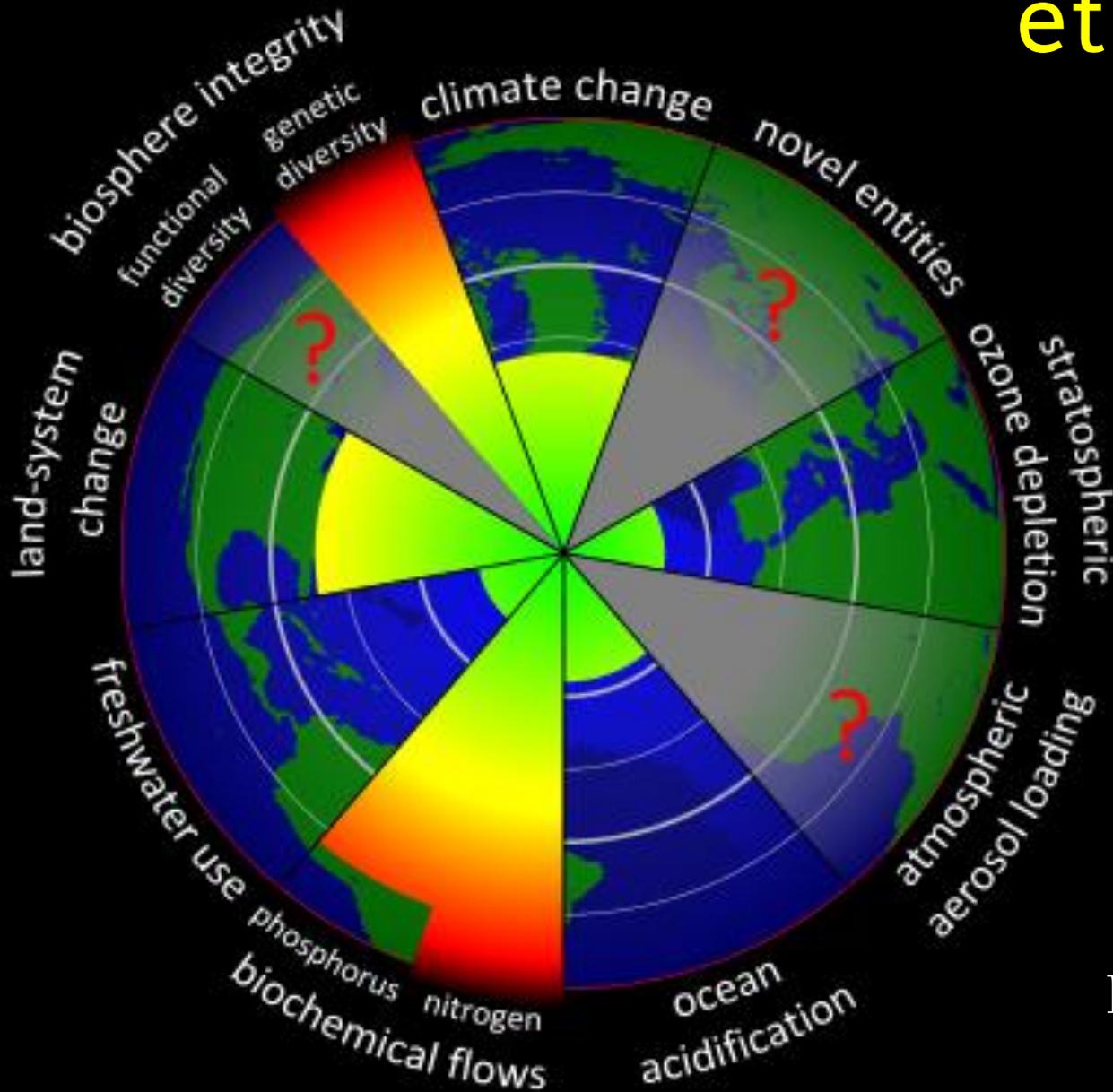
### SOCIO-ECONOMIC TRENDS



### EARTH SYSTEM TRENDS



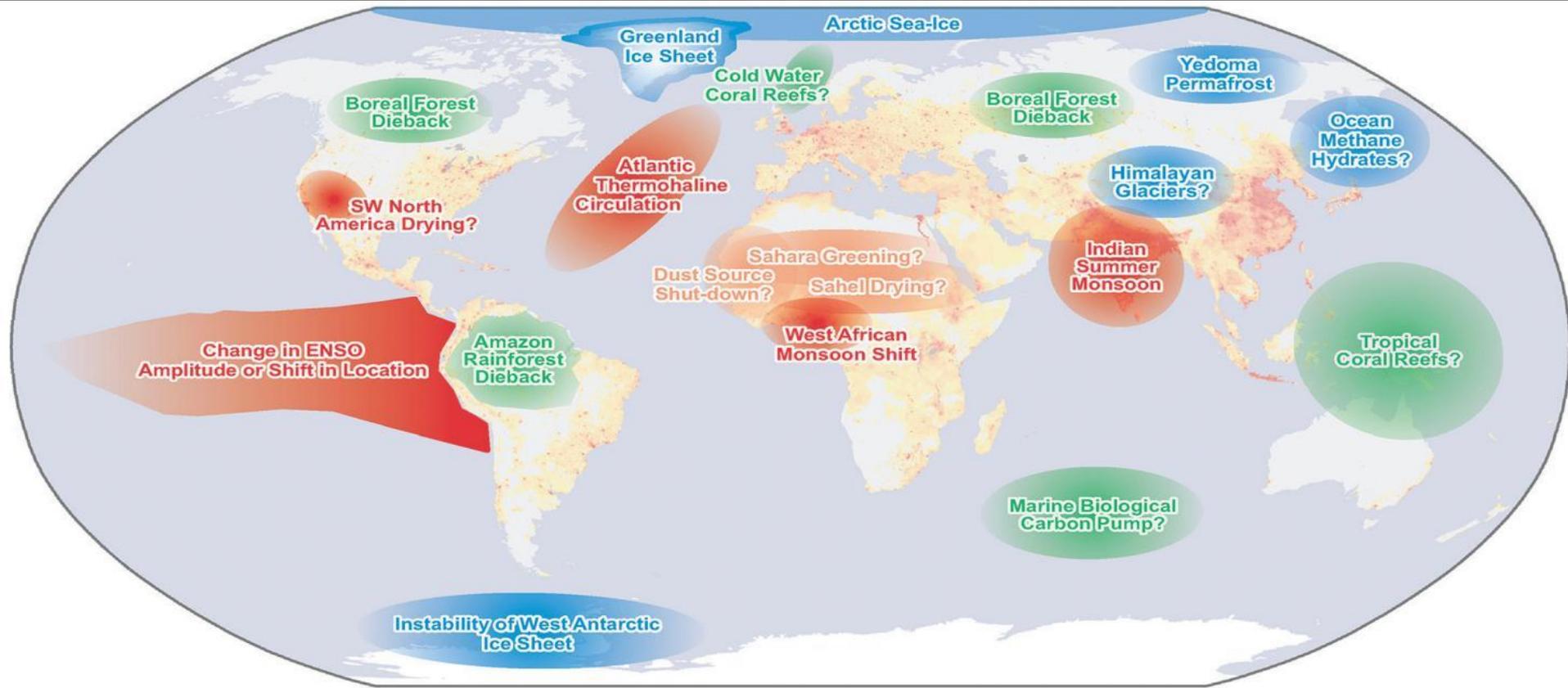
# « Planetary boundaries » et habitabilité



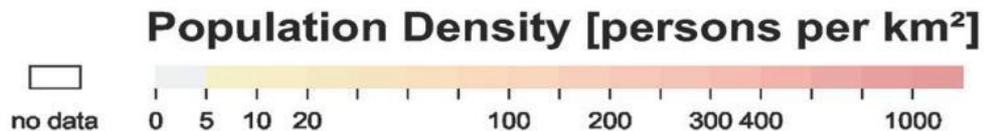
Rockström et al. 2009

# Tipping elements

Lenton et al. 2008



- Melting
- Circulation Change
- Biome Loss



Des concepts normatifs articulant savoirs  
et pouvoirs sur le système Terre...

# Issus du même petit groupe de théoriciens



Adossés à une institution

GLOBAL

**IGBP**

International  
Geosphere-Biosphere  
Programme

CHANGE

1987-2015

Sous-tendus par une conception particulière de la Terre  
(système) devant nourrir une nouvelle science





How well do we understand the nature of Earth?

The challenge of the IGBP Synthesis

« What is the *nature of Earth*? »

The challenge for IGBP over the next three years is to make a significant contribution towards answering this question. »

Steffen, 1998

# 'Earth system' analysis and the second Copernican revolution

H. J. Schellnhuber

« Cette dernière s'efforce de comprendre le 'système Terre' en tant que tout et de développer, sur cette base cognitive, les concepts pour le management de l'environnement global. (...) Cette nouvelle révolution sera d'une certaine manière l'inverse de la première : elle nous permettra de regarder en retour notre planète pour percevoir une seule entité, complexe, dissipative, dynamique, loin de l'équilibre thermodynamique – le 'Système Terre'. »

Les « sciences du système Terre »  
un savoir « total » et « révolutionnaire »?

Ambition:

(i) proposer une grille d'interprétation sur le statut des  
« sciences du système Terre »  
(des théories de la Terre)

(ii) et les « relocaliser »  
(comme *une* théorie de la terre *parmi d'autres* qui ré-  
émergent dans la seconde moitié du vingtième siècle)

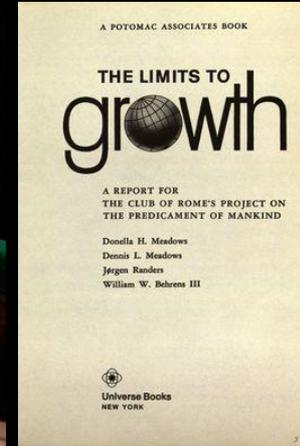
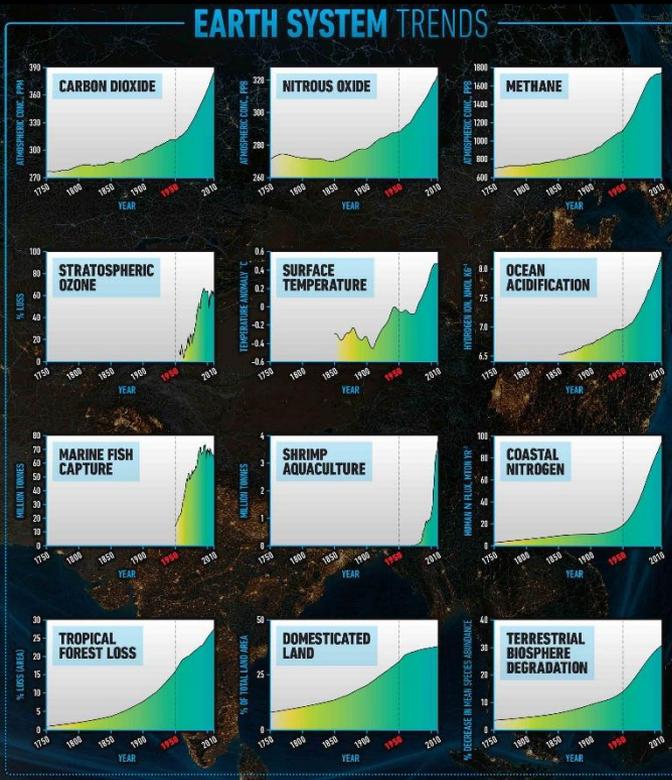
# Plan :

- 1) Éléments de contexte
- 2) Les sciences du système Terre
- 3) Quelle pratique? Un retour aux « théories de la Terre »
- 4) Typologies des théories de la Terre (1940-1970)

# Les changements globaux / le régime climatique a transformé l'ordre

...matériel du monde

... (géo) politique ... économique



... technique

(transitions à la géoingéierie)

... anthropologique, philosophique, moral et juridique (nouvelles philosophies de la nature, nouvelles valeurs)

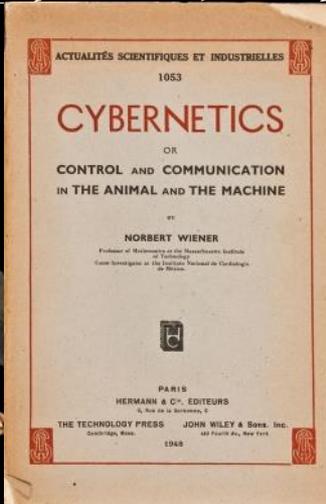
« Quelle est la nature de la Terre » ? (2000's ...)

~ « *Qu'est-ce que la vie* » ? (1950-1970's)

Nouveaux cadres théoriques pour le vivant

(thermodynamique, cybernétique, génétique/biomol, synthèse moderne)

Schrödinger  
What is Life?



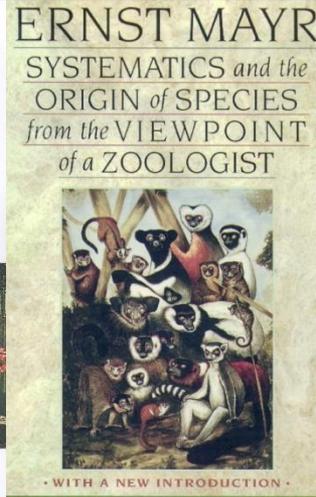
François Jacob

La logique  
du vivant

Une histoire de l'hérédité



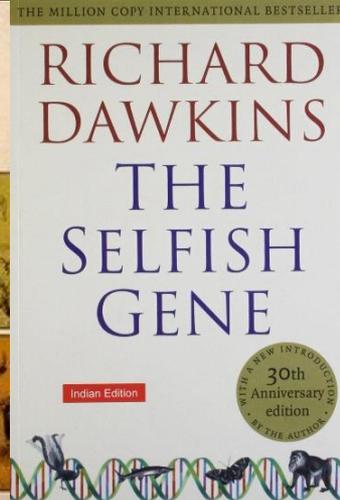
tel gallimard



Sociobiology

THE NEW SYNTHESIS

Edward O. Wilson

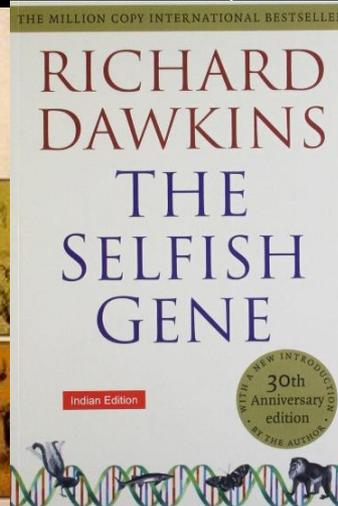
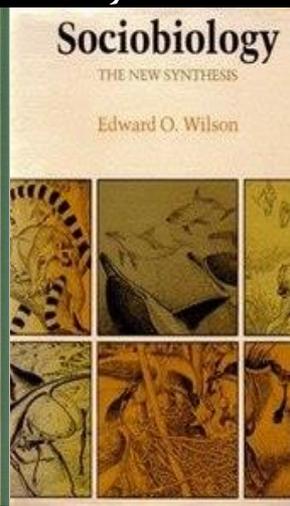
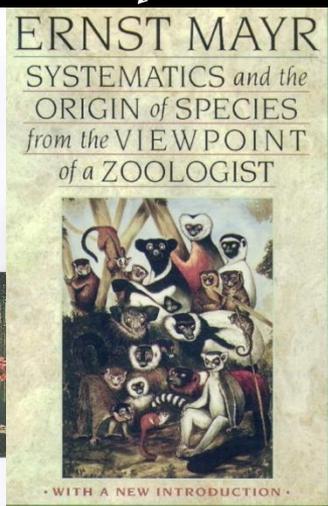
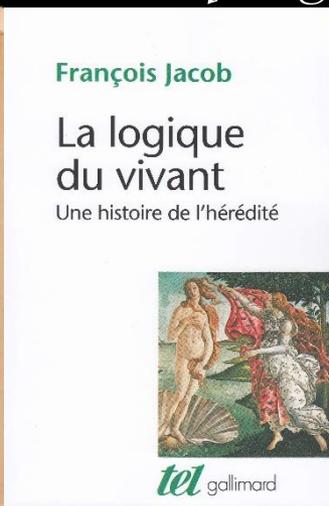
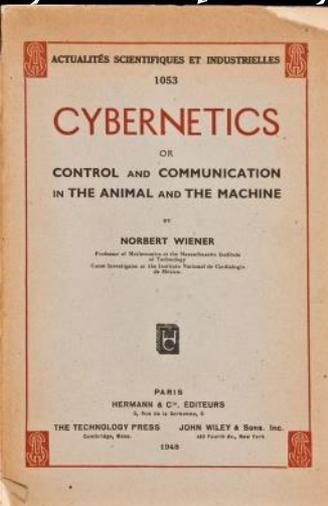
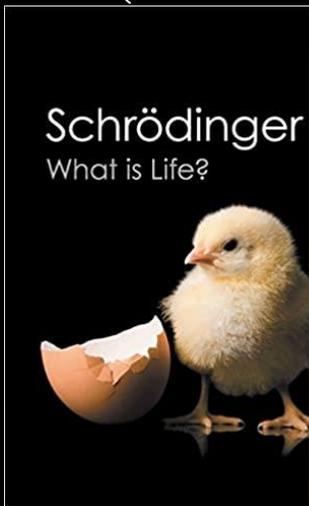


# « Quelle est la nature de la Terre » ? (2000's ...)

## ~ « Qu'est-ce que la vie » ? (1950-1970's)

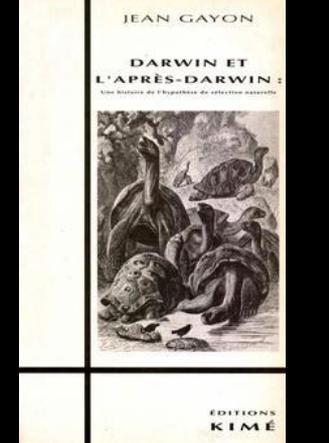
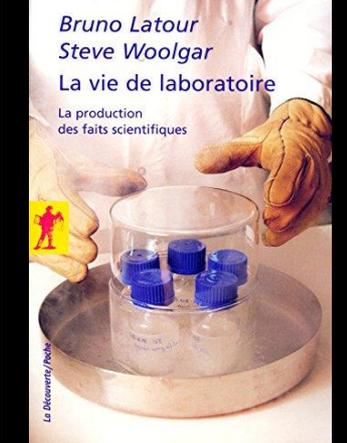
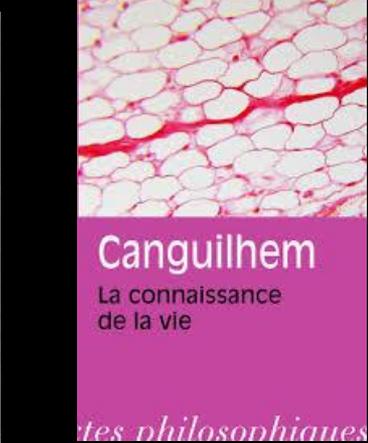
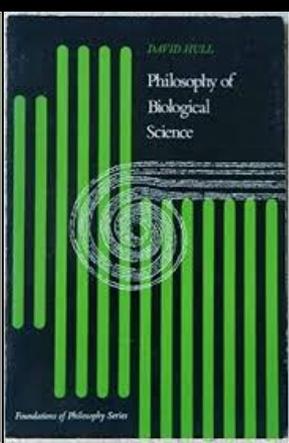
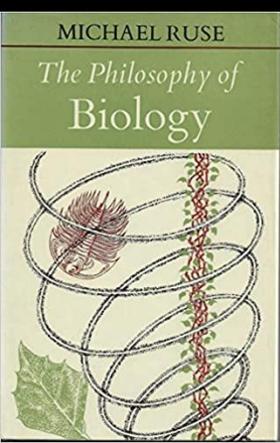
Nouveaux cadres théoriques pour le vivant

(thermodynamique, cybernétique, génétique/biomol, synthèse moderne)

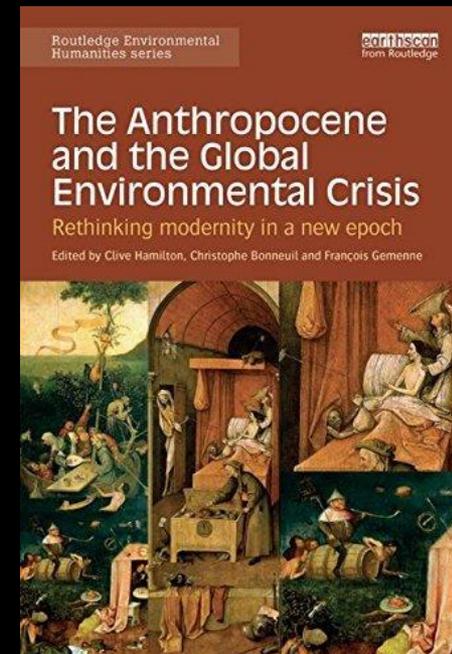
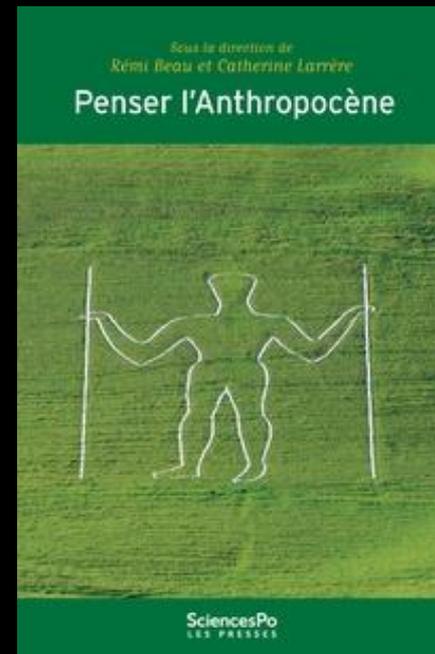
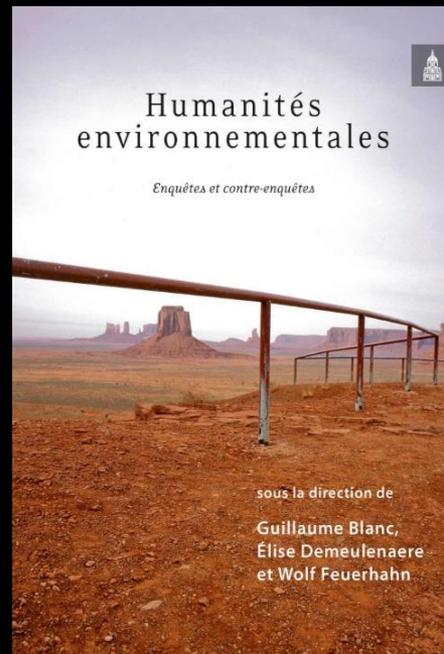
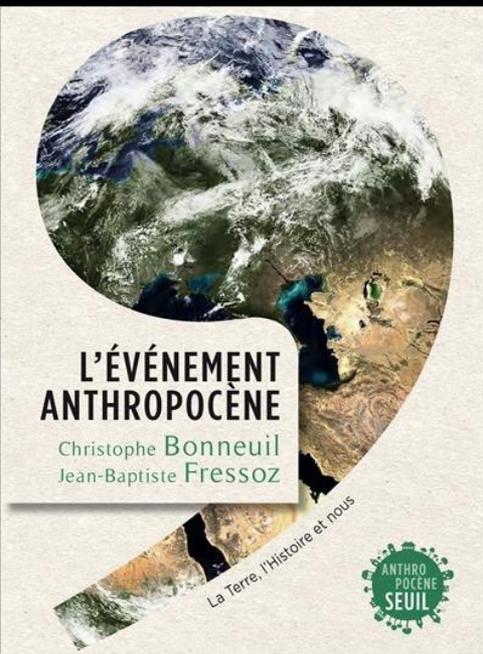


Philosophie analytique  
de la biologie

Enjeux politiques (genres, corps, sexualités ;  
individu/société & libéralisme/socialisme)



# L'anthropocène: le « retour » de la Terre en SHS après 2010



# Histoire et philosophie des géosciences?

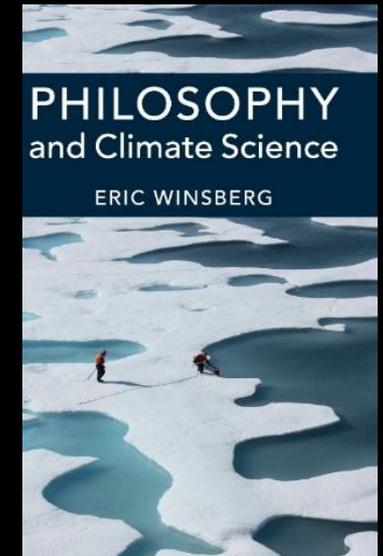
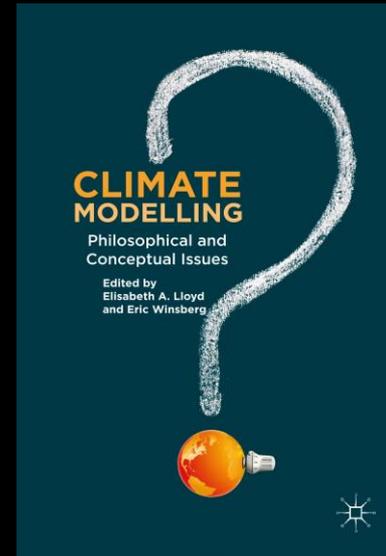
## L'absence de philosophie des sciences de la Terre

1970's: tournant régionaliste

- philosophies de « ... »
- « Pratiques, objets et théories »
- tout sauf les sciences de la Terre

Depuis 10 ans : efforts marginaux

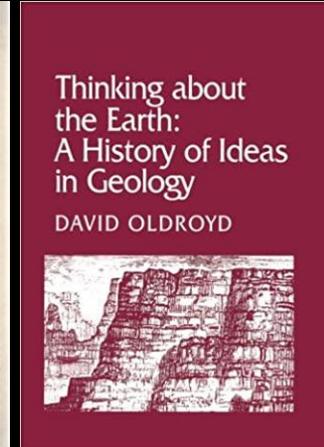
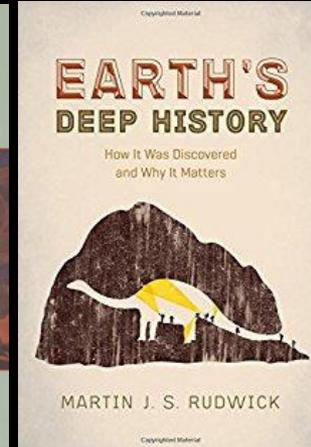
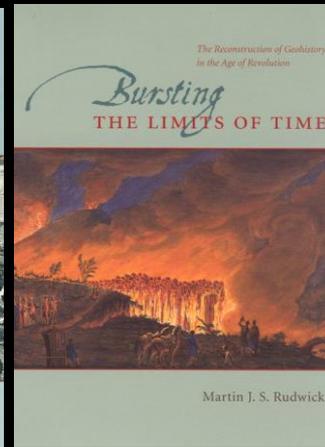
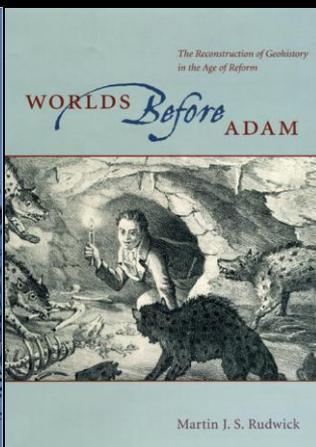
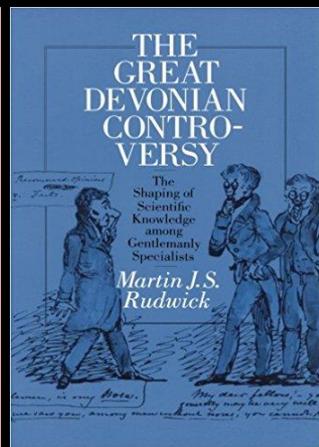
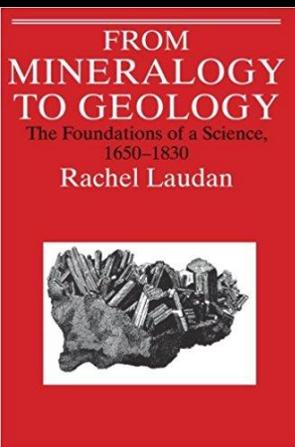
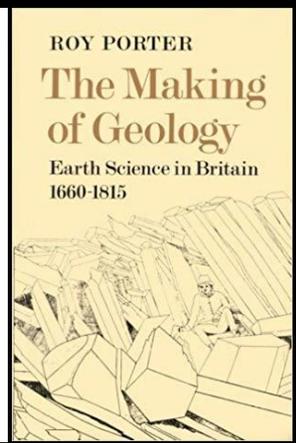
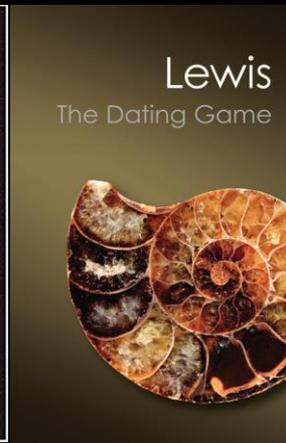
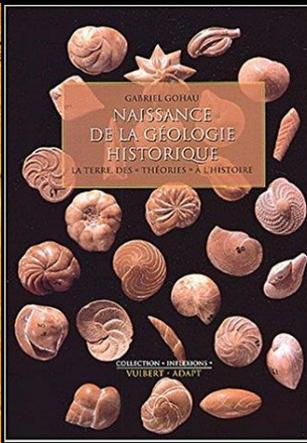
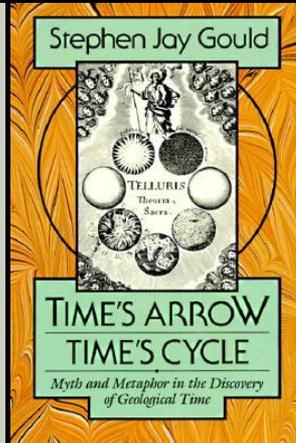
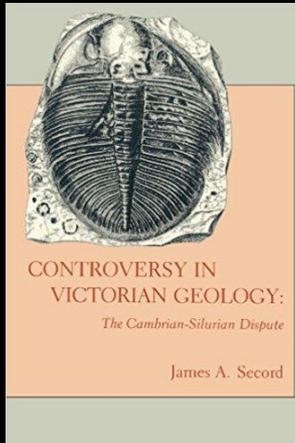
- *Le climat*
- Pratiques de modélisation ...
- Objets?



# Histoire et philosophie des géosciences?

## *Histoire des sciences*

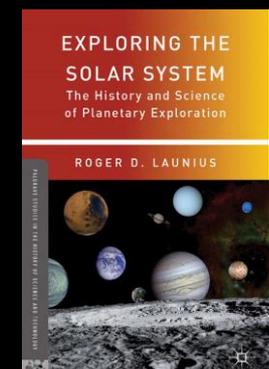
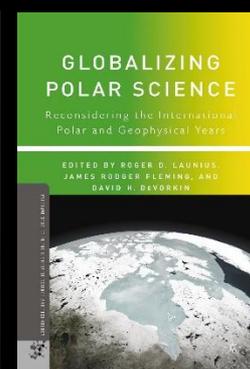
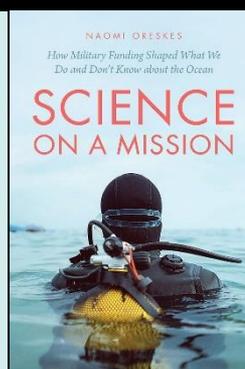
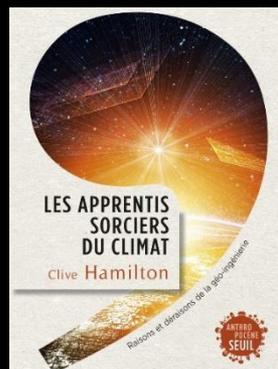
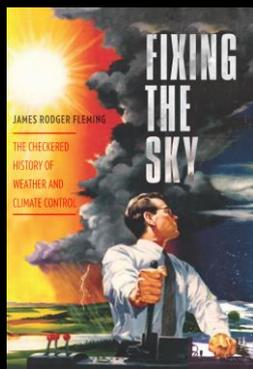
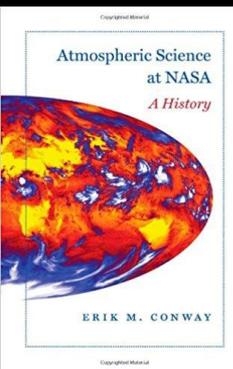
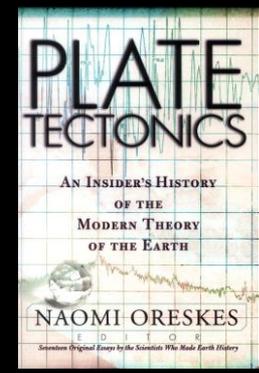
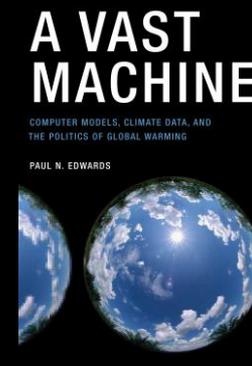
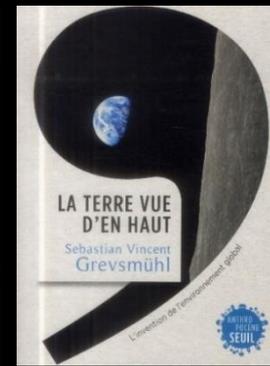
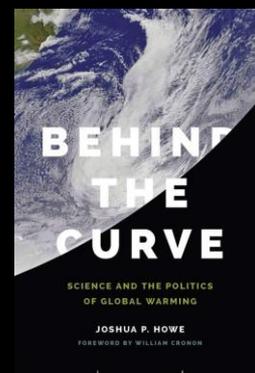
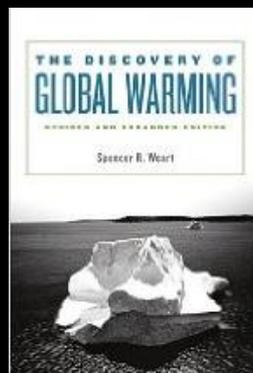
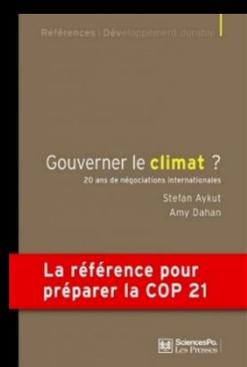
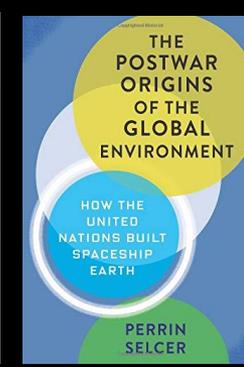
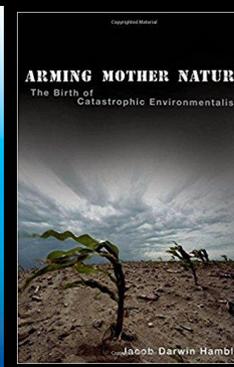
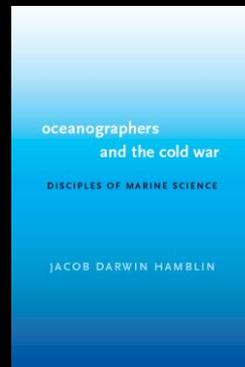
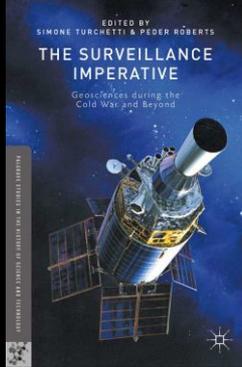
### *le temps, l'histoire et la géologie au 18<sup>e</sup>-19<sup>e</sup>*



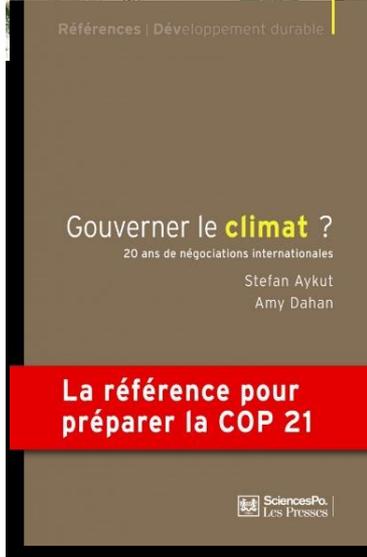
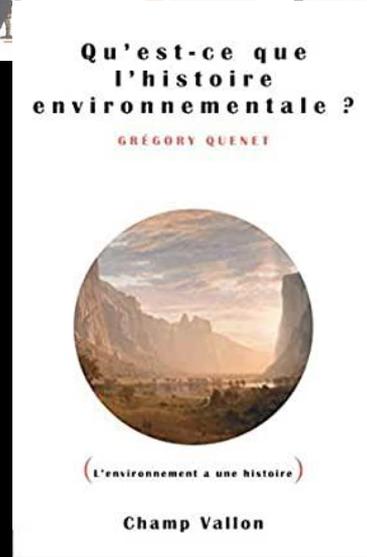
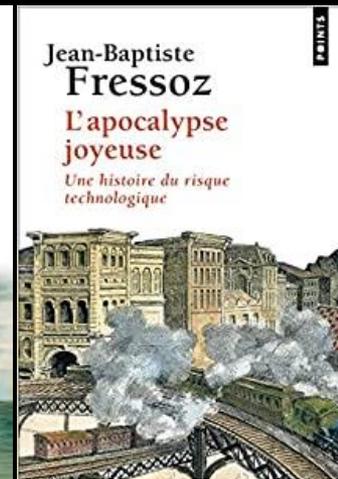
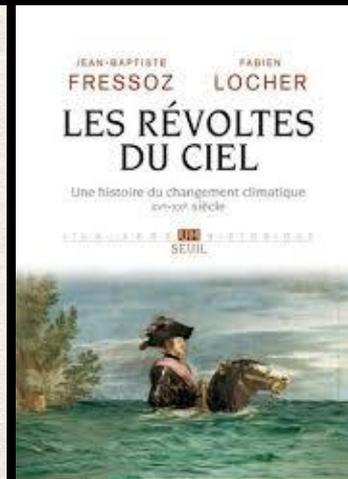
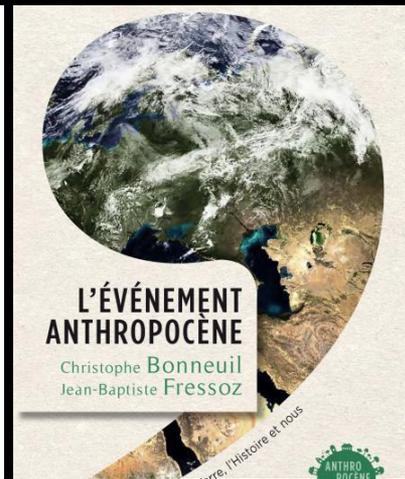
# Histoire et philosophie des géosciences?

## Histoire et sociologie des sciences / STS

### « L'essor de la géophysique pendant la guerre froide »



# En France: Histoire environnementale et histoire de la climatologie et des risques naturels



**La modélisation du climat en France des années 1970 aux années 2000**

Histoire, pratiques, enjeux politiques

Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'EHESS  
présentée et soutenue publiquement le 17 décembre 2007

par Hélène GUILLEMOT

**Une histoire de la chimie atmosphérique globale**

Enjeux disciplinaires et d'expertise de la Couche d'ozone et du Changement climatique

TOMES 1 & 2

Présentée par Régis Briday

Soutenance : le 18 décembre 2014

# « théories de la Terre »

- Réflexion sur les « pratiques » théoriques des géosciences
- Typologie des « grandes » conceptions de la Terre ...
- ... des infrastructures matérielles qui les sous-tendent, ainsi que de leurs engagements politiques

(proches des réflexions en cours sur « géosavoirs et géopouvoirs » (Bonneuil, De Jouvancourt, Lövbrand, Luke, Fressoz, Locher, Taylan, Devictor, ...) et de « planétologies comparées » (Latour...))

# Plan :

- 1) Éléments de contexte
- 2) Les sciences du système Terre
- 3) Quelle pratique? Un retour aux « théories de la Terre »
- 4) Typologies des théories de la Terre (1940-1970)

JPL D-95

(NASA-CR-166174) GLOBAL CHANGES: IMPACTS ON HABITABILITY. A SCIENTIFIC BASIS FOR ASSESSMENT. REPORT OF THE EXECUTIVE COMMITTEE OF A WORKSHOP HELD AT WOODS HOLE, MASSACHUSETTS, JUNE 21-26, 1982. SUBMITTED ON BEHALF OF THE EXECUTIVE COMMITTEE ON JULY 7, 1982, BY RICHARD GOODY (CHAIRMAN).

### Global Change: Impacts on Habitability A Scientific Basis for Assessment

A Report by the Executive Committee of a Workshop held at Woods Hole, Massachusetts, June 21-26, 1982

Submitted on behalf of the Executive Committee on July 7, 1982, by Richard Goody (Chairman)



National Aeronautics and Space Administration  
Jet Propulsion Laboratory  
California Institute of Technology  
Pasadena, California

GH 344 168 1983 G.1

## Toward an International Geosphere-Biosphere Program

### A Study of Global Change

NAS NAE ICOM

(COMMITTEE PRINT)  
85602959  
THE INTERNATIONAL GEOSPHERE/BIOSPHERE PROGRAM—1984

REPORT  
PREPARED BY THE  
SUBCOMMITTEE ON  
SPACE SCIENCE AND APPLICATIONS  
TRANSMITTED TO THE  
COMMITTEE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY  
HOUSE OF REPRESENTATIVES  
NINETY-NINTH CONGRESS  
FIRST SESSION  
Serial B

APRIL 1985  
MAY 29 1985  
U.S. GOVERNMENT PRINTING OFFICE  
WASHINGTON: 1985

45-472 0

2031937  
4. Sci 2:99/B

# GLOBAL CHANGE

Edited by  
T.F. MALONE & J.G. ROEDERER

ICSU PRESS

PROGRAM FOR GLOBAL CHANGE

## Earth System Science Overview

## GLOBAL CHANGE

REPORT No.1 1986

The International Geosphere-Biosphere Programme: A Study of Global Change  
Final Report of the Ad Hoc Planning Group  
ICSU 21st General Assembly, Berne, Switzerland 14-19 September, 1986

The International Geosphere-Biosphere Programme: A Study of Global Change (IGBP)

NAS NAE ICOM

NASA-CR-176519  
19860011521

## Global Change in the Geosphere-Biosphere

### Initial Priorities for an IGBP

REFERENCE COPY

A PROGRAM FOR GLOBAL CHANGE

## Earth System Science A Closer View

1980's

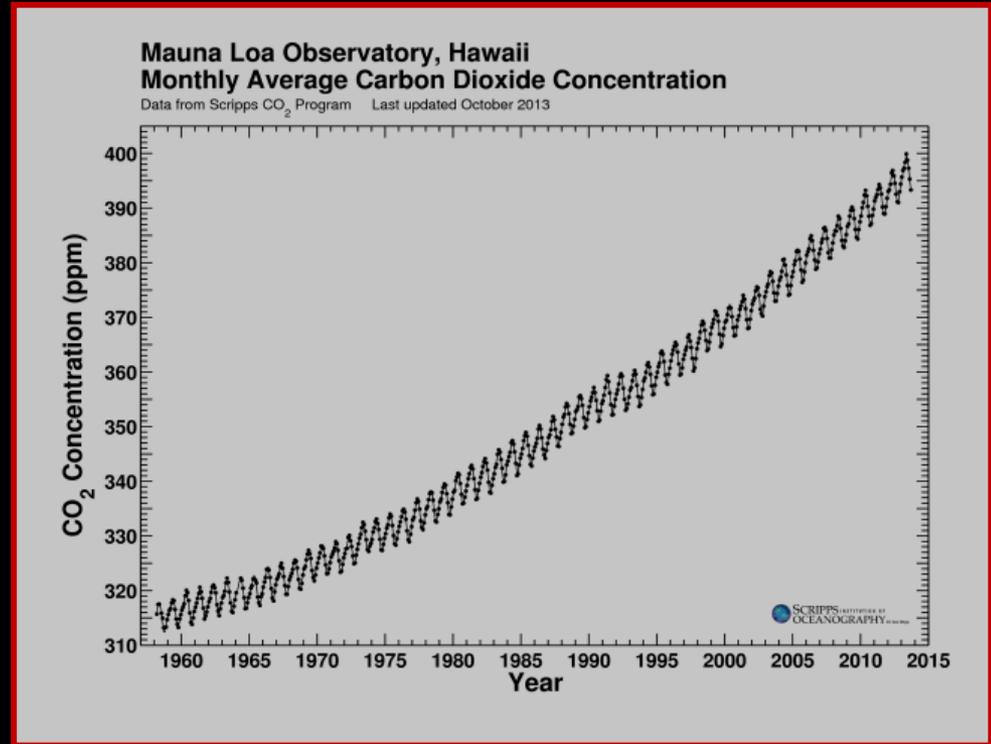
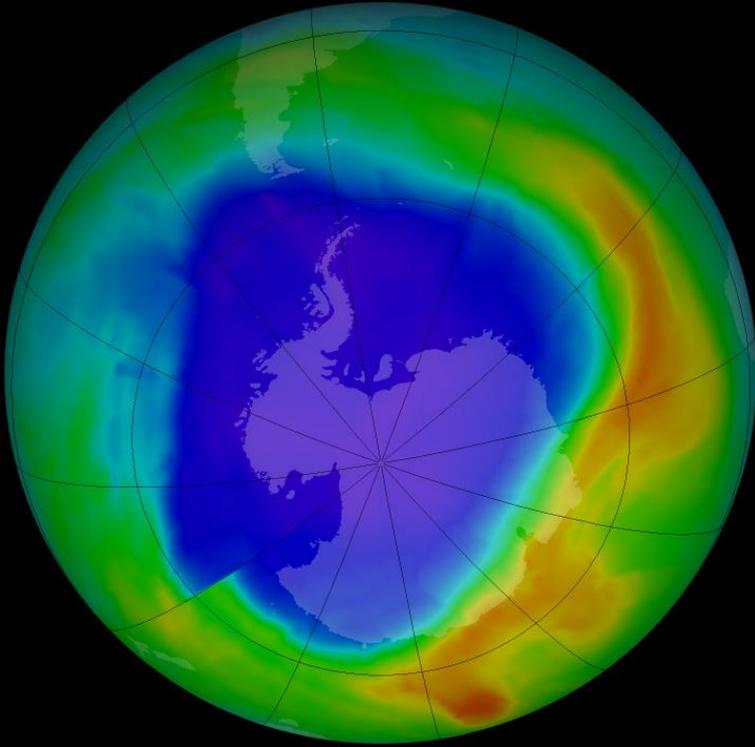
Herbert Friedman		
Thomas Malone	Climatologues	
Shelby Tilford	Océanographes	ICSU
Francis Bretherton	Mathématiciens	
John 'Jack' Eddy	Astronomes	NASA
Bert Bolin	Géochimistes	NSF
Berrien Moore	Biogéochimistes	NRC
Don Anderson	Ecologie globale	NAS
Paul Crutzen		NOAA
Wallace Broecker		
Michael McElroy		
Daniel Botkin ...		

Programme de recherche **Interdisciplinaire & international**

... pour étudier les **Changements Globaux**

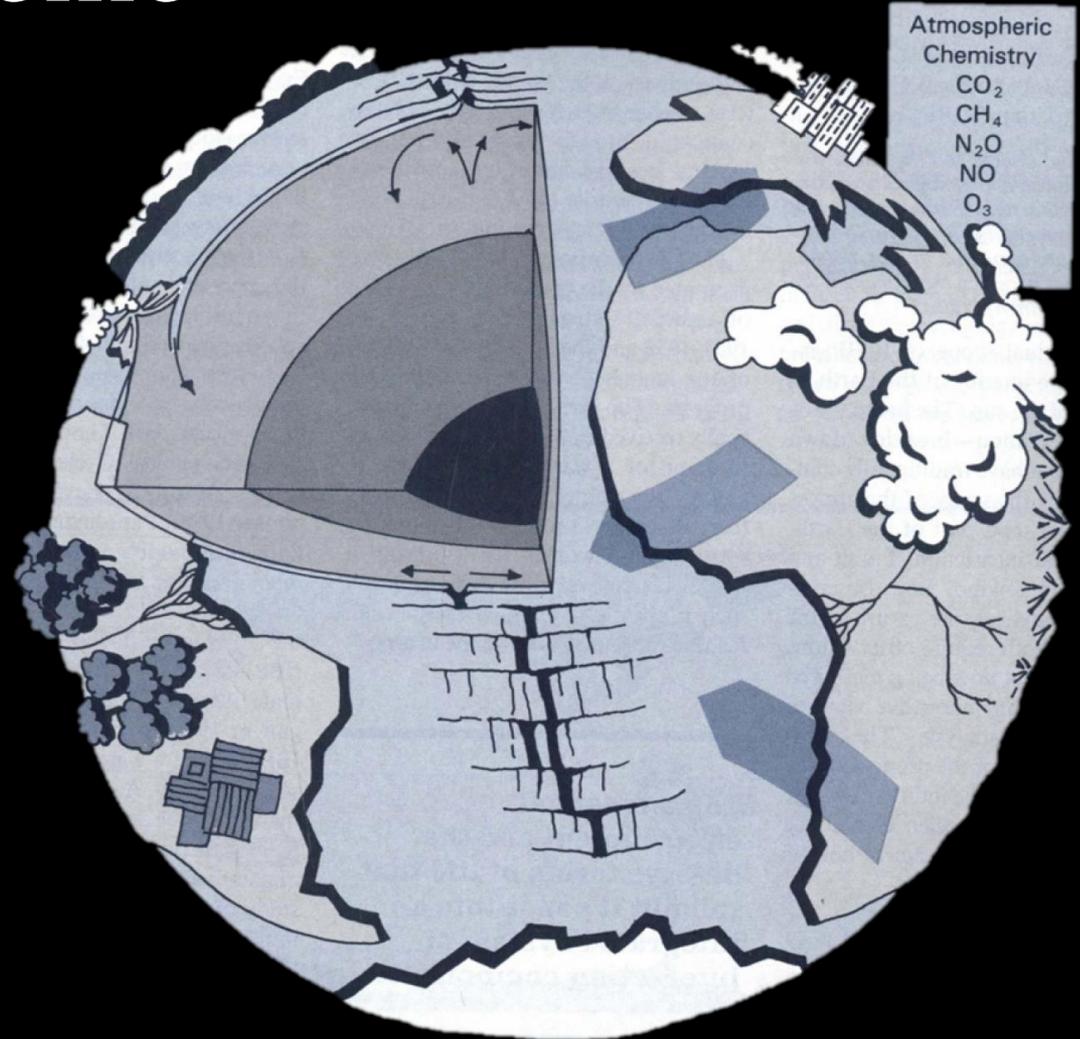
De la **Terre comme un système**

# (i) Urgence scientifique: les changements globaux des années 1980



Les « sols » perdent leur place comme problème global

# (ii) Un argument ontologique: la reconnaissance de la Terre comme un système



# Succès et financements à la fin des années 1980

- USGCRP mis en place à la transition Reagan-Bush.  
( ~ 1 milliards USD/an)
- EOS à la NASA
- IGBP: ~ 1 million USD /an mais influence considérable  
( fléchage NSF et agences nationales de financement)

Third Edition  
**THE EARTH SYSTEM**  
Lee R. Kump · James F. Kasting · Robert G. Crane

**EARTH SYSTEM SCIENCE**  
FROM BIO...

Volume 52, Issues 1-4, July 2008  
Complete Volume  
0022-0967(2008)  
**GLOBAL and PLANETARY CHANGE**  
Editors:  
Svend Ditlevsen, Thomas Cravens, Kenneth McLaughlin, Paolo Pirazzoli  
Special Issue  
Monitoring and Modelling of Arctic Sea Ice  
Chairman: Dong and Young Shin (2008 Editors)

**‘Earth system’ analysis**  
and the second Copernican revolution

H. J. Schellnhuber

impacts

**EARTH SYSTEM ANALYSIS FOR SUSTAINABILITY**

**GLOBAL CHANGE THE IGBP SERIES**  
W. STEFFEN  
A. SANDERSON  
P. D. TYSON  
J. JÄGER  
P. A. MATSON  
B. MOORE III  
F. OLDFIELD  
K. RICHARDSON  
H. J. SCHELLNHUBER

**Global Change and the Earth System**

**Understanding the Earth System**  
Global Change

**EARTH as an Evolving Planetary System**  
KENT C

**Earth System History**  
Third Edition  
Steven M. Stanley

Tim Lenton  
**EARTH SYSTEM SCIENCE**  
A Very Short Introduction  
OXFORD

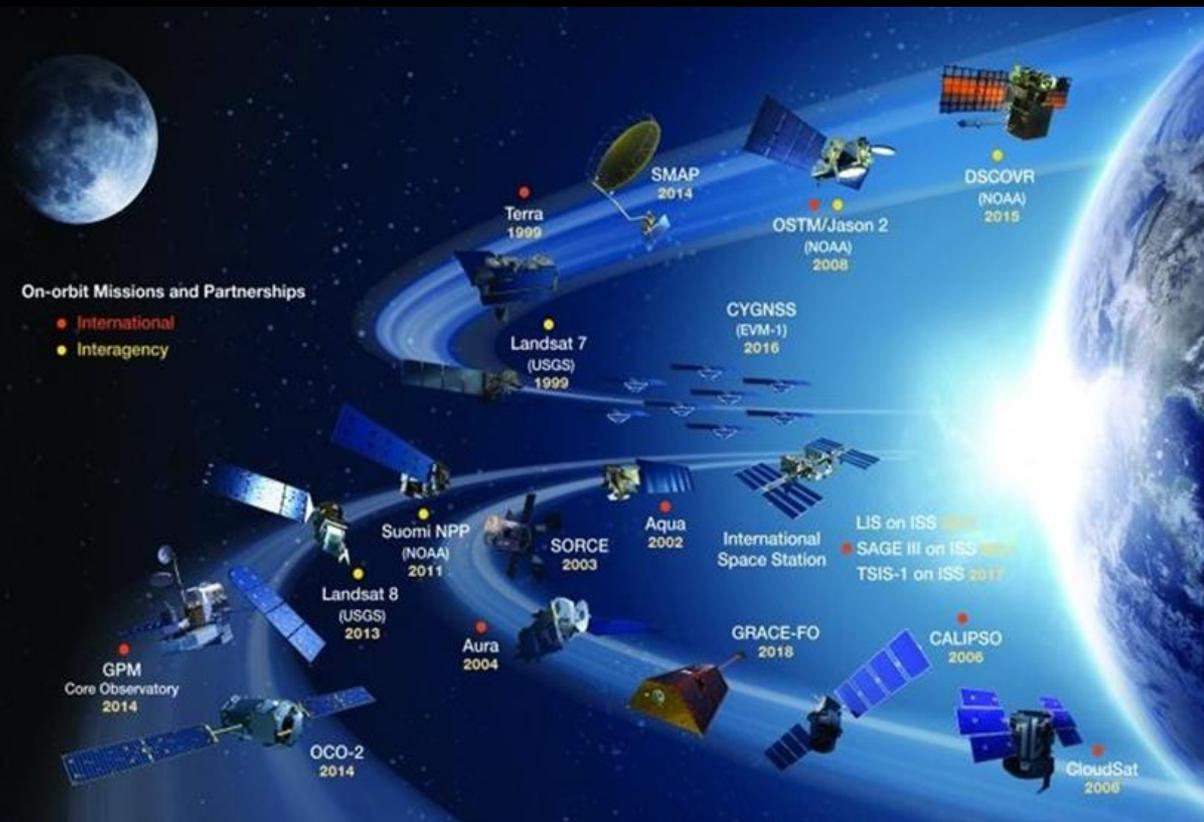
PennState College of Earth and Mineral Sciences

**Earth and Environmental Systems Institute**

UCI DEPARTMENT OF EARTH SYSTEM SCIENCE

**Using the Earth System for Integrating the Science Curriculum**

VICTOR J. MAYER  
The Ohio State University, 1945 North High Street, Columbus, OH 43210, USA



**GLOBAL**

**IGBP**

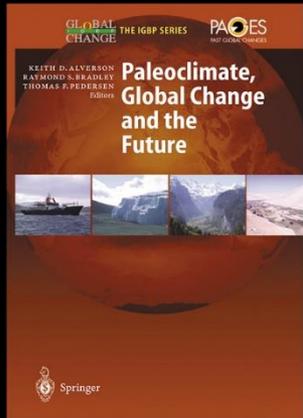
**CHANGE**

**International  
Geosphere-Biosphere  
Programme**

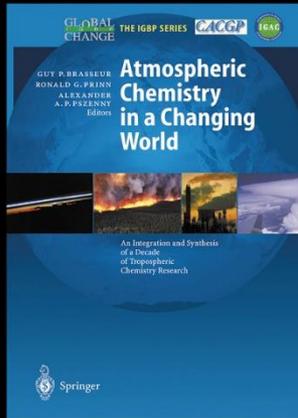
# L'IGBP au sein des programmes sur les changements globaux des organisations internationales (UNESCO, ICSU ...)



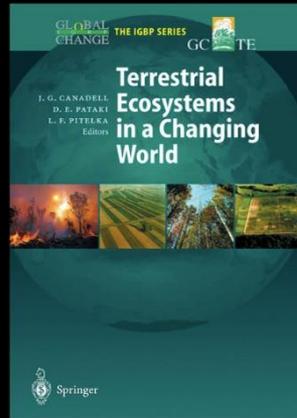
# PAGES



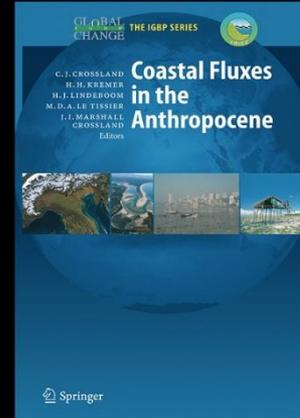
# IGAC



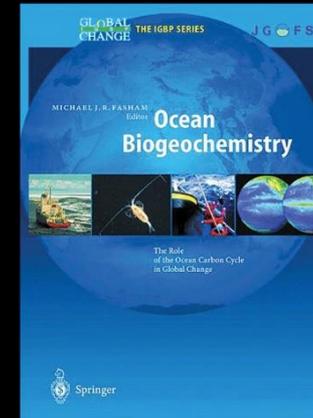
# GCTE



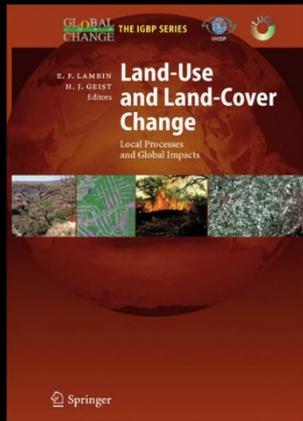
# LOICZ



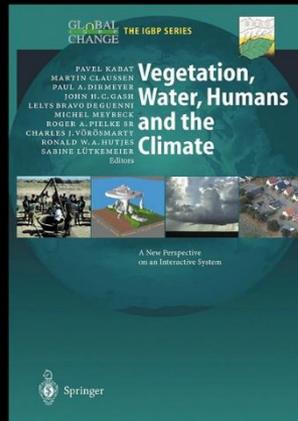
# JGOFS



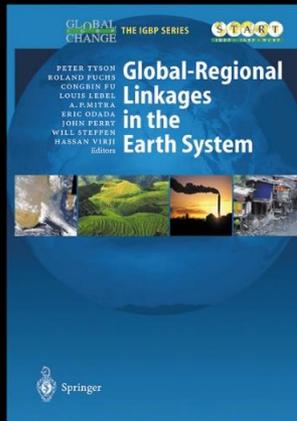
# LUCC



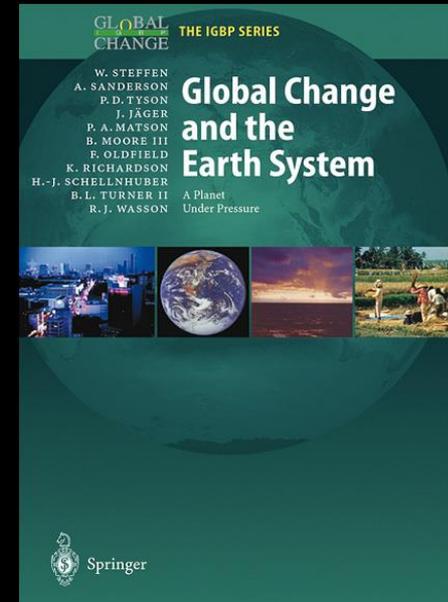
# BAHC



# START



# GAIM /AIMES



# Objectif :

comprendre et prédire le *futur* de la Terre / des changements *globaux*

« L'IGBP sera un programme de recherche défini de manière stricte et orienté dans le but de fournir la connaissance fondamentale qui *servira de base à l'estimation des changements futurs probables sur Terre dans les 100 prochaines années. [...] dirigeant l'effort vers une série de problèmes émergents qui sont le plus vraisemblablement ceux qui vont affecter le cours de la vie dans le siècle suivant* »

1986:3

# Intensifié au tournant des années 2000: la SST comme science du bon management planétaire

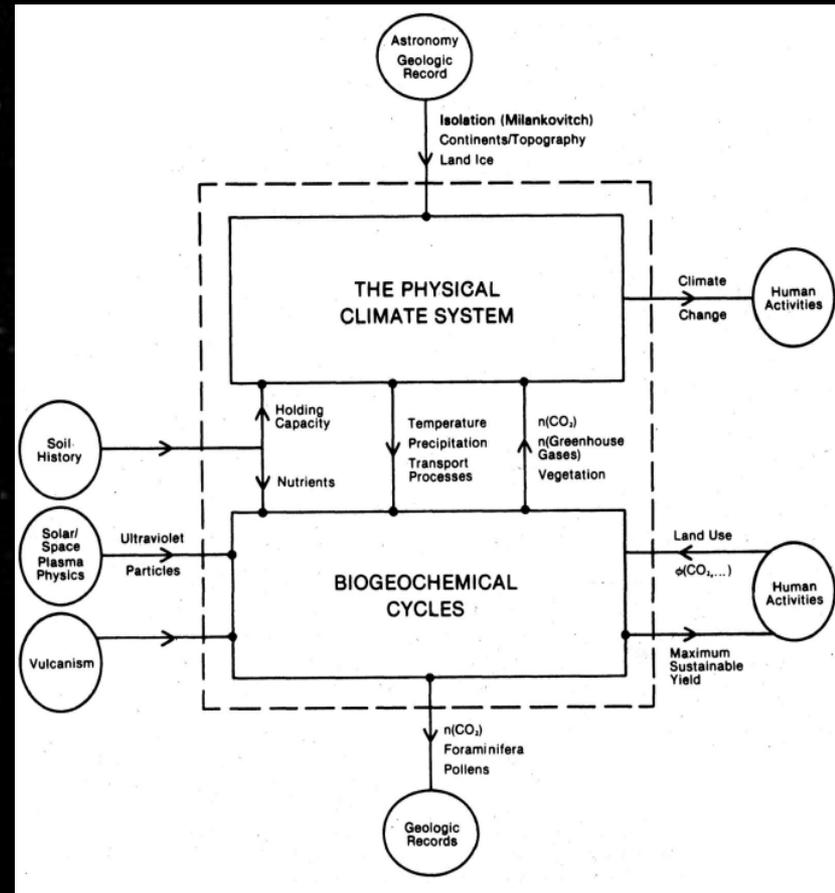
« Les stratégies de **management pour la durabilité globale sont requises de manière urgente**. La science du système Terre est la clef pour l'implémentation de toute approche **vers le bon management planétaire**, car elle peut fournir les connaissances sur la faisabilité, les risques, les compromis, le moment opportun de toute stratégie proposée. »

Steffen et al 2004

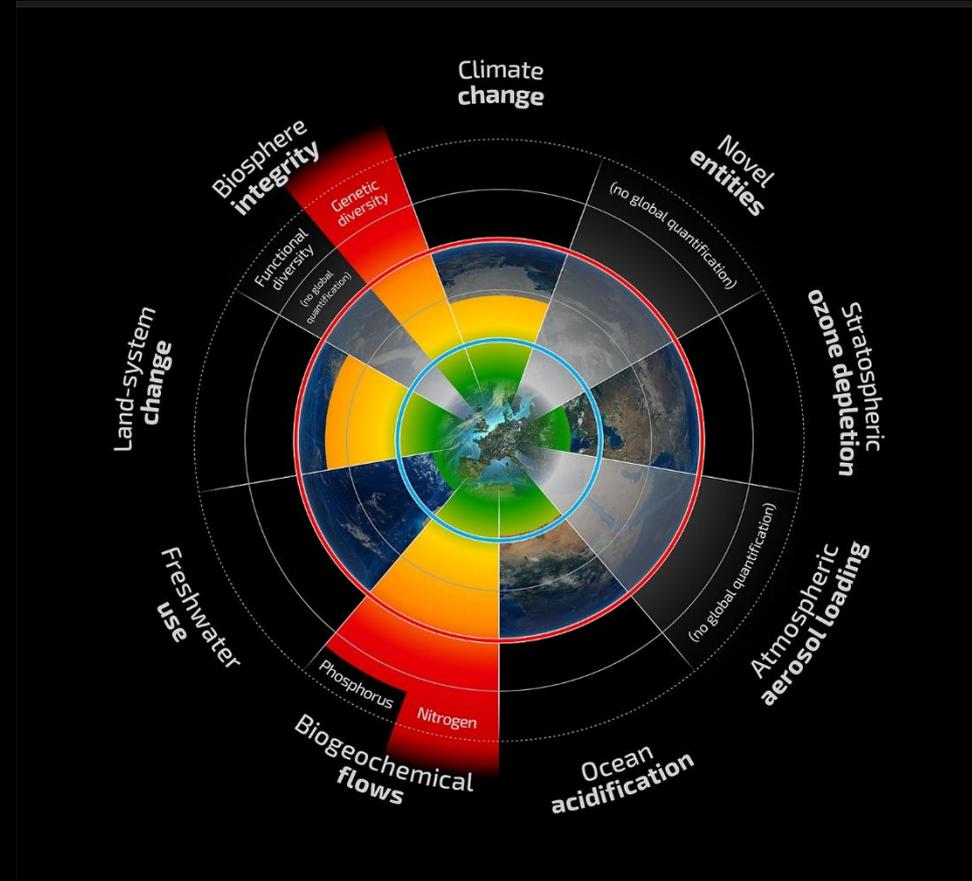
# Tournant à partir des années 2000

- Grandes synthèses (sous la direction de Steffen)
  - Montée en puissance du label système Terre  
(sous l'influence de Schellnhuber et GAIM/AIMES)
- Affirmation de l'IGBP/SST comme science du bon management de la Terre
  - Anthropocène
- Rapprochement IGBP/IHDP (Future Earth en 2015)
  - Déclaration d'Amsterdam
  - « Sciences de la durabilité » (PNAS 2007)

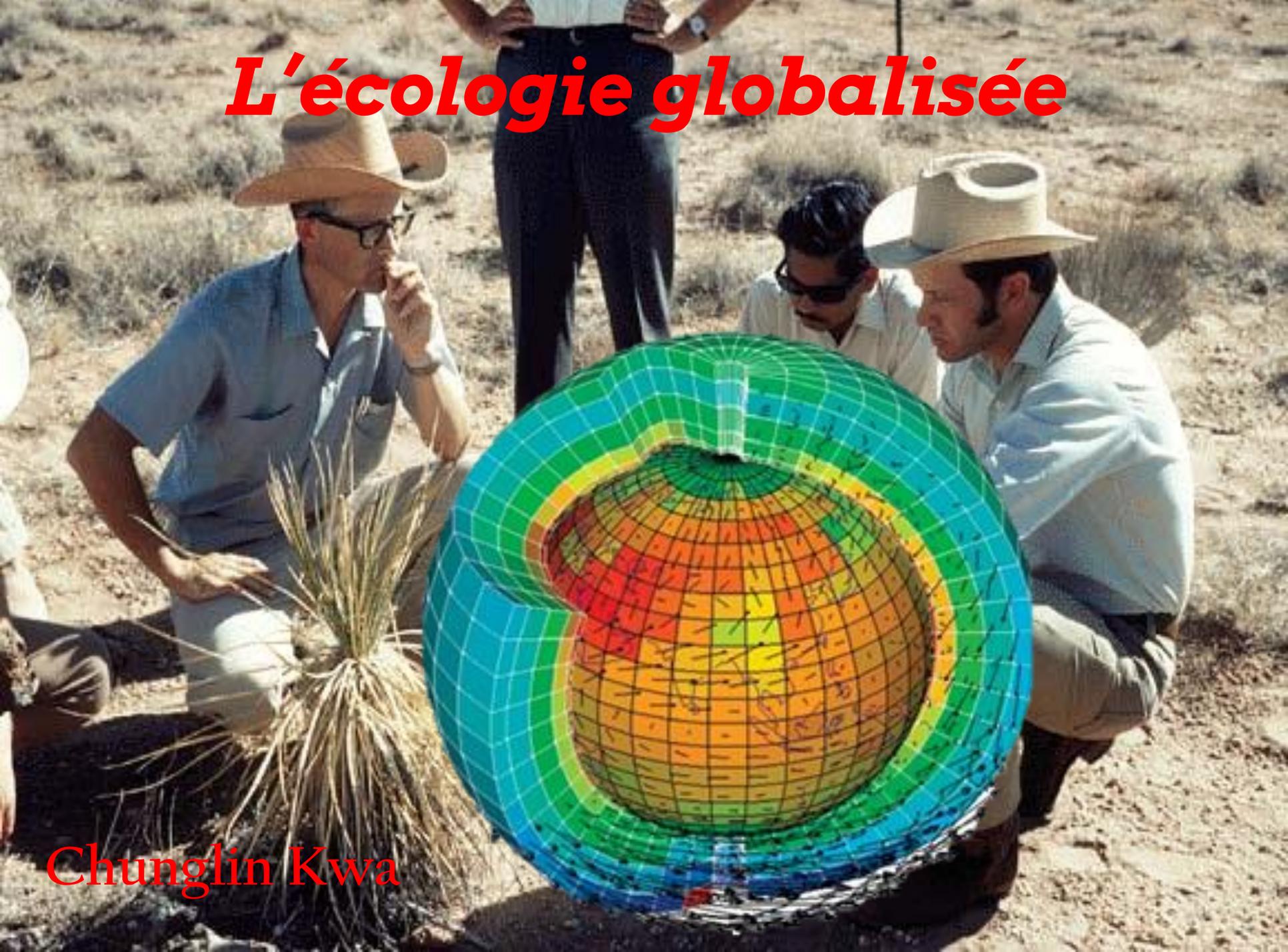
# ... détermine une méthodologie



# Et des tensions ... ... sur la conception du système Terre *La NASA vs l'IGBP*

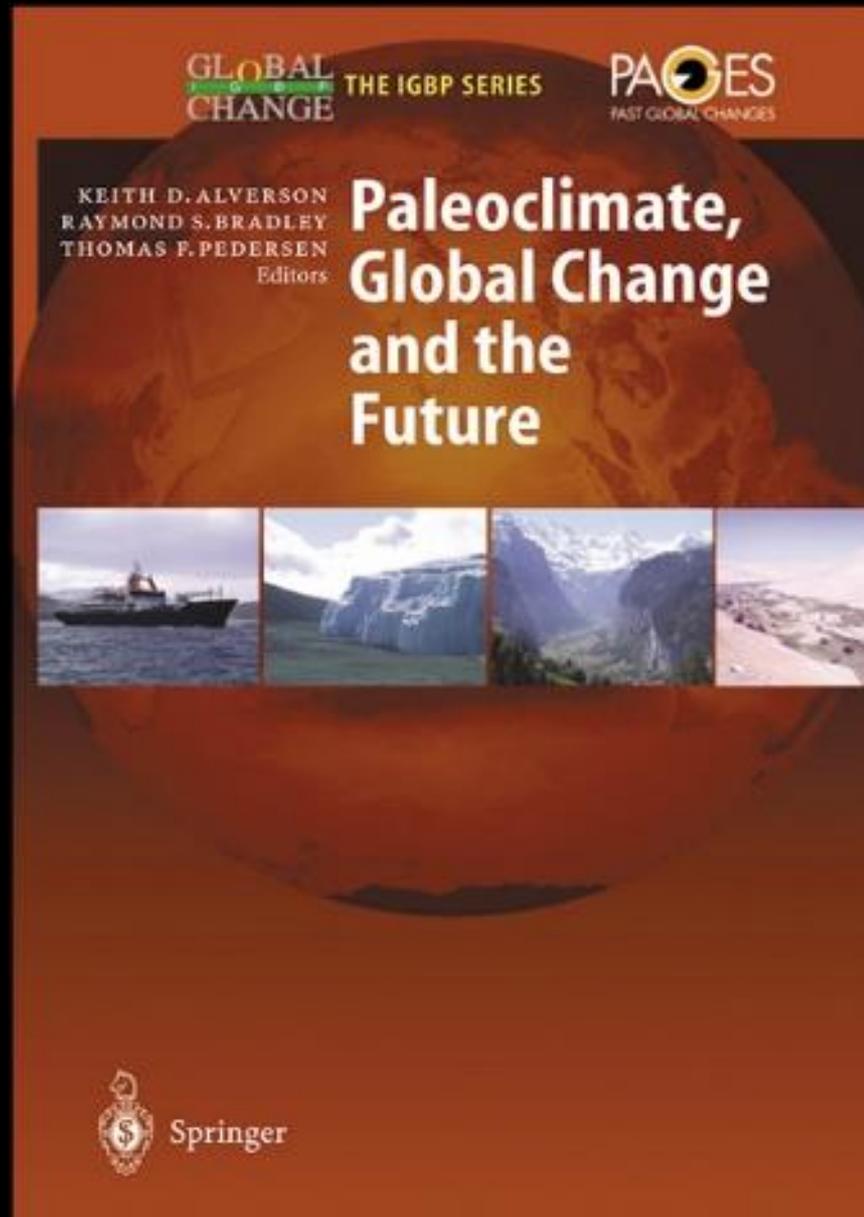


# *L'écologie globalisée*



*Chunglin Kwa*

# *L'histoire dés-historicisée ?*



*Qui fait de la science du système Terre?*

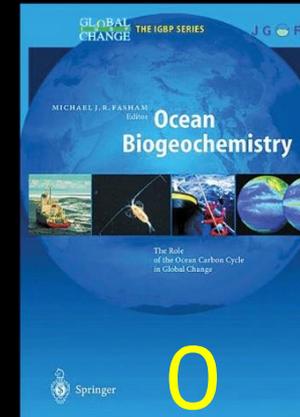
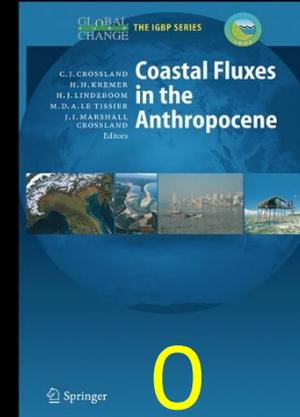
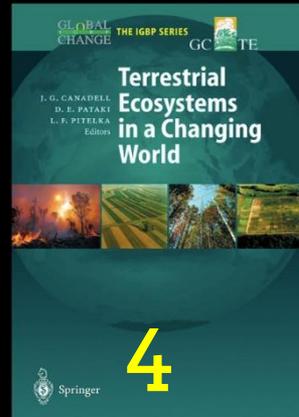
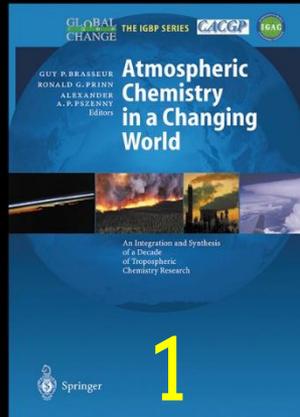
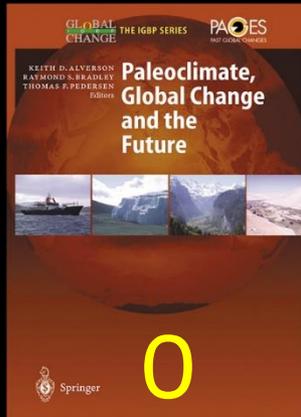
PAGES

IGAC

GCTE

LOICZ

JGOFS

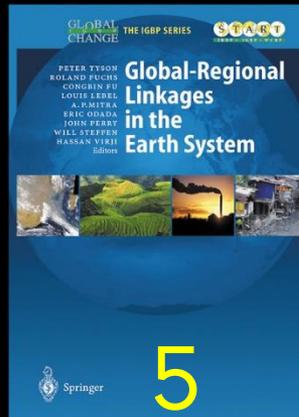
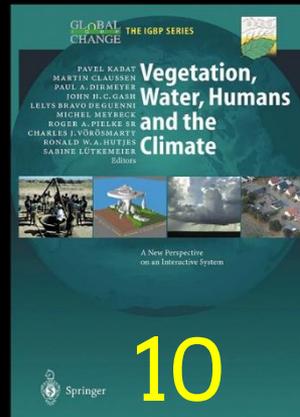
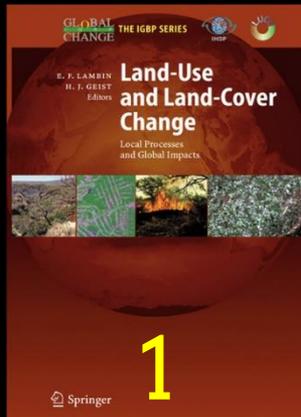


LUCC

BAHC

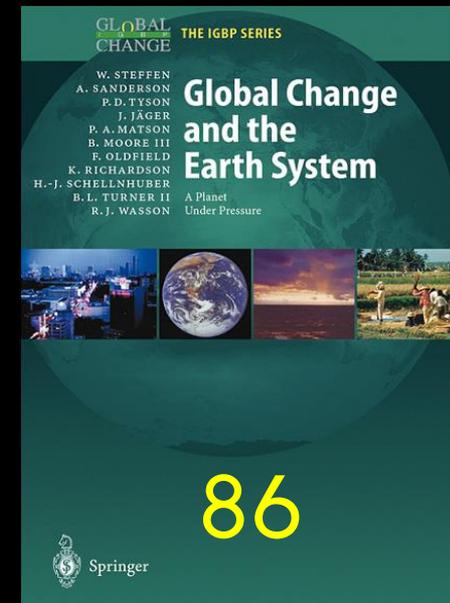
START

GAIM  
/ AIMES



Global Analysis  
Integration and  
Modelling

Analysis, Integration  
and Modeling of the  
Earth system



Occurrences « Earth system science »

"x" indicates year of membership

Membership:	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Ayako Abe-Ouchie, Japan										x	x
Eric Barron, USA								x	x		
Lennart Bengtsson, Germany (WCRP)				x	x	x					
Andre Berger, Belgium									x	x	x
Richard Betts, UK								x	x	x	x
Ray Bradley (PAGES)				x							
Guy Brasseur, Germany (IGAC)	x	x	x		x	x	x	x			
Ken Caldeira, USA										x	x
Martin Claussen, Germany								x	x	x	x
Bob Costanza, USA										x	x
Wolfgang Cramer, Germany (DIS)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
A. Scott Denning, USA					x	x	x	x	x		
Brad de Young (GLOBEC)									x	x	x
Bob Dickinson	x	x	x	x							
Hugh Ducklow, USA (JGOFs)							x				
Jae Edmonds, USA										x	x
Eckart Ehlers, Germany (H-DP)					x	x	x				
Bill Emanuel	x	x	x	x							
Mike Fasham, UK	x			x	x	x					
Pierre Friedlingstein, France								x	x	x	x
Congbin Fu, China					x	x	x				
Paul Falkowski, USA										x	x
Inez Fung, USA				x	x	x	x	x	x	x	x
Roger Harris, UK (GLOBEC)					x	x	x				
Martin Heimann, Germany	x	x	x	x	x	x	x				
Ann Henderson-Sellers	x	x	x	x							
Ivar Isaksen	x	x	x	x							
Sylvie Jousseume, France										x	x
Pevel Kabet, Netherlands (BAHC)					x	x	x	x	x	x	x
Maria Kanakidou									x	x	x
Michio Kawamiya, Japan										x	x
Rik Leemans, Netherlands (LUCC)					x	x	x	x	x	x	x
Tim Lenton									x	x	x
Fred T. Mackenzie, USA					x	x	x				
Natalie Mahowald									x	x	x
Guri Marchuk		x	x	x							
Pam Matson										x	x
John Mitchell (WCRP)									x	x	x
Patrick Monfray	x	x	x	x	x						
Berrien Moore III	x	x	x	x	x	x					
Ray Najjar, USA							x	x			
Ian Noble, Australia (GCTE, Food)					x	x	x	x			
Carlos Nobre, Brazil	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Wanders Ojans (START)									x	x	x
Jim Orr, France					x	x	x	x			
Tom Pedersen, Canada (PAGES)							x	x			
Diok Peltier	x	x	x	x							
Colin Prentice, (Chair)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ichtiaque Rasool	x	x	x	x	x	x					
Dominique Raynaud											x
Peter Rayner									x	x	x
Jorge Sarmiento	x	x	x	x							
John Schellnhuber (Chair)								x	x	x	x
David S. Schimel, USA	x	x	x	x	x	x	x				
Simon Shackley, UK										x	x
Pieter Tans, USA					x	x	x				
Peter D. Tyson, South Africa (START)					x	x	x				
Anlid Underdal									x	x	
Fernis Webster, USA										x	x
Ian Woodward	x	x	x	x							
Fred Wulff, Sweden (LOICZ)						x	x	x			
Gary Yohe, USA										x	x

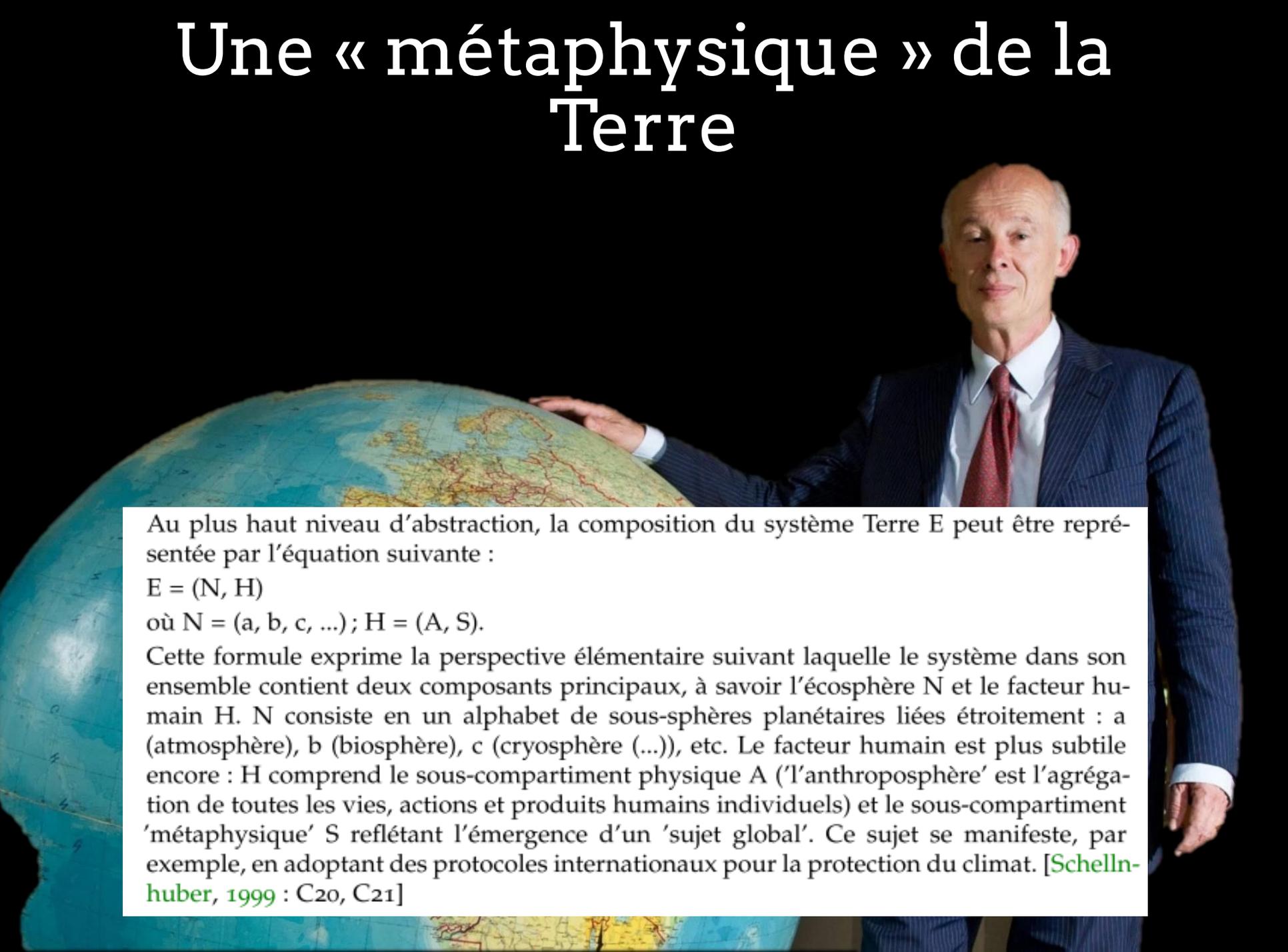
# GAIM/AIMES



SST = l'activité de synthèse de l'IGBP /  
pratiques des théoriciens de GAIM/AIMES.

*Que font-ils?*

# Une « métaphysique » de la Terre

A man in a dark blue pinstriped suit, white shirt, and red tie stands next to a large globe. He has his right hand resting on the globe. The background is black. A white text box is overlaid on the lower part of the image.

Au plus haut niveau d'abstraction, la composition du système Terre E peut être représentée par l'équation suivante :

$$E = (N, H)$$

où  $N = (a, b, c, \dots)$ ;  $H = (A, S)$ .

Cette formule exprime la perspective élémentaire suivant laquelle le système dans son ensemble contient deux composants principaux, à savoir l'écosphère N et le facteur humain H. N consiste en un alphabet de sous-sphères planétaires liées étroitement : a (atmosphère), b (biosphère), c (cryosphère (...)), etc. Le facteur humain est plus subtile encore : H comprend le sous-compartiment physique A ('l'anthroposphère' est l'agrégation de toutes les vies, actions et produits humains individuels) et le sous-compartiment 'métaphysique' S reflétant l'émergence d'un 'sujet global'. Ce sujet se manifeste, par exemple, en adoptant des protocoles internationaux pour la protection du climat. [Schellhuber, 1999 : C20, C21]

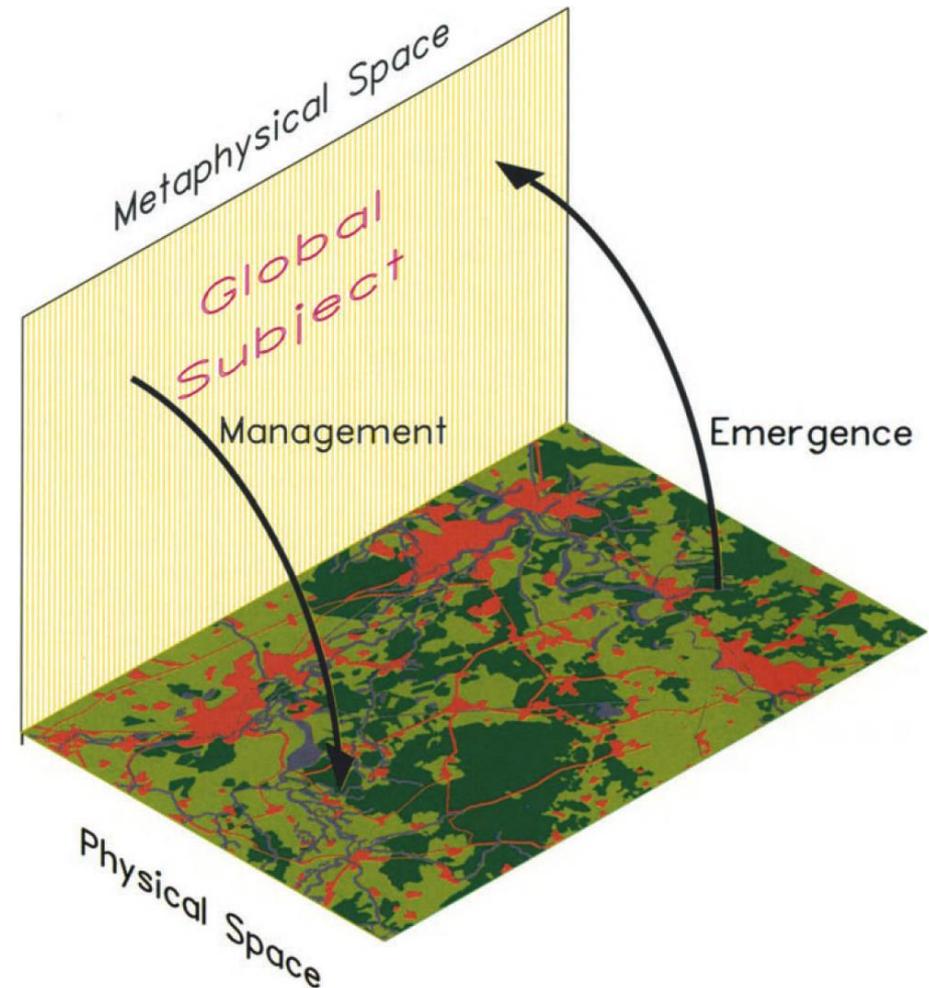
H.-J. Schellnhuber, V. Wenzel

# Earth System Analysis

Integrating Science for Sustainability

Complemented Results of a Symposium  
Organized by the Potsdam Institute (PIK)

With 92 Figures, 32 in Color and 16 Tables



All of the difficulties associated with the potential variability of  $\mathfrak{M}$  could possibly be remedied within the framework of a “*super-deterministic approach*”, which makes the Global Subject and, as a consequence, the selection and development of  $\mathbf{M}(t)$  *endogenous*. An approach of this type would have to be captured in a formal system of equations with the following structure:

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{N}} &= F_3(\mathbf{N}, \mathbf{A}; t; \mathbf{M}), \\ \dot{\mathbf{A}} &= G_3(\mathbf{N}, \mathbf{A}; \mathbf{M}), \\ \dot{\mathbf{M}} &= H_3(\mathbf{N}, \mathbf{A}; \mathbf{M}),\end{aligned}\tag{23}$$

where  $H_3$  is a suitable time-development function that correctly calculates the variation of the management strategy  $\mathbf{M}$  of  $S$  from the extended current coevolution triplet  $(\mathbf{N}, \mathbf{A}, \mathbf{M})$ .



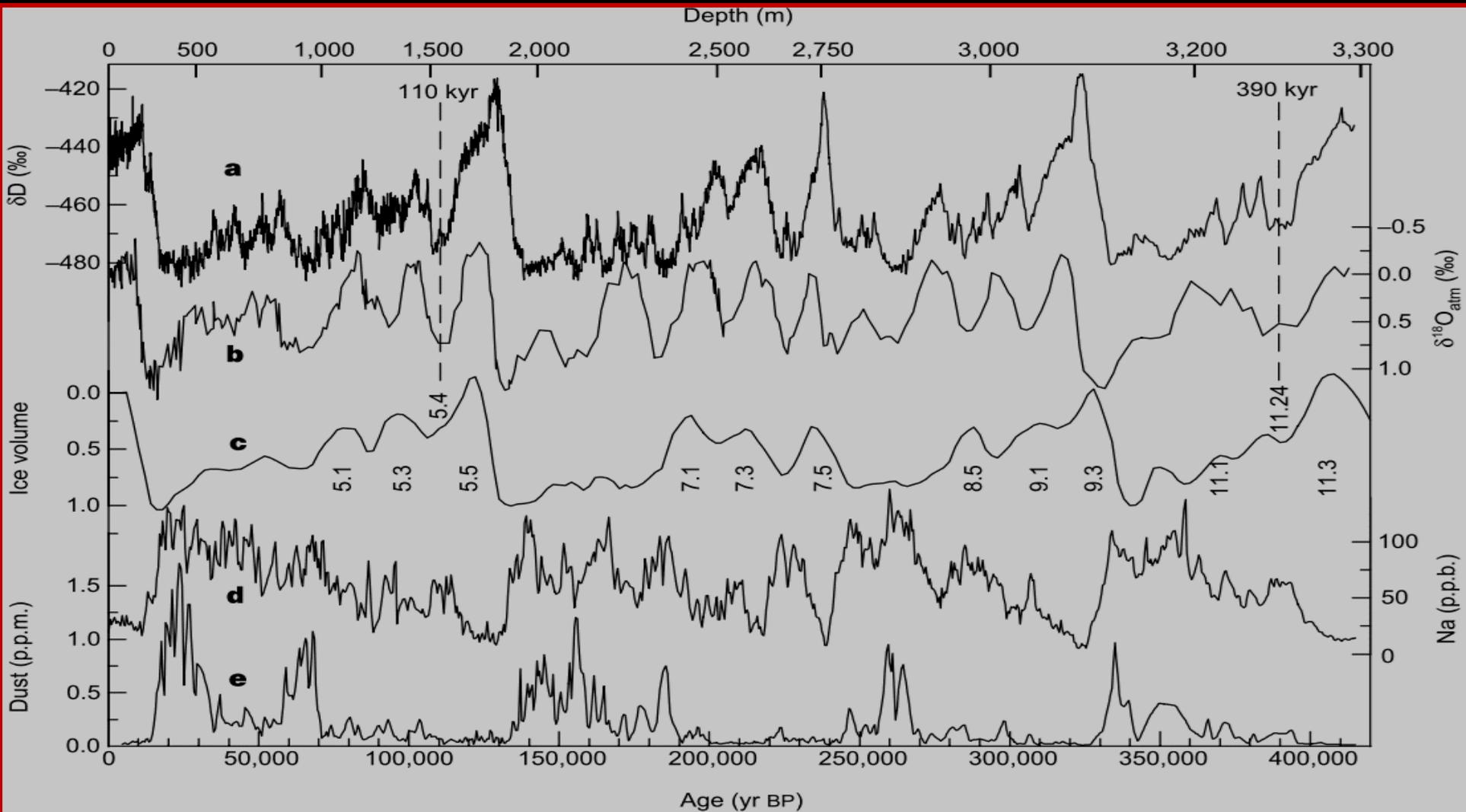
Springer

1. Quels sont les organes vitaux de l'écosphère en termes de fonctionnement et d'évolution?
2. Quels sont les *patterns* dynamiques dominants, les téléconnexions et les boucles de feedback dans la machinerie planétaire?
6. Quels sont les organes vitaux de l'écosphère et les éléments planétaires critiques qui peuvent être effectivement transformés par l'action humaine?
10. Quel niveau de complexité et de résolution doit être atteint par la modélisation du système Terre?
14. Quelles sont les méthodologies appropriées pour intégrer les connaissances de la science de la nature et de la science sociale?
15. Quels sont les critères généraux et les principes pour distinguer les futurs durables et non-durables?
19. Quels sont les principes éthiques qui doivent gouverner le management de l'environnement global?
22. Quelles sont les possibilités et les réserves pour les réparations technologiques comme la géoingénierie et la modification génétique?

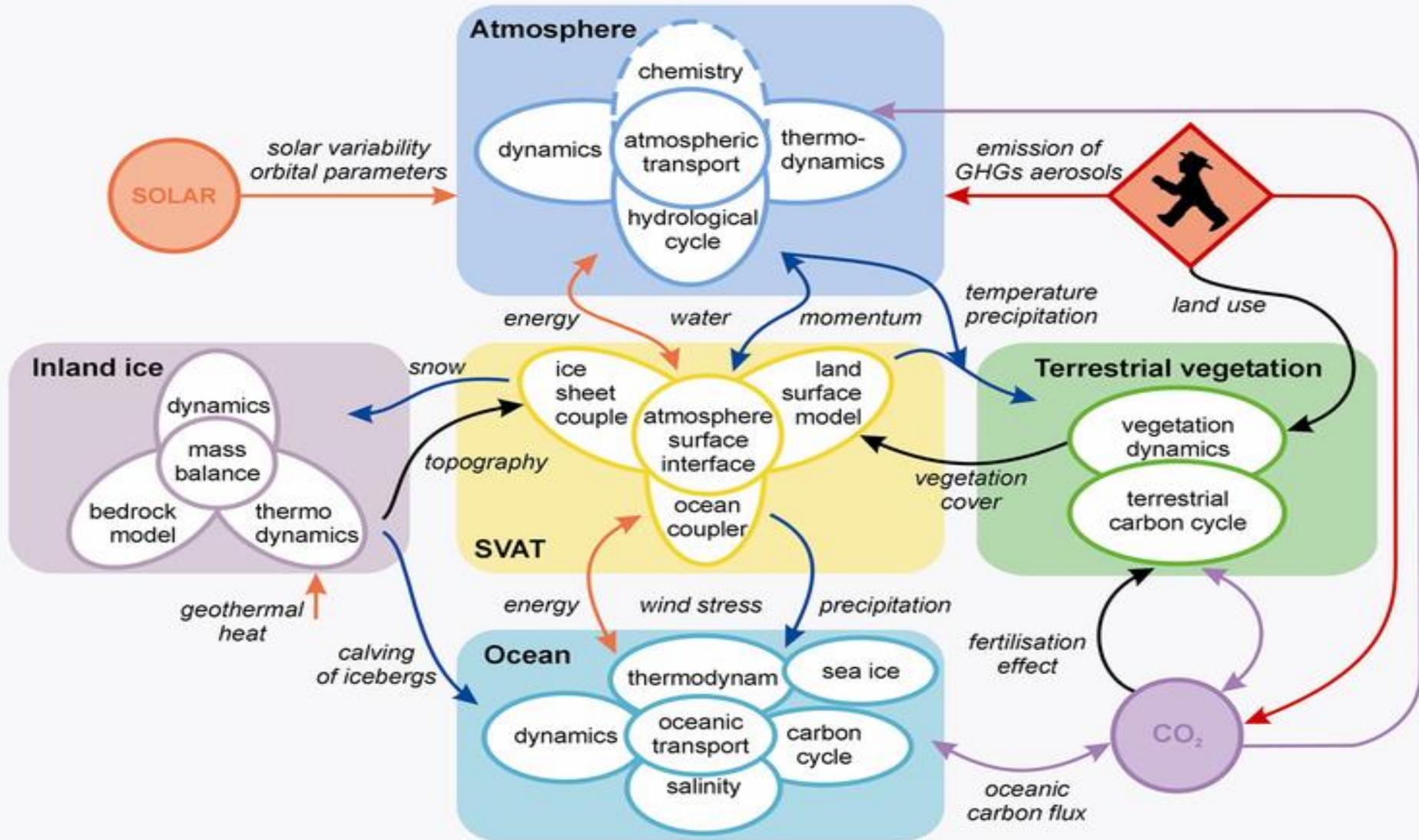
# Quelles **pratiques** pour l'élaboration de cette métaphysique de la Terre?

- Théorisation, formalisme et élaboration de concepts normatifs
  - « Abstraction synthétique »
- Arguments ontologiques extraits de données paléo ou de nouveaux types de modèles

« [The data] demonstrate beyond any doubt that the Earth is a system, with properties and behaviour that are characteristic of the system as a whole » Steffen et al. 2004



# EMICS et non-linéarités



# Quelles sont les réalisations principales de l'IGBP?

(i) Synthèse scientifique et animation de programme de recherche (... mais SST?)

(ii) Concepts normatifs pour penser la Terre (anthropocène et grande accélération, tipping, boundaries, hothouse earth, ...)

(iii) Modèles (EMICS, non-linéarités, vivants)



# Quelles sont les réalisations principales de l'IGBP?

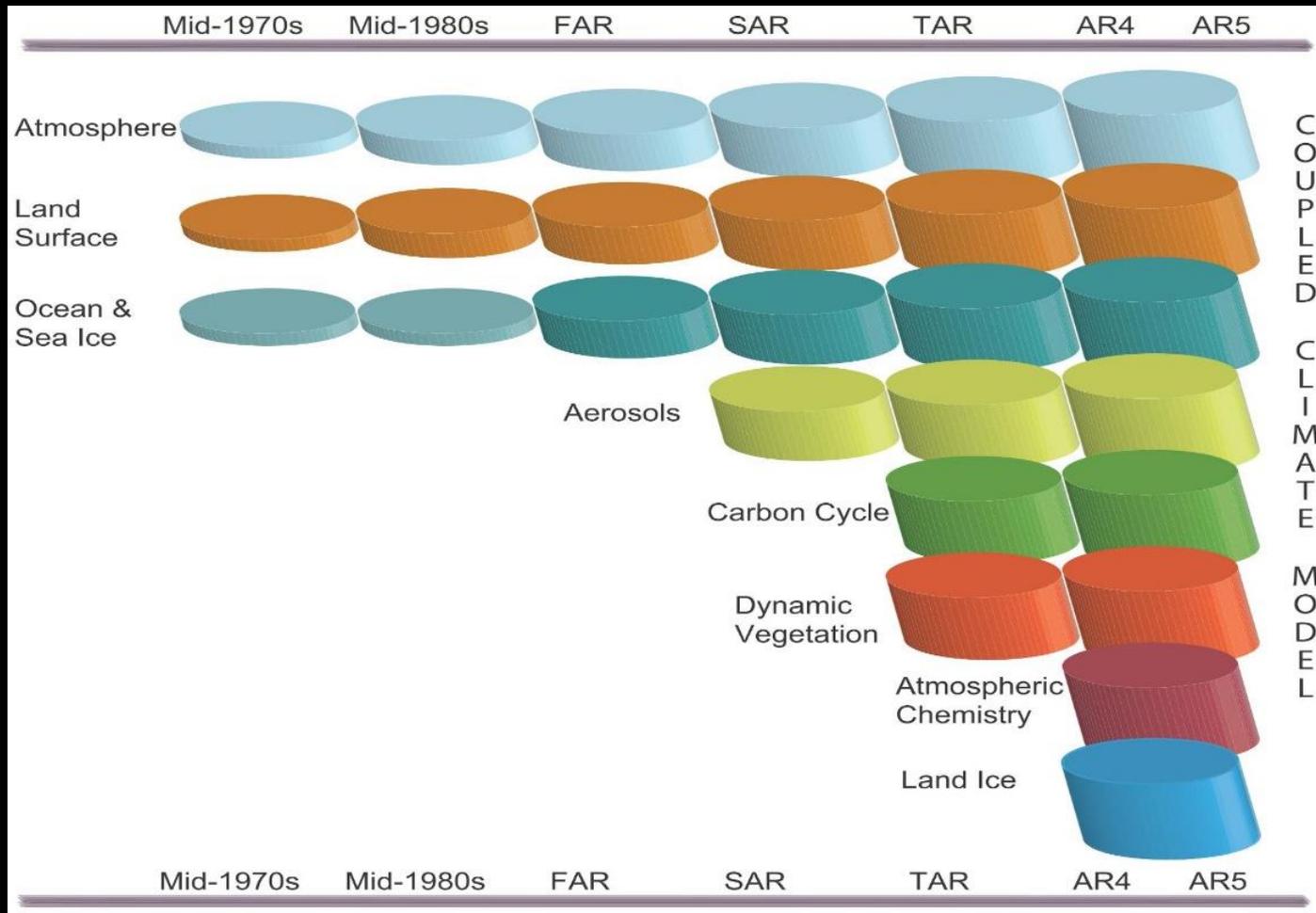
(i) Synthèse scientifique et animation de programme de recherche (... mais SST?)

(ii) Concepts normatifs pour penser la Terre (anthropocène et grande accélération, tipping, boundaries, hothouse earth, ...)

(iii) Modèles (EMICS, non-linéarités, vivants)



# Modèles: importance des êtres vivants dans les modèles climatiques





- Tensions/décalages sur la manière de penser la Terre
  - physique du climat vs holisme biologisant;
  - non-linéarités;
  - modèles complexes vs EMICS

# IGBP et GIEC modes de communication

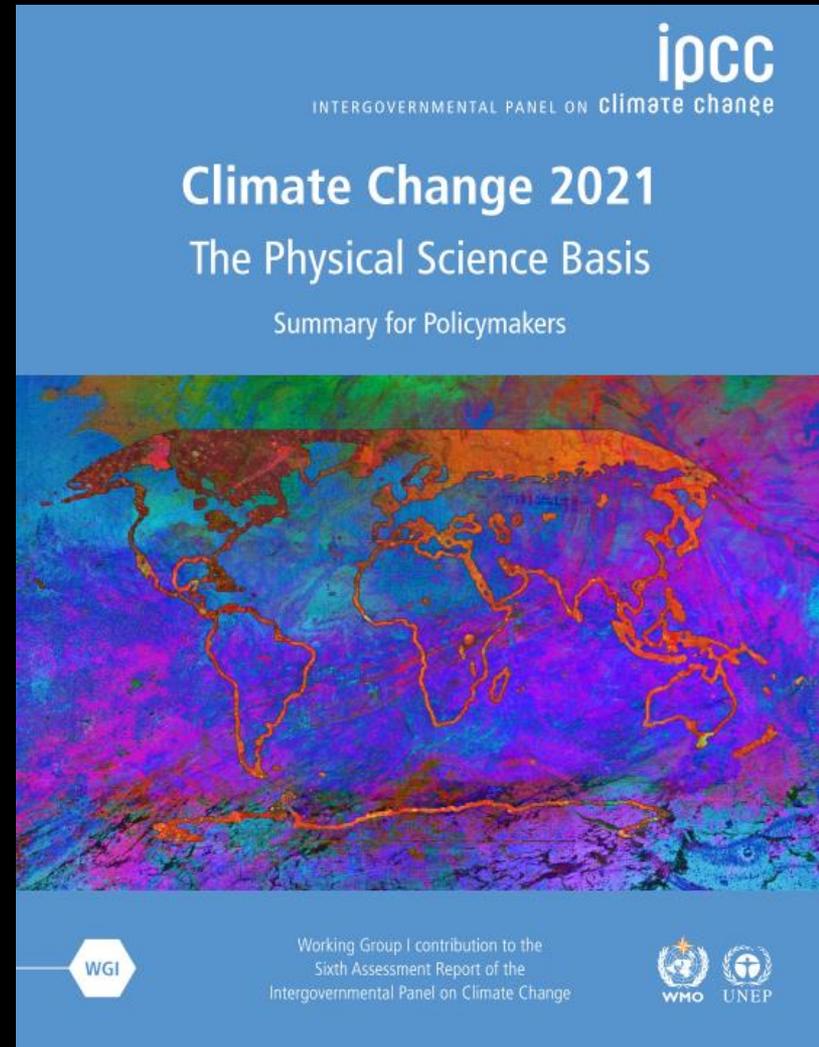
nature

Vol 461|24 September 2009

## FEATURE

### A safe operating space for humanity

Identifying and quantifying planetary boundaries that must not be transgressed could help prevent human activities from causing unacceptable environmental change, argue **Johan Rockström** and colleagues.



Problème originel

Habitabilité future de la Terre

Ontologie /perspective

« bon management de la Terre »  
(limites) ; holisme biologisant  
« humain-centré »; complexité

Institutions

IGBP / ... NSF

Disciplines

Biogéochimie, écologie globale ... et  
frontières: climat, océans, SHS

Pratiques, Infrastructures  
techniques et matérielles

Théorisations et montées en généralité;  
modèles alternatifs aux GCM; petit  
collectif; (satellites)

Engagement politique

Habitabilité future de la Terre

Rmq./théorie de la Terre

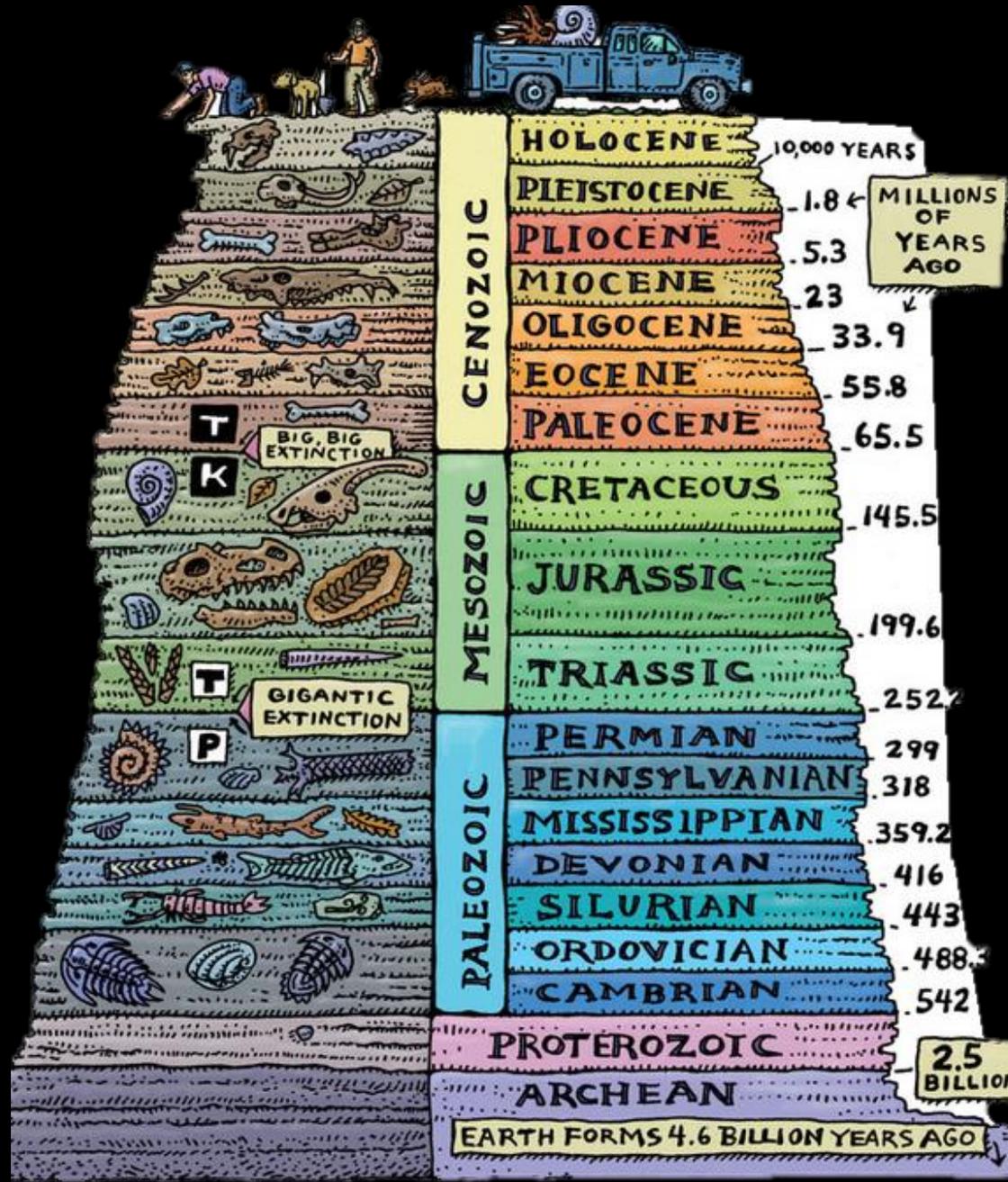
Tensions TdT (Gaïa, NASA, Physique  
du climat ...) et savoirs (écologie,  
histoire de la Terre, sciences sociales)

# Plan :

- 1) Éléments de contexte
- 2) Les sciences du système Terre
- 3) Quelle pratique? Un retour aux « théories de la Terre »
- 4) Typologies des théories de la Terre (1940-1970)

# « théorie de la Terre »

La « géologie » / les « géosciences » ...  
des sciences théoriques ?!

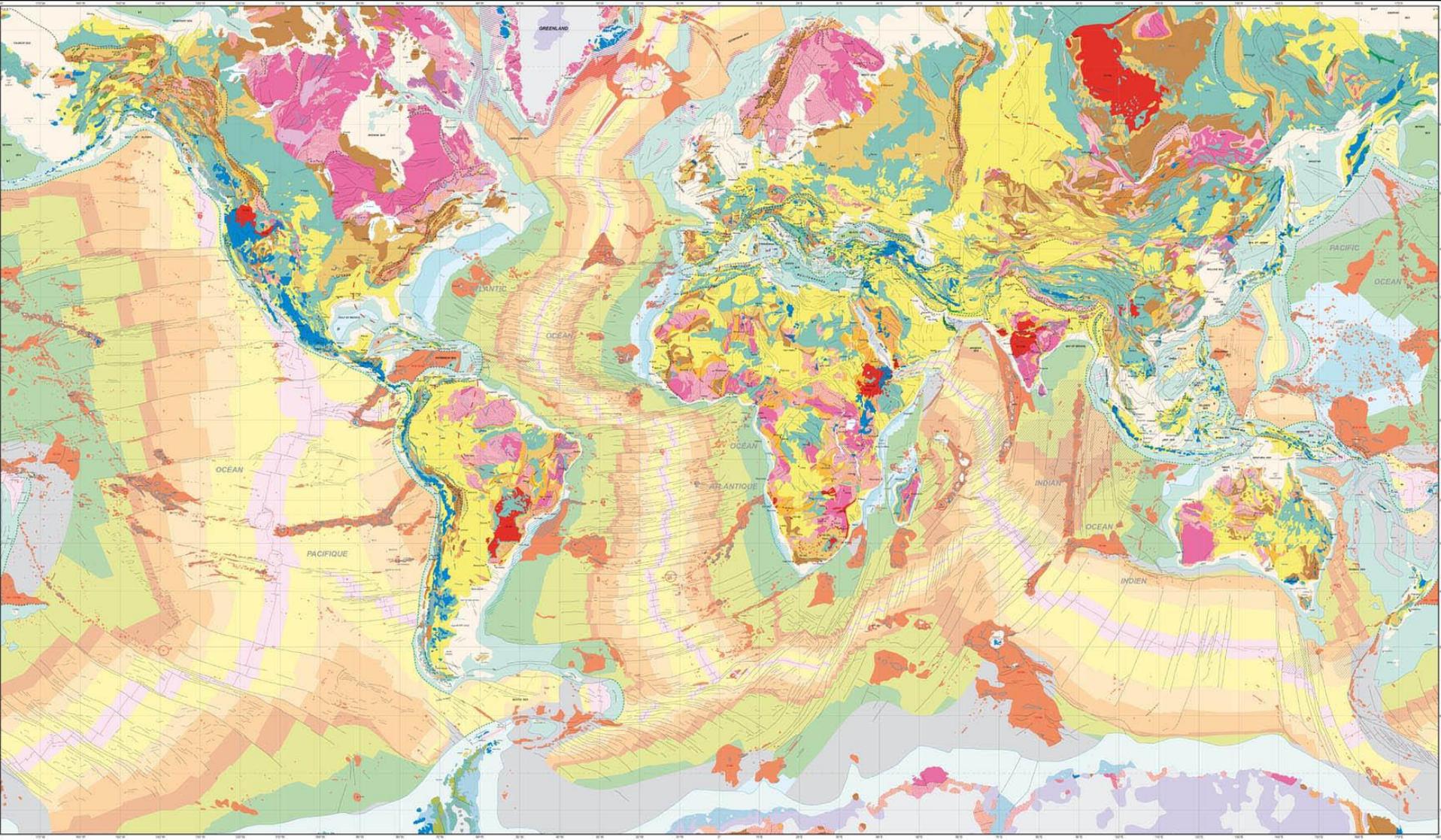


# Des sciences historiques

# Des sciences de terrain



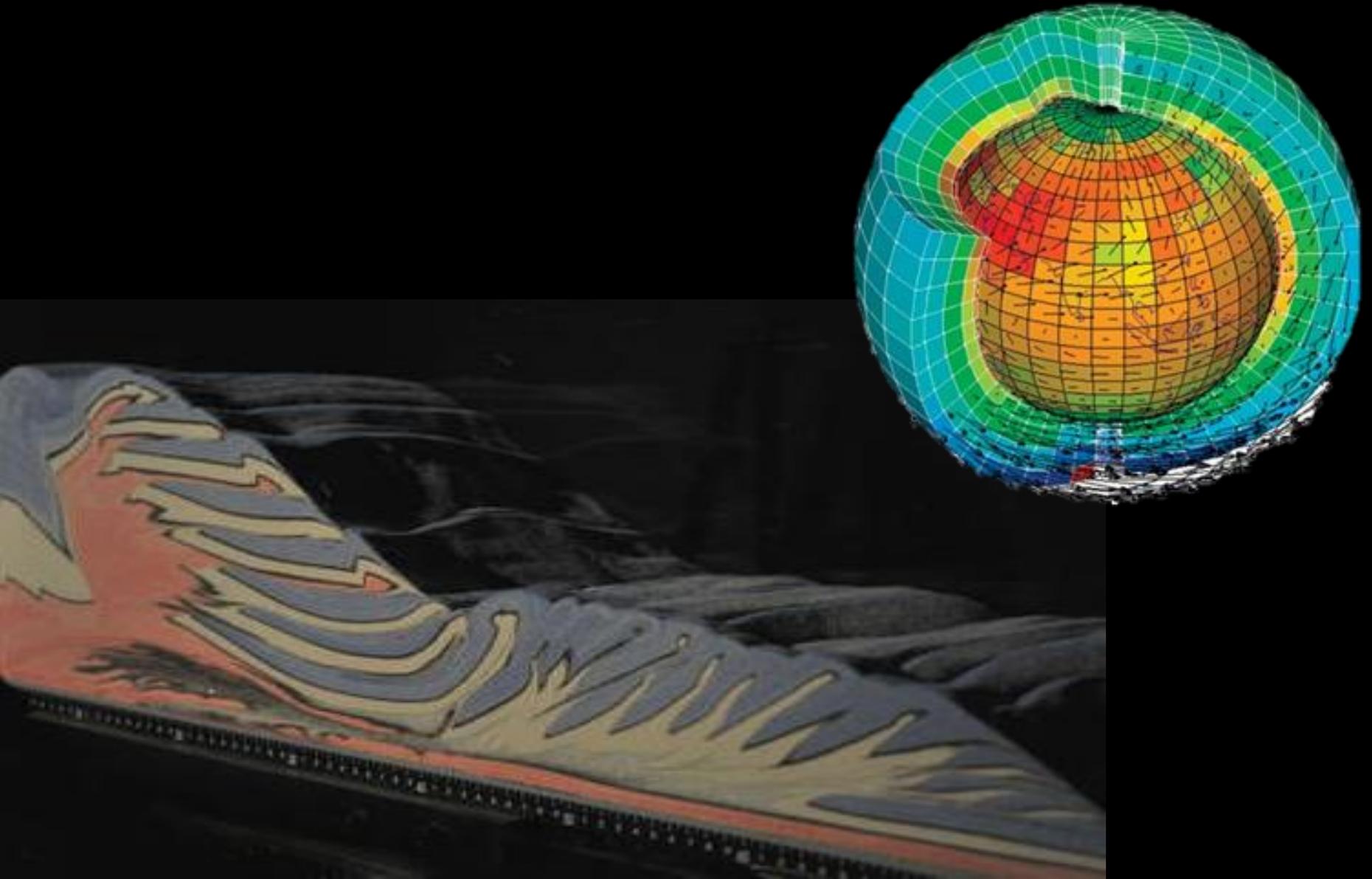
*Des sciences visant à produire  
des images, des cartes, des diagrammes*



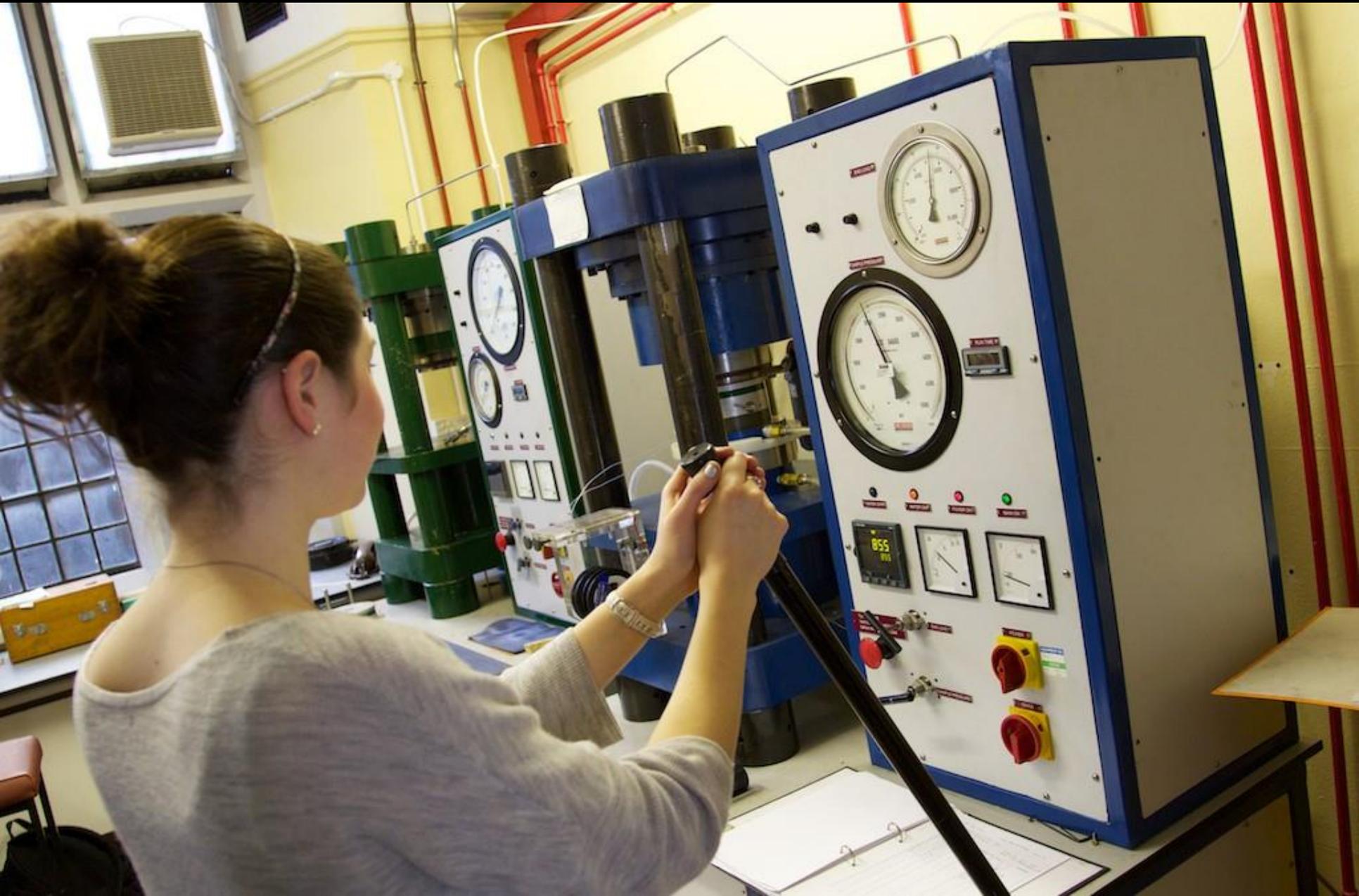
# Des sciences de classification



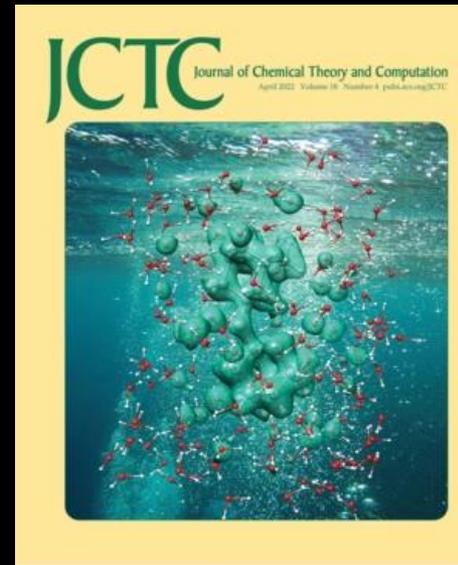
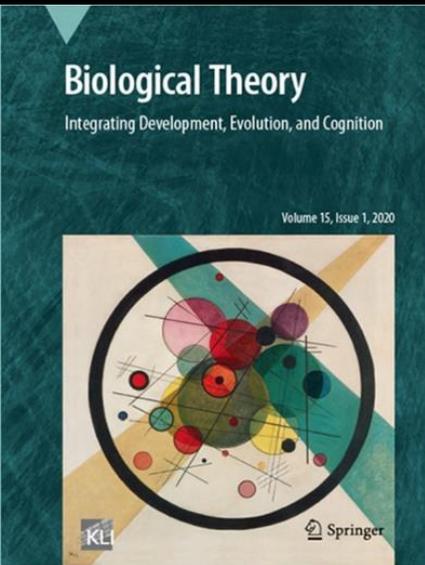
# Des sciences de modélisation



# Des sciences expérimentales (?)



# Des sciences théoriques??



"theoretical geology"



Environ 751 résultats (0,10 s)

## [LIVRE] Researches in **theoretical geology**

HT De La Beche - 1837 - [books.google.com](https://books.google.com)

Those who are at all familiar with the present state of geological science in Europe, will recognize in the author of this treatise, one of the most distinguished names in that bright list of ...

☆ Enregistrer Citer Cité 50 fois Autres articles Les 2 versions

## [PDF] The Ozarkian and its significance in **theoretical geology**

J Le Conte - The Journal of Geology, 1899 - [journals.uchicago.edu](https://journals.uchicago.edu)

IN 1886 I published a paper entitled "A Post-Tertiary Elevation of the Sierra Nevada, as shown by the River-beds." 1 Again in 1891 I published a paper on "The Mutual Relations of Land ...

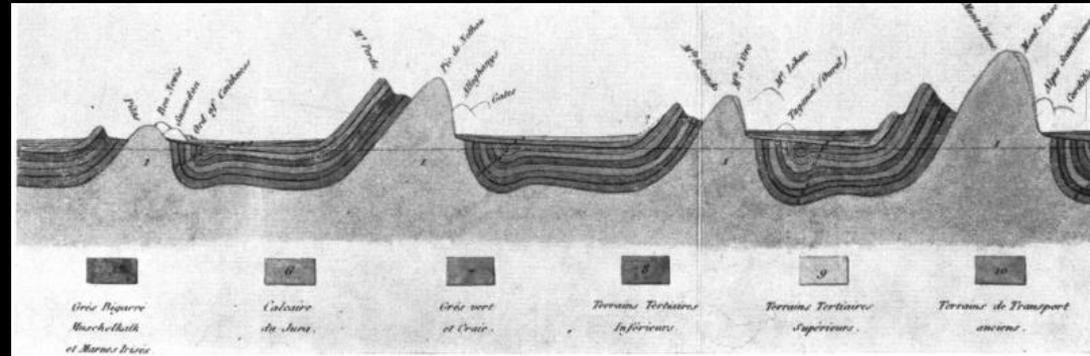
☆ Enregistrer Citer Cité 5 fois Autres articles Les 3 versions

# Remarque 1 - Toutes les pratiques sont « chargées de théorie »

*Hist. Sci.*, xiv (1976), 149-195

## THE EMERGENCE OF A VISUAL LANGUAGE FOR GEOLOGICAL SCIENCE 1760—1840<sup>1</sup>

**Martin J. S. Rudwick**  
*Vrije Universiteit, Amsterdam*



## Remarque 2 – Différence avec « théorie sur la formation des nuages »

- « hypothèse sur ... » vs. ontologie non remise en question servant de cadre au reste du travail scientifique
- « théorie de la Terre »: porte sur l'objet central des géosciences (la Terre dans son entièreté), « rarement » l'objet de considérations théoriques/définitionnelles (cf. Jacob sur la vie)

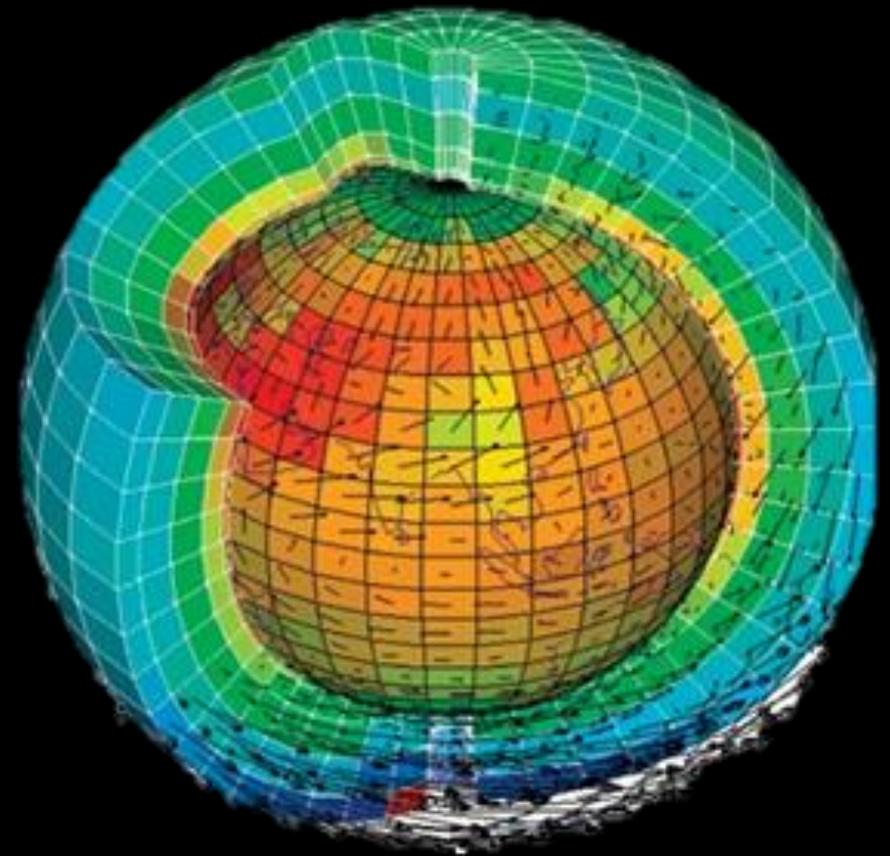
# Remarque 3 – Différence avec les modèles « globaux » ?

Théorie de la Terre

~ modèle de la Terre ...

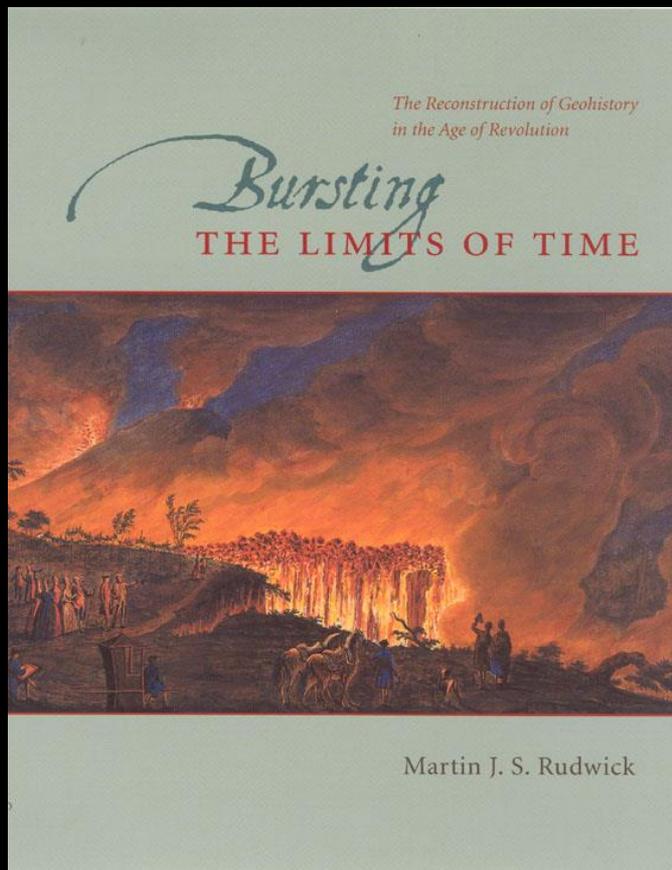
*mais*

- ... ambition « totale » des SST vs « physique du climat »
- « petit groupe » de théoricien vs entreprise collective



# Deux « genres scientifiques » à la fin du 18<sup>e</sup> siècle pour rendre compte du fonctionnement et des changements de la Terre

## Théories de la Terre



- Un seul système/théorie causale surplombante (Buffon, De Luc, Hutton)
- Lois éternelles, universelles, déterministes
- Hypothético-deductif/peu de terrain

« La plupart des géothéoriciens revendiquaient en effet être des « philosophes » au sens le plus large. Leur but n'était pas d'expliquer simplement la nature de la terre elle-même, mais aussi sa relation avec les structures fondamentales de la nature et avec sa dimension humaine et même divine. Toute théorie de la Terre était par conséquent encadrée dans une matrice intellectuelle dense. Elle devait être liée d'une part avec les questions fondamentales de physique et de cosmologie, et d'autre part avec les concepts essentiels de la nature humaine et de la société humaine, de la métaphysique, et effectivement de la théologie (que la théologie soit orthodoxe ou hétérodoxe ; qu'elle soit théiste, déiste, ou athée). »

Rudwick, BLT

# La constitution de la géologie contre les théories de la Terre



- Au début du 19<sup>e</sup> siècle, institutionnalisation (e.g. GSL)
- Attitude critique vis-à-vis des théories de la Terre (et des pratiques de théorisation en général)
- ... au profit d'un nouveau programme empirique collectif et local: les strates et l'histoire de la Terre
- Corrélatif de la révolution industrielle

... la « fin » des théories de la Terre?

# Plan :

- 1) Éléments de contexte
- 2) Les sciences du système Terre
- 3) Quelle pratique? Un retour aux « théories de la Terre »
- 4) Typologies des théories de la Terre (1940-1970)

# « Galerie de portraits/perspectives » sur la Terre (1940-1970)

- (i) « retour » des théories de la Terre dans la seconde moitié (?) du 20<sup>e</sup> siècle comme genre/pratique scientifique
  - (ii) contre une perspective « totale » des SST: comparer/pluraliser les perspectives pour situer

Géologie

# 1940-1970 Un retour de théories de la Terre

Géophysique

Géochimie

Vaisseau spatial  
Terre

Biogéochimie

Terre vivant / Gaia

Géologie

# 1940-1970 Un retour de théories de la Terre

Géophysique

Géochimie

Vaisseau spatial  
Terre

Biogéochimie

Terre vivant / Gaïa

*Geosciences  
Sciences de la Terre*

Géologie

## 1940-1970 Un retour de théories de la Terre

Géophysique

Géochimie

Vaisseau spatial  
Terre

Biogéochimie

Terre vivant / Gaïa

Ambition: descriptive,  
comme toute typologie,  
non exhaustive

**Geosciences  
Sciences de la Terre**

# Perspectives sur la Terre ou théories de la Terre?

toutes les « perspectives » ne sont pas explicitement théorisées (à la Schellnhuber) et n'ont pas d'emblée une dimension cosmique

*Perspective (Wimsatt):*

« point de vue » sur un système,  
manière de le décomposer et de poser les problèmes  
(ex. anatomie; physiologie; génétique)

Géologie

Géophysique

Géochimie

Vaisseau spatial  
Terre

Biogéochimie

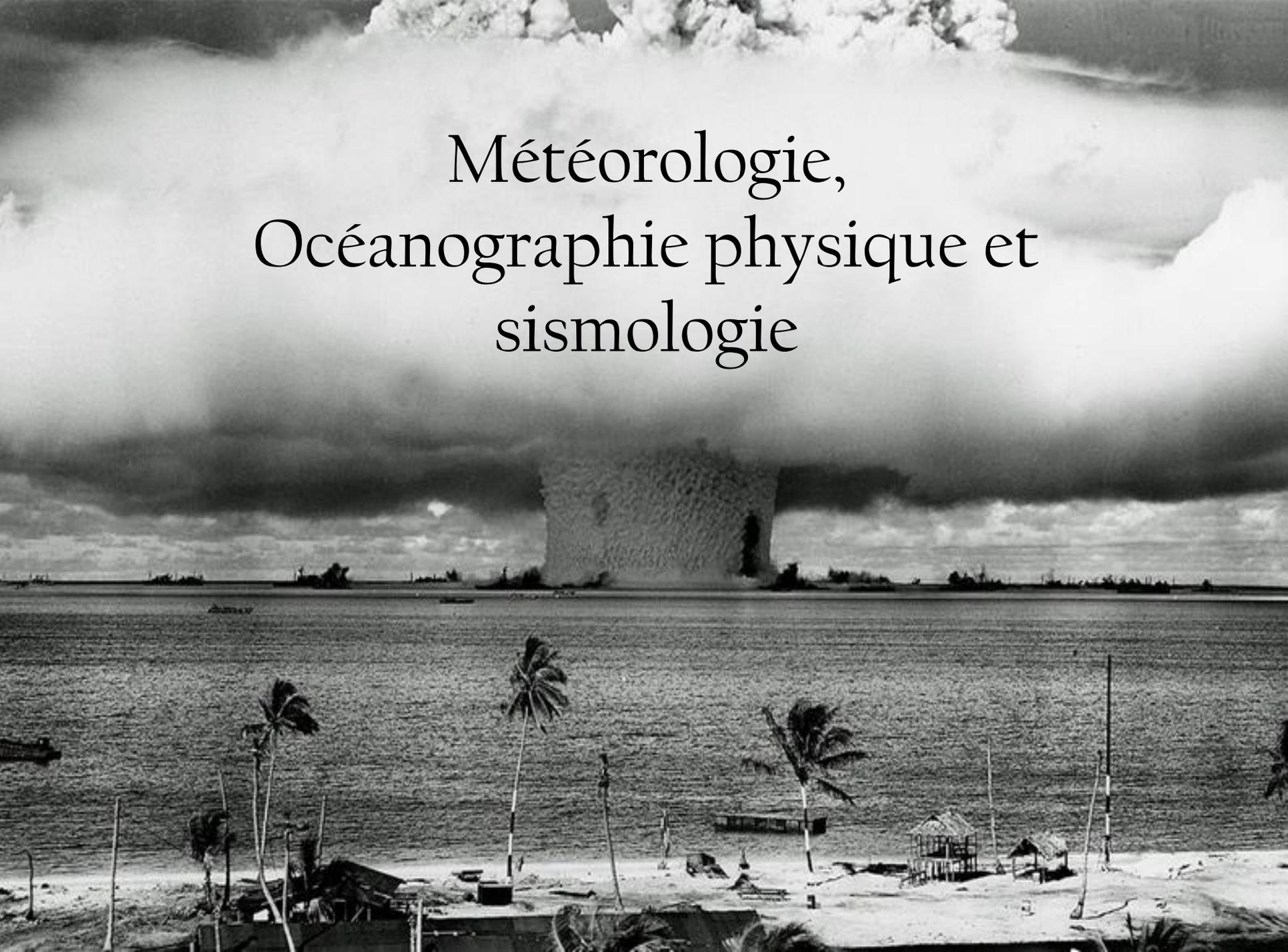
Terre vivant / Gaia

# La géophysique de la guerre froide

## Cybernétique – Géophysique- (Ecologie)

Aronova 2010, 2015; Bonneuil et Pestre 2015; Dahan 2010; Doel 2003, 2006, 2009; Edwards 2010; Fleming 2013; Galison 1994, 1996; Gresvmühl 2014; Guillemot 2007; Hamblin 2005, 2008, 2013; Mahrane et al. 2012; Oreskes et Fleming 2000; Oreskes et Krige 2014; Pickering 2002, 2004; Poole 2008; Turchetti & Roberts 2014, ...

Météorologie,  
Océanographie physique et  
sismologie



# Météorologie



# Profil thermique, cartographie magnétique et des fonds sous-marins



# La cybernétique

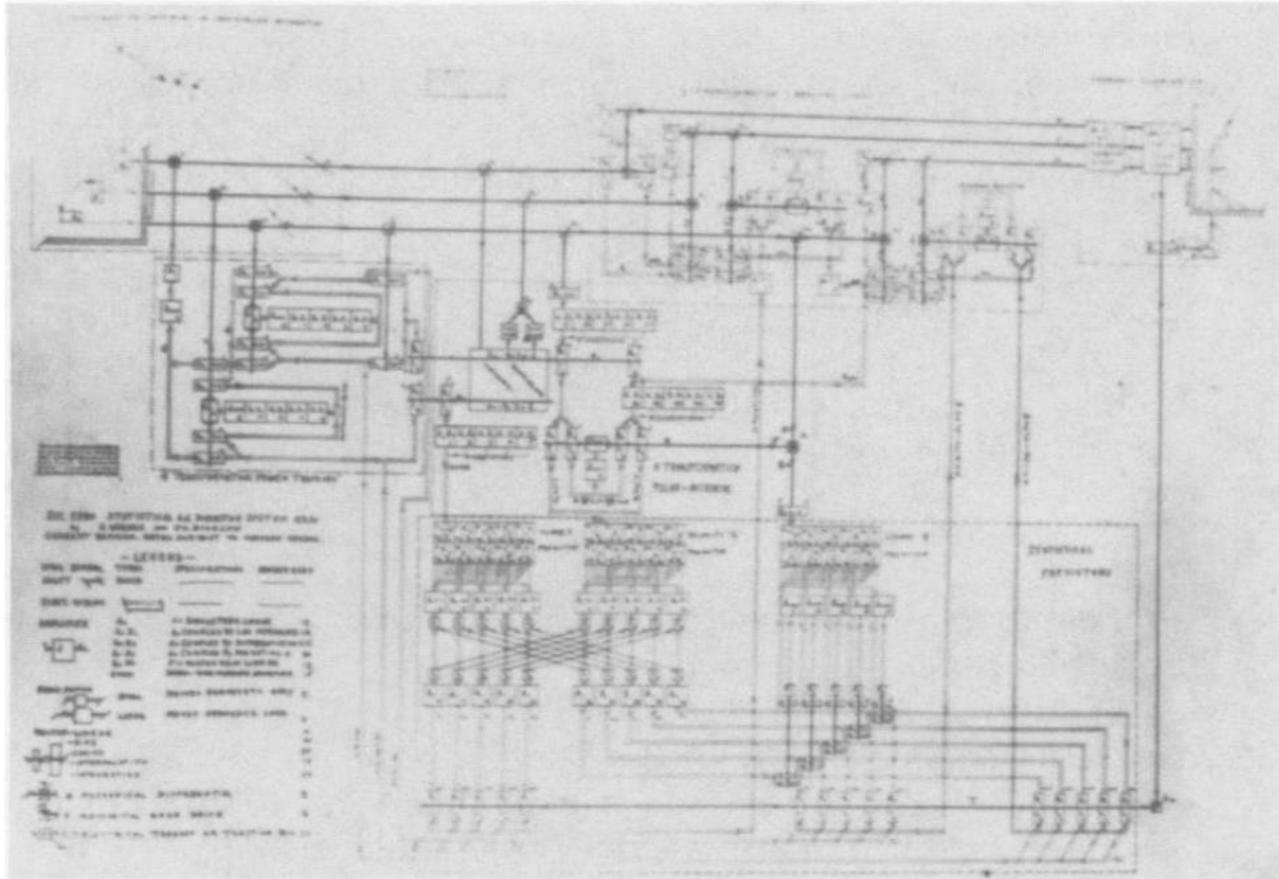
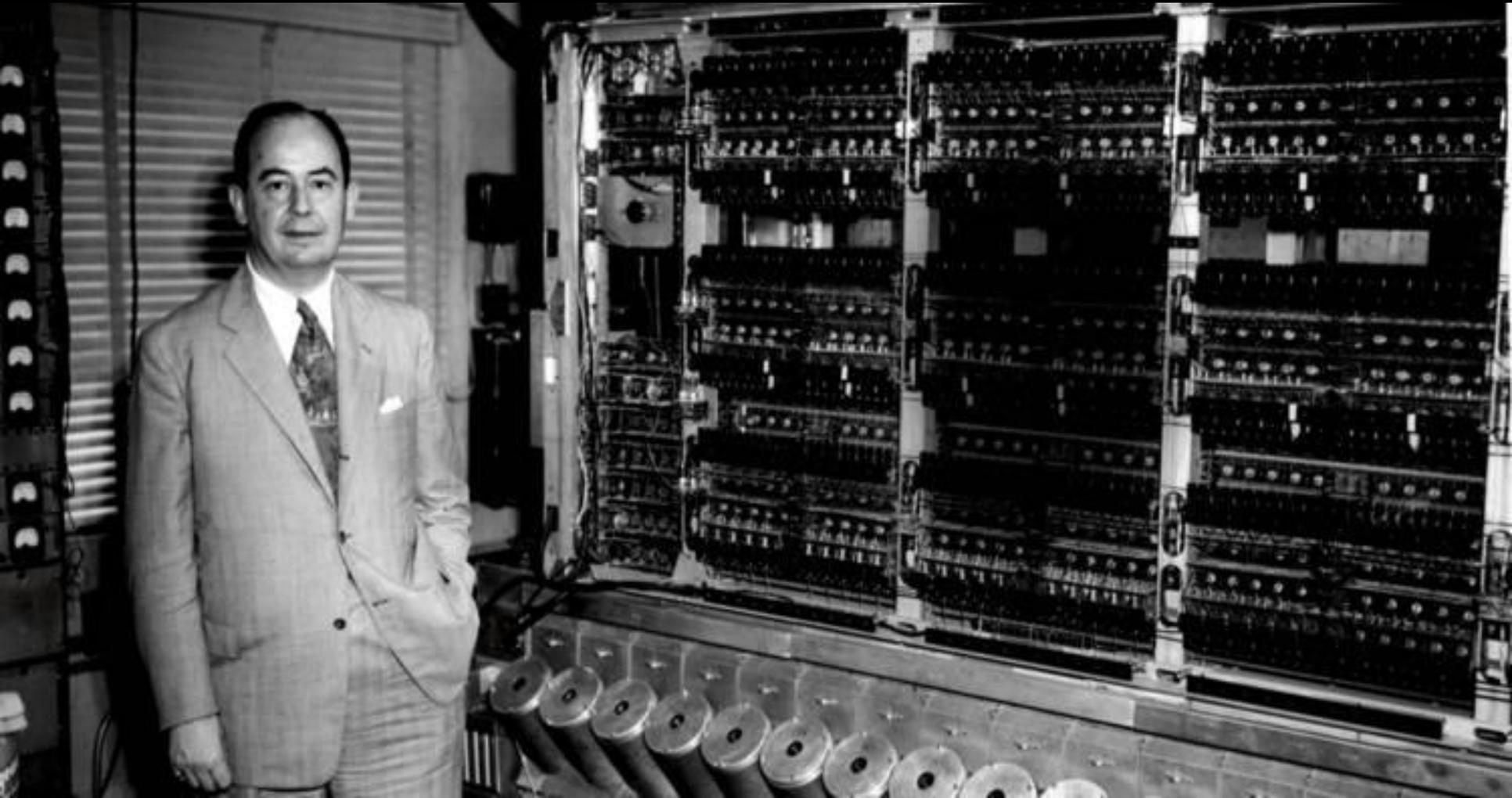
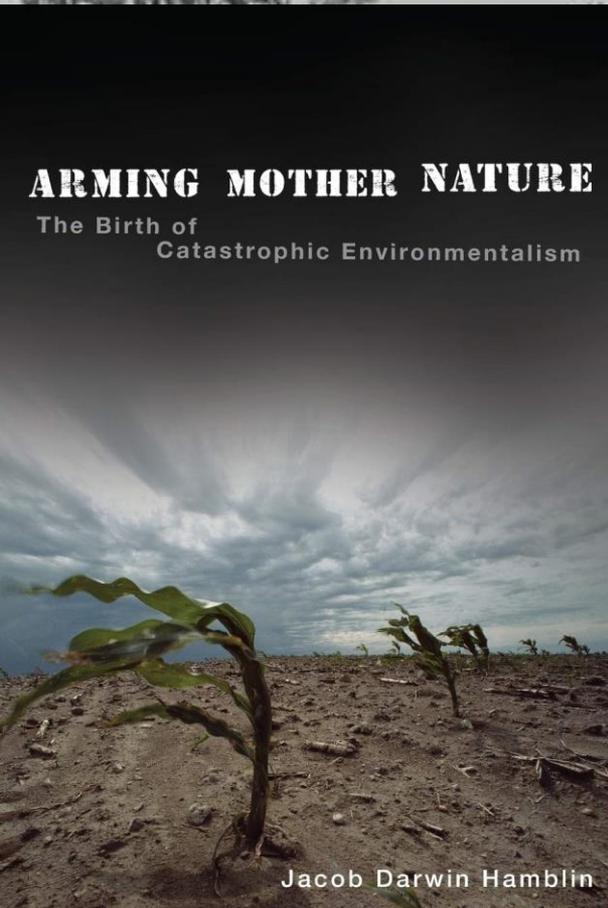


FIG. 3.—Wiring circuit for Wiener's antiaircraft predictor. From Norbert Wiener to D. I. C. 5980 A. A. Directors, "Summary Report for Demonstration," 10 June 1942, Record Group 227, Office of Science and Research Development, National Defense Research Committee Contractors' Technical Reports, Division 7, MIT, NDCrc-83, National Archives, Library of Congress, Washington, D. C..

# Pratiques: simulations numériques et interdisciplinarité



# Contrôle, surveillance et maîtrise/intervention *les prométhéens de la guerre froide*



# Déplacements ...

1. Financements: militaires plutôt que les pétroliers et NSF
2. Discipline: « Earth sciences » plutôt que géologie
3. Pratiques: instrumentation physique et modèles plutôt qu'interprétation qualitative de terrain (géologie)
4. Contrôle, surveillance et sciences prométhéennes

# Déplacements ...

1. Financements: militaires plutôt que les pétroliers et NSF
2. Discipline: « Earth sciences » plutôt que géologie
3. Pratiques: instrumentation physique et modèle plutôt qu'interprétation qualitative de terrain
4. Contrôle, surveillance et sciences prométhéennes

*Why, for example, did geophysics and geochemistry develop primarily as branches of earth science, rather than as branches of physics and chemistry? (Oreskes & Doel 2003)*

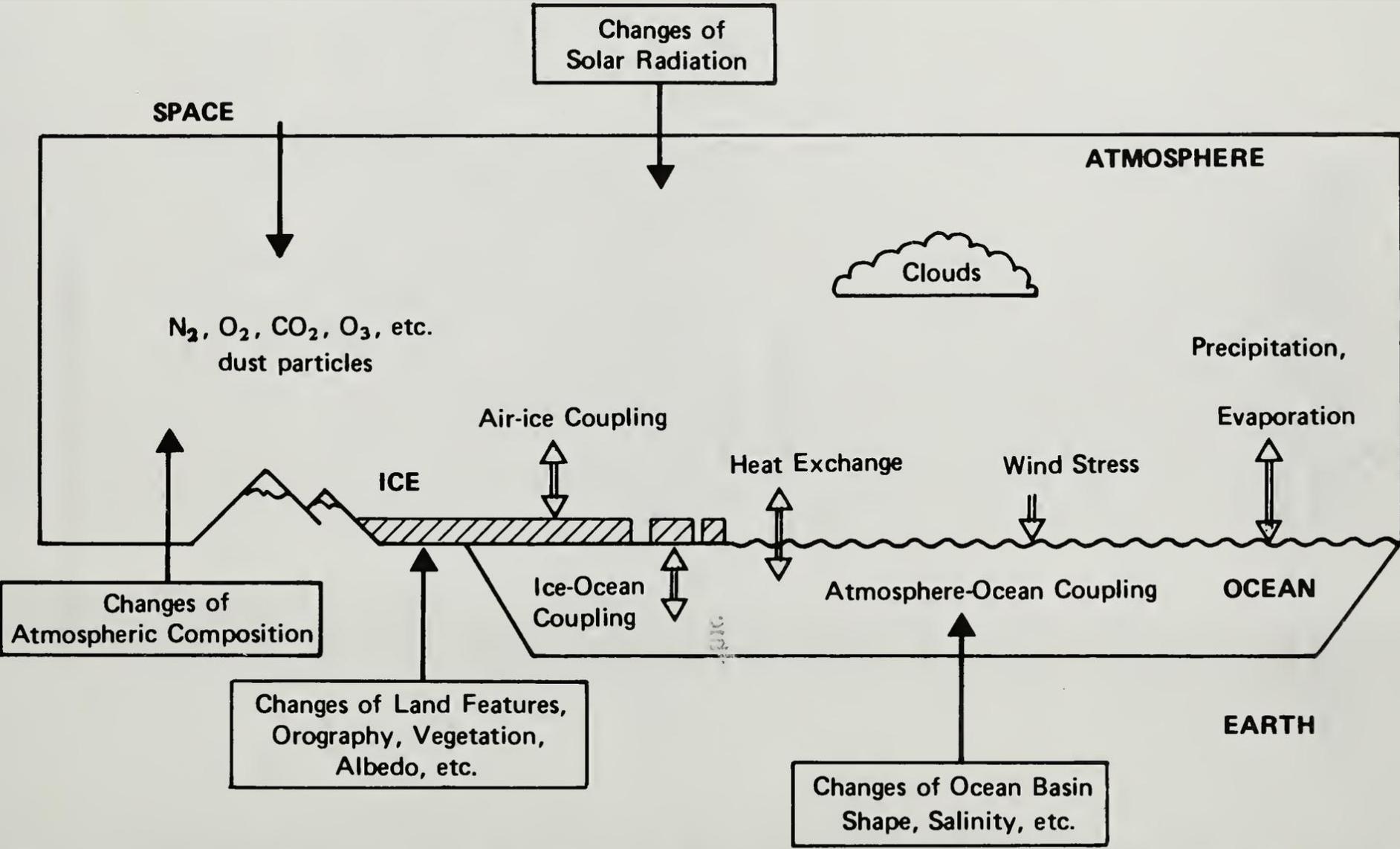
# Déplacements ...

1. Financements: militaires plutôt que les pétroliers et NSF
2. Discipline: « Earth sciences » plutôt que géologie
3. Pratiques: instrumentation physique et modèle plutôt qu'interprétation qualitative de terrain
4. Contrôle, surveillance et sciences prométhéennes

*Why, for example, did geophysics and geochemistry develop primarily as branches of earth science, rather than as branches of physics and chemistry? (Oreskes & Doel 2003)*

Autour d'un objet: la Terre (vue comme un système physique)

- Système climatique
- Tectonique des plaques



**FIGURE 3.1** Schematic illustration of the components of the coupled atmosphere-ocean-ice-earth climatic system. The full arrows (→) are examples of external processes, and the open arrows (⇌) are examples of internal processes in climatic change.



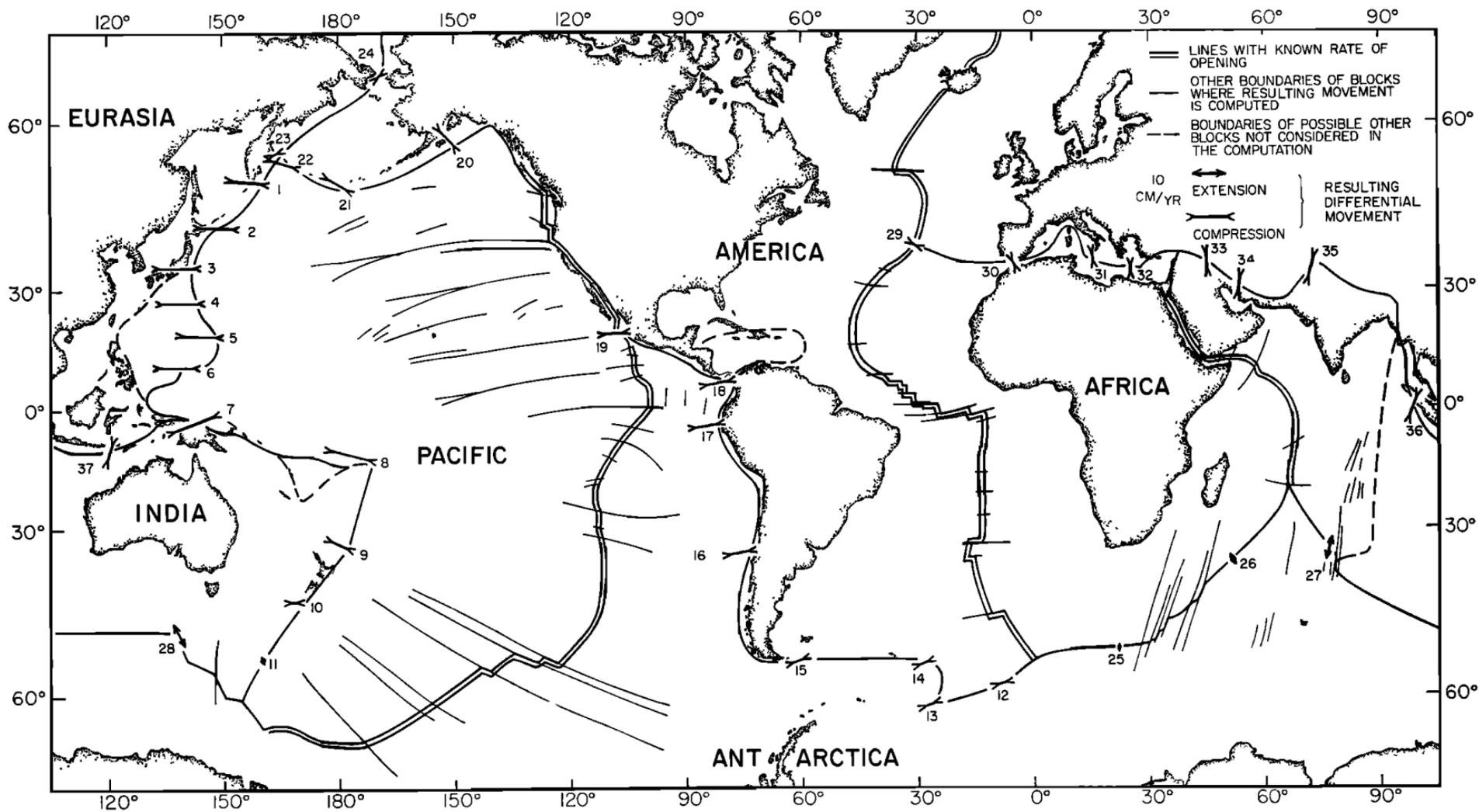


Fig. 6. The locations of the boundaries of the six blocks used in the computations. The numbers next to the vectors of differential movement refer to Table 5. Note that the boundaries where the rate of shortening or slippage exceeds about 2 cm/yr account for most of the world earthquake activity.

Problème originel

Surveillance et contrôle du globe

Ontologie /perspective

physique

Institutions

Défense, réseaux et programmes  
internationaux

Disciplines

Climatologie, sismologie,  
océanographie physique ...

Pratiques, Infrastructures  
techniques et matérielles

Simulations numériques;  
instrumentations et collectes massives  
de données

Engagement politique

Command and control stratégique  
et militaire (géoingénierie)

Rmq./théorie de la Terre

« Earth science »; climato / tectonique

Géologie

Objectif: Pluraliser et complexifier un récit linéaire possible  
« de la géophysique de la Guerre froide aux sciences du  
système Terre »

Géophysique

Géochimie

Vaisseau spatial  
Terre

Biogéochimie

Terre vivant / Gaïa

# Géochimie

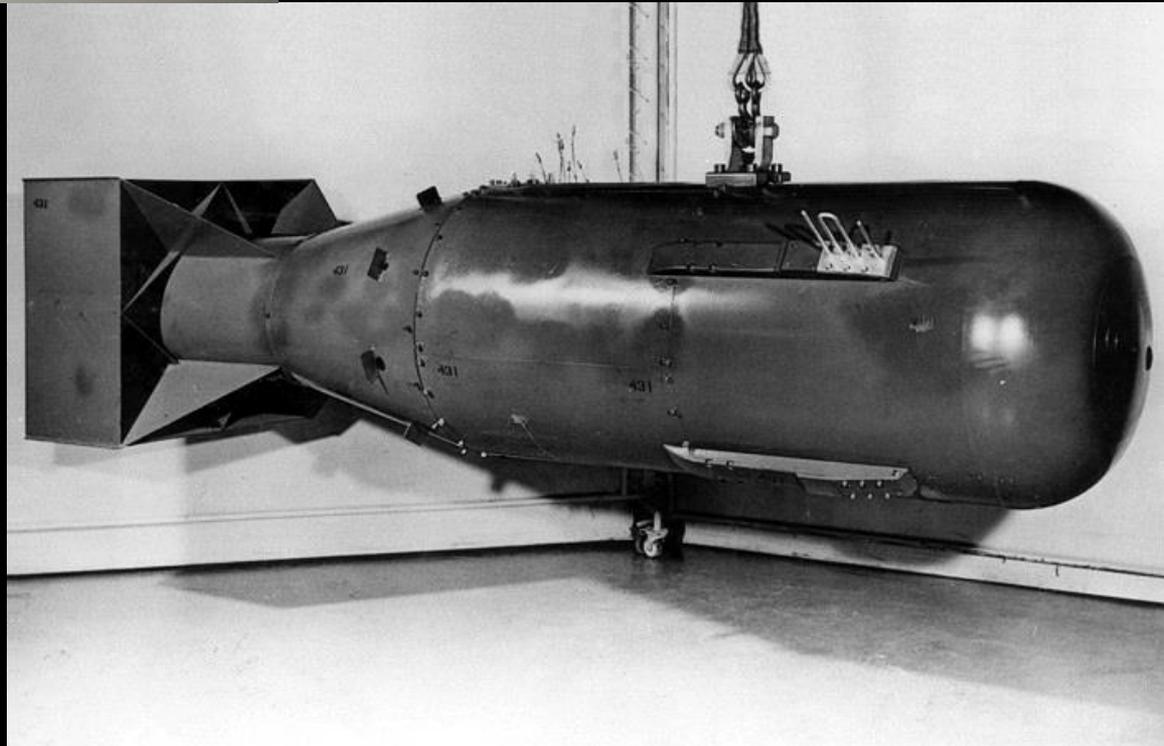
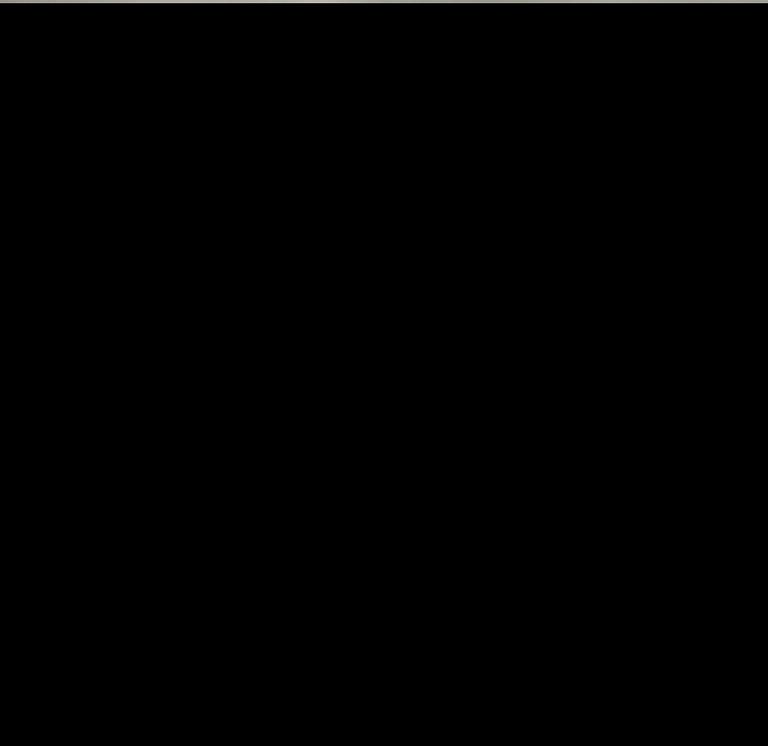
Souvent incluse dans l'historiographie de la géophysique de la guerre froide pour de bonnes raisons

(cf. AEC, porosité géophysiciens et géochimistes..) et mauvaises

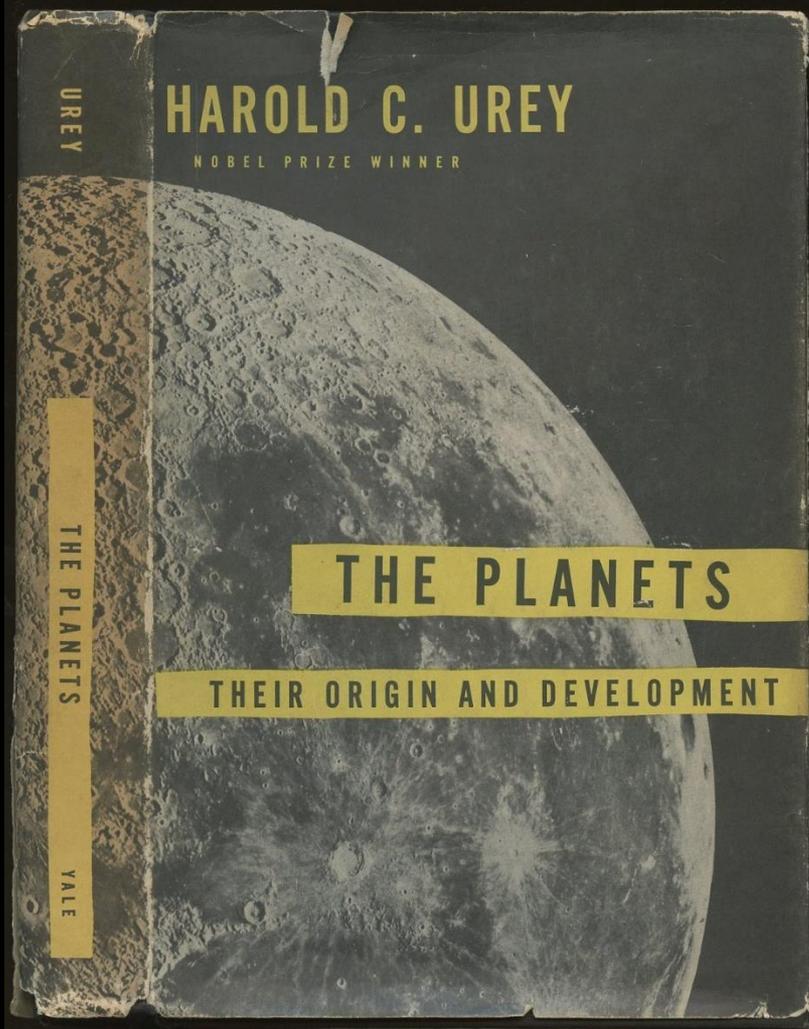
(historiographie moins développée; ontologies et pratiques différentes, etc..)



# Le spectromètre de masse et le projet Manhattan



# Spectrométrie de masse à Chicago avec Urey, Brown, Libby problèmes cosmogoniques et planétaires



4.5 Ga

Dates

$^{14}\text{C}$   
U/Pb

(géologie historique..)

Température

$^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  (T)

Traceurs

$^{14}\text{C}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^3\text{H}$

Dans les années 1940/1950:  
L'océan :  
une poubelle isolée?



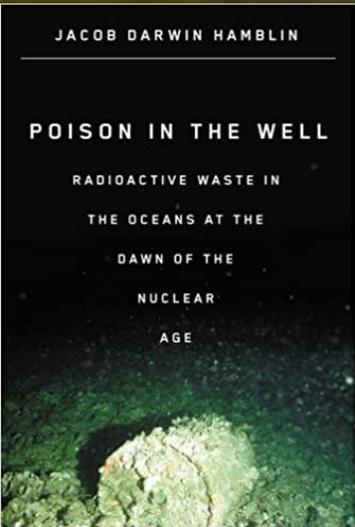
$\text{CO}_2$



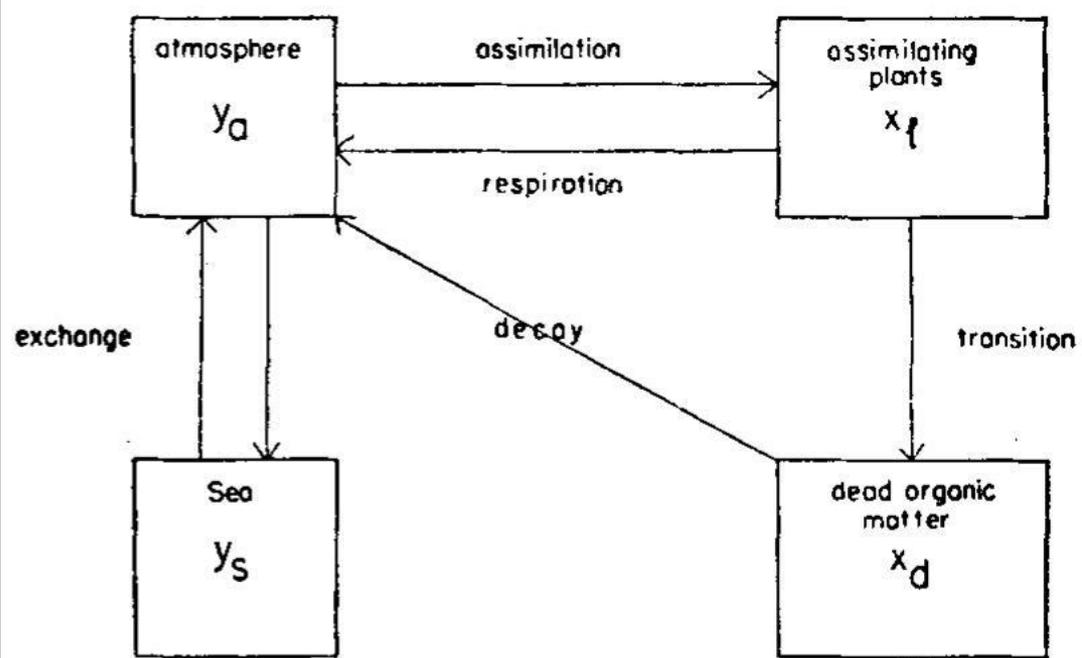
JACOB DARWIN HAMBLIN

## POISON IN THE WELL

RADIOACTIVE WASTE IN  
THE OCEANS AT THE  
DAWN OF THE  
NUCLEAR  
AGE

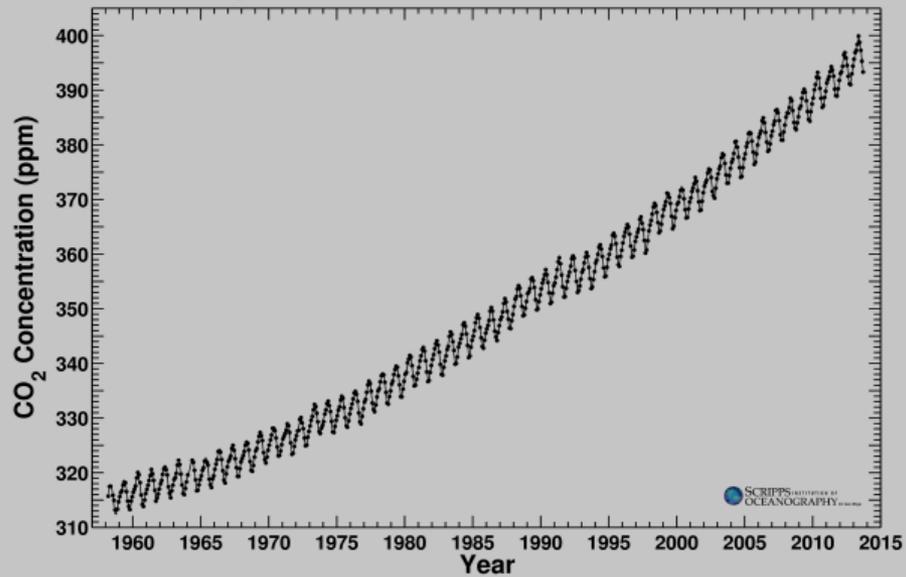


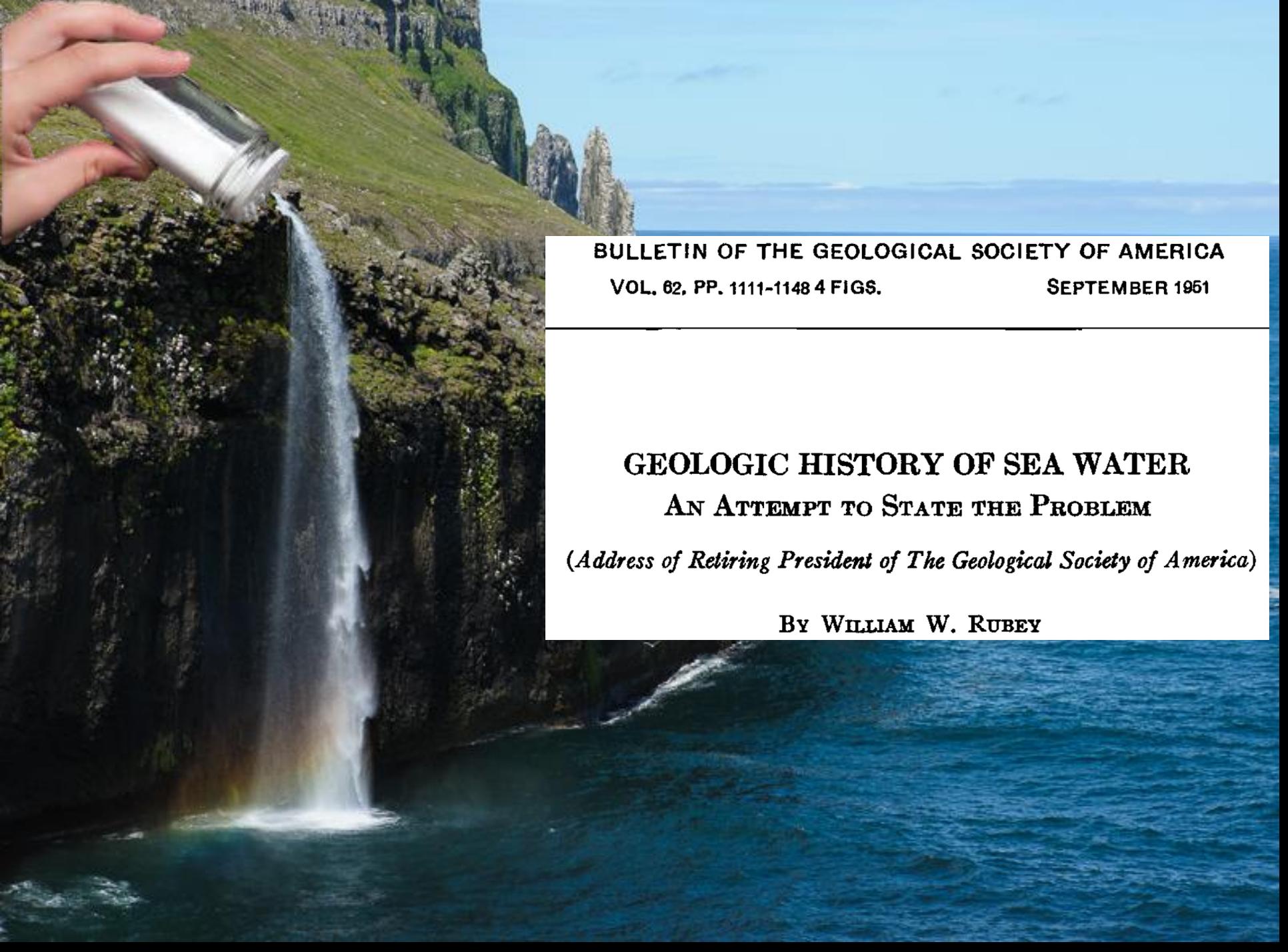
# CO<sub>2</sub>



## Mauna Loa Observatory, Hawaii Monthly Average Carbon Dioxide Concentration

Data from Scripps CO<sub>2</sub> Program Last updated October 2013





**BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA**

**VOL. 62, PP. 1111-1148 4 FIGS.**

**SEPTEMBER 1961**

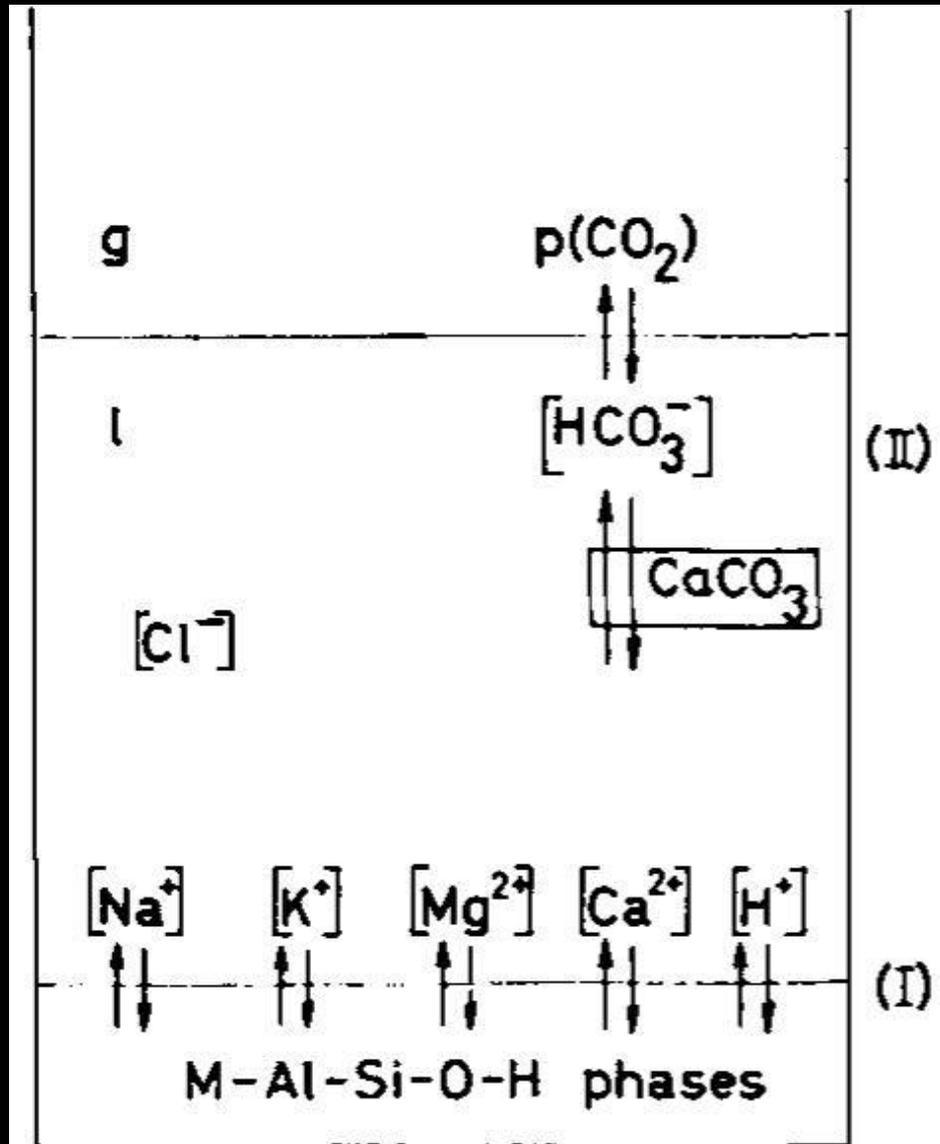
**GEOLOGIC HISTORY OF SEA WATER**

**AN ATTEMPT TO STATE THE PROBLEM**

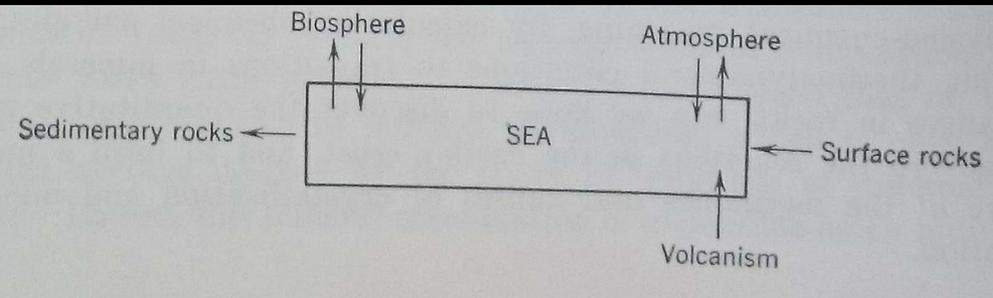
*(Address of Retiring President of The Geological Society of America)*

**BY WILLIAM W. RUBEY**

# Approche thermodynamique (Sillen, 1960's)



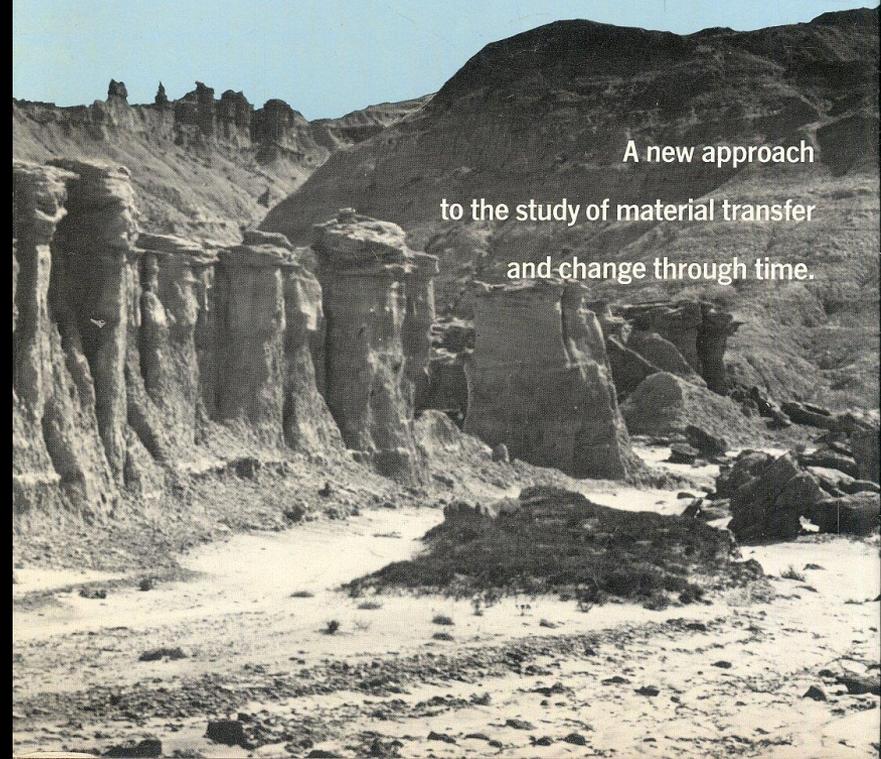
# Tradition pétrologique: temps de résidence et néo-huttonianisme chez les géocycleurs



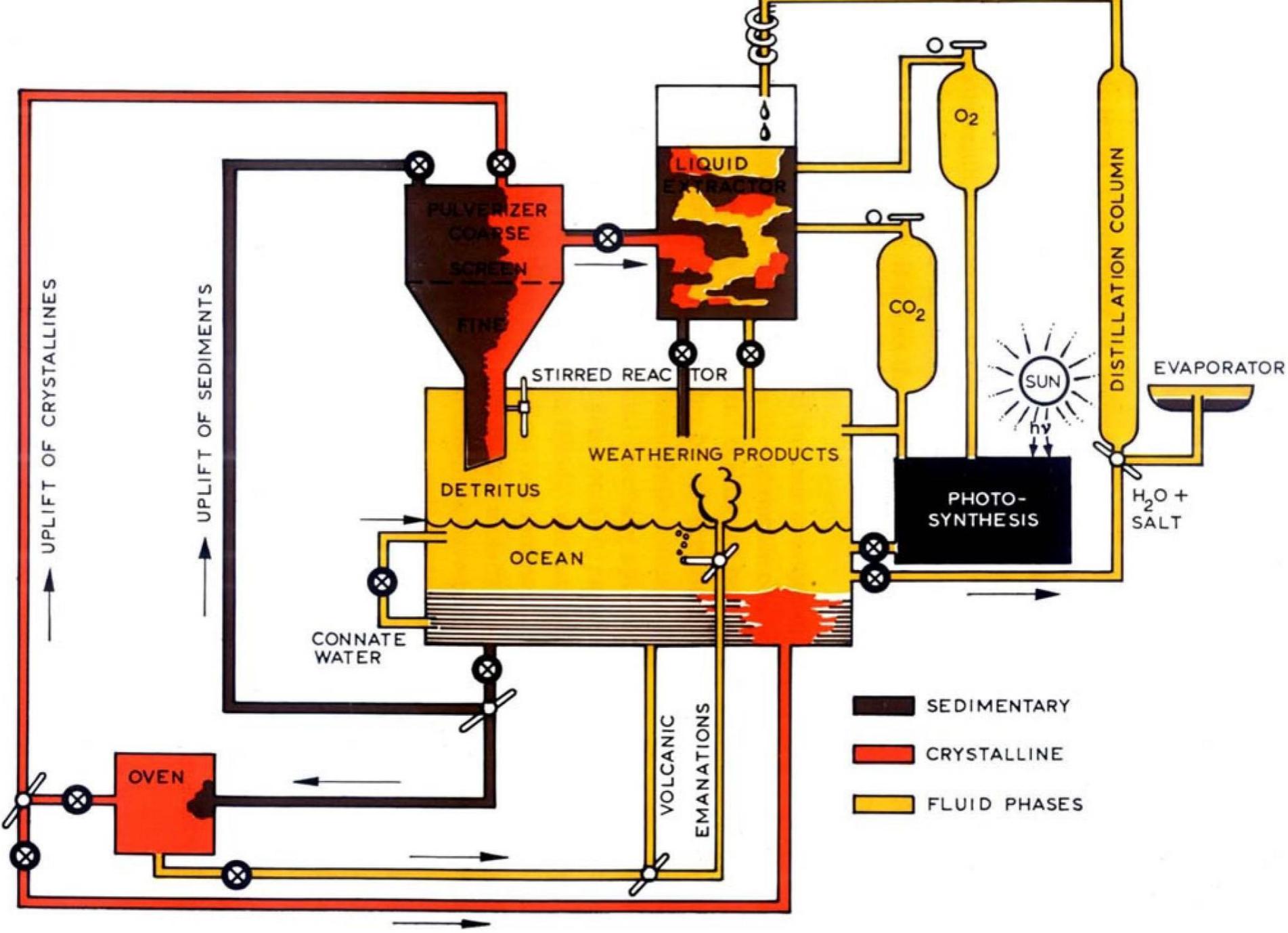
Robert Garrels,  
Fred MacKenzie,  
Robert Berner,  
Heinrich Holland,  
Wallace Broecker,  
Ray Siever ..

## Evolution of Sedimentary Rocks

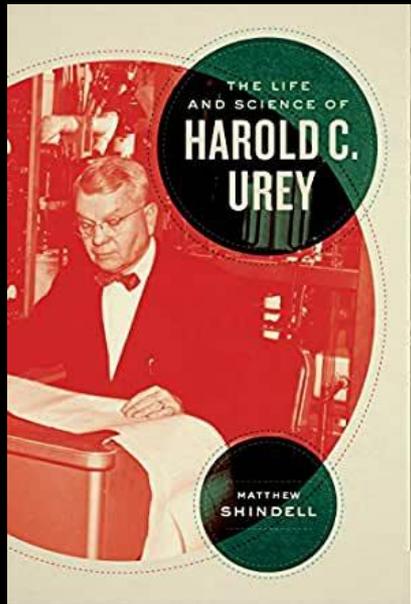
Robert M. Garrels and Fred T. Mackenzie



A new approach  
to the study of material transfer  
and change through time.



# Géochimie, philosophies de la nature et engagements politiques



Après Hiroshima, dimension cosmique sur la vie, la Lune et la Terre, Élan prophétique sur les rôles de la science et de la religion à l'origine de normes morales

## Pollutions:

Radioactives

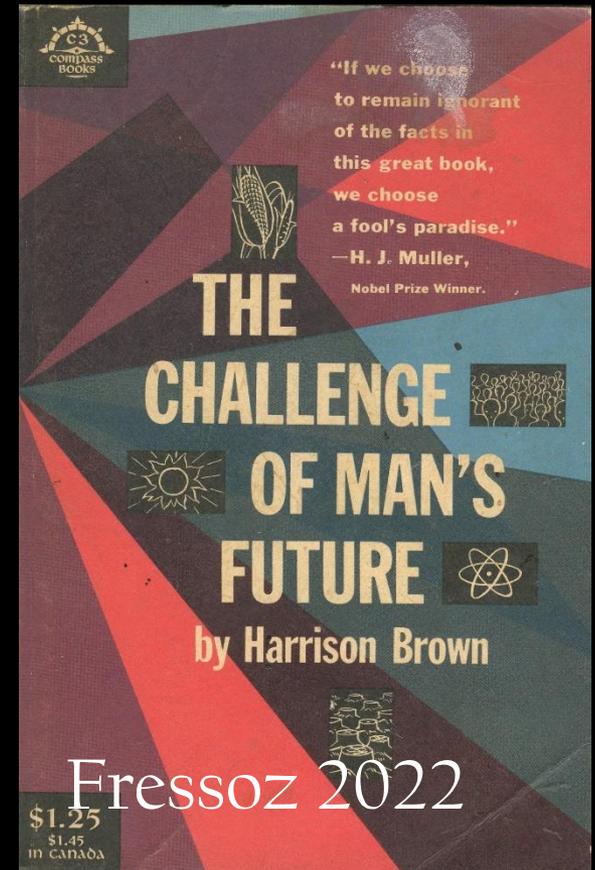
Plomb (Patterson (Brown))

Ozone (F. Rowland (Libby))

CO<sub>2</sub> (Keeling (Brown/Revelle))

Pluies acides (Stockholm/Bolin)

...



Problème originel

Planétologie; océan comme poubelle;  
& histoire longue de la Terre

Ontologie

Chimique: Boites, réservoirs, flux

Institutions

AEC, Chicago/Caltech, industries  
extractives; surveys

Disciplines

Géochimie (océano / pétro/ géophysique)

Pratiques, Infrastructures  
techniques et matérielles

Synthèses quantitatives;  
spectromètres de masse; petits  
modèles en boite

Engagement politique

Industries extractives & nucléaires  
Ressources & « transition énergétique »  
Pollutions

Rmq./théorie de la Terre

Retour explicite à Hutton

Géologie

Géophysique

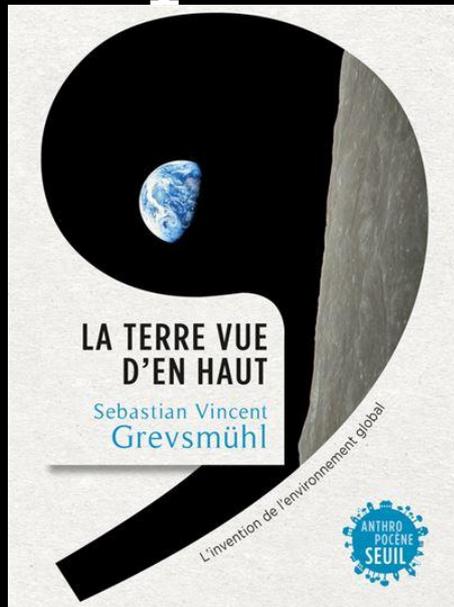
Géochimie

Vaisseau spatial  
Terre

Biogéochimie

Terre vivant / Gaia

# Spaceship Earth 1960-1970



- Terre vue de l'espace
- Discours économiques gouvernance d'un monde clos et fragile
  - Cybernétique et analyse des systèmes
- Architecture closes (dome) et « écologie de cabine » des « LSS »
  - Inquiétudes néo-malthusiennes sur la « capacité de la Terre »
    - Mise en économie de l'environnement (Club de Rome)
- Problème global: désertification, érosion des sols (carte), ressources
- Carrefour d'institutions et d'acteurs variés (géophysique, écologie /environnementalistes; Nations Unies, ONGs; contreculture ...)

Géologie

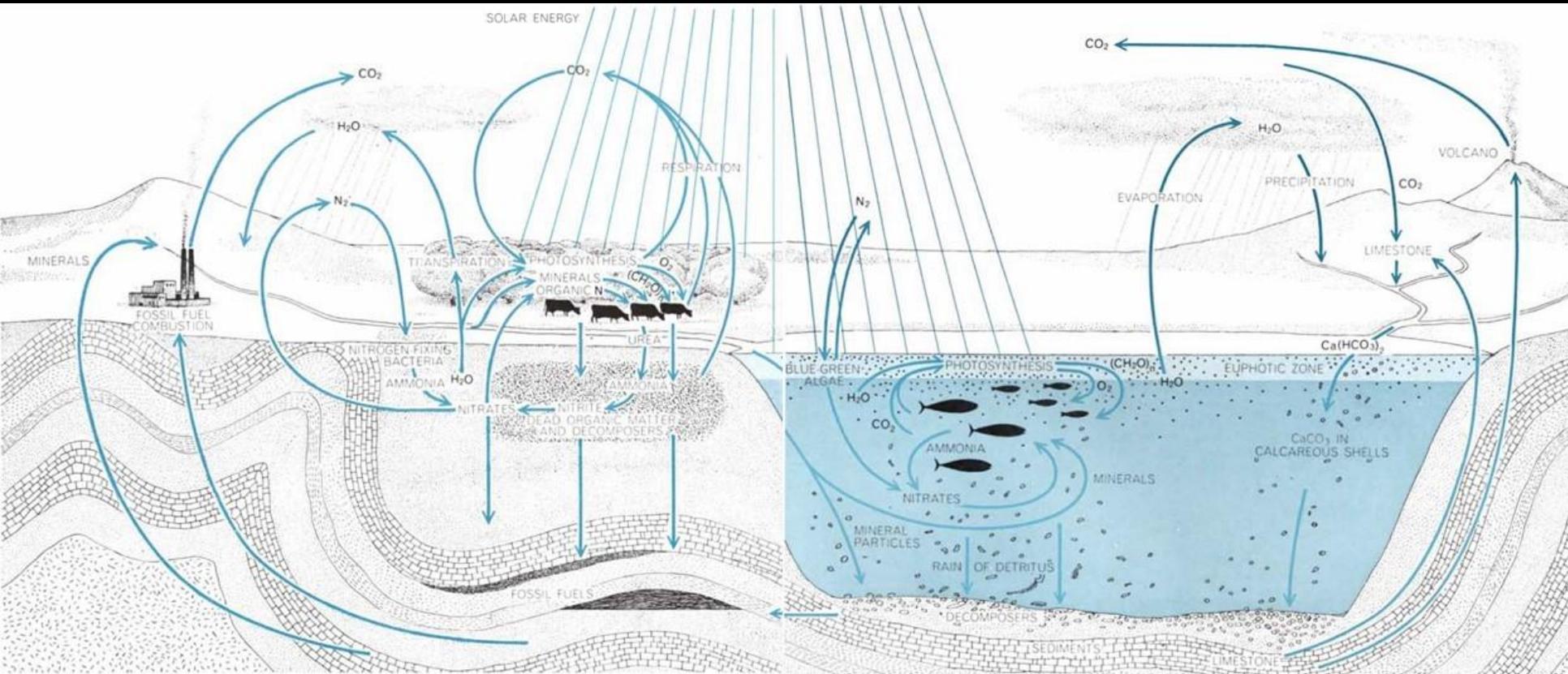
Géophysique

Géochimie

Vaisseau spatial  
Terre

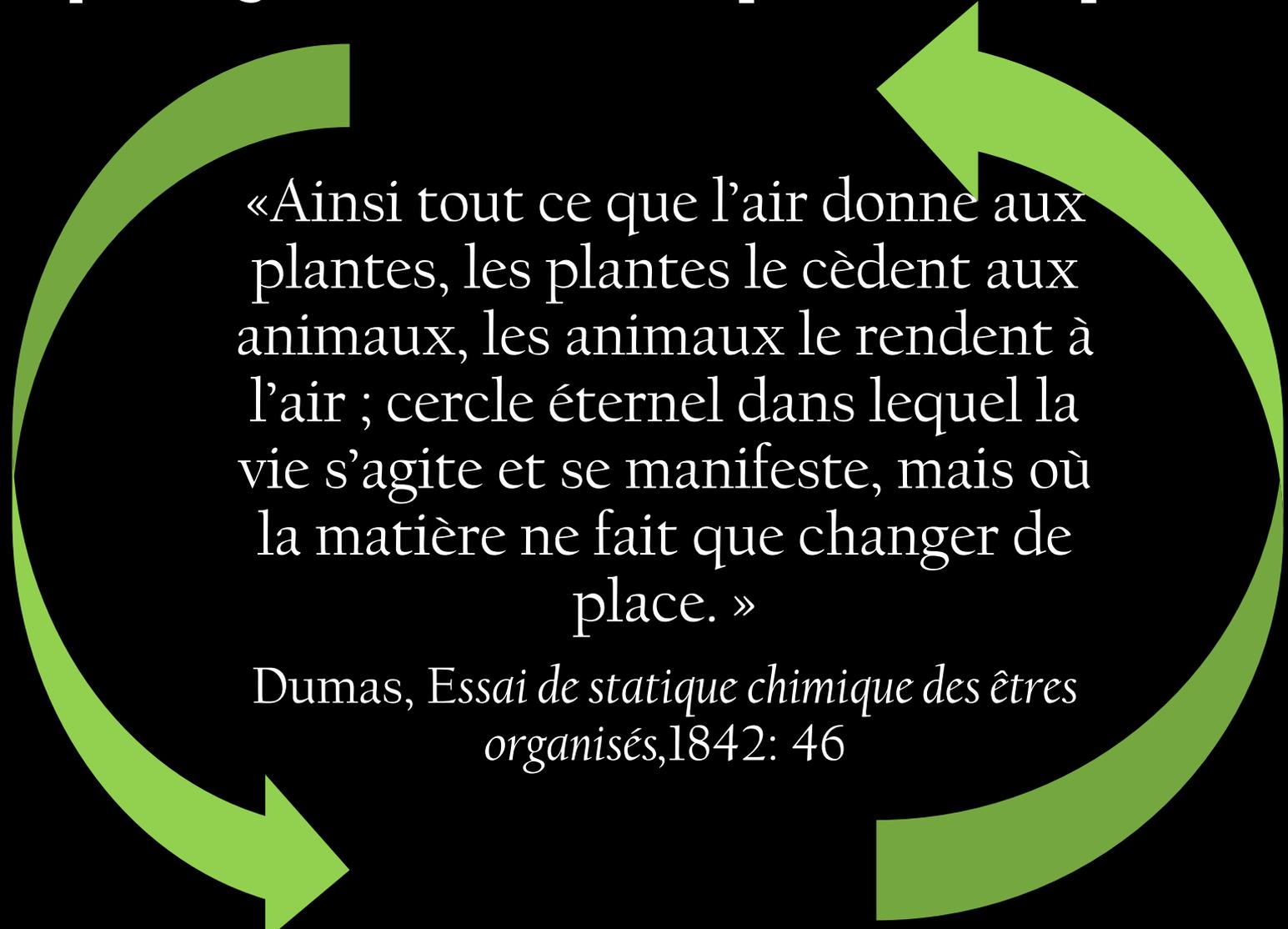
Biogéochimie

Terre vivant / Gaia



Hutchinson, 1970

Au 19<sup>e</sup> siècle:  
des réciprocitys métaboliques au sein de  
cycles globaux, médiés par l'atmosphère



«Ainsi tout ce que l'air donne aux  
plantes, les plantes le cèdent aux  
animaux, les animaux le rendent à  
l'air ; cercle éternel dans lequel la  
vie s'agite et se manifeste, mais où  
la matière ne fait que changer de  
place. »

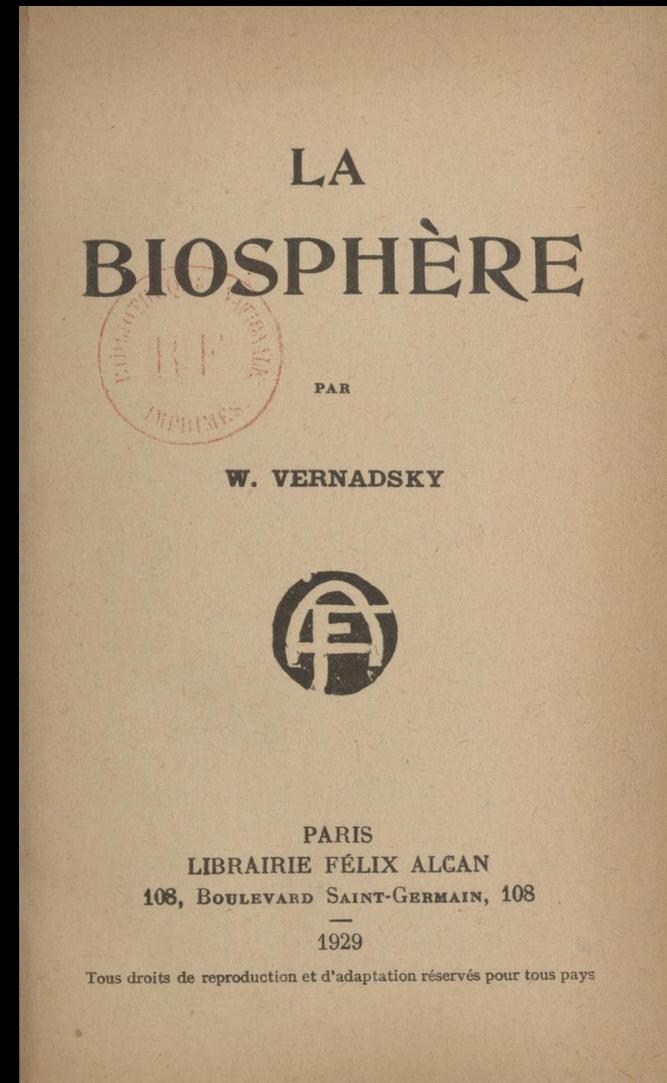
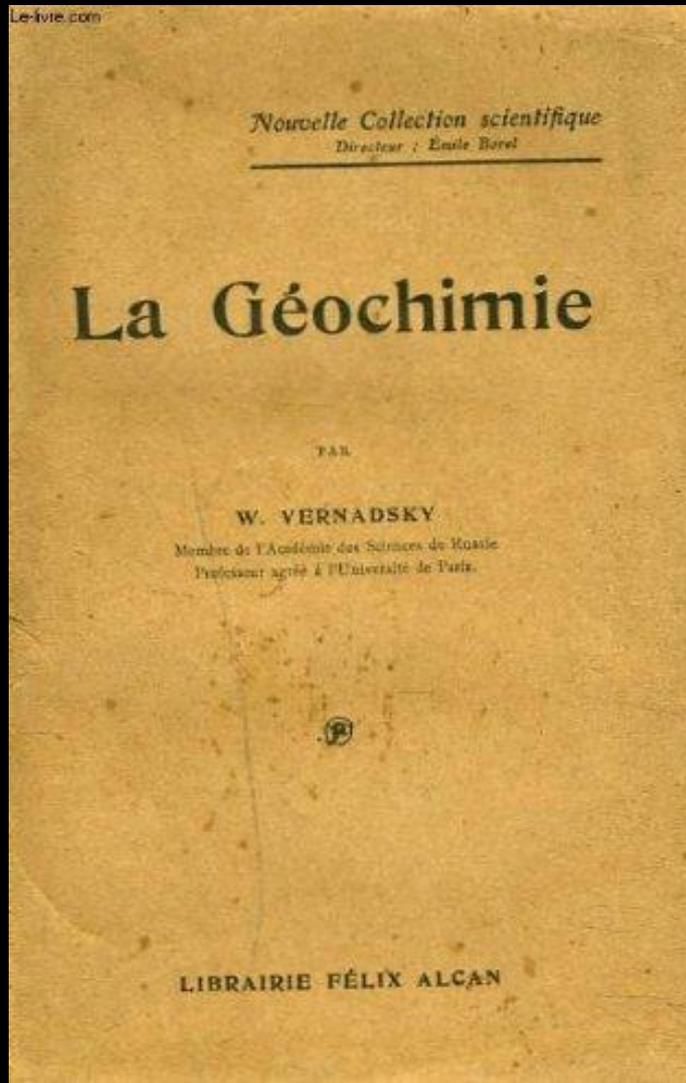
Dumas, *Essai de statique chimique des êtres  
organisés*, 1842: 46

Au 19<sup>e</sup> théologie chimique,  
controverses environnementales et  
sanitaires



Hamlin 1985, 1986, Marald 2002,  
Fressoz et Locher 2020

# L'historiographie Vernadsky et ses impasses à l'Ouest



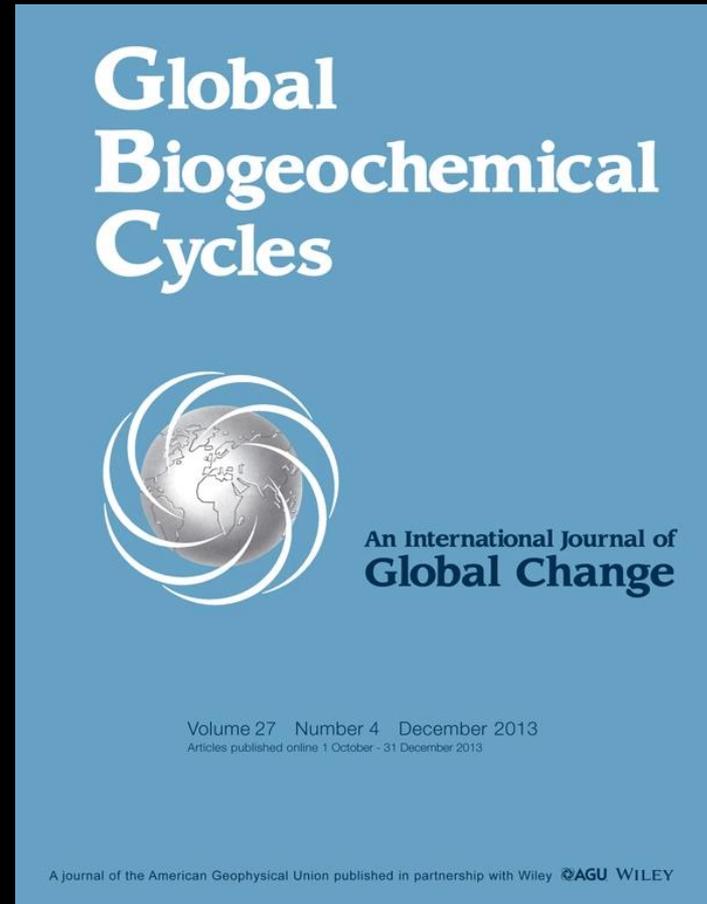
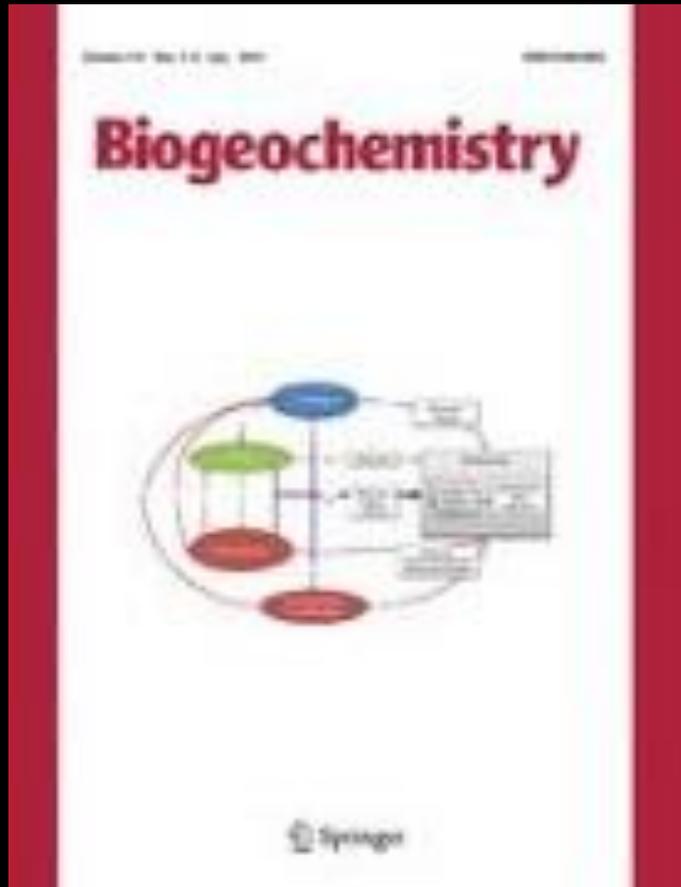
Du programme SCOPE (1970's)  
*Scientific Committee of Problems of the  
Environment ...*

## Convergence de plusieurs disciplines

- Météorologie & océanographie physique: Bolin (Rossby) et Stockholm (Rodhe, Crutzen, etc.); Goldberg, Broecker, Takahashi, etc.
- Ecologie: Duvigneaud, Vitousek, Woodwell, Likens, Rosswall ..

Mesures et études quantitatives de problèmes environnementaux (pollutions, DDT, pluies acides, productivité globale de la biosphère et des sols, cycles de l'azote et du phosphore, cycle du carbone et climat)

... à l'institutionnalisation de la biogéochimie (1980's)  
correlative de l'effervescence *global change*



Problème originel

Cycles de la matière médiés par les organismes

Ontologie

Chimique et biologique: Boîtes, réservoirs, flux, métabolismes

Institutions

SCOPE, biogéochimie

Disciplines

Écologie, géochimie, météo/climato/océano

Pratiques, Infrastructures techniques et matérielles

Synthèses quantitatives; mesures; petits modèles en boîte

Engagement politique

Pollutions & productivité de la biosphère

Rmq./théorie de la Terre

Corrélatrice / liée à SST/global change

Géologie

Géophysique

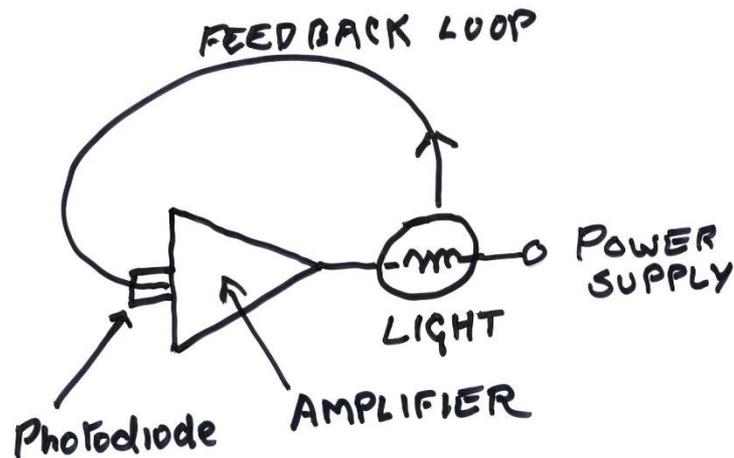
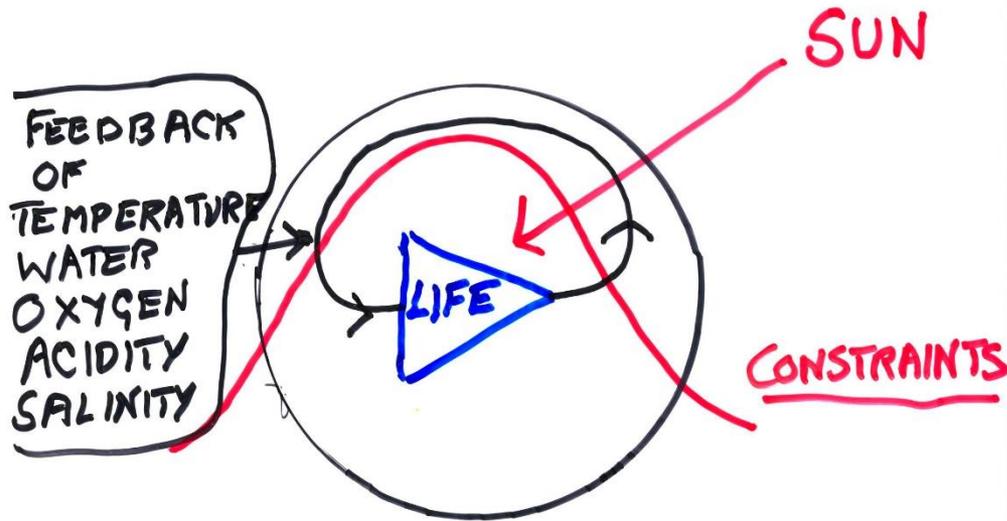
Géochimie

Vaisseau spatial  
Terre

Biogéochimie

Terre vivante / Gaia

# GAIA      The EARTH SYSTEM



- Problème: maintien de l'habitabilité *pour les êtres vivants* (régulation)
- Ontologie: vivants et environnement global; entre cybernétique et vitalisme;
- Pratique scientifique: « petite science » tribale (ECD, Daisyworld)
- Un cadre pour penser (relativiser) les problèmes de « pollution globale »

“I would be proud if one day Gaia was described as Popper had described the Theory of Evolution : merely a research programme in metaphysics”



*La pollution c'est naturel!*

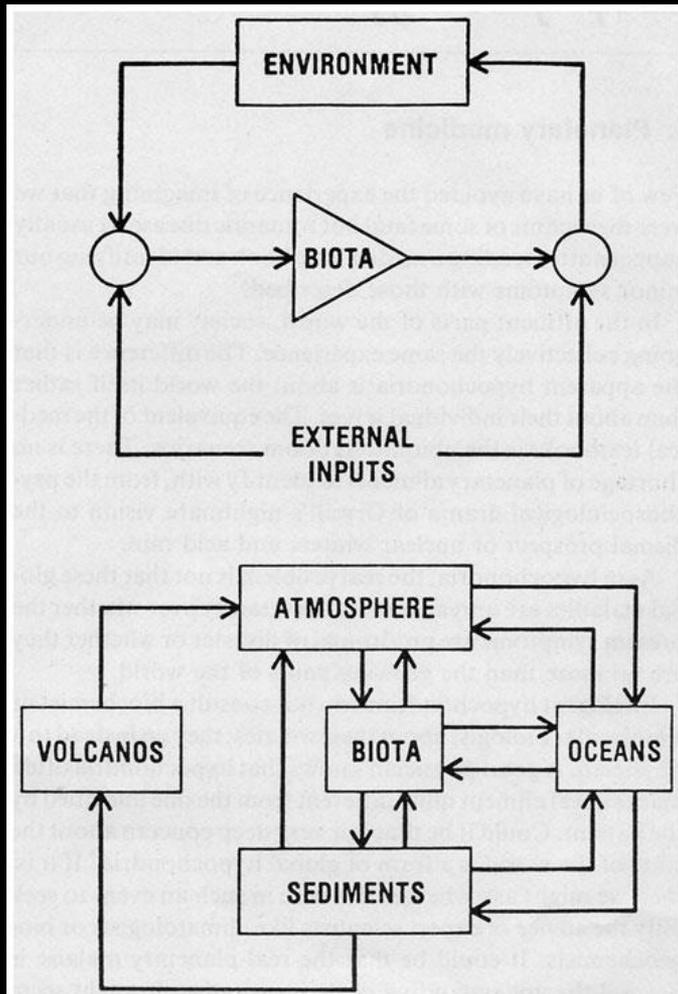
*Polluez, Gaïa régulera!*

*La pollution c'est nécessaire et bon pour la vie*

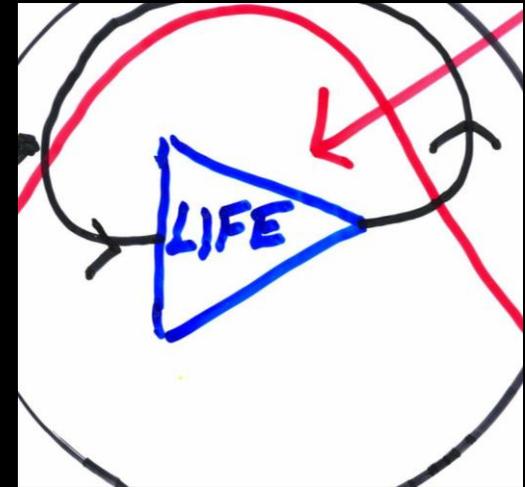


# Les vivants et les feedbacks contre les autres théories de la Terre

*Contre la (bio)géo chimie*



*Contre la géophysique (climat) et géochimiste:*



*Contre Spaceship Earth:*

vivant-centré plutôt qu'humain centré;  
« (ré-)activité » de Gaïa  
(management tendance médecine  
alternative plutôt que mécanicien)

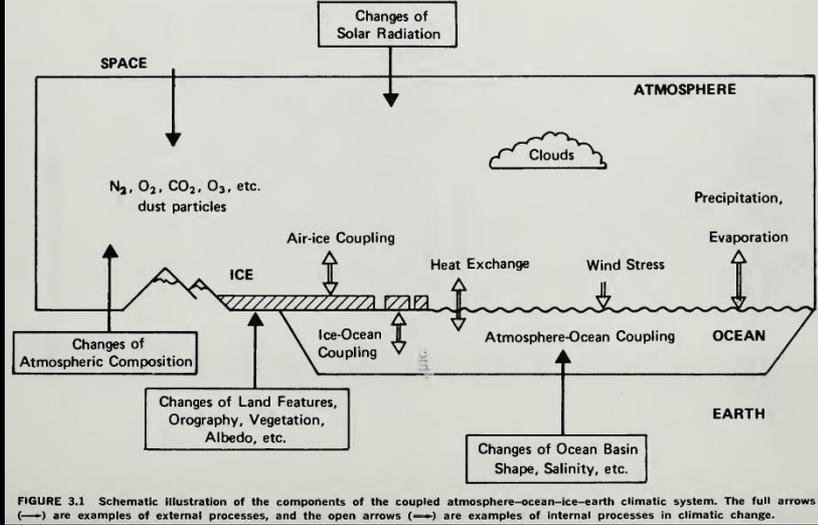
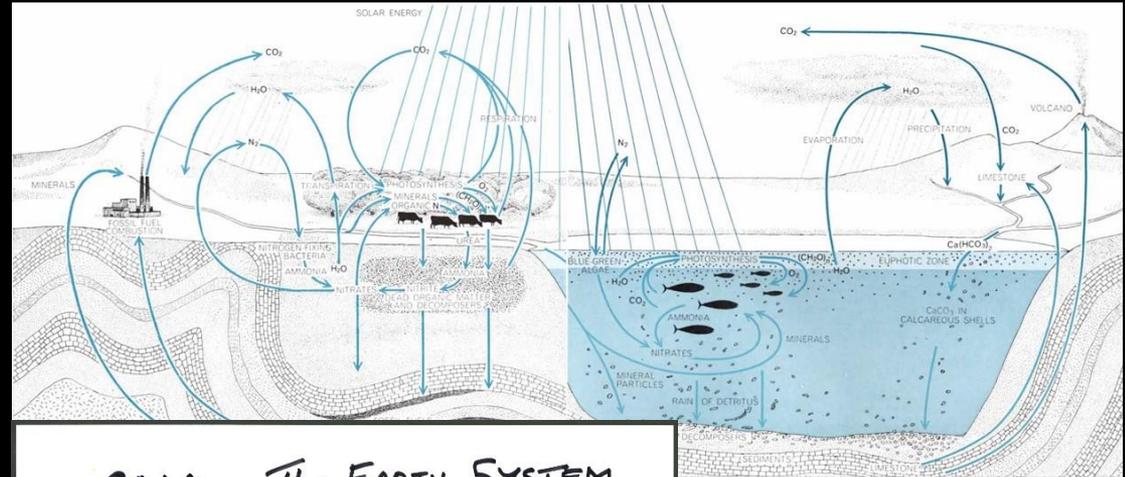
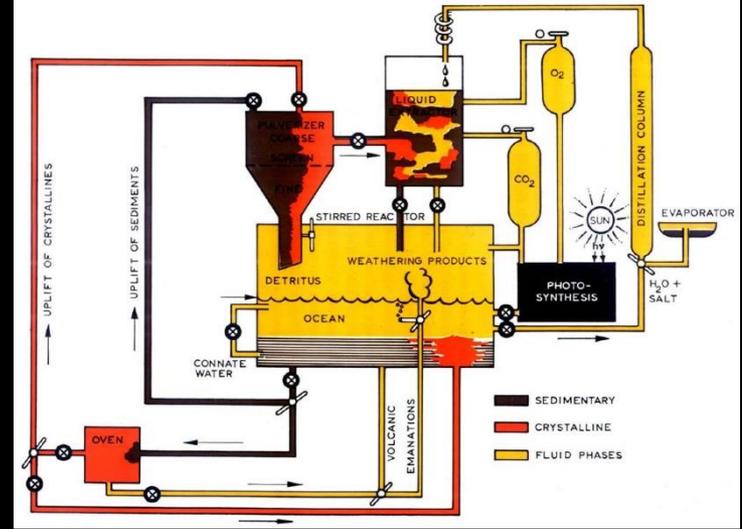
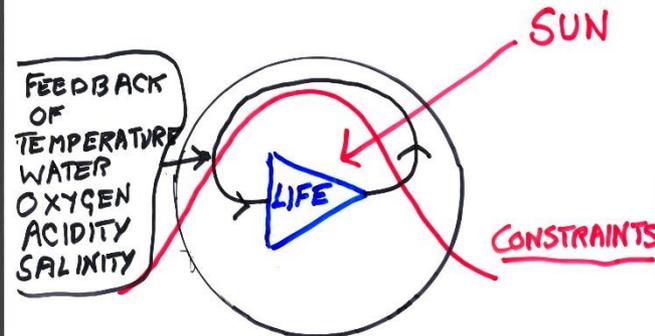


FIGURE 3.1 Schematic illustration of the components of the coupled atmosphere-ocean-ice-earth climatic system. The full arrows (→) are examples of external processes, and the open arrows (⇌) are examples of internal processes in climatic change.



GAIA The EARTH SYSTEM

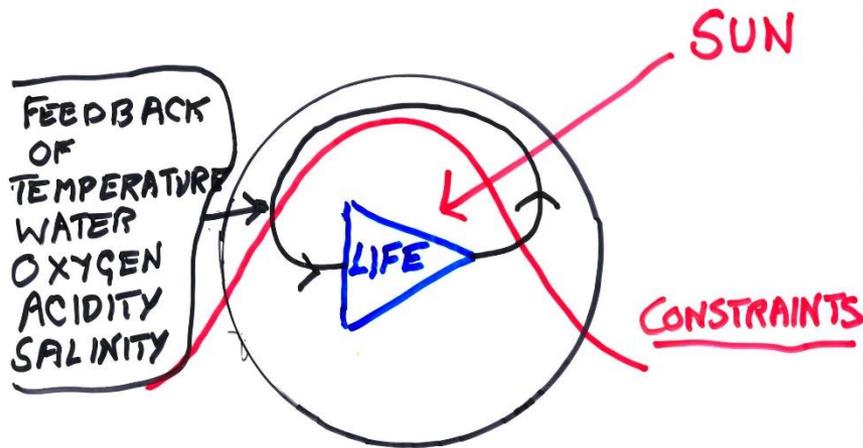


Avant SST  
 « théories » de la Terre  
 « global »  
 interdisciplinaire

# De Gaïa aux SST

## De l'habitabilité à l'habitabilité humaine

GAIA    The EARTH SYSTEM



# Conclusion

- 1950-1980 - Retour large des théories de la Terre et reconfiguration disciplinaire (sciences de la Terre plutôt que géologie)
- Global et interdisciplinaire: partout!
- Ontologies différentes physique, chimie, biogéochimie, vitaliste, cybernétique
- Infrastructures techniques, matérielles et institutionnelles variées : la vaste machine du climat; le complexe militaro industriel vs. les spectroscopes et petits modèles en boîte de la géochimie; la petite science tribale de Lovelock
- Tropes de la régulation et des prises en charge de dérèglements globaux command and control de la géophysique; management du Spaceship Earth et du ST; cybernétique et feedback; équilibres et cycles de la géochimie; vitalisme de Gaïa
- « théorie de la Terre »: des ambitions variées, mais souvent en-deçà des montées en généralité de Schellnhuber (exceptions: Lovelock, Urey (?))

# Science du système Terre

## la **théorie** de la Terre

(travail explicitement théorique et conceptuel)

pour prendre en charge les  
**changements globaux et**  
**l'habitabilité future de la planète**

(et non un échiquier global, l'habitabilité pour les vivants, les ressources conçues comme stocks...)