

Cours Master EPFL - S. Erkman

«Ecologie industrielle»

Cours du 25 janvier 2007

- Décarbonisation**
- UNFCCC + Kyoto**

Cours Master EPFL - S. Erkman

Examen écrit du cours «Ecologie industrielle»

Durée: 2 heures, sans documents

Quatre questions à traiter

Date: jeudi 8 mars 2007, de 10h. à 12h.

Lieu : Salle polyvalente (CESPO)

Economie de fonctionnalité (functionality economy)

Quelques implications (1):

- **Primauté des activités d'entretien**
- **Emplois plus nombreux, plus stables, plus variés**
- **Relocalisation de l'économie et des emplois**

Economie de fonctionnalité (functionality economy)

Quelques implications (2):

- **Ralentissement et diminution des flux de ressources**
(≠ recyclage!)
- **Nouvelle conception de la garantie**
- **«Rent a Molecule», etc.**

«Economie directe»:

Migration en aval de la valeur ajoutée

Quel(s) conséquence(s) environnementale(s)?

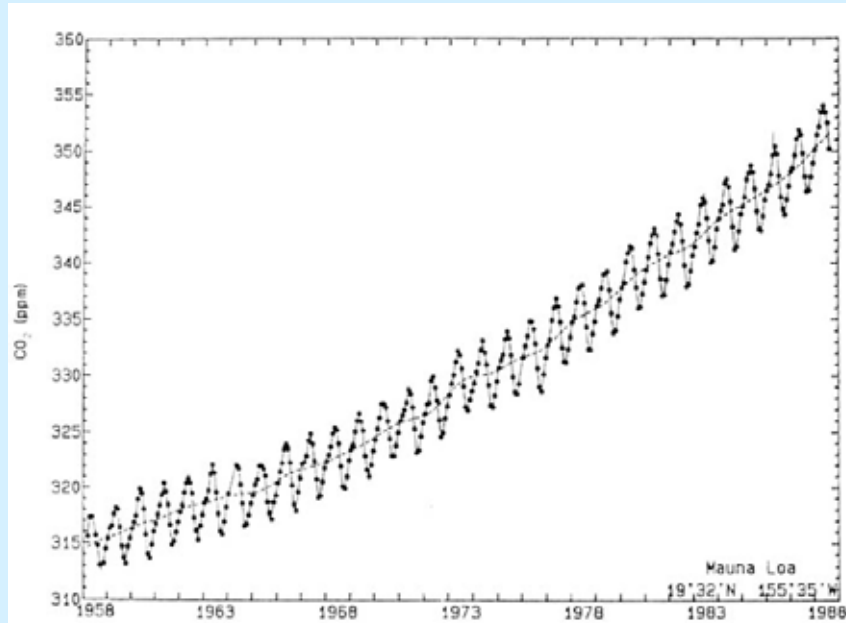
4) Décarboniser

But: moins de carbone fossile

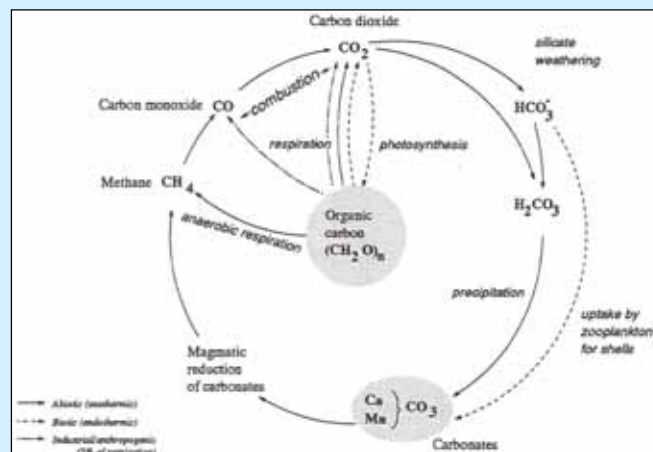
Idee générale:

Découpler la fonction «énergie» du carbone fossile

Courbe de Keeling



Cycles du carbone



- Cycle géochimique, «lent»
- Cycle biosphérique, «rapide»

Cycles du carbone: cycle géochimique «lent»:

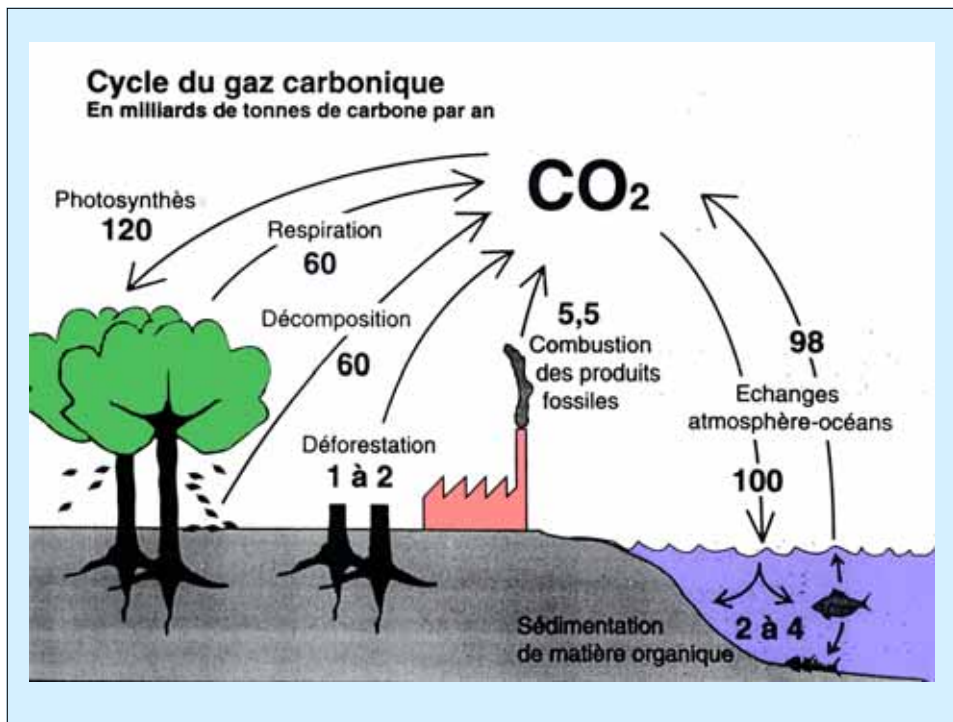
- Les roches sédimentaires carbonatées contiennent 10^5 fois plus de C que la Biosphère + l'atmosphère.
- Les roches de silicate sont altérées par réaction avec CO_2 et H_2O , donnant des ions bicarbonate (H_2CO_3).
- Les ions bicarbonate finissent par sédimenter (précipitation) pour donner de la chaux, craie, quartz (CaCO_3).
- Sous la chaleur et la pression, la CaCO_3 peut redonner du CO_2 (et silicates de Mg ou Ca).
- Le gaz carbonique est réintroduit dans l'atmosphère par les volcans et les sources hydrothermales.

Cycles du carbone: cycle biosphérique «rapide»

- Photosynthèse: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ donne sucres + O_2
- Respiration aréobie: processus inverse.
- Respiration anaérobie: donne $\text{CO}_2 + \text{CH}_4$.

Carbone fossile: réservoirs de carbone organique (charbon, pétrole et gaz).

Ce carbone organique, extrait de réservoirs géologiques, que les humains injectent dans l'atmosphère: impact de la Révolution «thermoindustrielle».



Cycle du carbone: le problème

- La concentration atmosphérique en CO_2 augmenté de 25% depuis le début de l'industrialisation.
- L'augmentation de la concentration en CO_2 se poursuit à raison de $\sim 0,4 \%$ / an.
- L'augmentation des émissions anthropiques continue, à raison de $\sim 1,7 \%$ / an.

Décarboniser

But: moins de carbone fossile

**Convention-cadre des Nations Unies
sur les changements climatiques**

**United Nations Framework Convention
on Climate Change - UNFCCC**

<http://www.unfccc.org>

Décarboniser

But: moins de carbone fossile

Décarbonisation relative:

Transition vers une panoplie d'énergies contenant proportionnellement moins de carbone d'origine fossile

Décarbonisation absolue:

Economie entièrement basée sur l'énergie solaire directe, le nucléaire, la biomasse

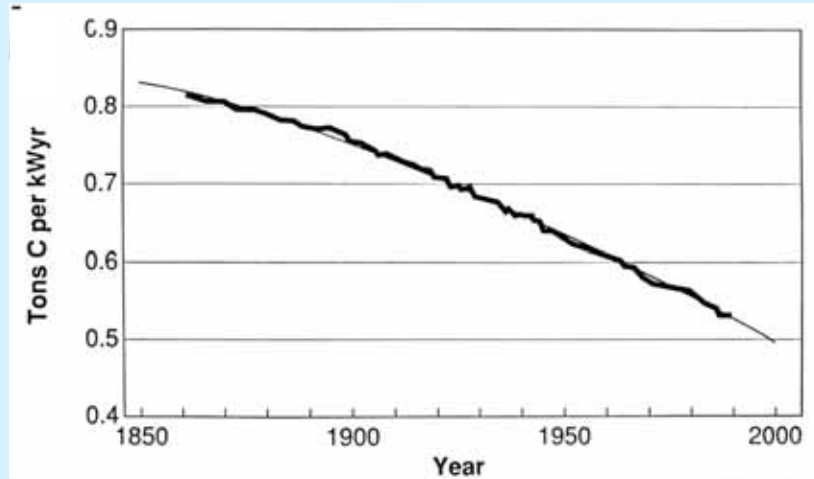
«Diététique industrielle»:

Changer les éléments chimiques utilisés dans le système industriel

Exemple: supprimer le chlore?

Décarbonisation relative

(Exprimée en quantité de carbone par unité d'énergie consommée)



Source: I. Wernick, J. Ausubel

Teneur en carbone des combustibles:

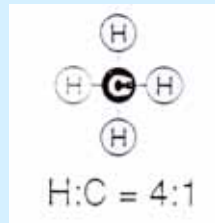
Bois:

~ 10 atomes de carbone (C) pour un atome d'hydrogène (H).

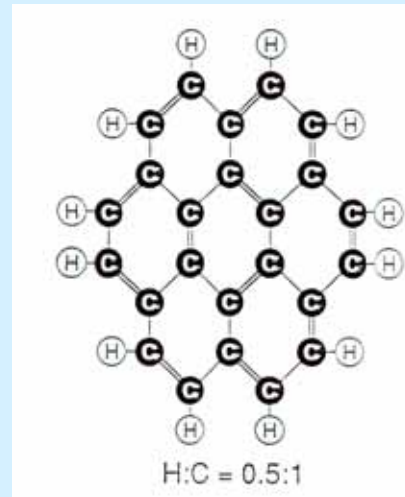
Mais: la combustion de la biomasse participe au cycle rapide, biosphérique.

Combustibles fossiles:

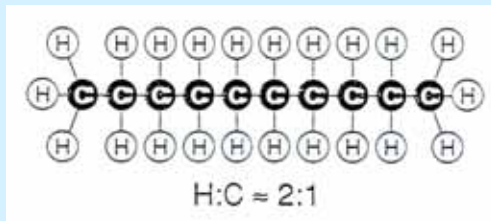
- **Charbon:** environ 1:1 (1 C pour 1 H)
- **Pétrole:** en moyenne 1:2 (1 C pour 2 H)
- **Gaz (méthane):** 1:4 (1 C pour 4 H)



Gaz



Charbon



Pétrole

Emissions globales de CO₂ et C

- Période 1980 – 1989
 - ~ 5.5 Gt(C)/a, soit
 - ~ 20 Gt(CO₂)/a
- En 1996:
 - ~ 6.2 Gt(C)/a (combustion fossiles)
 - En tout ~ 7.1 Gt(C)/a avec déforestation, etc.
- Accumulation de ~ 3.3 Gt(C)/a dans l'atmosphère
- Les ~ 3.8 Gt(C) restant sont absorbés par les forêts et les océans ??? («missing sink»)

N.B.: Masse du dioxyde de carbone: 3,67 fois la masse du carbone (44/12)

Ecologie industrielle:

Valorisation du CO₂ ?

Consommation industrielle de CO₂ en Mt/a de carbone équivalent (1996)

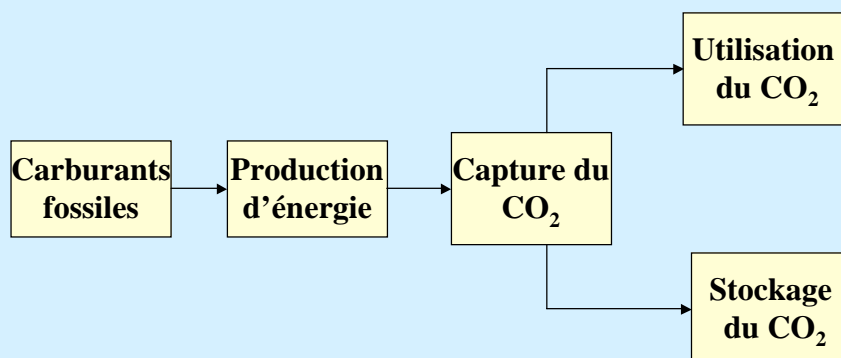
- **Urée: 18 Mt/a**
 - **Méthanol. 0.5 Mt/a**
 - **Extraction pétrolière: 5.5 Mt/a**
 - **CO₂ solide: 0.5 Mt/a**
 - **CO₂ liquide: 2.5 Mt/a**
- (industrie alimentaire, boissons, médecine, lutte incendie, e tc.)
- **Total: 27 millions de tonnes de carbone équivalent par an...**
 - **...soit seulement 0.4 % des émissions anthropogéniques!**

Décarbonisation

Options:

- Hydrates de carbone (biomasse) au lieu d'hydrocarbures.
- Séquestrer le CO₂ d'origine fossile (au fond des océans, dans des structures géologiques, dans des matériaux structurels).

Séparation et stockage du CO₂ lors de la production d'énergie

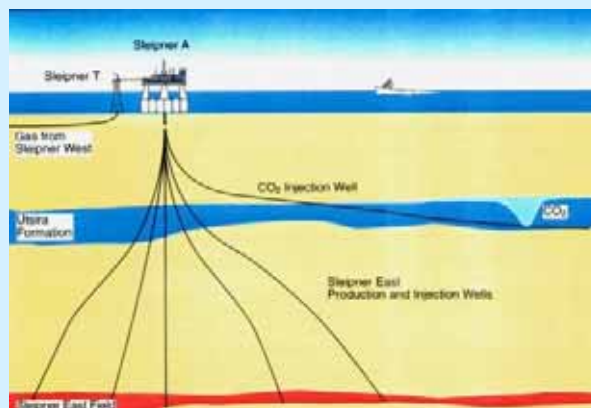


Décarbonisation: Projet Sleipner en Mer du Nord (Statoil)



Stockage de CO₂ dans une nappe souterraine d'eau salée

Injection d'un million de tonnes par an dans
une couche aquifère saline à une profondeur de 800 m.



Source: www.ieagreen.org.uk

Décarbonisation

Découpler la fonction «énergie» du carbone fossile

«Décarboniser» les combustibles fossiles:

Générer de l'hydrogène à partir du charbon, du pétrole, du gaz naturel.

Rappel: l'hydrogène n'est qu'un vecteur énergétique !

Planification énergétique territoriale Projet de quartier «Genève Lac Nations»



OMPI ONU jardin botanique Lac quartier de Sécheron
Place des Nations chantier du tram UIT

Source: ScanE GE

Projet énergétique de quartier «Genève Lac-Nations»

- **Surface chauffée / climatisée: ~ 250'000 m².**
- **~ 1'500 tonnes de mazout / an économisées**
i.e. ~ 4'800 tonnes/an équivalent CO₂.
- **~ 400'000 m³ /an d'eau économisés.**

Projet énergétique de quartier «Genève Lac-Nations»

Aspects financiers:

- **Coût de la station de pompage pour Serono seul: 3 millions CHF**
- **Coût total de la nouvelle station de pompage: 4 millions CHF**
- **L'Etat investit 2 millions CHF (revente à un tiers dans les 5 ans)**
- **Serono investit 2 millions CHF**
- **Gain pour Serono: 1 millions CHF**

**«Global Carbon Wealth»:
une autre perspective sur la question du CO₂**

- **Les humains fabriquent une «mine artificielle» de carbone (gazeuse) dans l'atmosphère...**
- **Pourquoi ne pas «miner l'atmosphère» par une forme de photosynthèse artificielle ?**

**«Global Carbon Wealth»:
une autre perspective sur la question du CO₂**

- **Questions les plus délicates:**
 - **à qui appartient le CO₂ anthropogénique atmosphérique ?**
 - **selon quel «business model» l'exploiter ?**
 - **comment distribuer la richesse carbonée globale ?**
 - **comment éviter une surexploitation ?**
 - **Etc.**

**«Global Carbon Wealth»:
une autre perspective sur la question du CO₂**

- **Les humains fabriquent une «mine artificielle» de carbone (gazeuse) dans l'atmosphère...**
- **Pourquoi ne pas «miner l'atmosphère» par une forme de photosynthèse artificielle ?**

**«Global Carbon Wealth»:
une autre perspective sur la question du CO₂**

- **Questions les plus délicates:**
 - **à qui appartient le CO₂ anthropogénique atmosphérique ?**
 - **selon quel «business model» l'exploiter ?**
 - **comment distribuer la richesse carbonée globale ?**
 - **comment éviter une surexploitation ?**
 - **Etc.**

**Convention-cadre des Nations Unies
sur les changements climatiques - CCNUCC**

Protocole de Kyoto

<http://www.unfccc.org>

INTRODUCTION

An international environmental treaty produced at the ***United Nations Conference on Environment and Development (UNCED)***, informally known as the ***Earth Summit***, held in ***Rio de Janeiro in 1992***.

- The FCCC was opened for signature on ***May 9, 1992*** and signed by 154 states and EU.
- It entered into force on ***March 21, 1994*** after Ratification by 50 signatory parties.

UNFCCC

ARTICLE 1: Definitions

For the purposes of this Convention:

1. "Adverse effects of climate change" means changes in the physical environment or biota resulting from climate change which have significant deleterious effects on the composition, resilience or productivity of natural and managed ecosystems or on the operation of socio-economic systems or on human health and welfare.

UNFCCC - Article 1

2. "Climate change" means a change of climate which is attributed directly or indirectly to human activity that alters the composition of the global atmosphere and which is in addition to natural climate variability observed over comparable time periods.

UNFCCC - Article 1

3. "Climate system" means the totality of the atmosphere, hydrosphere, biosphere and geosphere and their interactions.

4. "Emissions" means the release of greenhouse gases and/or their precursors into the atmosphere over a specified area and period of time.

5. "Greenhouse gases" means those gaseous constituents of the atmosphere, both natural and anthropogenic, that absorb and re-emit infrared radiation.

UNFCCC - Article 1

6. "Regional economic integration organization" means an organization constituted by sovereign States of a given region which has competence in respect of matters governed by this Convention or its protocols and has been duly authorized, in accordance with its internal procedures, to sign, ratify, accept, approve or accede to the instruments concerned.

UNFCCC - Article 1

7. "Reservoir" means a component or components of the climate system where a greenhouse gas or a precursor of a greenhouse gas is stored.

8. "Sink" means any process, activity or mechanism which removes a greenhouse gas, an aerosol or a precursor of a greenhouse gas from the atmosphere.

9. "Source" means any process or activity which releases a greenhouse gas, an aerosol or a precursor of a greenhouse gas into the atmosphere.

OBJECTIVE AS STATED IN ARTICLE 2 OF CONVENTION

"to achieve stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a low enough level to prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system. Such a level should be achieved within a time frame sufficient to allow ecosystems to adapt naturally to climate change, to ensure that food production is not threatened and to enable economic development to proceed in a sustainable manner."

BACKGROUND

- The Convention on Climate Change **sets an overall framework for *intergovernmental efforts*** to tackle the challenge posed by climate change.
- It **recognizes that the climate system is a shared resource** whose stability can be affected by industrial and other emissions of carbon dioxide and other greenhouse gases.

FUNCTION

Under the Convention governments:

- gather and share information on greenhouse gas emissions, national policies and best practices
- launch national strategies for addressing greenhouse emissions and adapting to expected impacts, including the provision of financial and technological support to developing countries
- co-operate in preparing for adaptation to the impacts of climate change

Signatories to the UNFCCC are split into three groups:

- *Annex I countries* (industrialised countries)
- *Annex II countries* (developed countries)
- *Non-Annex I countries* (developing countries)

SIGNATORIES TO THE UNFCCC

Signatories to the UNFCCC are split into three groups:

- *Annex I countries* (industrialised countries): agree to reduce their emissions (particularly carbon dioxide) to target levels below their 1990 emissions levels.

If they cannot do so, they must buy *emission credits* or invest in conservation.

ANNEX 1 COUNTRIES

Australia	Austria	Belarus*
Belgium	Bulgaria*	Canada
Croatia*	Czech Republic*	Denmark
Estonia*	European Community	Finland
France	German	Greece
Hungary*	Iceland	Ireland
Italy	Japan	Latvia*
Liechtenstein	Lituania*	Luxembourg
Monaco	Netherlands	New Zealand
Norway	Poland*	Portugal
Romania*	Russian Federation*	Slovakia*
Slovenia*	Spain	Sweden
Switzerland	Turkey	Ukraine*
United Kingdom	United States of America	

Annex II countries (developed countries which pay for costs of developing countries)

Australia	Austria	Belgium
Canada	Denmark	European Union
Finland	France	Germany
Greece	Iceland	Ireland
Italy	Japan	Luxembourg
Netherlands	New Zealand	Norway
Portugal	Spain	Sweden
Switzerland	Turkey	United Kingdom
United States of America		

- ***Non- Annex 1 Parties: Developing countries*** have no immediate restrictions under the UNFCCC.

Currently numbering 145, these Parties must report in more general terms on their actions to address climate change and adapt to its effects.

UNFCCC notes in its preamble that: " *the largest share of historical and current global emissions has originated in developed countries* "

UNFCCC:

Nécolonialisme ?

**Centre for Science
and Environment,
New Delhi:**

<http://www.cseindia.org/>

*Global Warming
in an Unequal World*

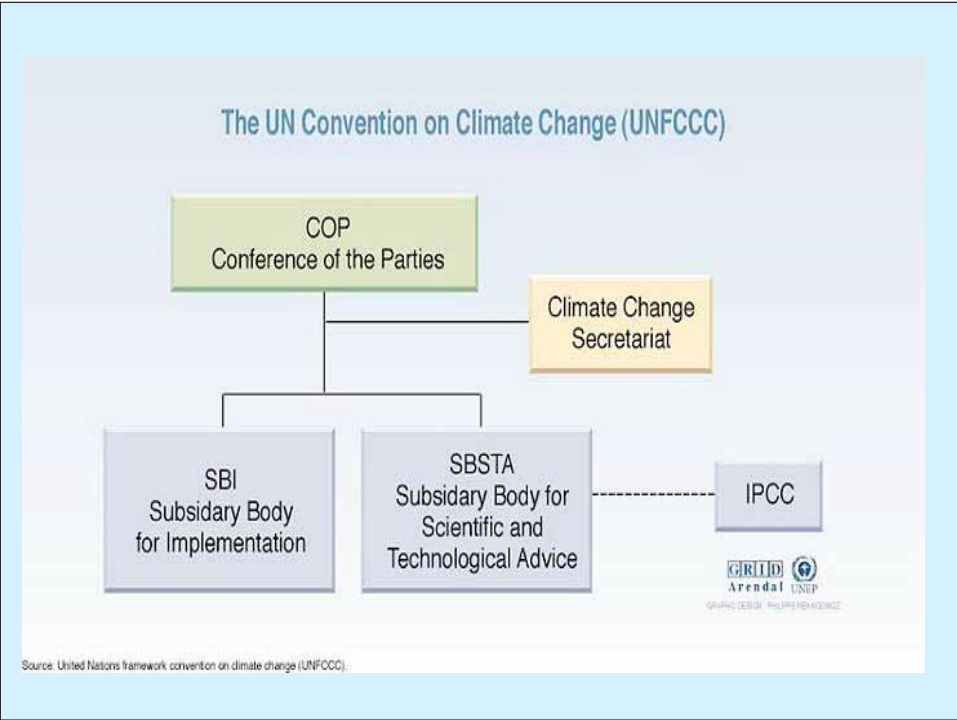
A case of environmental colonialism

Anil Agarwal
Sunita Narain



CENTRE FOR SCIENCE AND ENVIRONMENT

**Bodies of the Framework
Convention, Actors in the
Negotiation Process, and the
UNFCCC Secretariat**



NEGOTIATIONS OF THE KYOTO PROTOCOL

- The Kyoto Protocol **adopted at COP 3 in Kyoto, Japan, on 11 December 1997.** Was **open for signature from 16 March 1998 to 15 March 1999** at United Nations Headquarters, New York.
- The Protocol is subject to ratification, acceptance, approval or accession by Parties to the Convention.
- It entered into force on **February 16th, 2005.**

THE PROVISIONS OF KYOTO PROTOCOL

- Shares the Convention's objective, principles and institutions
- Significantly strengthens the Convention by committing Annex I Parties to individual, legally-binding targets to limit or reduce their greenhouse gas emissions.

Protocole de Kyoto

(COP 3, 11 décembre 1997)

- **Objectif: réduction des émissions totales d'au moins 5 % dans la période 2008 – 2012**
- **Pays industrialisés: réduction de 8 % en moyenne (« bulle »)**
- **Gaz concernés:**
 - CO₂
 - CH₄
 - N₂O
 - HFC
 - PFC
 - SF₆

- Only Parties to the Convention that have also become Parties to the Protocol (i.e by **ratifying, accepting, approving, or acceding** to it) will be bound by the Protocol's commitments.
- The individual targets for Annex I Parties are listed in the Kyoto Protocol's Annex B. These add up to a total cut in greenhouse gas emissions of at least 5% from 1990 levels in the commitment period 2008-2012.

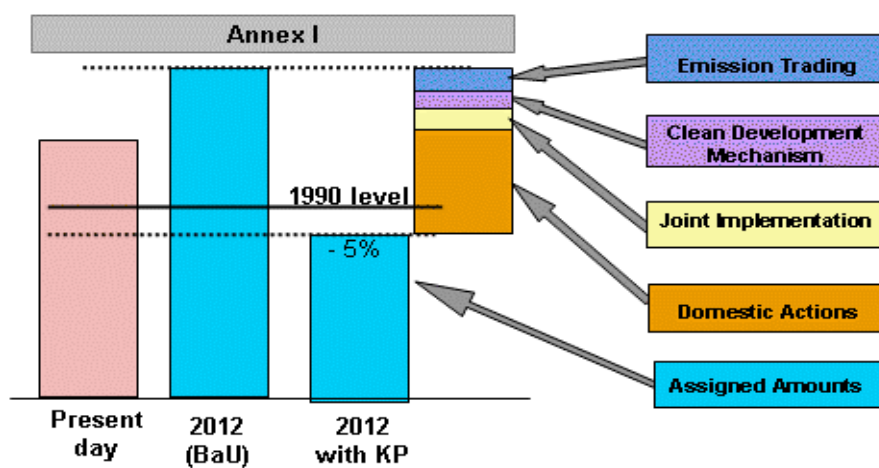
COUNTRIES INCLUDED IN ANNEX B TO KYOTO PROTOCOL AND THEIR EMISSION TARGETS

Country	Target (1990** - 2008/2012)
EU-15*, Bulgaria, Czech Republic, Estonia, Latvia, Liechtenstein, Lithuania, Monaco, Romania, Slovakia, Slovenia, Switzerland	-8%
US***	-7%
Canada, Hungary, Japan, Poland	-6%
Croatia	-5%
New Zealand, Russian Federation, Ukraine	0
Norway	+1%
Australia	+8%
Iceland	+10%

STATUS OF RATIFICATION

- As of 23 August 2005, 154 states and regional economic integration organizations have deposited instruments of ratifications, accessions, approvals or acceptances.
- The total percentage of Annex I Parties emissions is 61.6%.
- The list, contains the latest information concerning dates of signature and ratification received from the Secretary-General of the United Nations, as Depository of the Kyoto Protocol.

The Kyoto Protocol: Mechanisms



Protocole de Kyoto: «Mécanismes flexibles»

Trois «mécanismes flexibles» :

- **Emissions Trading (ET)**
- **Joint Implementation (JI)**
- **The Clean Development Mechanism (CDM)**

Principle: Industrialised countries are allowed to reduce emissions wherever in the world those reductions are cheapest and then count those reductions towards their national target.

Kyoto Protocol: Project Cycle of CDM (Clean Development Mechanism)

1) Identification et formulation du projet:

«Project Design Document» (PDD). Inclut: description, niveau de référence (baseline), critère d'additionnalité, impact environnemental, preuve de participation publique, commentaires de stakeholders, plan de suivi (monitoring).

2) Approbation nationale:

Le pays hôte soumet le PDD à ses «Designated National Authorities» (DNA), qui délivrent une Lettre d'approbation.

Kyoto Protocol: Project Cycle of CDM (Clean Development Mechanism)

3) Validation et enregistrement:

Processus d'évaluation indépendante du projet par une «Entité Opérationnelle Désignée» (E.O.D.).

Rend publique la Lettre d'approbation, reçoit les commentaires des «stakeholders» (parties prenantes) durant 30 jours.

Projet validé puis soumis au Conseil exécutif pour enregistrement, définitif après 8 semaines.

4) Suivi (Monitoring):

Surveillance systématique des performances du projet selon des méthodologies reconnues.

Kyoto Protocol: Project Cycle of CDM (Clean Development Mechanism)

5) Vérification et certification:

Vérification par une nouvelle Entité opérationnelle désignée, qui publie périodiquement un compte-rendu indépendant avec détermination ex post des réductions d'émissions (y compris visites sur site).

L'Entité fournit un rapport aux participants et au Conseil exécutif, puis rédige un Rapport de certification permettant la délivrance d'Unités de Réduction Certifiée d'Emissions (URCE).

Le Conseil exécutif délivre les URCE après 15 jours si pas d'opposition.

AP6

Asia - Pacific Partnership for Clean Development and Climate

Members of AP6:

An international non-treaty agreement between

- **Australia**
- **India**
- **Japan**
- **The People's Republic of China**
- **South Korea**
- **United States of America**

AP6

Announced **July 28, 2005** at an Association of South East Asian Nations (ASEAN) Regional Forum meeting.

Launched on **January 12, 2006** at the Partnership's inaugural Ministerial meeting in Sydney.

Foreign, Environment and Energy Ministers from partner countries agreed:

- **to co-operate on development and transfer of technology.**
- **agreed a Charter, Communique and Work Plan.**
- **private-public task forces to address climate change, energy security and air pollution.**

AP6:

- **AP6 Countries: ~ 50% of world's GHG emissions**
- **Member countries set their goals individually: no mandatory enforcement mechanism.**
- **AP6 consistent with United Nations Framework Convention on Climate Change and complements the Kyoto Protocol.**

Areas of Collaboration

The intent is to:

- **develop, deploy and transfer existing and emerging clean technology;**
- **meet increased energy needs and explore ways to reduce the greenhouse gas intensity of economies;**
- **build human and institutional capacity to strengthen cooperative efforts;**
- **seek ways to engage the private sector.**

Practical results in areas such as:

- **Energy Efficiency**
- **Methane Capture and Use**
- **Rural/Village Energy Systems**
- **Clean Coal**
- **Civilian Nuclear Power**
- **Advanced Transportation**
- **Liquefied Natural Gas**
- **Geothermal**
- **Building and Home Construction/Operation**
- **Bioenergy**
- **Agriculture/Forestry**
- **Hydropower/Wind Power/Solar Power**

Work Plan for the Partnership

Eight government and business taskforces on:

- (1) **cleaner fossil energy;**
- (2) **renewable energy and distributed generation;**
- (3) **power generation and transmission;**
- (4) **steel;**
- (5) **aluminium;**
- (6) **cement;**
- (7) **coal mining; and**
- (8) **buildings and appliances.**

Coal Mining Task Force

- **Asia-Pacific Partners: ~ 65 per cent of world primary coal production.**
- **The Coal Mining Task Force with the Cleaner Fossil Energy Task Force: improve coal processing and develop new coal-based technologies.**
- **Reclamation and rehabilitation of mined lands, runoff, abandoned mines and best safety practice.**

Aluminium Task Force

Asia-Pacific Partners: 37% of the world's aluminium production.

Objectives

- **Enhance current aluminium production processes.**
- **Advance the development and deployment of new best practice aluminium production process and technologies.**
- **Enhance sector-related data, including recycling and performance.**
- **Facilitate increased aluminium recycling rates across the Partnership.**