

## **Introduction à l'écologie industrielle**

# **De l'avenir du système industriel**

**Suren ERKMAN**

**ICAST, Genève / UNIL**

*Cours du 26 octobre 2006*

**Master SIE - ENAC - EPFL - 2006 / 2007**

## **S. Erkman: Cours «Ecologie industrielle»**

**Objectif: contribuer à des SOLUTIONS!**

### **Structure:**

- 1) Ecologie industrielle**
- 2) Méthodologies de mesure**
- 3) Aspects opérationnels**

## **Le programme...**

- 1) Contexte**
- 2) La domination du «end of pipe»**
- 3) L'écologie industrielle**
- 4) Métabolisme des activités économiques**
- 5) La «maturation» du système industriel**
- 6) Dynamiques technologiques**
- 7) Quel avenir pour les générations futures ?**

## **Cours «Ecologie industrielle I & II»**

### **Documents:**

- Fichiers pdf sur [www.unil.ch/ipteh](http://www.unil.ch/ipteh)**
- Polycopié ?**
- Livre?**

## **Cours «Ecologie industrielle»**

**Deux sources principales (en anglais):**

- **International Society for Industrial Ecology**
- **Journal of Industrial Ecology**

**Voir: [www.is4ie.org](http://www.is4ie.org)**

**Livre *Applied Industrial Ecology*:**

**[www.roi-online.org](http://www.roi-online.org)**

## **Cours «Ecologie industrielle»**

**Contact:**

**[suren.erkman@epfl.ch](mailto:suren.erkman@epfl.ch)**

**Visites:**

**UNIL, Bâtiment Amphipôle, Rez, bureau 353.2**

**Plan d'accès: [www.unil.ch/ipteh](http://www.unil.ch/ipteh)**

**Cours «Ecologie industrielle»**

**Evaluation:**

**Ecrite (durant la session d'examens)**

**Répondre à 4 questions sur 10 (sans documents)**

**Cours «Ecologie industrielle»**

**Cours spécial:**

**Jeudi 30 novembre 2006, dès 13h.30**

**Conférence internationale EPFL/UNIL:**

**C/o Hôtel Mövenpick, Ouchy**

**<http://continuing-education.epfl.ch/industrialecology>**

## Programme AURORA (ESA): Lune, Mars, astéroïdes



Source: ESA

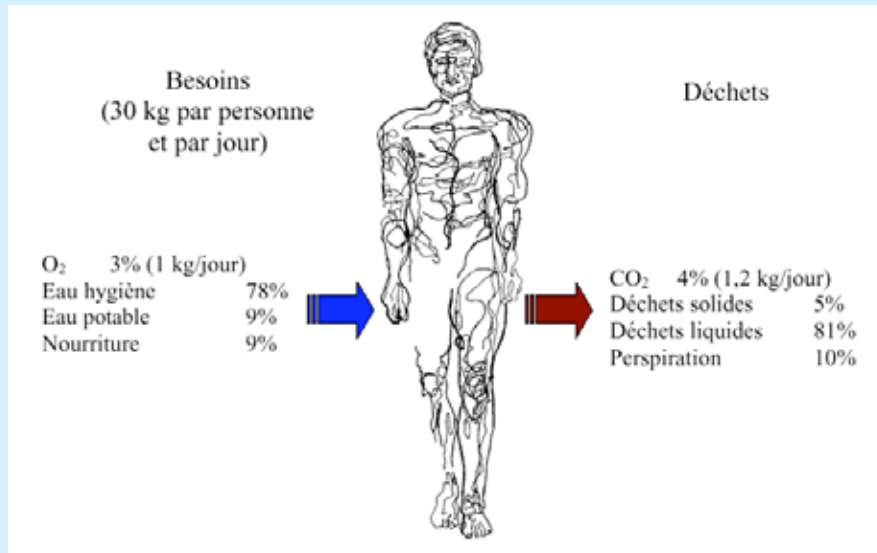
## Programme Aurora

**Votre mission (*si vous l'acceptez...*):**

- **Planifier une mission de 1'000 jours vers Mars pour un équipage de quatre spationautes.**
- **Question: quel est le principal facteur limitant pour de telles missions spatiales de longue durée?**



## Métabolisme humain: besoins matériels journaliers

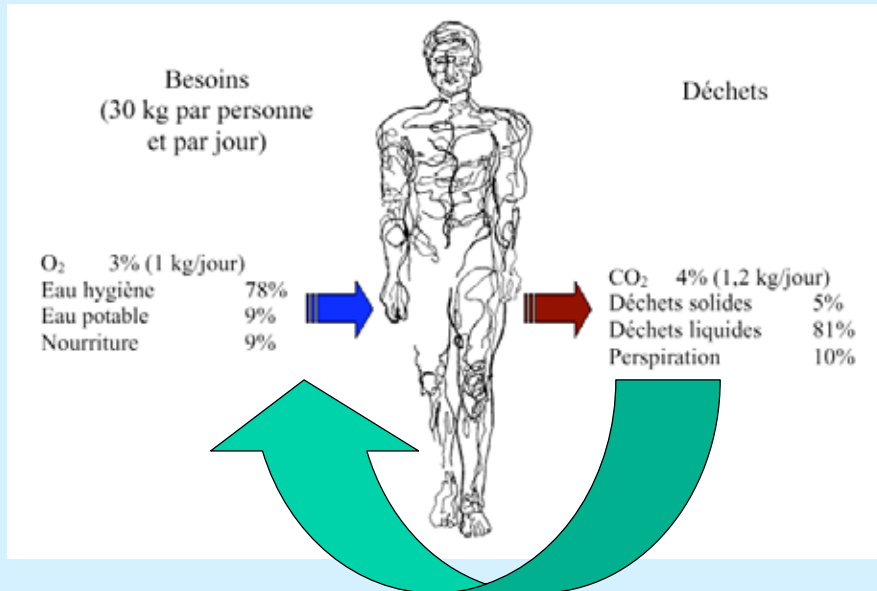


Source: Chr. Lasseur, ESTEC/ESA

## Mission habitée vers Mars (1'000 jours)

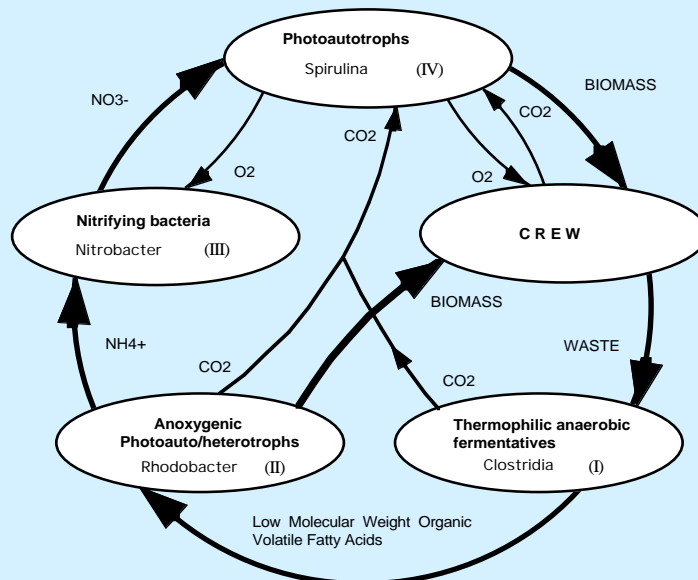
- Avec les méthodes actuelles, le seul coût du transport de l'eau serait de... 11 milliards d'Euros!
- Solution?

## Solution? S'inspirer de la Biosphère...



Source: Chr. Lasseur, ESTEC/ESA

## Ecosystème microbien artificiel: projet Melissa (ESA)



Source: Chr. Lasseur, ESA

**Ecosystème microbien artificiel: projet Melissa (ESA)**

**Cinq «compartiments»:**

**(I) «Compartiment liquéfacteur»**

**Bactéries anaérobies (économie d'oxygène): dégradation en acides gras volatils de faible poids moléculaire, + NH<sub>4</sub> + H<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> + minéraux.**

**Régulation fine pour éviter la génération de méthane (économie de carbone !).**

**Ecosystème microbien artificiel: projet Melissa (ESA)**

**Cinq «compartiments»:**

**(II) «Compartiment anoxygénique»**

**Synthèse de métabolites à partir des produits de dégradation du premier compartiment + CO<sub>2</sub> + NH<sub>4</sub>**



Ecosystème microbien artificiel: projet Melissa (ESA)

**Cinq «compartiments»:**

**(III) «Compartiment nitrificateur»**

**Bactéries nitrifiantes pour convertir l'ammoniaque en azote assimilable (nitrates)**

Ecosystème microbien artificiel: projet Melissa (ESA)

**Cinq «compartiments»:**

**(IV) «Compartiment photosynthétique»**

**Production de biomasse (nourriture), d'oxygène et d'eau purifiée (par évapo-transpiration).**

**(V) «Compartiment consommateurs»**

**Consommateurs des produits des compartiments I - IV et...  
«producteurs» de matières premières pour ces mêmes compartiments...**

### **Ecosystème artificiel pour missions spatiales...**

- **MELISSA = Micro-Ecological Life Support Support System Alternative**
- **Boucle Melissa: taux de recyclage actuel ~ 40%**
- **Temps de circulation de la matière ~ 1 semaine**
- **Système explicite: modélisation + instrumentation**

### **Autres aspects de la mission...**

- **Télécommunications**
- **Médicaux**
- **Vie quotidienne (hygiène, habits, loisirs)**
- **Psychologiques**
- **Exobiologie**
- **Applications terrestres**

**Enjeux pour  
le développement durable  
(1):**

- **Perception des limites**
- **Contraintes bientôt analogues sur Terre**
- **La Biosphère comme modèle pour l'économie**



**Enjeux pour  
le développement durable  
(2):**

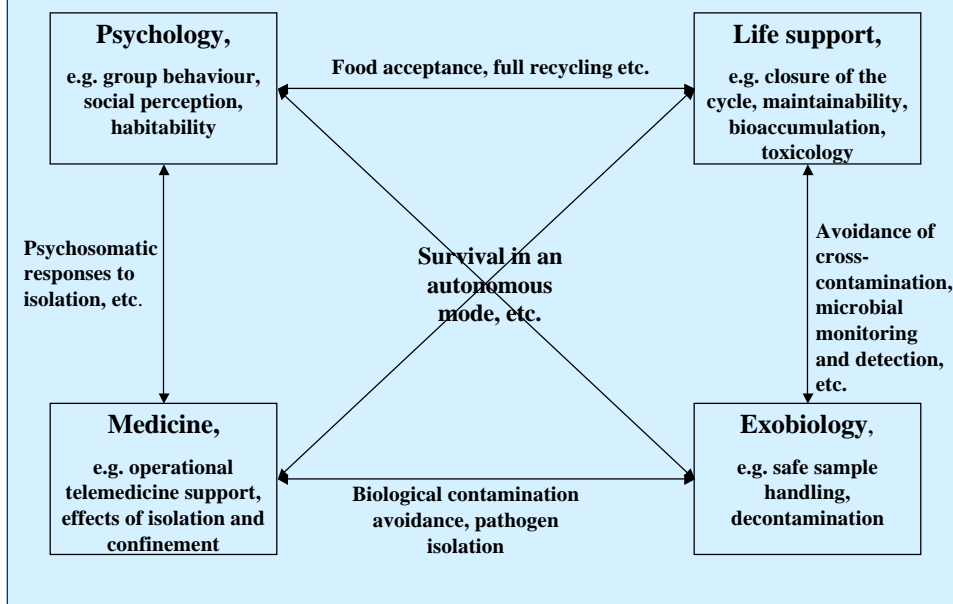
- **Ecologie industrielle...**
- **... comme justification de la mission**
- **DD = innovation!**



# Projet «OIKOSMOS»

## The synergy of space and terrestrial research for a joint future

### Examples of Research Topics



## Potential research topics

- **Sustainable ecosystem:**
  - Accumulation processes and long-term effects of toxic compounds.
  - Control of microbial community evolution of biorecycling technologies via genomic and proteomic tools.
  - Development of technologies for key safety challenges posed by the “100% recycling” concept.
  - Traceability of undesired chemical/biological compounds.

## Potential research topics

- **Medicine:**
  - Telemedicine application under condition of isolation and restricted communication
  - Antibiotics resistance in a closed environment
  - Chemical and biological decontamination and contamination prevention...

## Potential research topics

### Psychology:

- Consumer attitude, risks perception towards food, water produced from recycling processes.
- Psychological effects of isolation and confinement.
- Psychological support techniques in isolated, confined extreme environments-
- Habitability.

## Useful Links

- ESA Portal: <http://www.esa.int>
- ESA exploration programme:  
<http://www.esa.int/aurora>
- Environmental Control & Life Support:  
<http://www.estec.esa.nl/ecls/>

## **Contexte**

### **Tendances lourdes:**

**Economie ?**

**Environnement ?**

## **Tendances lourdes: économie**

**Expansion généralisée du système et de la société industrielle  
(«globalisation»)**

- **Domination de l'économisme libéral**
- **Affaiblissement de l'Etat, «gouvernance»**
- **Intensification du commerce international (OMC)**
- **Dépendance croissante à l'innovation technologique.**

## **Tendances lourdes: environnement**

**Pressions croissantes sur la Biosphère, en intensité et en rapidité :**

- **Accroissement démographique**
- **Consommation croissante de ressources...**
- **... génération et accumulation croissante de déchets**
- **Changements globaux (climat, biodiversité, forêts, océans, désertification) et «universels» (dégradations locales)**

## **Le développement durable: un processus institutionnel**

- **Juin 1972, Stockholm:**  
**Première conférence internationale des Nations Unies sur l'environnement humain.**
- **15 décembre 1972, Nairobi:**  
**Création du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE / UNEP).**  
**(Résolution 2997 de l'Assemblée générale des Nations Unies)**



## Le développement durable: un processus institutionnel

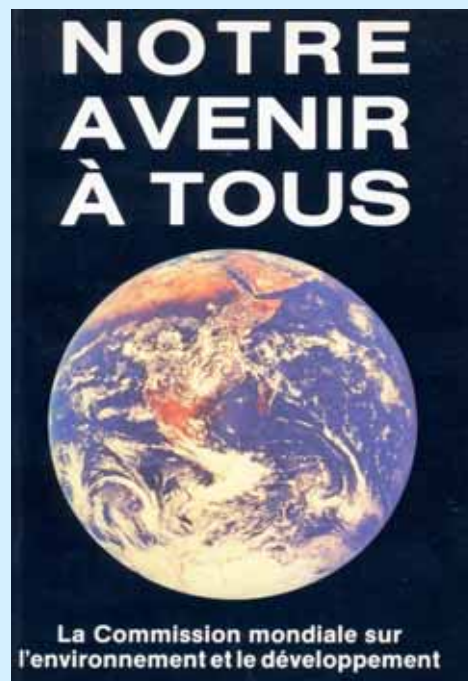
- **Décembre 1983:**  
Création de la «Commission mondiale sur l'environnement et le développement».  
(Résolution 38/161 de l'Assemblée générale des Nations Unies)
- **Octobre 1987:**  
Rapport final remis à l'Assemblée générale de l'ONU, sous le titre: «Notre Avenir à tous» (Our Common Future).

### 1987: Rapport de la «Commission Brundtland»



Présidente:  
Mme Gro Harlem Brundtland  
Norvège

Ministre de l'environnement 1974-79  
Premier Ministre 1981



**«Notre Avenir à tous»  
(«Our Common Future»)**

*«Le développement durable est un développement qui répond aux besoins du présent, sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.»*

(Ch. 2, § 1)

**Le développement durable: un processus institutionnel**

- **Juin 1992, Rio de Janeiro:**  
**Conférence des Nations Unies sur le développement et l'environnement (CNUED)**  
+ «Sommet de la Terre»
  - Agenda 21
  - Conventions sur le climat, la biodiversité, la désertification, +  
Déclaration sur les forêts
  - Création de la Commission des Nations Unies pour le  
développement durable (CSD)
- **26 août - 4 sept. 2002, J 'bourg: Rio + 10 (ou - 10...)**

**Le marché de la pollution  
i.e. l'approche « end of pipe »:**

**Définition:**

- 1. Equipements de traitements de déchets, stations d'épuration des eaux, dispositifs de contrôle des polluants (filtres, etc.)**

**Le marché de la pollution  
i.e. l'approche « end of pipe »:**

**Définition:**

- 2. Installations, infrastructures pour effectuer ces traitements de la pollution.**

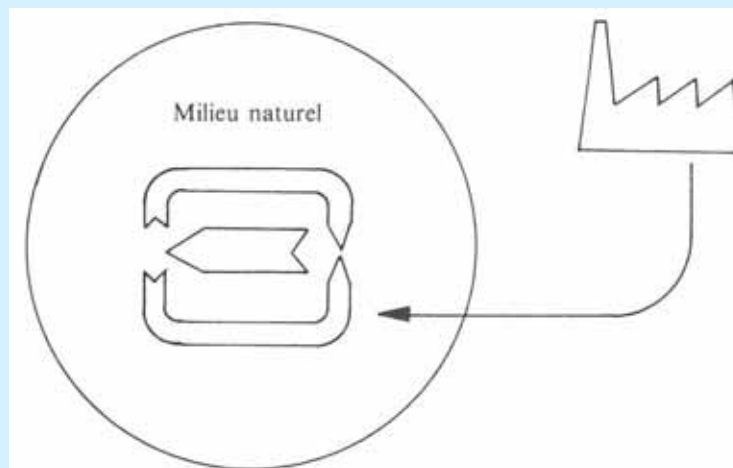
## **Le marché de la pollution i.e. l'approche « end of pipe »:**

### **Définition:**

- 3. Services de suivi et conseil associés:  
mesures, analyses, contrôles,  
évaluations, études d'impact, etc.**

## **L'approche « end of pipe »**

**Le système industriel perçu comme séparé de la Biosphère**



Source: L'écosystème Belgique, 1983

**CA global: > 600 milliards \$ / an**

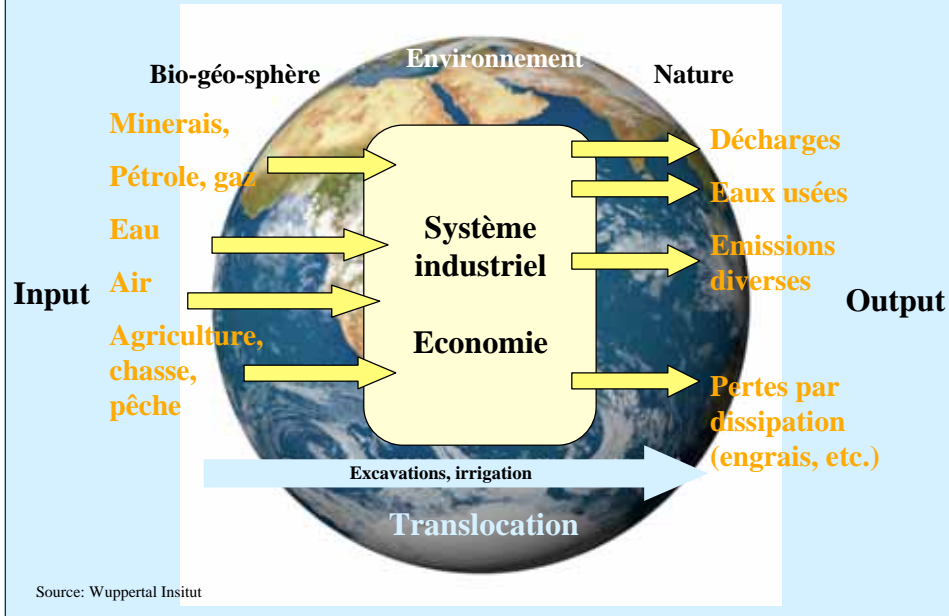
**L'approche «end of pipe»: utile, mais... :**

- 1. Approche sectorielle**
- 2. Approche incrémentale**
- 3. Plus cher... et moins efficace**
- 4. Effets économiques douteux...**

**L'approche «end of pipe»: utile, mais... :**

- 5. Paresse technologique**
- 6. Défavorable pour les PVD**
- 7. Manque de vision globale**

## Ecologie industrielle: cadre conceptuel



## Le concept d'écologie industrielle

*«Le modèle simpliste actuel d'activité industrielle doit être remplacé par un modèle plus intégré: un écosystème industriel.»*

*R. Frosch & N. Gallopoulos, General Motors Laboratories,  
Pour la Science, novembre 1989*

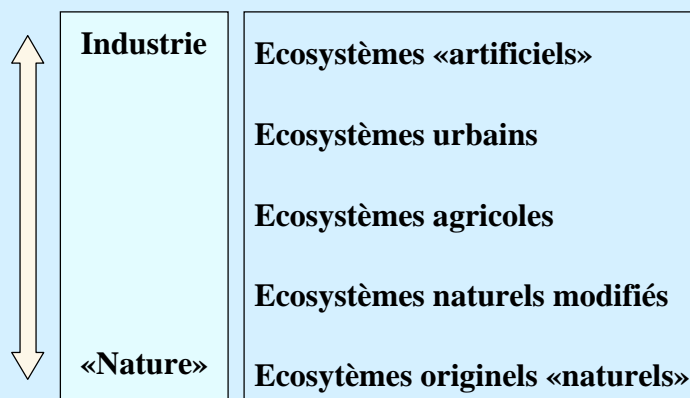
## **Le concept: «Ecologie industrielle»**

**Ecologie = étude scientifique des écosystèmes**

**Industriel = ensemble des activités humaines dans  
la société technologique moderne**

## **L 'éventail des écosystèmes**

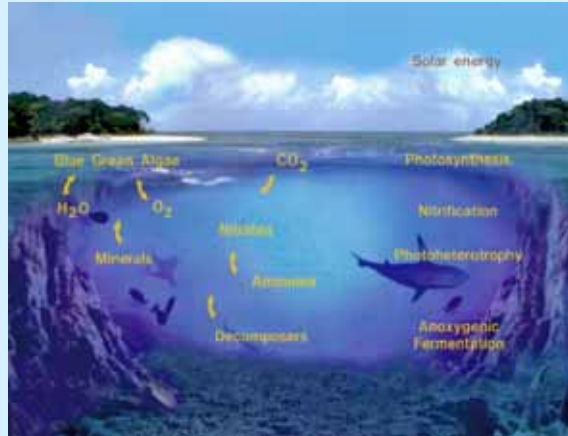
Des écosystèmes «naturels» aux écosystèmes «artificiels»



**Source:** H. Tibbs, Industrial Ecology, An Environment Agenda for Industry

### Les effets de représentation:

«Ceci n'est pas un écosystème...»



Schématisme visuel du concept d'écosystème

### Trois spécificités de l'écologie industrielle:

- a) **Cadre conceptuel général et rigoureux**  
(écologie scientifique)
- b) **Stratégie opérationnelle**  
(mise en œuvre du développement durable)
- c) **Stratégie collective et coopérative**  
(échelle systémique)