

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**
- Polycopié ?**
- Livre?**

Cours «Ecologie industrielle»

Deux sources principales (en anglais):

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

Voir: www.is4ie.org

Livre *Applied Industrial Ecology*:

www.roi-online.org

Cours «Ecologie industrielle»

Contact:

suren.erkman@epfl.ch

Visites:

UNIL, Bâtiment Amphipôle, Rez, bureau 353.2

Plan d'accès: 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

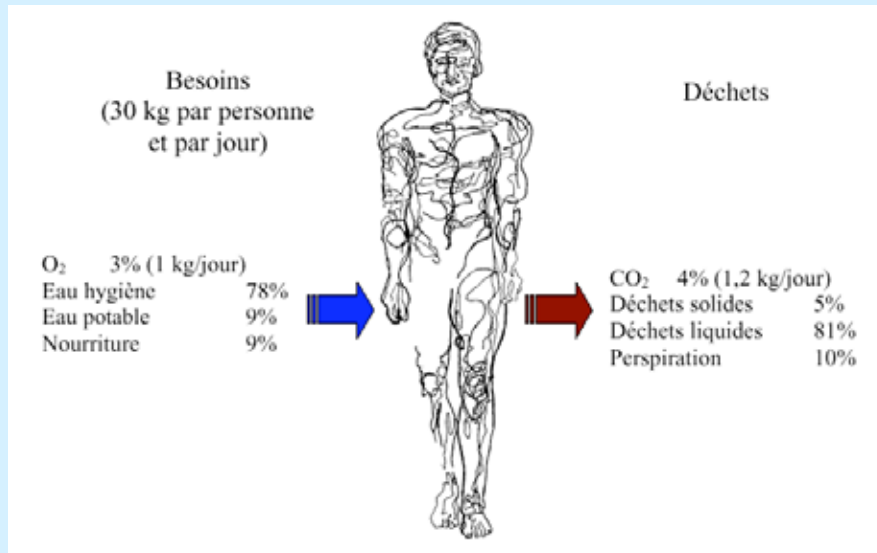
Programme Aurora

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

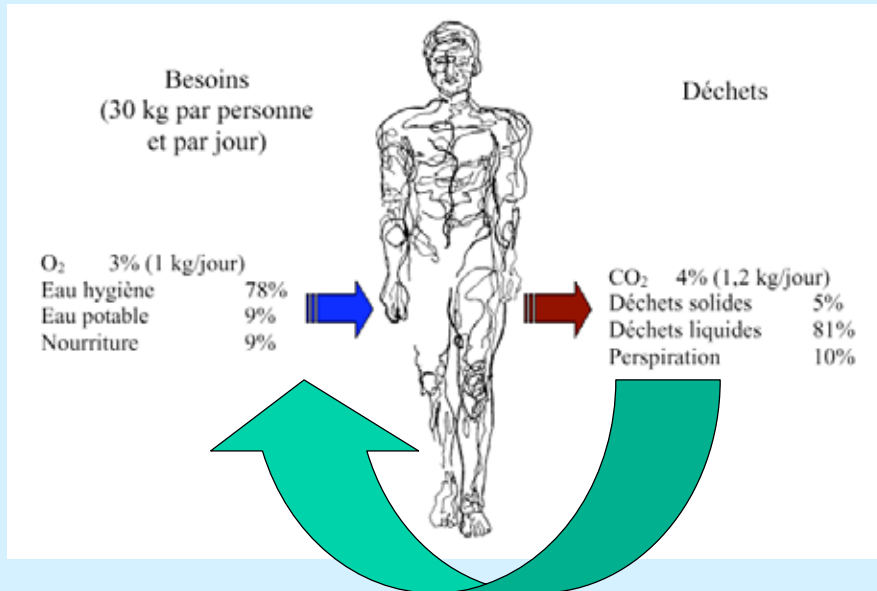


Source: Chr. Lasseur, ESTEC/ESA

Mission habitée vers Mars (1'000 jours)

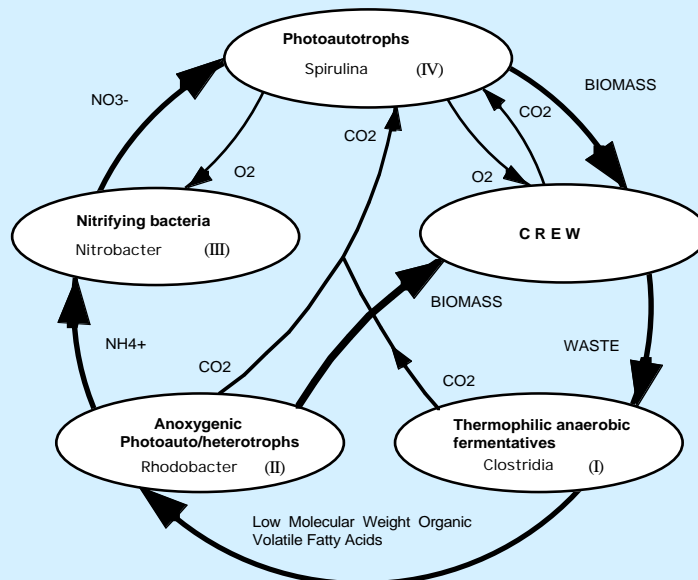
- Avec les méthodes actuelles, le seul coût du transport de l'eau serait de... 11 milliards d'Euros!
- Solution?

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, + NH₄ + H₂ + CO₂ + 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 + CO₂ + NH₄

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):**

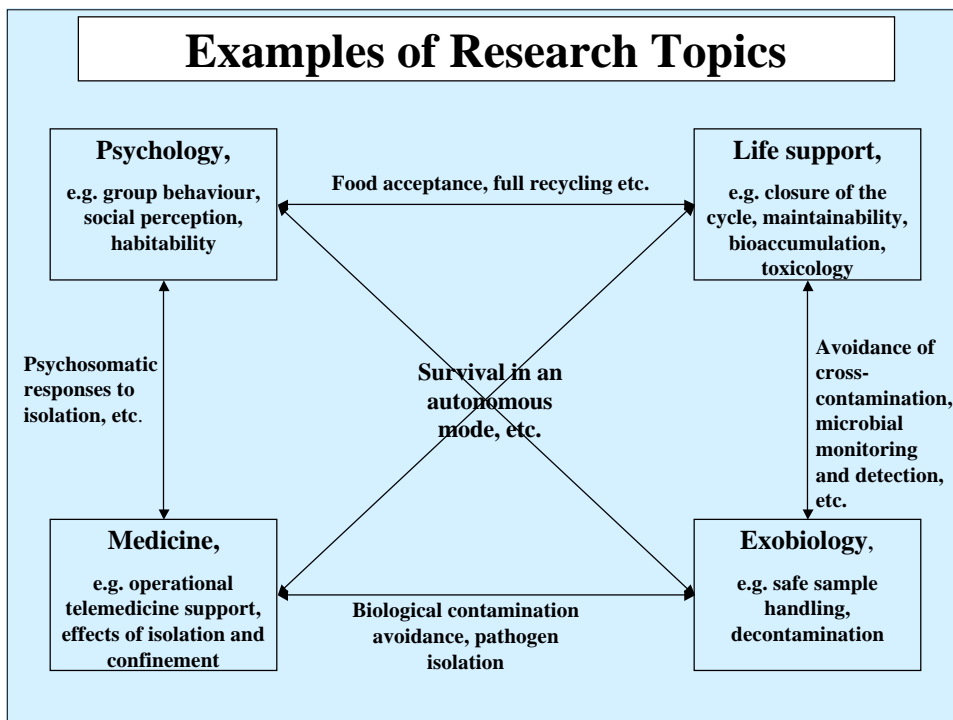
- Ecologie industrielle...
- ... comme justification de la mission
- DD = innovation!



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.**

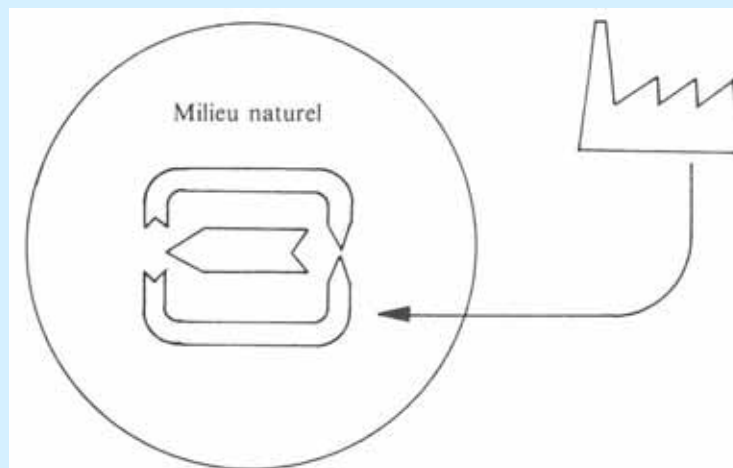
Le marché de la pollution i.e. l'approche « end of pipe »:

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

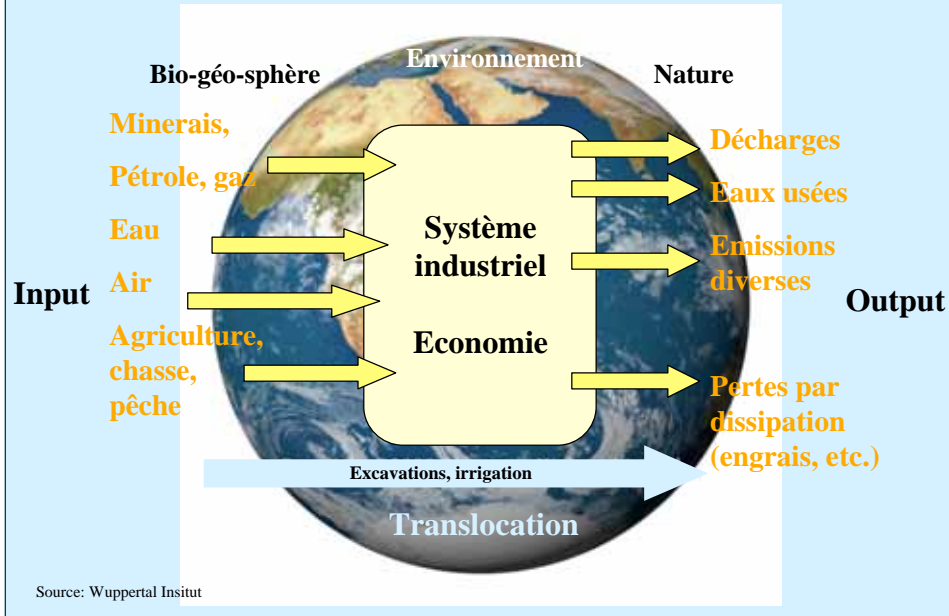
L'approche «end of pipe»: utile, mais... :

- 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*

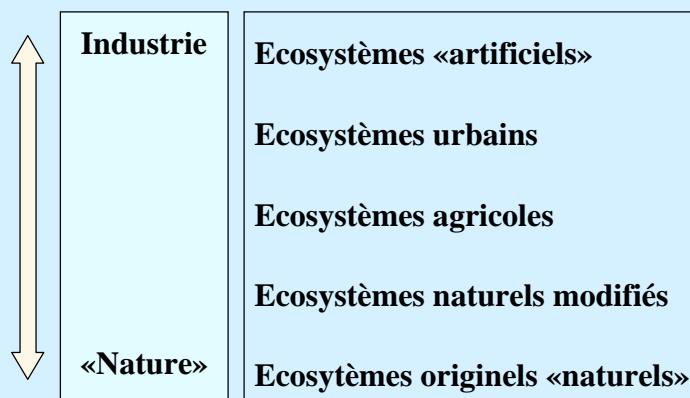
Le concept: «Ecologie industrielle»

Ecologie = étude scientifique des écosystèmes

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

L 'éventail des écosystèmes

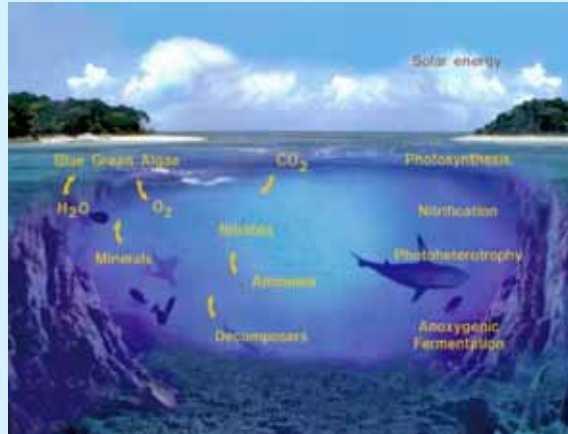
Des écosystèmes «naturels» aux écosystèmes «artificiels»



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)