

L'écologie industrielle: avenir du système industriel

Prof. Suren ERKMAN

ENITA – Bordeaux

5 octobre 2010



Iron Bridge, 1779

(Severn River, Shropshire, ~ 60 km NO Birmingham)

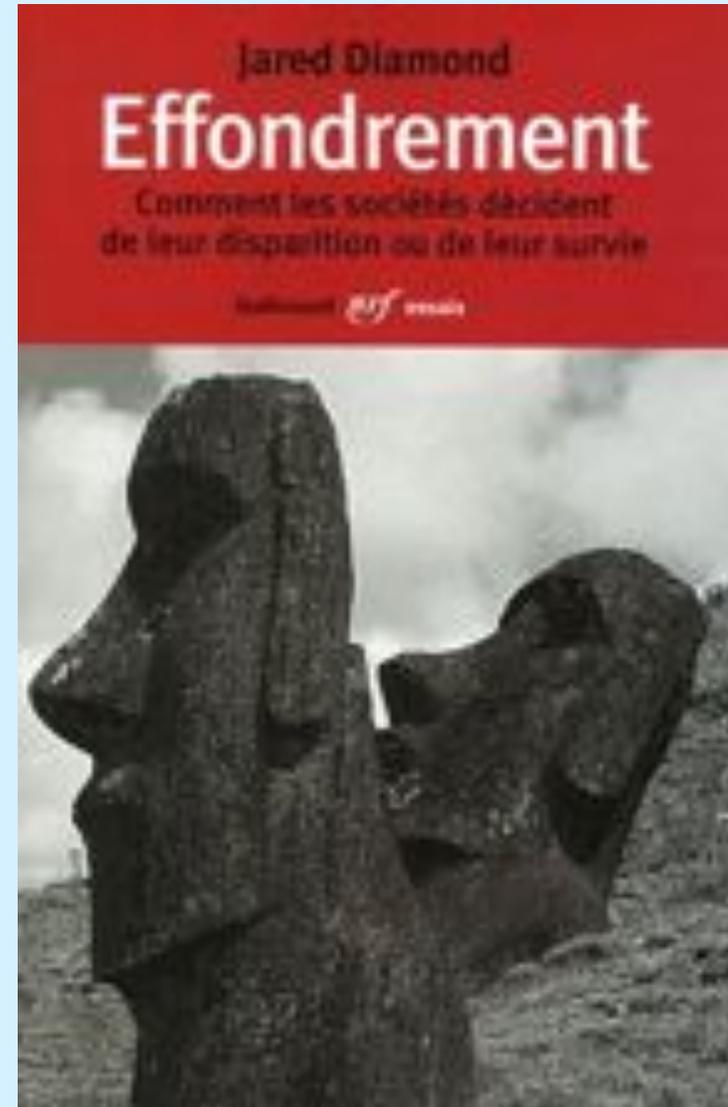
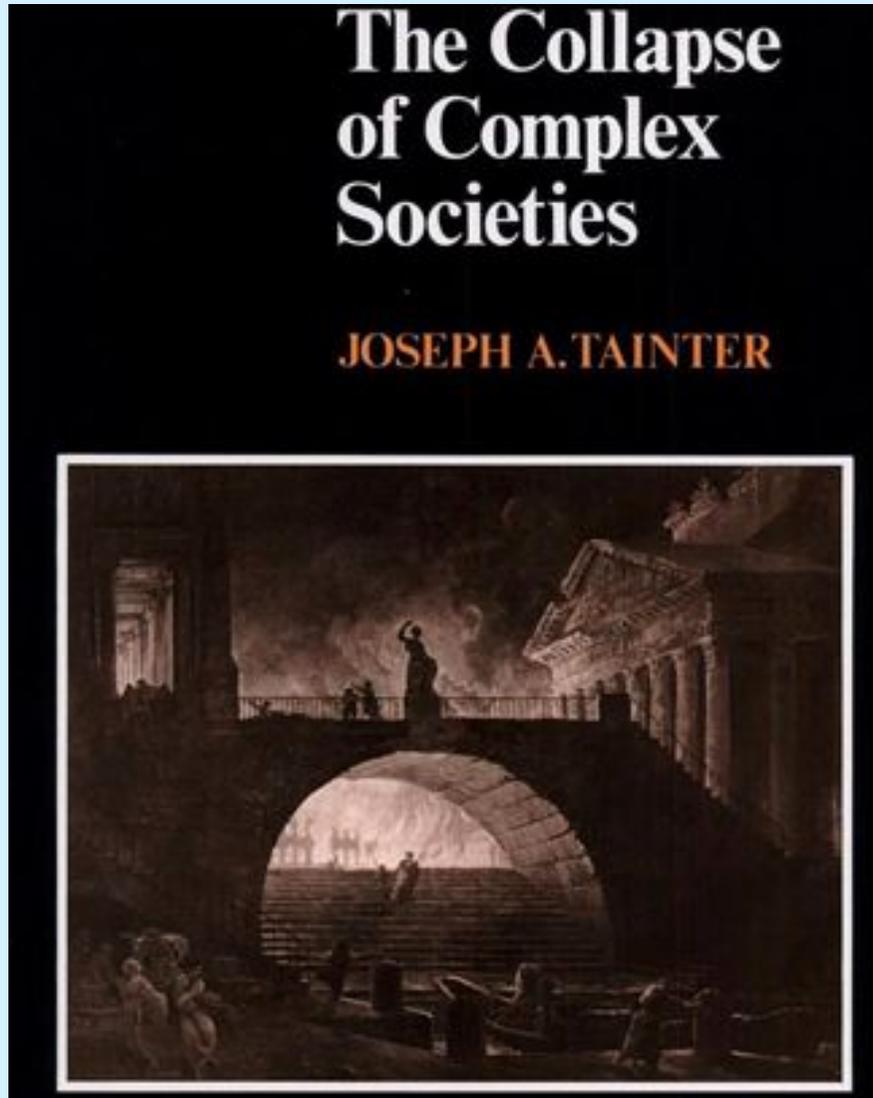


~ Deux siècles plus tard....

Le système industriel, ange ou démon?

Les visions catastrophistes...

«Collapse» de la société industrielle



OCDE:

**Stratégie
«croissance
verte»**

**Rapport intérimaire
de la stratégie pour
une croissance verte :
Concrétiser notre
engagement en faveur
d'un avenir durable**

Réunion du Conseil de l'OCDE
au niveau des ministres

27-28 mai 2010





UNEP

United Nations Environment Programme

GLOBAL GREEN NEW DEAL

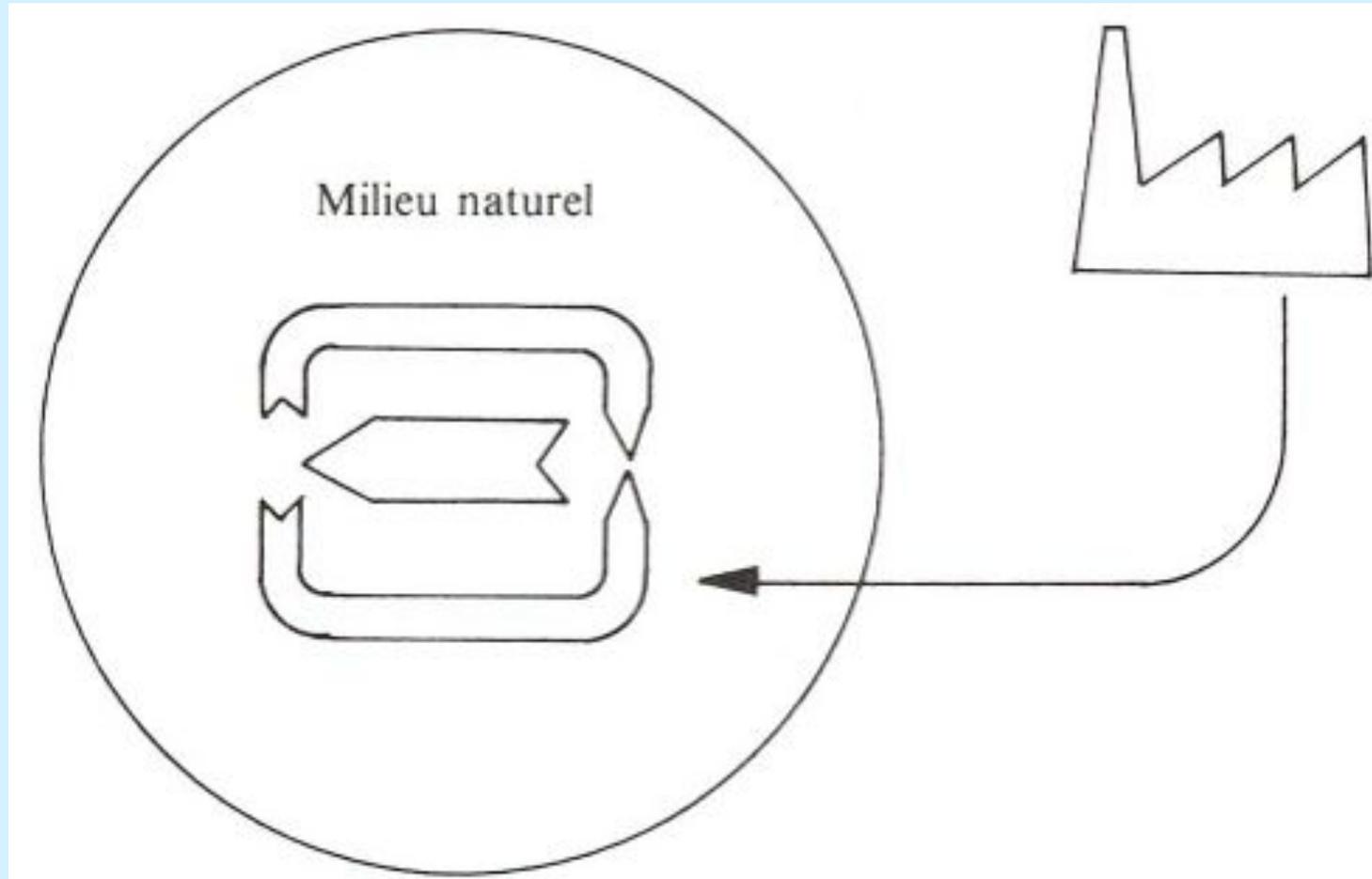
www.unep.org/greeneconomy

**Rapport de Tim Jackson, 2009:
analyse critique de la croissance économique
(Sustainable Development Commission, UK)**



L'approche « end of pipe »

Le système industriel perçu comme séparé de la Biosphère



Source: L'écosystème Belgique, 1983 **CA global: > 1'200 milliards \$ / an**

Une technologie est dite «End of Pipe» si elle permet de réguler la décharge d'un polluant dans l'environnement sans affecter les procédés en amont.

Mais...est-ce suffisant ?



Analyse du cycle de vie

Production plus propre

Chimie verte

Société à 2000 Watts

Ecologie industrielle

Empreinte écologique

Zero Emissions

Eco-efficacité

De quoi avons-nous besoin ?

**a) Cadre conceptuel général et rigoureux
(écologie scientifique)**

De quoi avons-nous besoin ?

- a) Cadre conceptuel général et rigoureux
(écologie scientifique)**

- b) Stratégie opérationnelle
(mise en œuvre du développement durable)**

De quoi avons-nous besoin ?

- a) Cadre conceptuel général et rigoureux
(écologie scientifique)**

- b) Stratégie opérationnelle
(mise en œuvre du développement durable)**

- c) Stratégie collective et coopérative
(échelle systémique)**

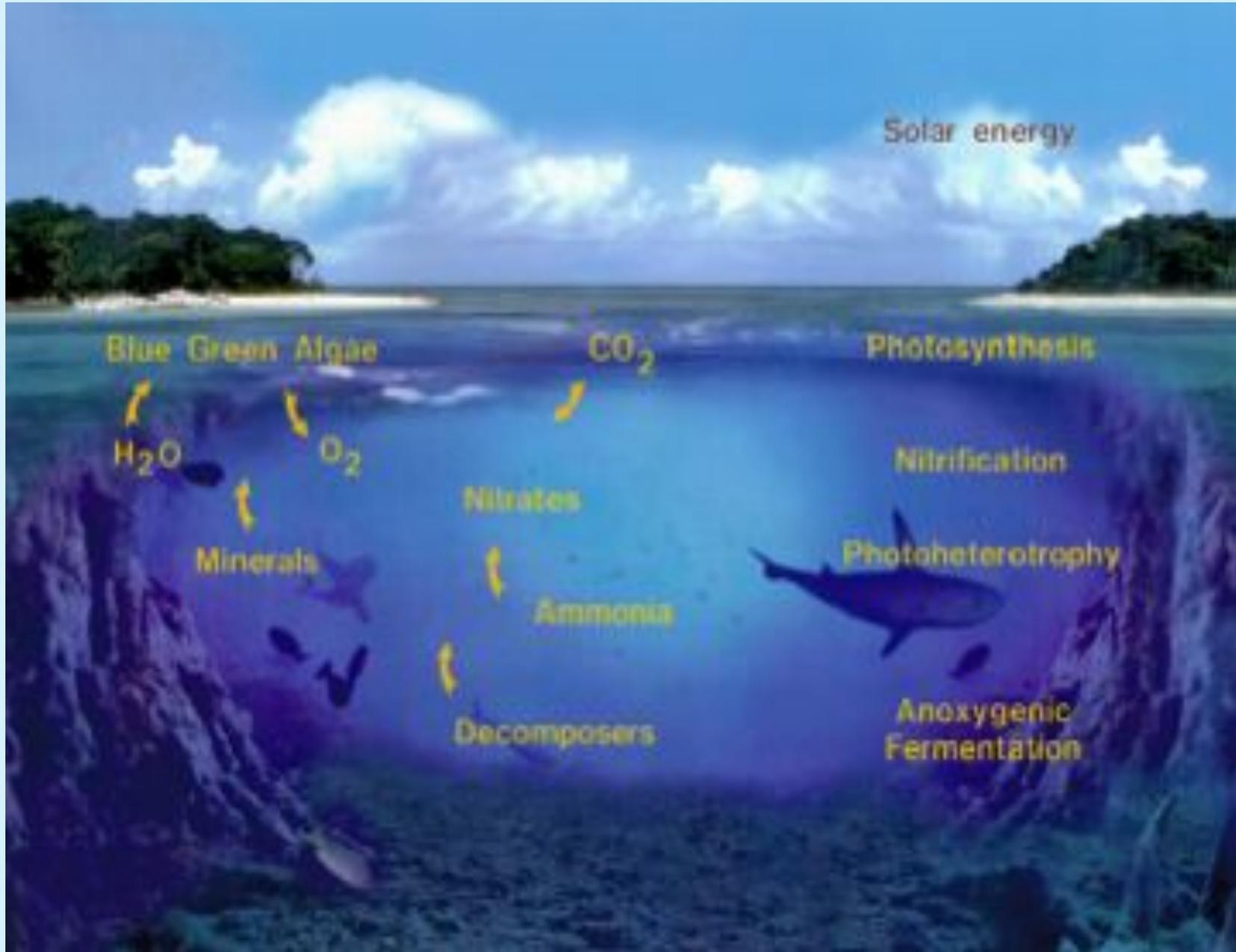
Le concept d'écologie industrielle

«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, 1989

La Biosphère: contraintes et inspiration pour l'économie



Le concept: «Ecologie industrielle»

Ecologie = étude scientifique des écosystèmes

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

Ecologie industrielle: épistémologie

Analogie:

écosystèmes - système industriel

- Modèle ?

- Métaphore ?

Ecologie industrielle: explorer l'analogie

Ecosystèmes naturels	Ecosystèmes industriels
Taille de l'organisme	Taille de la compagnie <i>CA, emploi, etc.</i>
Taille de la niche et spécialisation <i>Nourriture consommée et habitat</i>	Secteur d'activité <i>Inputs nécessaires, outputs de produits/services</i>
Réseau trophique	Chaîne d'approvisionnement
Cycle de vie des espèces et stratégies de reproduction	Stratégie de la compagnie <i>Taille et localisation des marchés, coûts de production</i>
Compétition intra et interspécifiques <i>Pour la nourriture et l'habitat</i>	Compétition à l'intérieur d'un et entre les secteurs industriels
Evolution, variabilité, adaptation, sélection et résilience	Capacité d'innovation, de diversification, de délocalisation

Ecologie industrielle: explorer l'analogie

Ecosystèmes naturels	Ecosystèmes industriels
Cycles des nutriments et des minéraux	Flux, stockage et boucle de flux de matières
Rôle des inputs externes (nutriments, minéraux, organismes)	Rôle des matériaux, de la connaissance et du capital importés
Rôle de la matière organique morte dans l'approvisionnement de l'écosystème	Rôle des déchets et de leur recyclage
Rôle de la symbiose (mutualisme) <i>Relations entre organismes mutuellement bénéfiques pour l'accès aux ressources, etc.</i>	Présence d'échange de co-produits, de mutualisation d'approvisionnement ou de traitement, de partage d'infrastructures ou de services
Boucles de rétroaction positive et négative	Offre et demande du marché

Successions écologiques (théorie du climax, ou climacique)

- Forêts bon exemple du fonctionnement de la Biosphère
- Colonisation de l'environnement par des organismes dans le temps

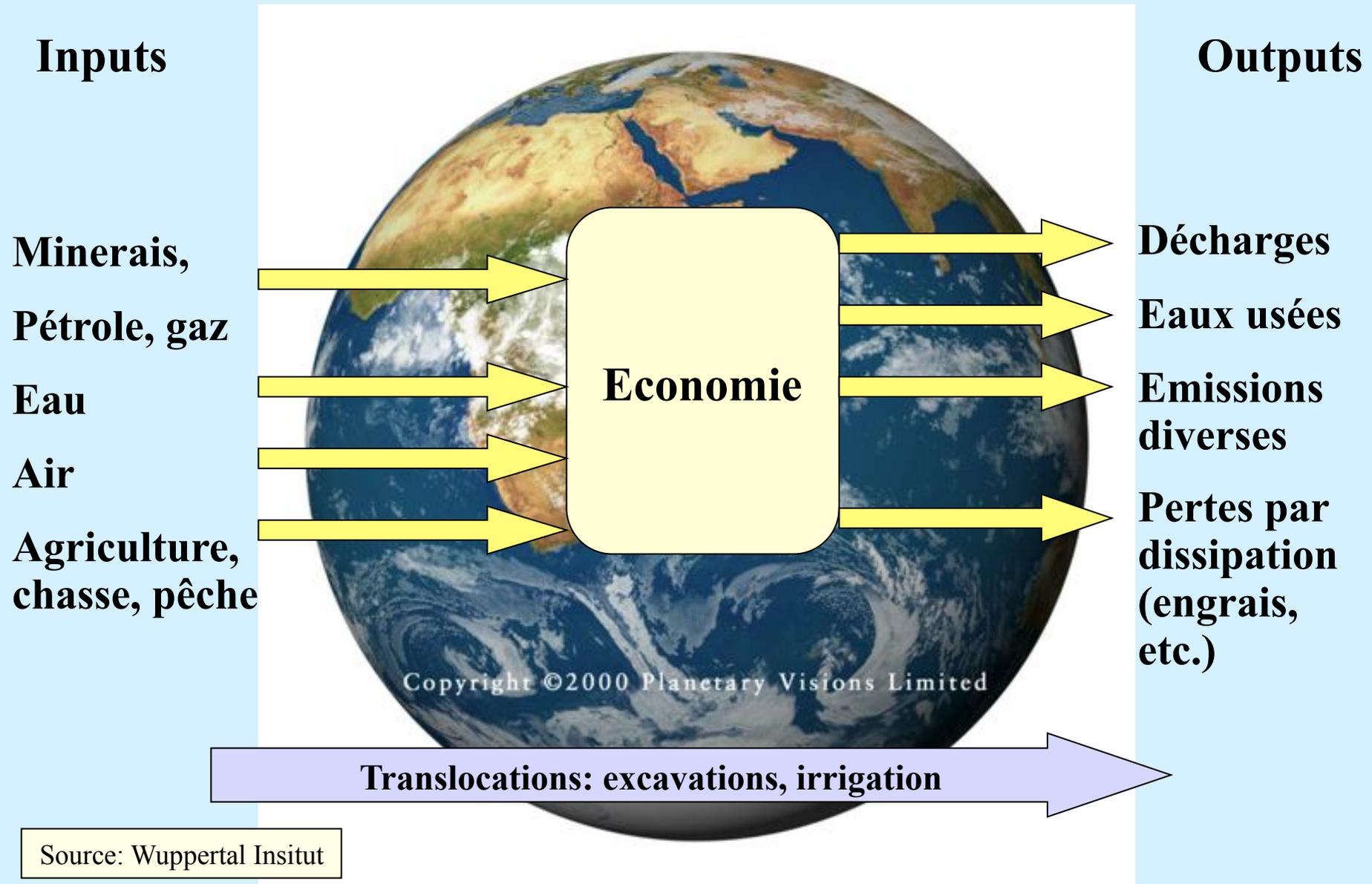


- Du stade “pionnier”, on passe à des étapes de transition jusqu’au stade “mature”, appelé **climax**

L'analogie a ses limites!

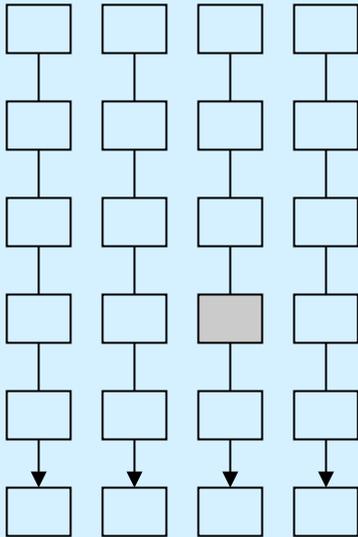
- **Les déchets de la Biosphère ne sont pas systématiquement des ressources**
(énergie fossile, sédiments dans les coquilles d'animaux, émission de méthane, oxygène produit par photosynthèse...)
- **Les espèces évoluent lentement** *(excepté les micro-organismes)*
- **Grand nombre d'espèces biologiques, donc nombre très élevé de connexions possibles**
- **Le système économique, n'a pas d'équivalent au producteur primaire, analogue au rôle joué par la photosynthèse**
- **Les décomposeurs sont nettement moins efficaces**

Ecologie industrielle: cadre conceptuel



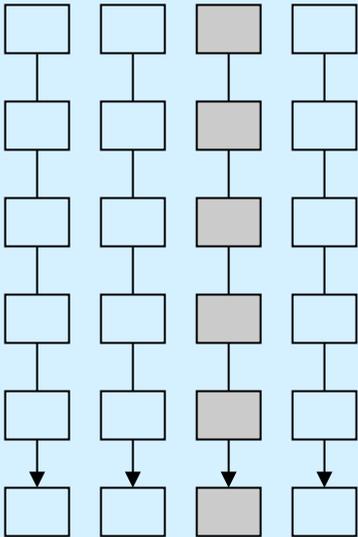
Echelles d'intervention

Production propre



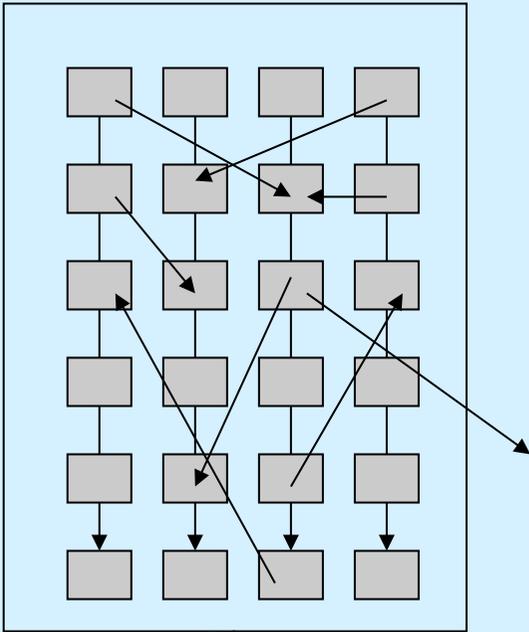
Le procédé

Eco-conception



Le produit

Écologie industrielle



Le système

Ecologie industrielle:

Que fait-on?

a) Mesurer, analyser, évaluer, comprendre

b) Mettre en œuvre

... aux différentes échelles pertinentes

Mesurer, analyser, évaluer, comprendre

Deux méthodologies principales:

1) Analyse des flux de matière et d'énergie

Material and Energy Flow Analysis (MEFA)

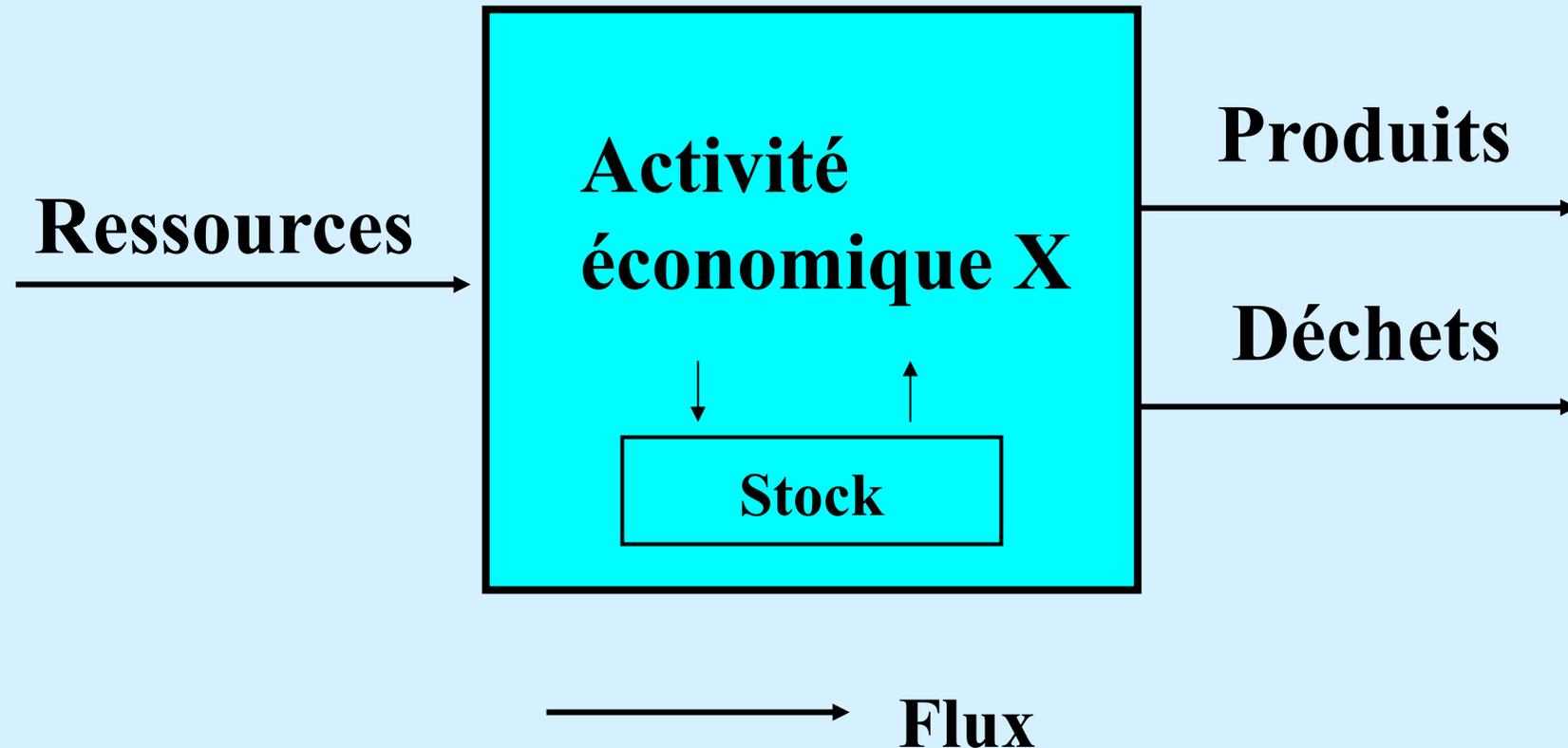
Décrit le «métabolisme» des activités économiques

2) Analyse du cycle de vie (ACV) - «Ecobilan»

Life Cycle Analysis (LCA)

Evalue les *impacts potentiels* des activités humaines

Métabolisme des activités économiques



MFA: Material Flow Analysis

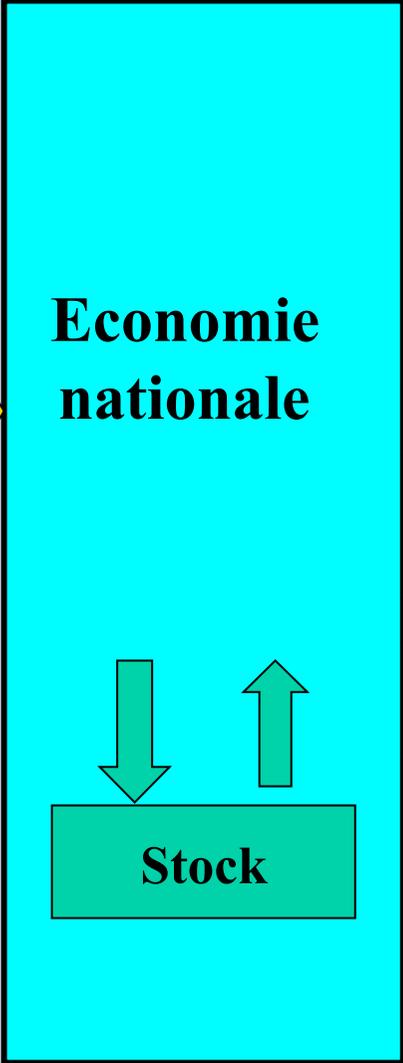
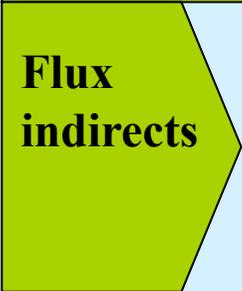
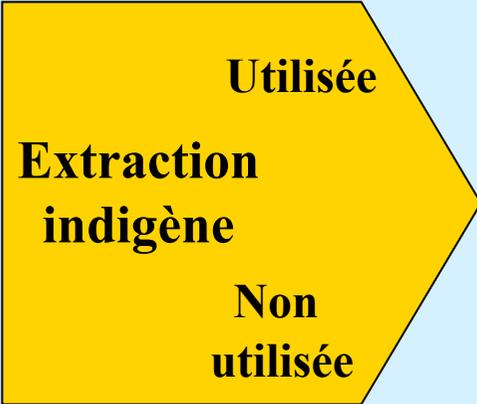
Comptabilité physique

INPUT

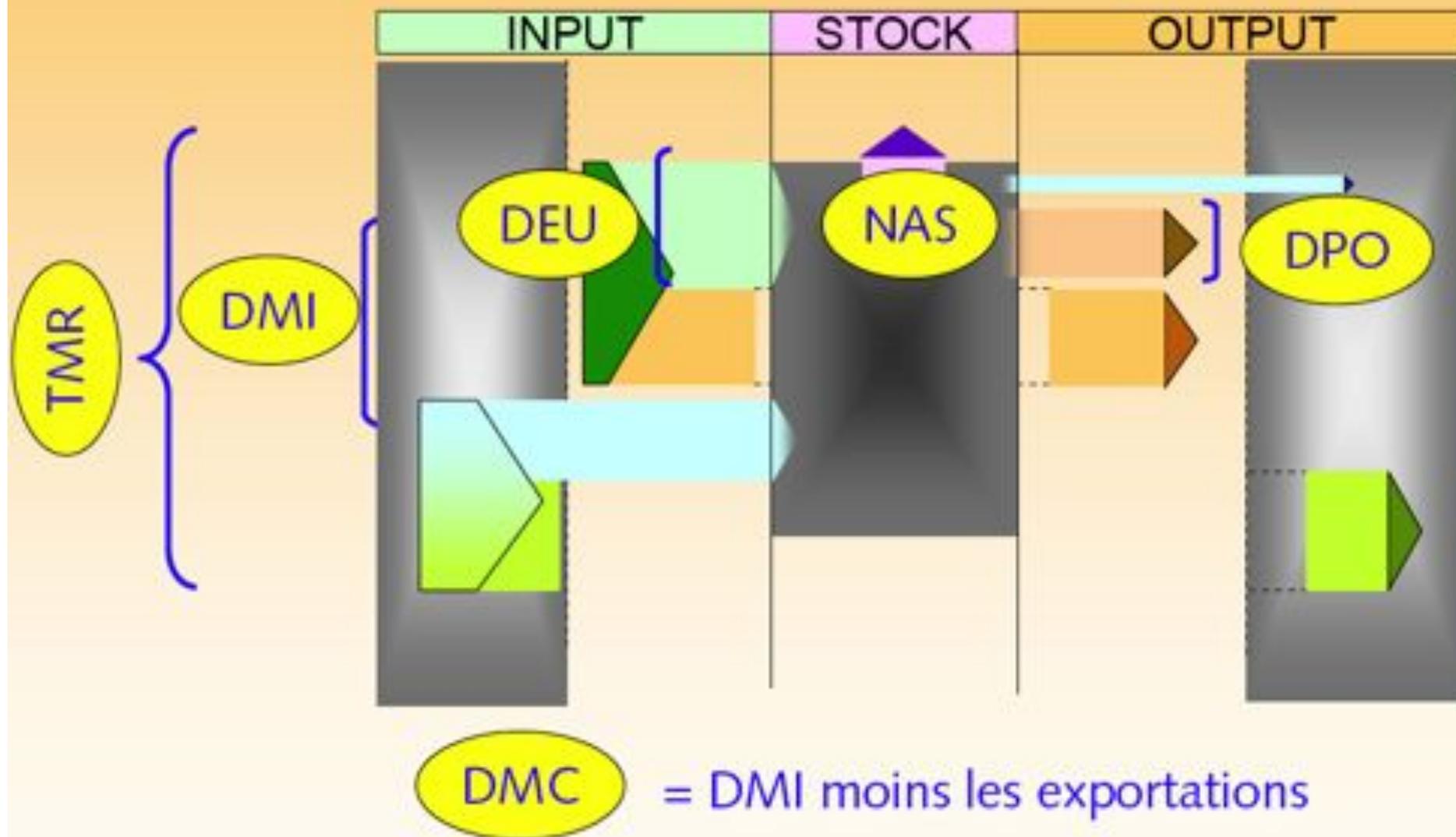
OUPUT

Reste du monde

Reste du monde



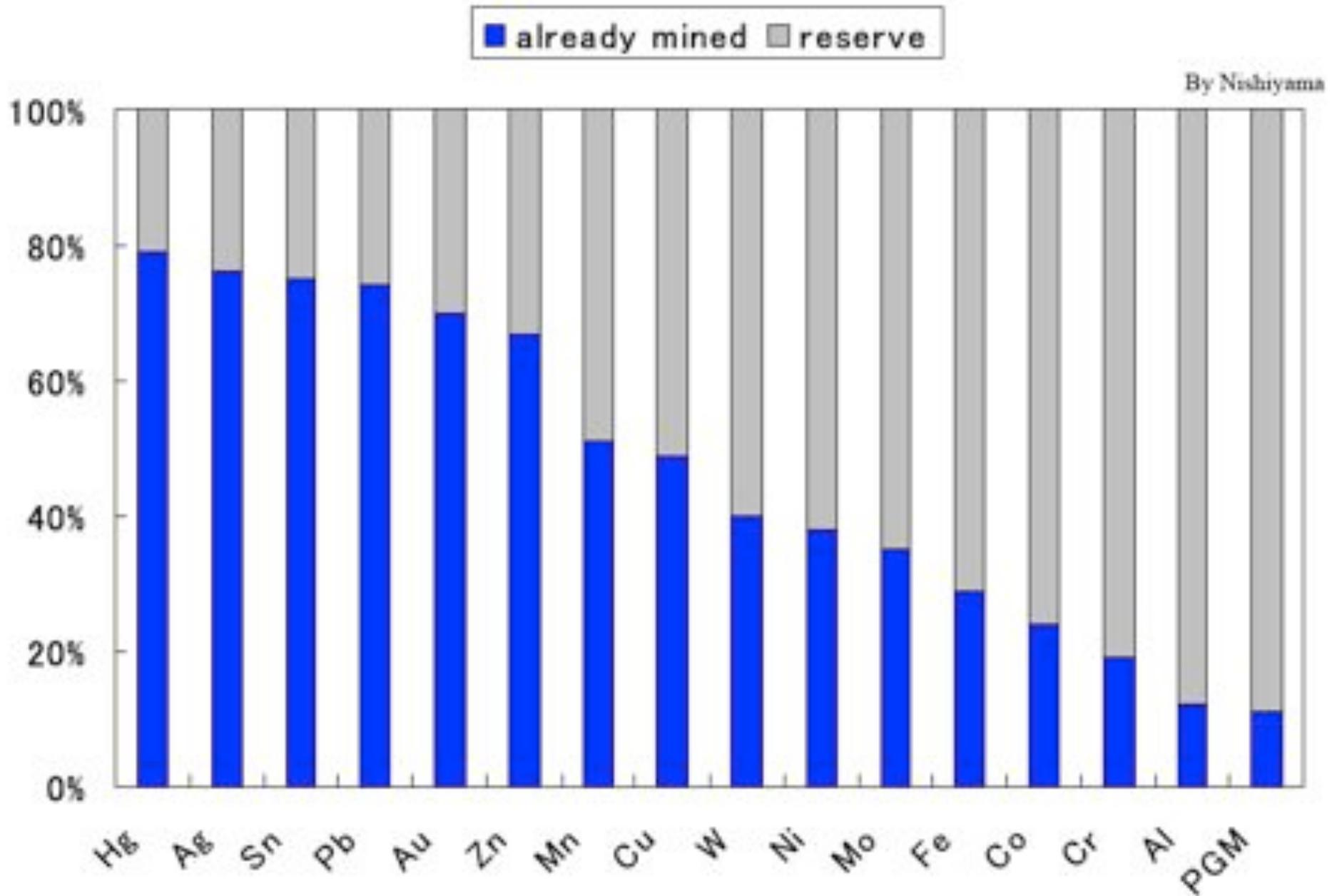
Principaux indicateurs MFA



Comptabilité physique publique: nouveaux indicateurs de performance économique

- **TMR = Total Material Requirement**
- **DMI = Direct Material Input**
- **DMC = Direct Material Consumption**
- **NAS = Net Addition to Stock**
- **DPO = Directly Processed Output**

Potential for «urban mining»



Empreinte hydrique pour une tasse de café: ~ 140 litres



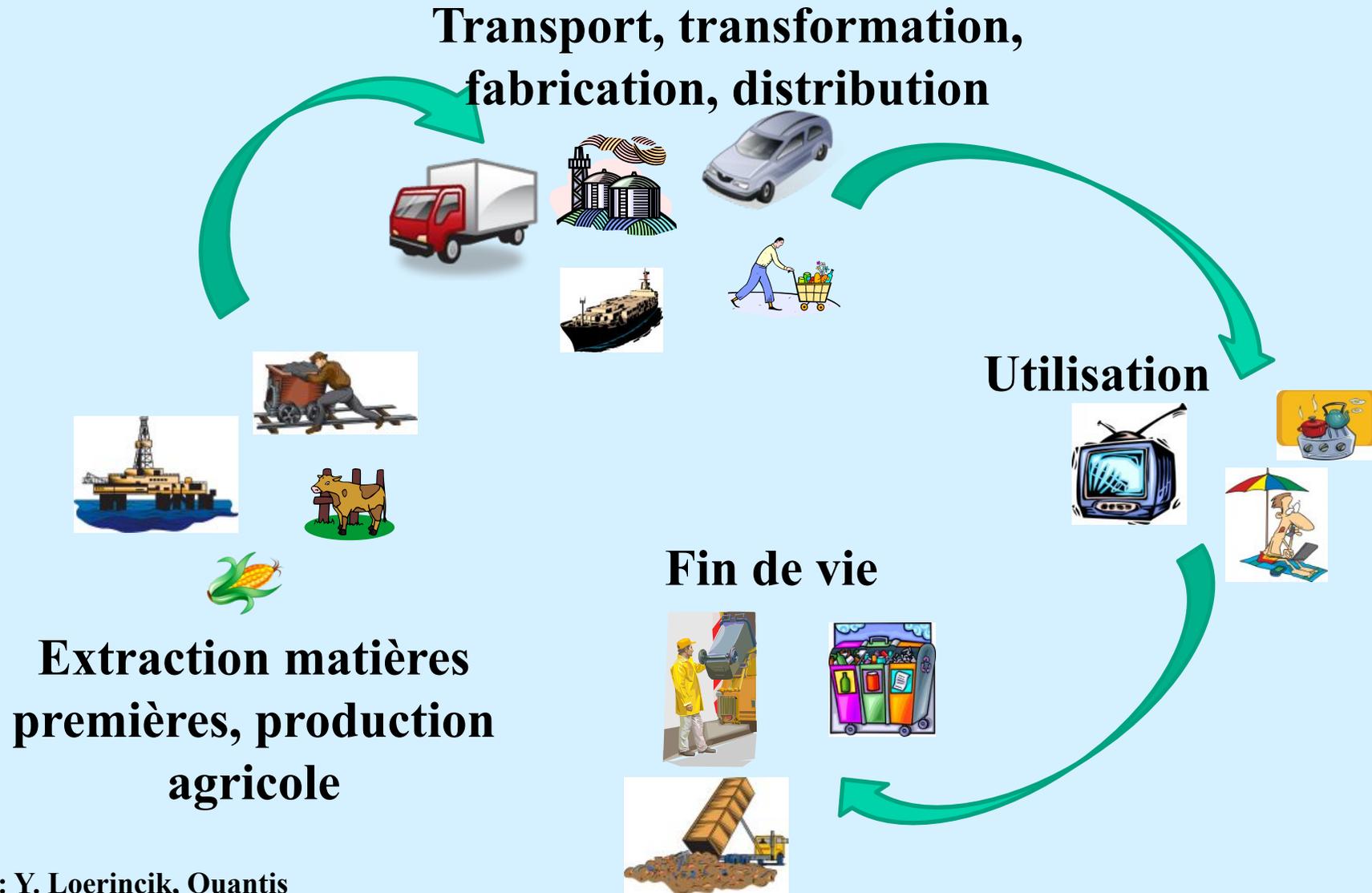
**Env. 21'000 l./kg
de café torréfié**

**~ 2% de l'eau pour
l'agriculture**

waterfootprint.org

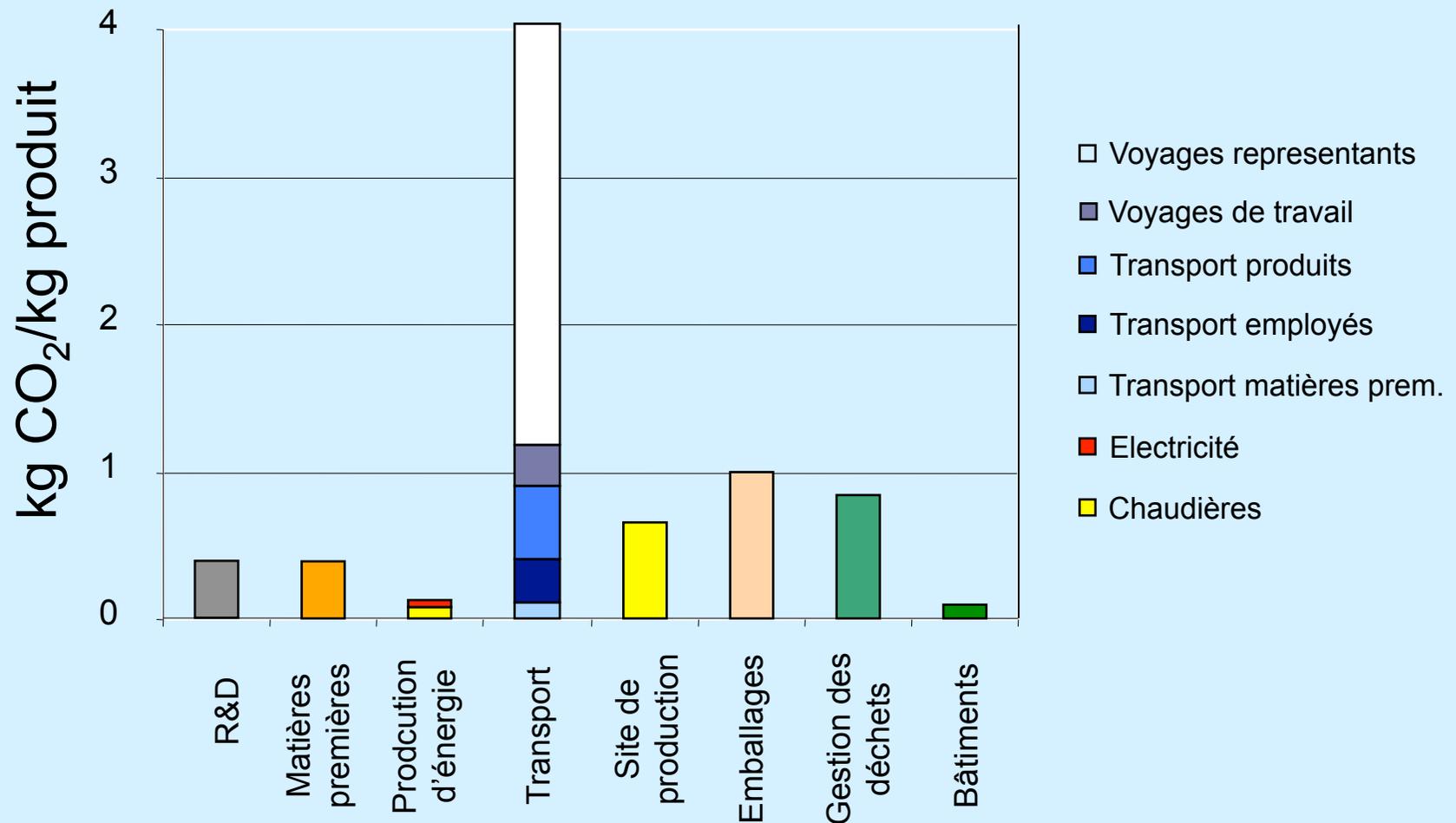
Source: Water Footprint

L'approche «Cycle de Vie»



Ex.: entreprise pharmaceutique

Emissions de CO₂ à différentes étapes du cycle de vie



Stratégie de «maturation» du système industriel:

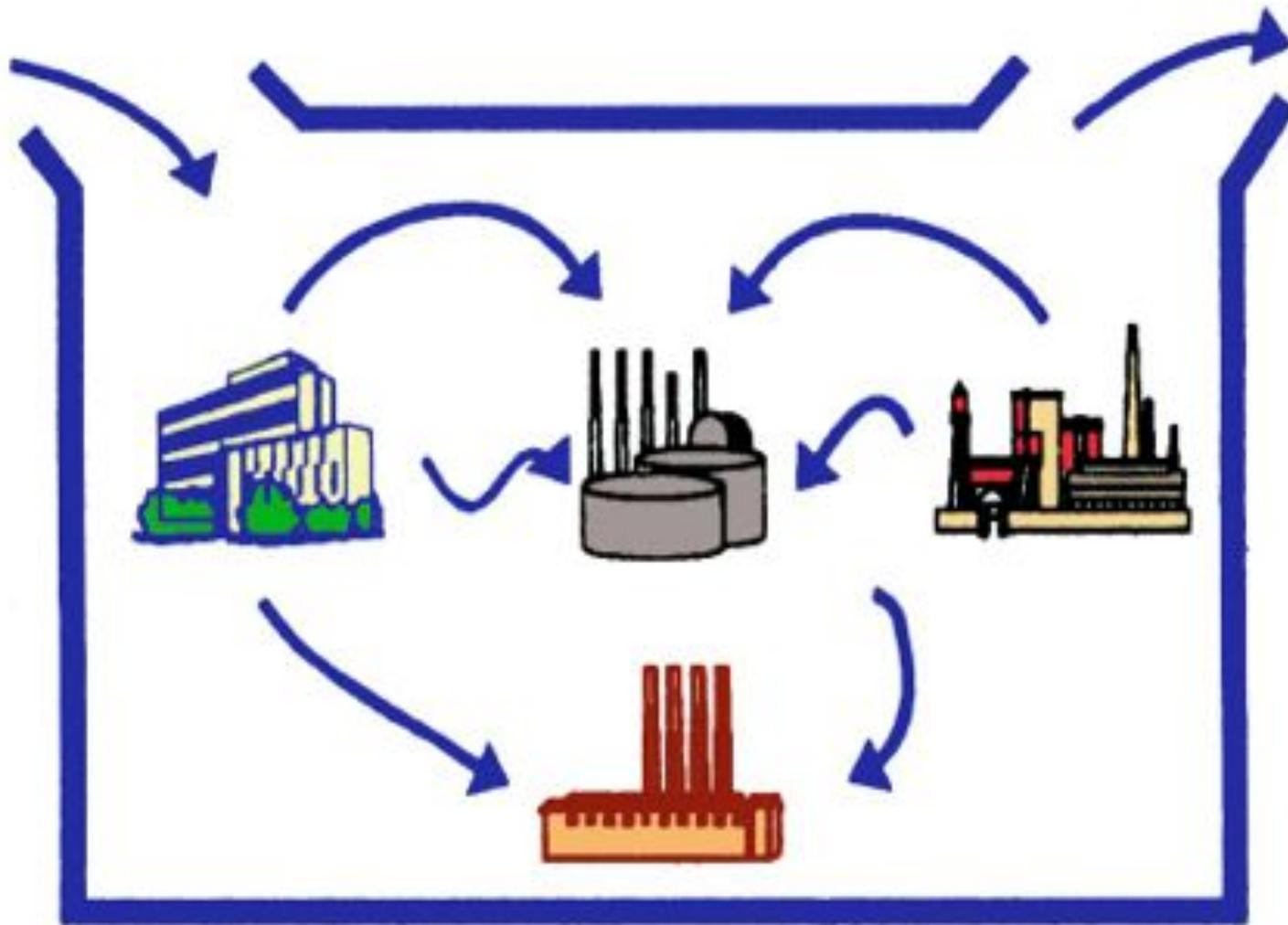
1) Boucler

2) Minimiser les pertes

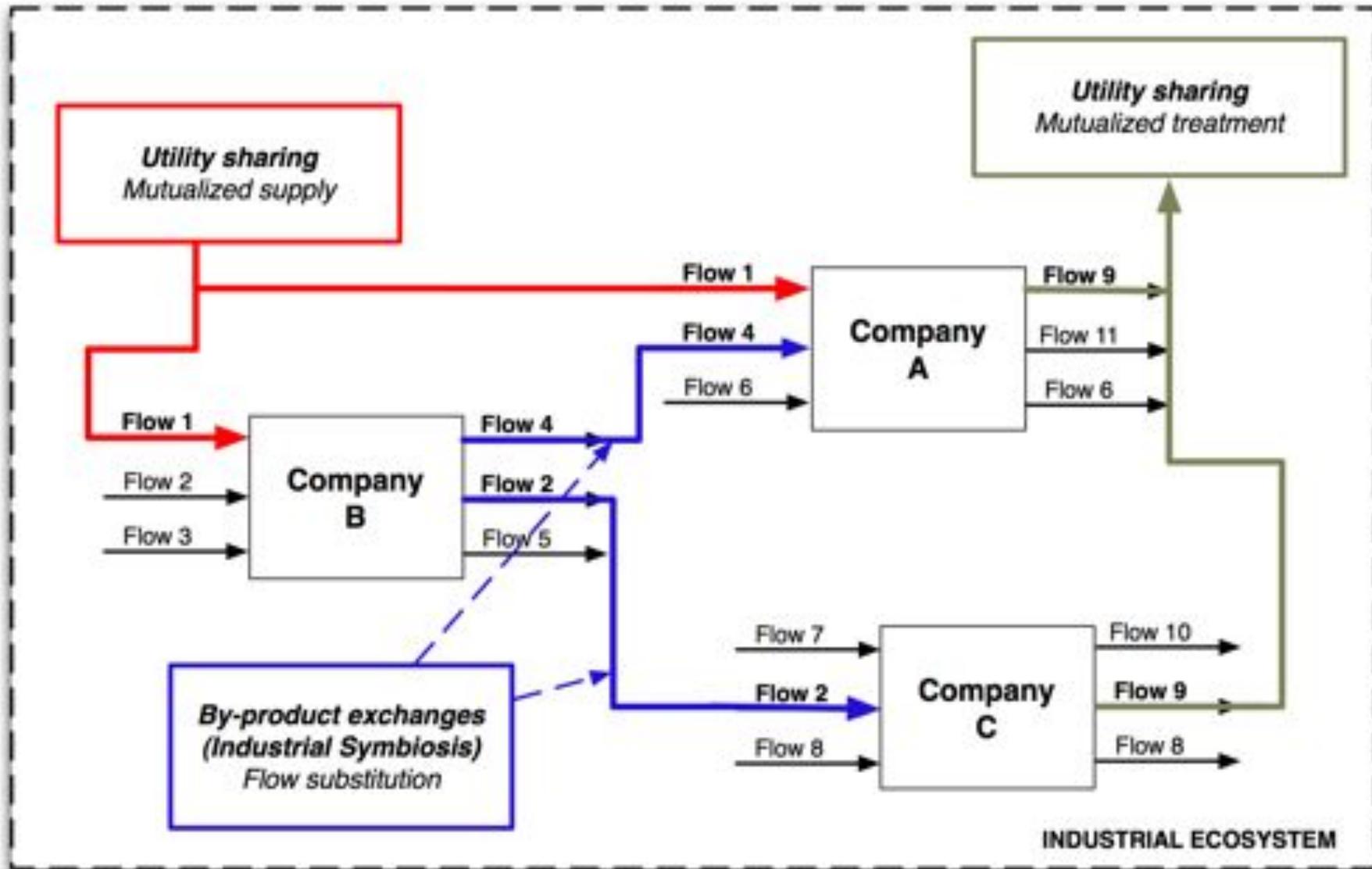
3) Dématérialiser

4) Décarboniser

Réseaux éco-industriels

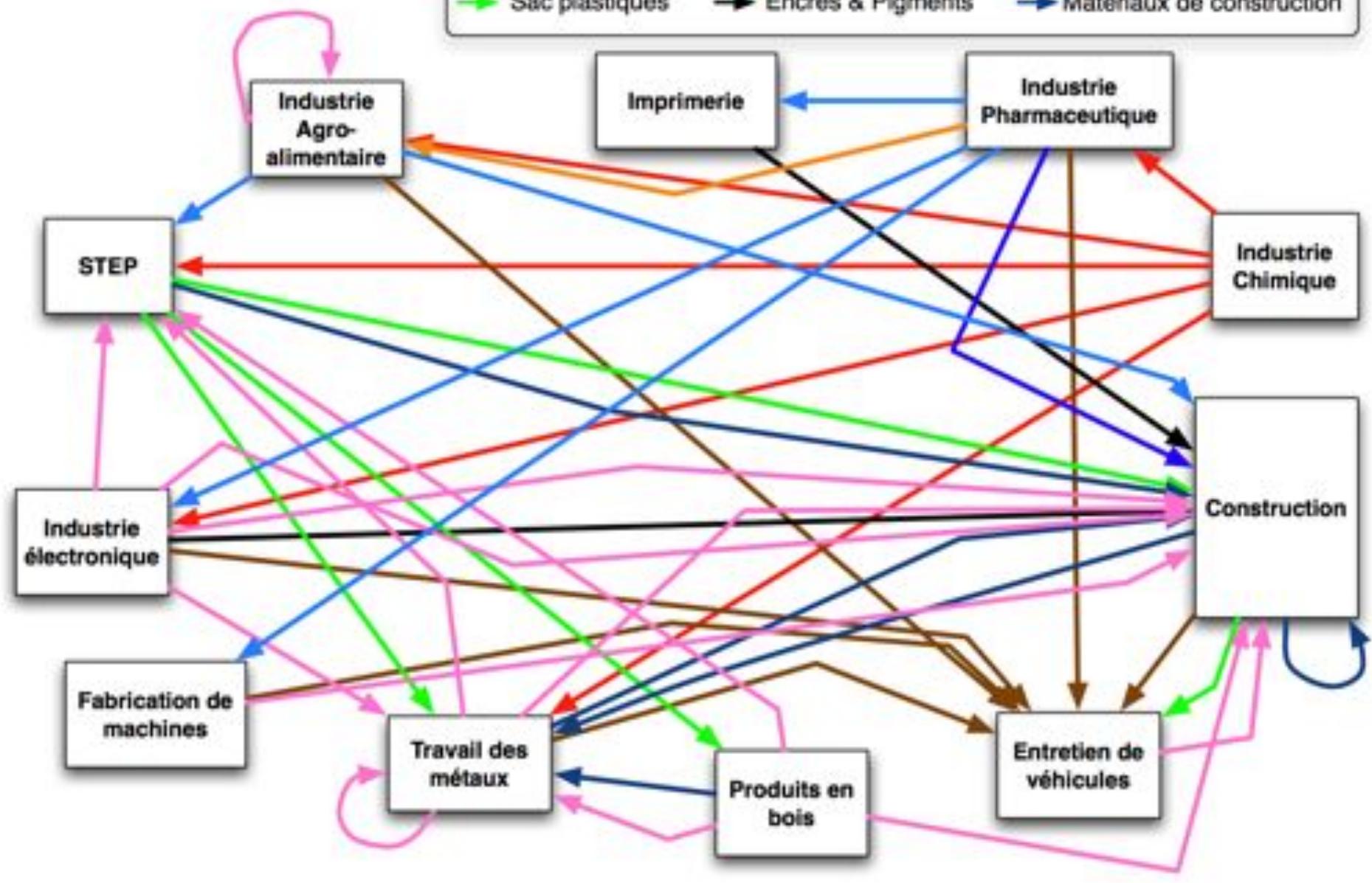


Synergies éco-industrielles

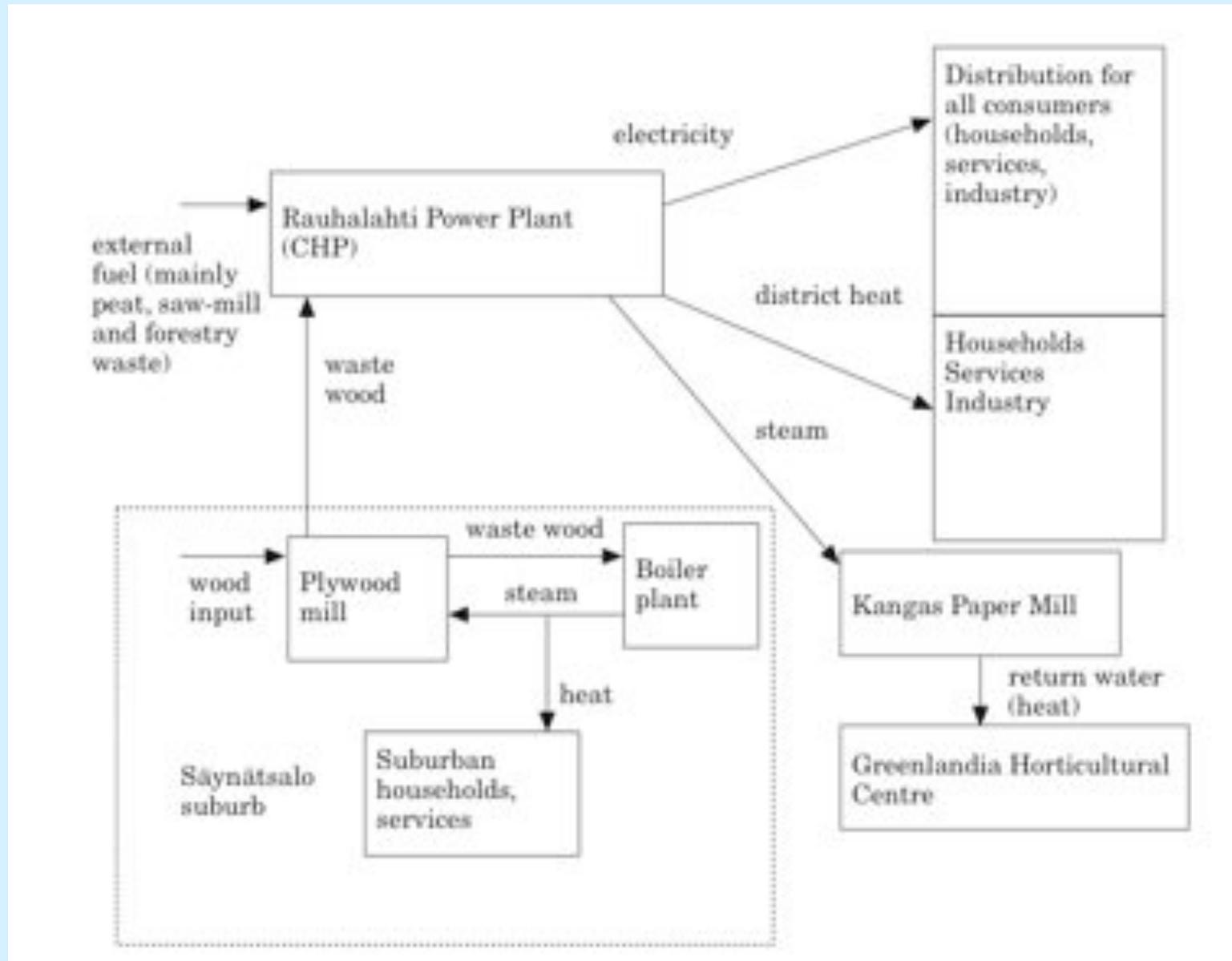


Potentiels de substitution entre secteurs industriels

- | | | |
|------------------|---------------------|-----------------------------|
| → Acides | → Chaleur | → Eau de refroidissement |
| → Carton | → Combustibles | → Eau déminéralisée |
| → Sac plastiques | → Encres & Pigments | → Matériaux de construction |



Filière bois: écosystème industriel de Jyväskylä, Finlande

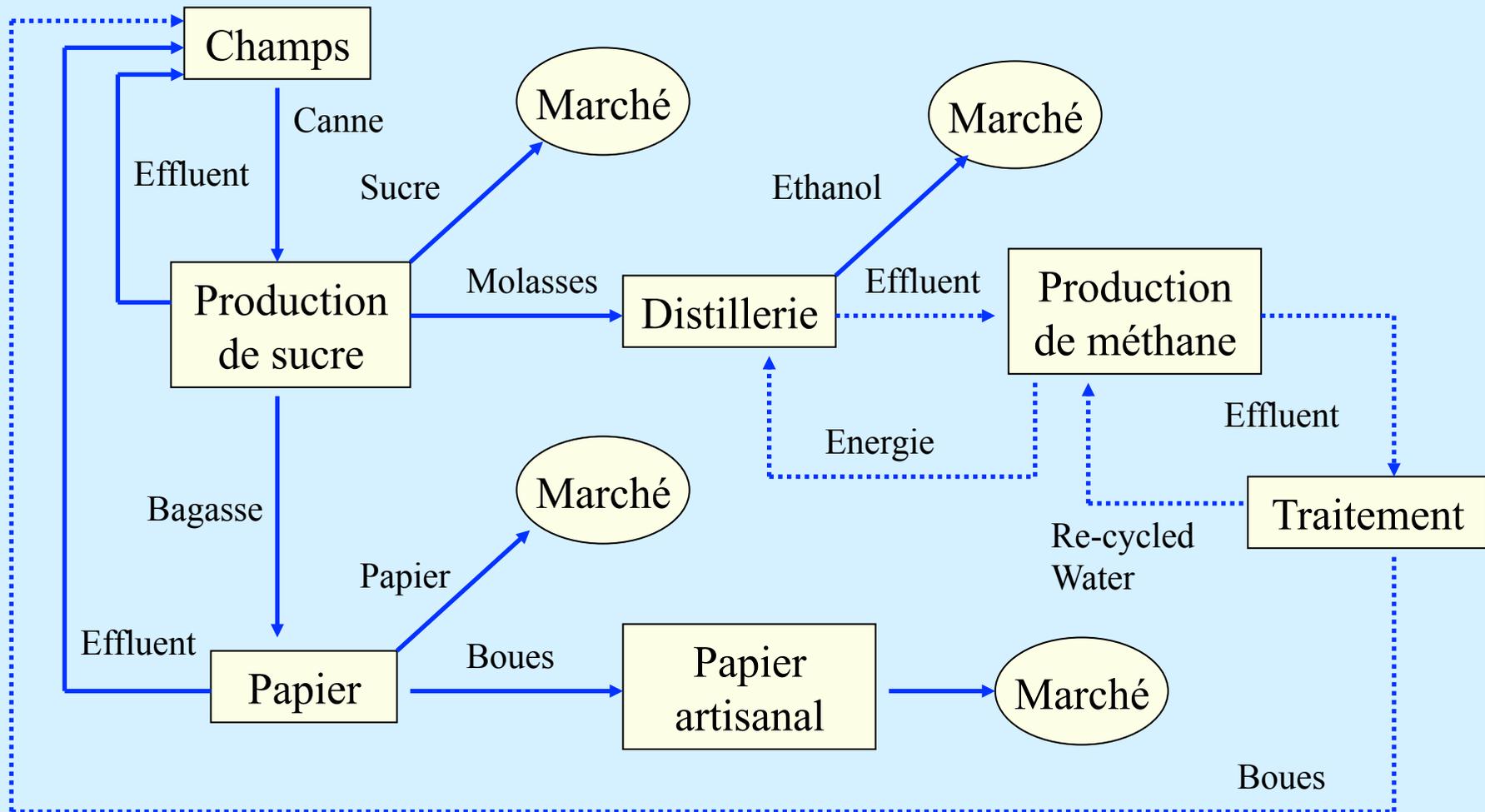


Source: Masasard/Korhonen, 1999





Complexe «canne à sucre»



Symbioses industrielles: applications

1) Planification et gestion des zones d'activité

2) Synergies éco-industrielles et usage des ressources

3) Performances énergétiques

Symbioses ou synergies éco-industrielles:

- **Bénéfices «collatéraux» des réseaux éco-industriels:**
 - **redynamisation du tissu économique local**
 - **catalyseur pour la transition énergétique**
 - **échanges de savoirs-faire locaux**
 - **nouvelles planifications territoriales («eco-zonages hybrides»)**

Ecologie industrielle à l'échelle territoriale: le cas du canton de Genève

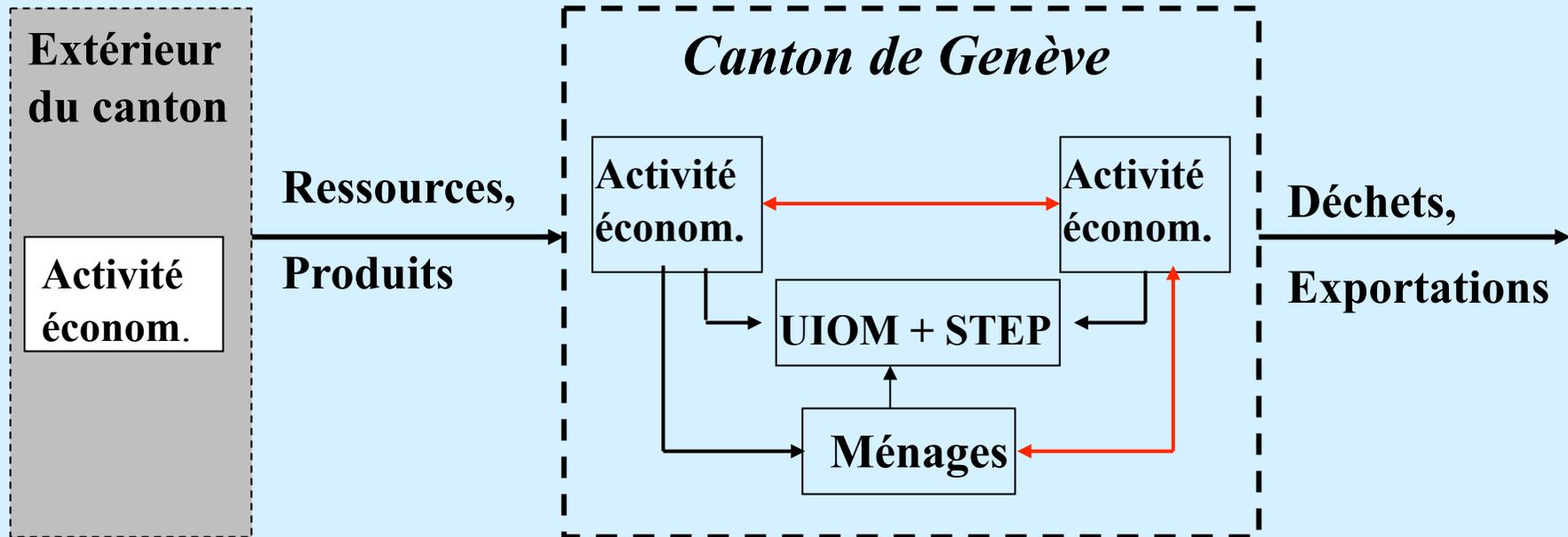


Canton de Genève: Loi sur l'action publique en vue d'un développement durable (Agenda 21)

Article 12 (Ecosite):

**«L'Etat favorise la prise en compte des synergies
possibles entre activités économiques en vue de
minimiser leur impact sur l'environnement.»**

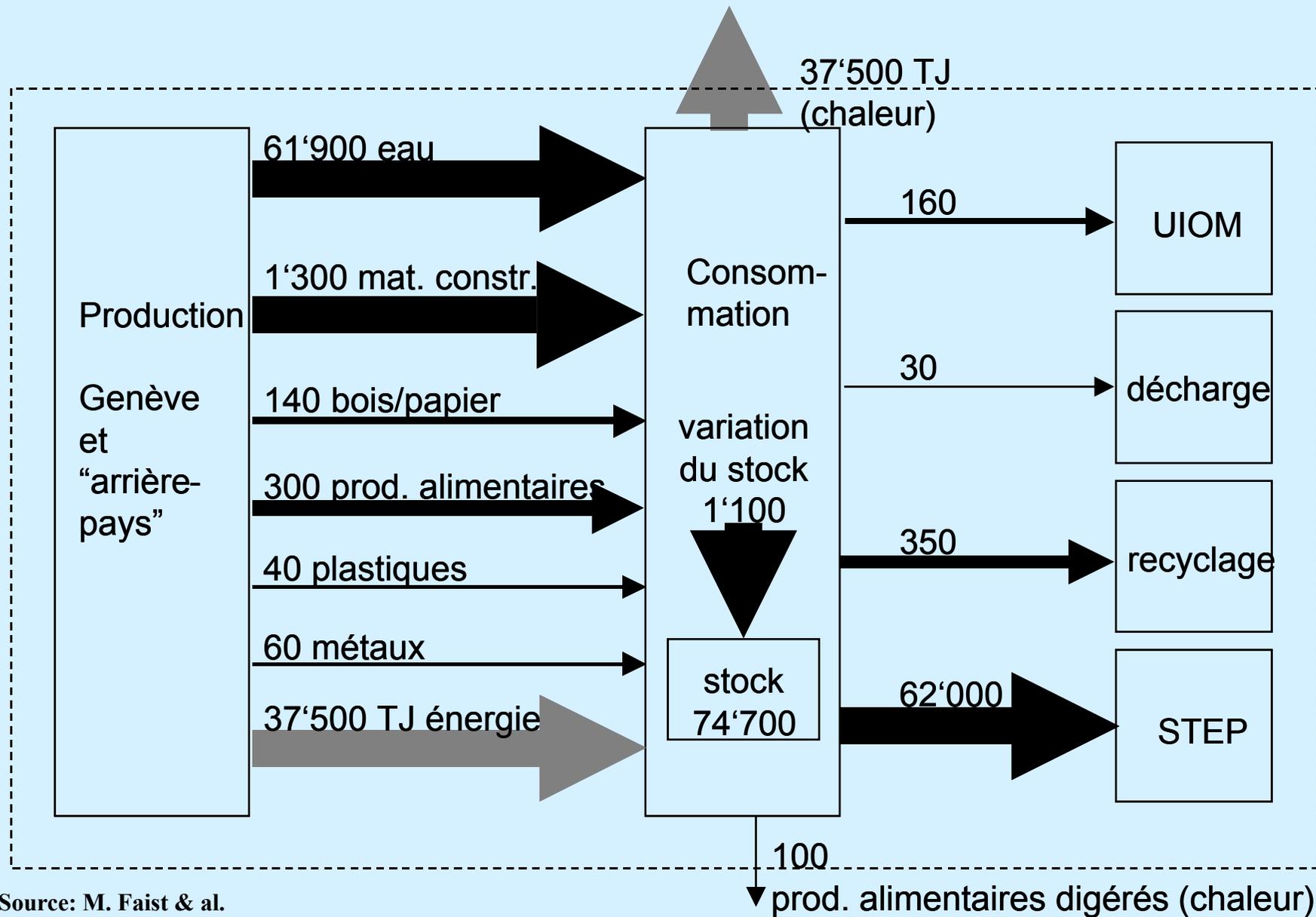
Limites du système étudié (2000)



UIOM = Usine d'incinération des ordures ménagères

STEP = Station d'épuration des eaux usées

Métabolisme du canton de Genève: flux totaux (2000)



Source: M. Faist & al.
Unités: milliers de tonnes

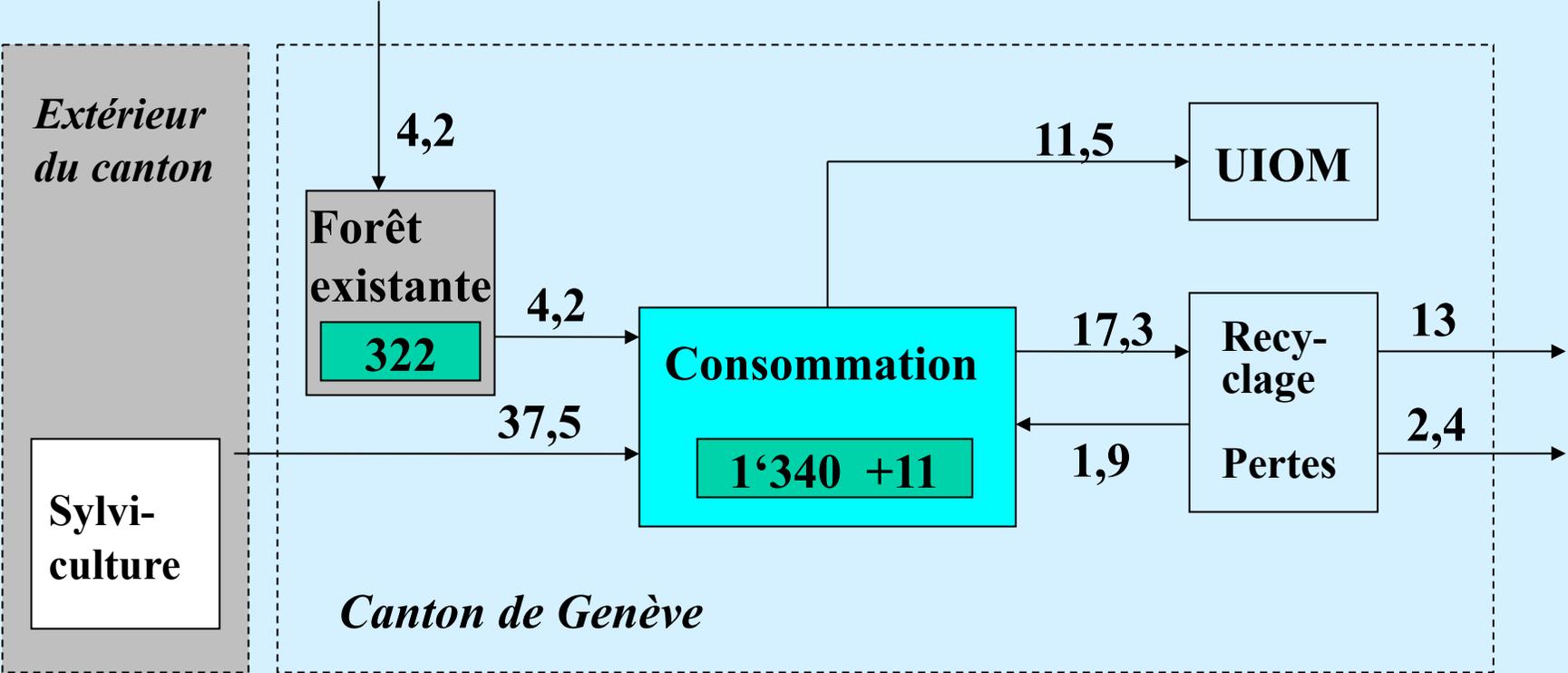
Importance relative des secteurs

	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Ménages
Eau	6%	25%	27%	42%
Energie (chaleur)	3%	10%	30%	57%
Energie (électr.)	3%	12%	60%	25%
Métaux (fer)	2%	13%	40%	45%
Bois	2%	26%	35%	36%
Plastiques	2%	10%	39%	49%
Mat. construction	2%	6%	43%	49%
Aliments	n.a.	4%	45%	51%

Source: M. Feist & al.

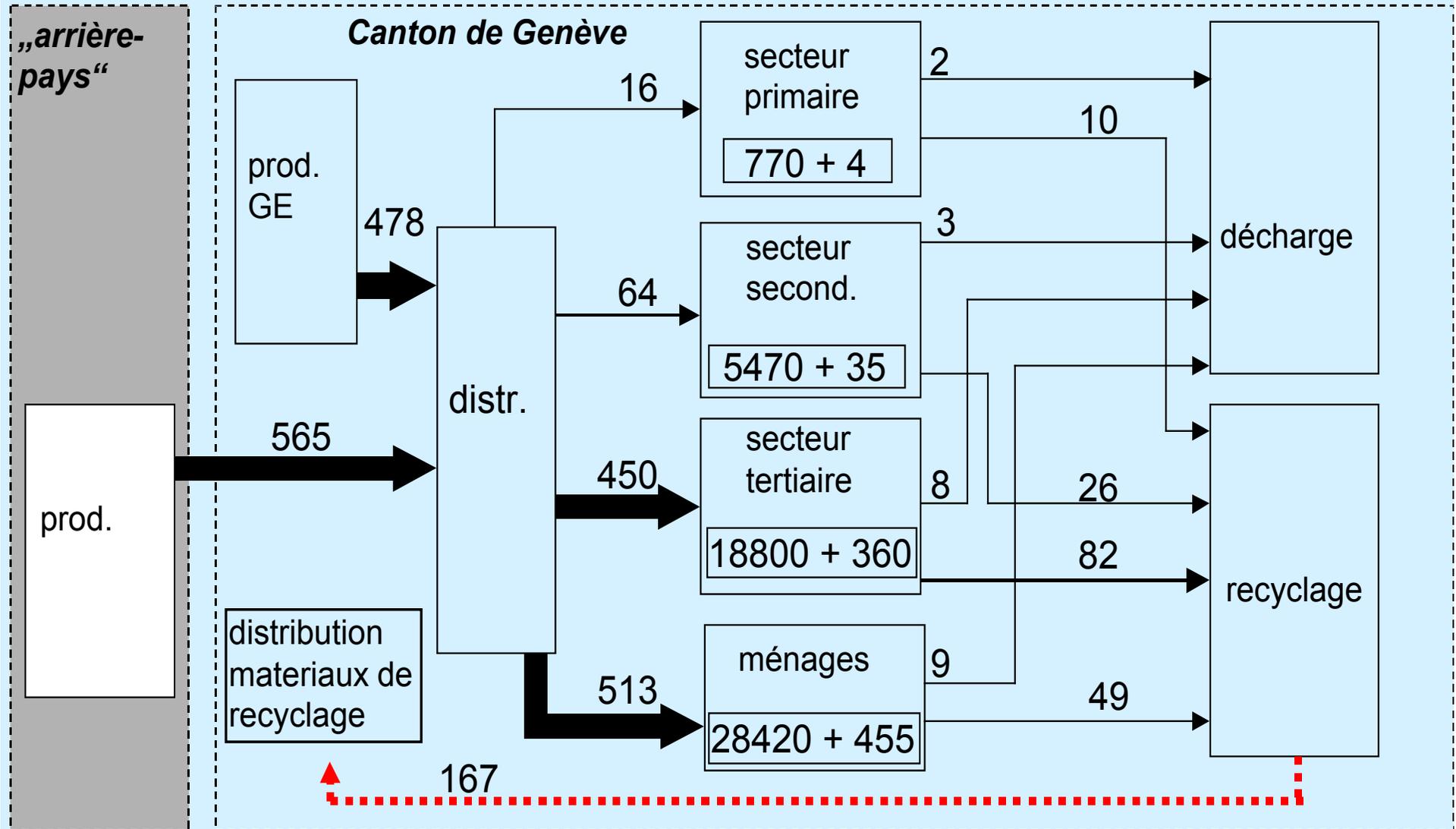
Bois

(milliers de tonnes par an, 2000)



Source: M. Faist & al.

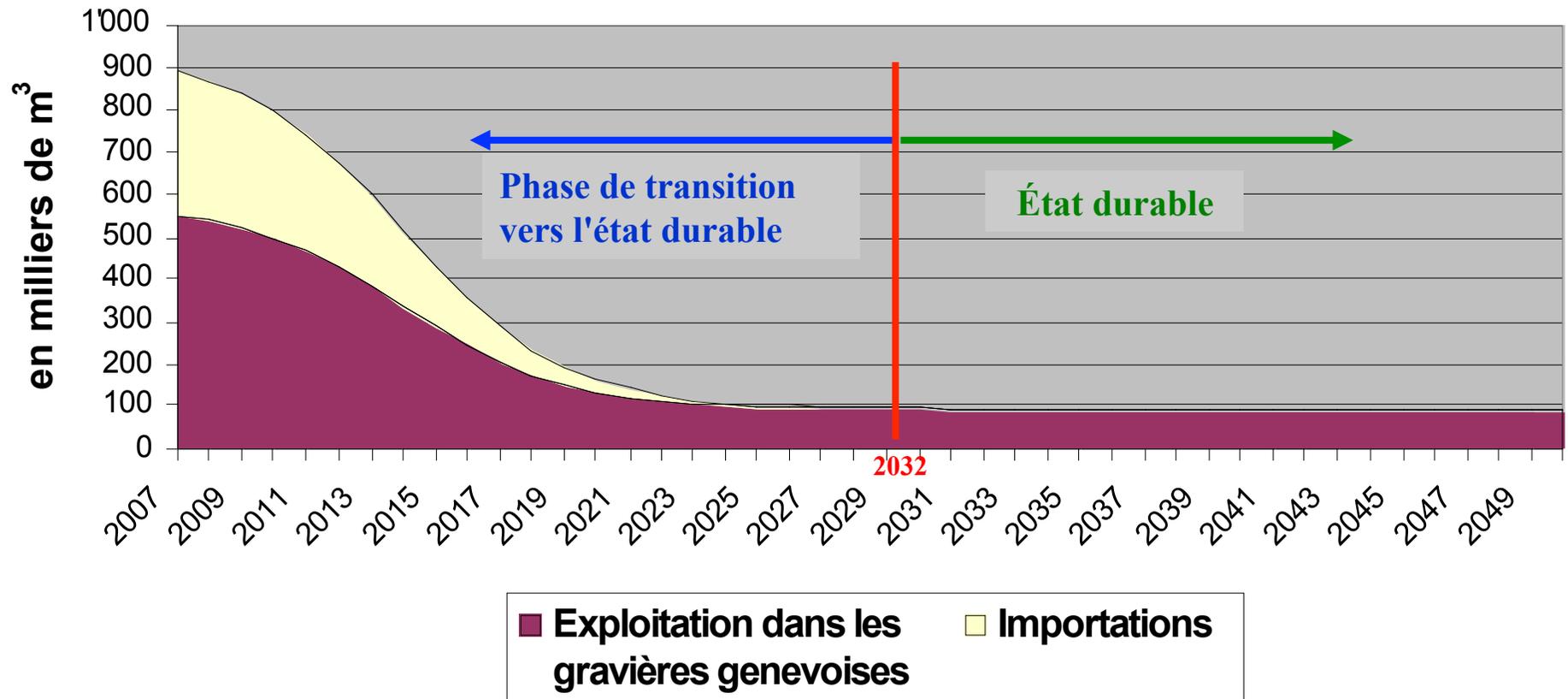
Flux et stocks de béton et briques (milliers de tonnes)



Source: M. Faist & al., 2003

Gravier : Le concept durable

Référentiel pour l'évolution de la consommation totale de grave naturelle



Planification énergétique territoriale

Projet de quartier «Genève Lac Nations»



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

Source: ScanE GE

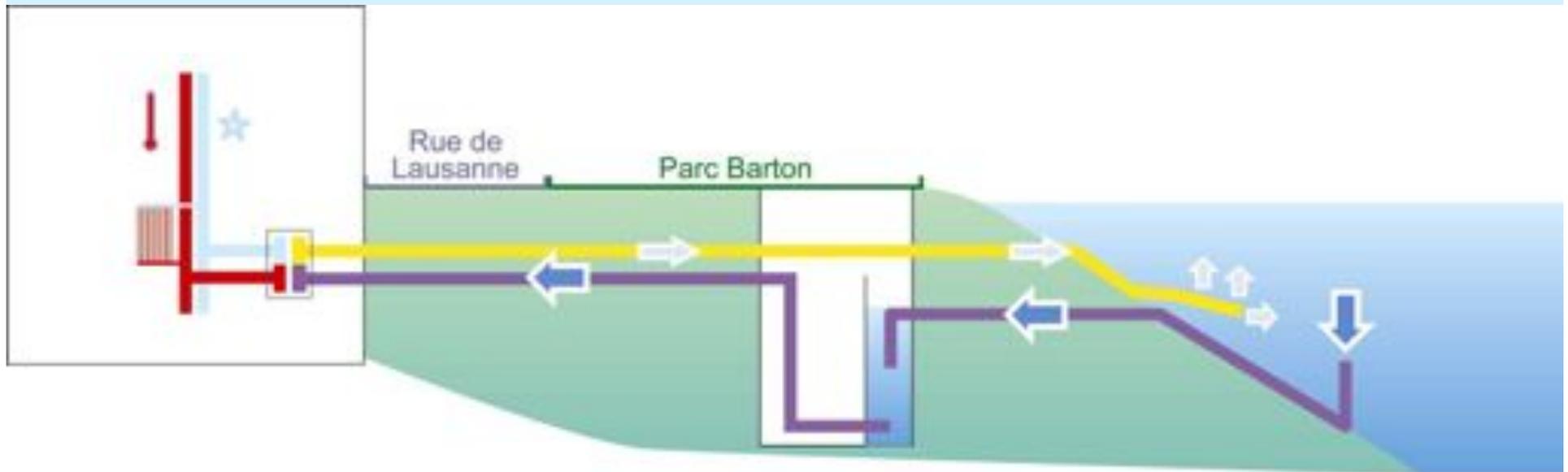
Projet «Genève Lac Nations» (GLN)





Projet «Genève-Lac-Nations»

Eau du lac pour refroidir en été, chauffer en hiver



Installations hydrauliques réalisées par SIG

De nouvelles activités !

- **Analystes en métabolisme des activités économiques**
- **Ingénieurs de réseaux trophiques industriels**
- **Gestionnaires délégués à l'écosystème industriel**
- **Dématérialiseurs produits et systèmes**
- **Rudologues systémiques**

De nouvelles activités !

- **Quantificateurs d'impacts**
- **Vulgarisateurs de données/labels environnementaux**
- **Nanodissipateurs / Chimistes verts**
- **Diététiciens territoriaux**
- **Optimiseurs de fonctionnalité**

Merci pour votre attention !

Questions ?

Prof. Suren ERKMAN

suren.erkman@unil.ch / suren.erkman@epfl.ch