

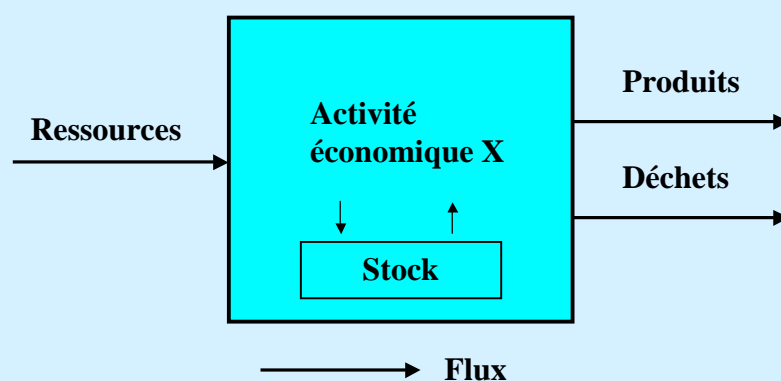
Introduction à l'écologie industrielle

Suren ERKMAN

Séance du 14 décembre 2006

Master SIE - ENAC - EPFL - 2006 / 2007

Métabolisme des ressources matérielles (Material Flow Analysis - MFA)



Principe: conservation de la masse et de l'énergie

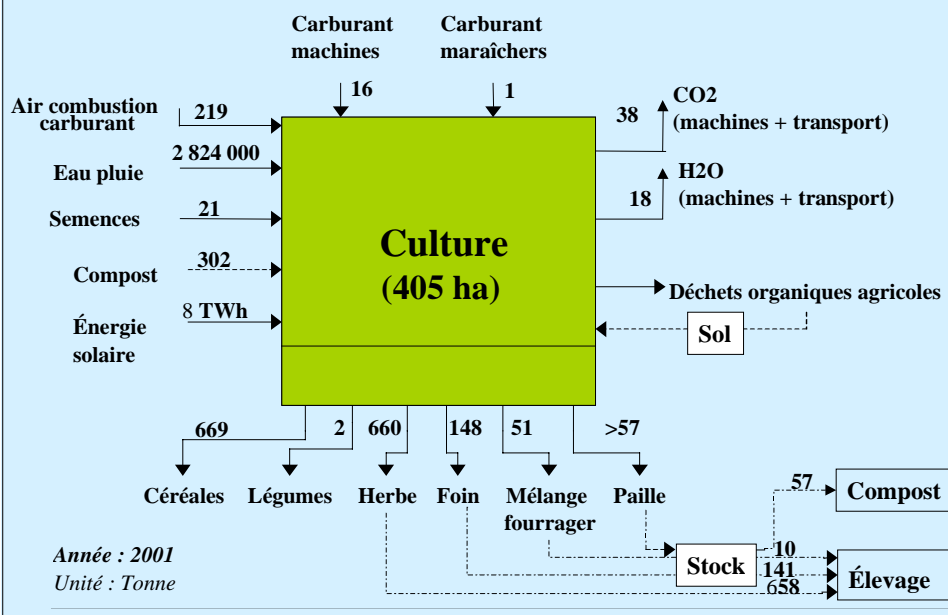
Métabolisme agricole:

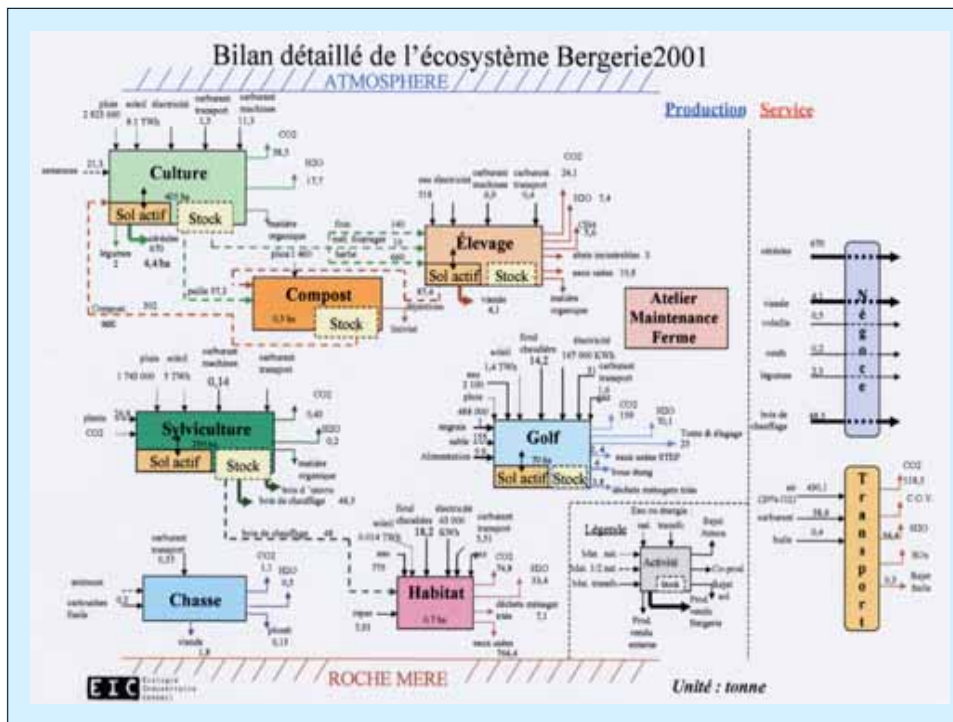
Domaine de La Bergerie:
Parc Naturel Régional du
Vexin, 790 hectares, 70
km. à l'ouest de Paris.

- 405 hect. cultures + élevage;
- 250 hect. sylviculture;
- 70 hect. golf + chasse;
- 65 hect. 2 châteaux.



Domaine agricole: métabolisme de l'activité «culture»

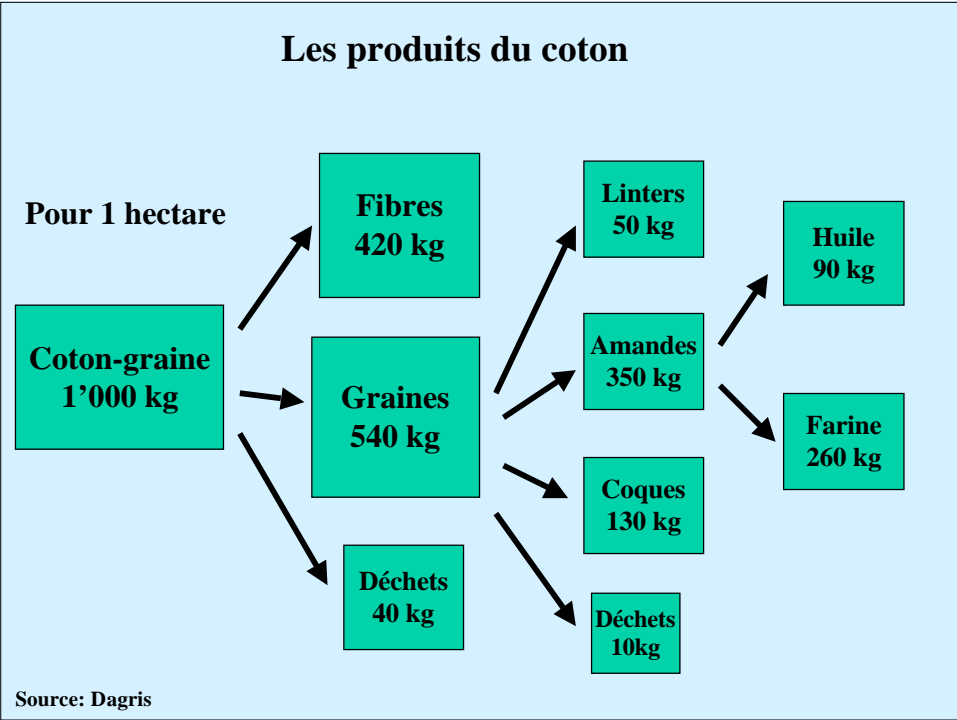




Partenariat EIC / Dagrís

<http://www.dagris.fr>





Production mondiale de fibre de coton:

1949: 7,2 millions de tonnes

2004: 23,5 millions de tonnes

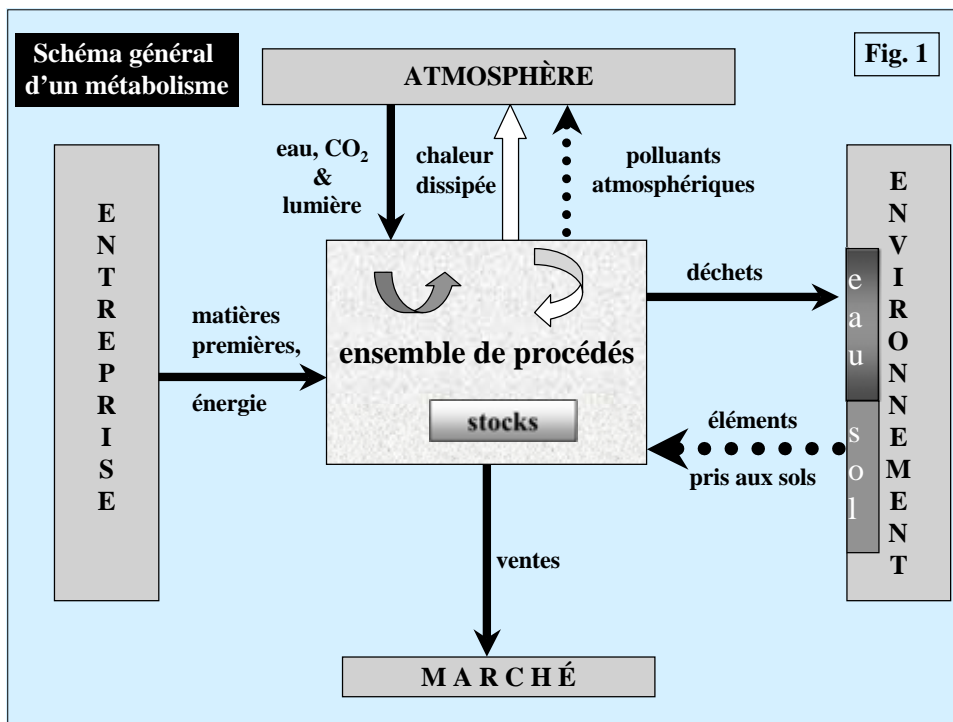
➔ Majeure partie de la consommation mondiale de pesticides utilisée pour la culture du coton.

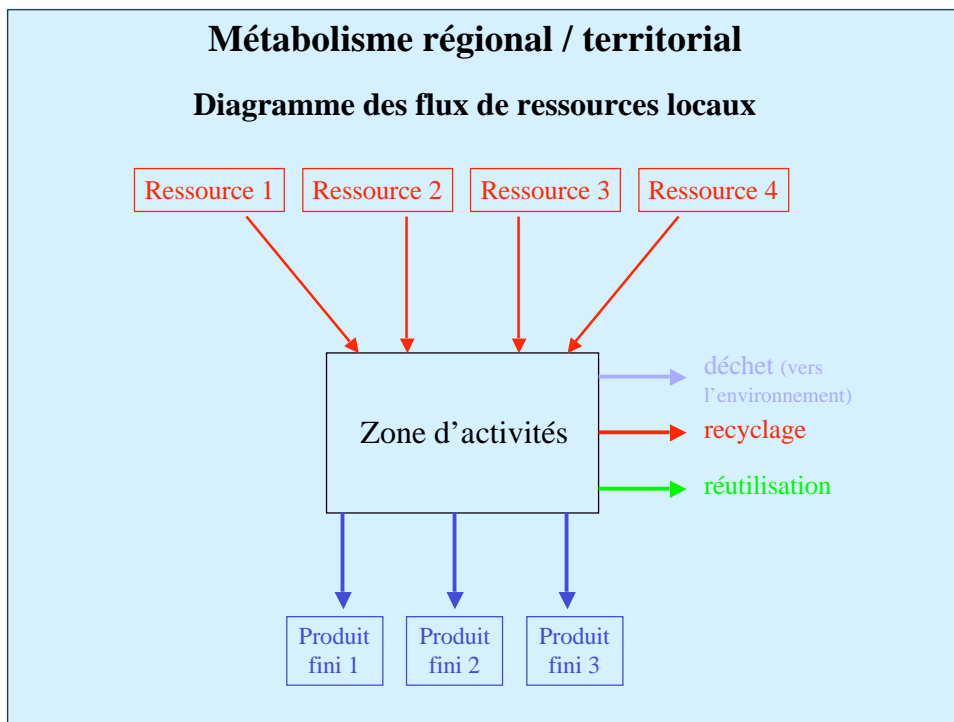
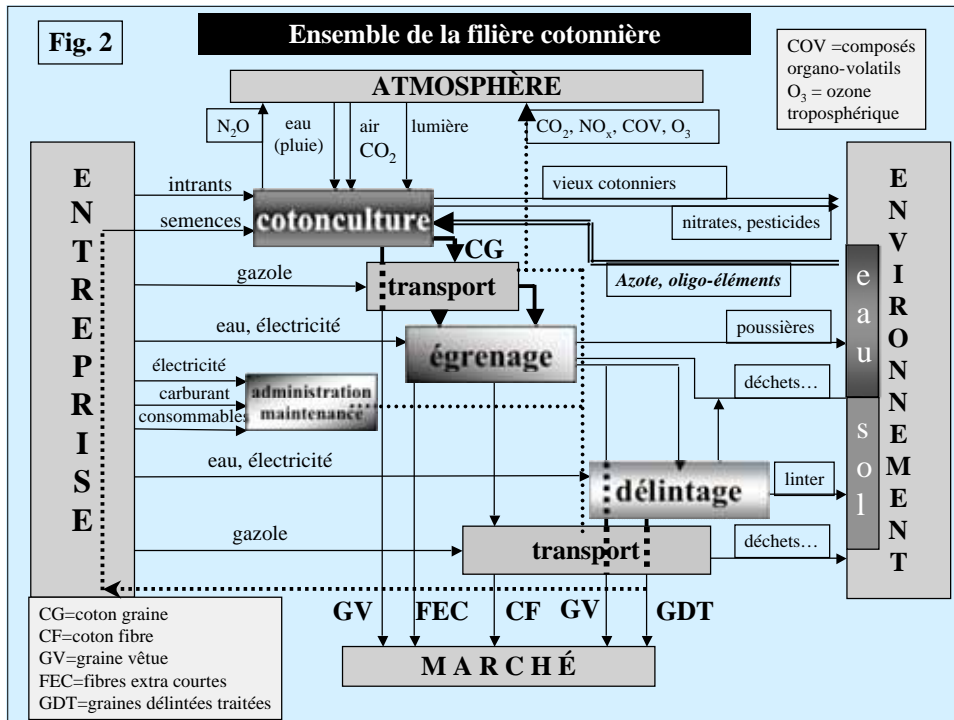
Principaux producteurs de coton (2003 / 2004):

Chine:	~ 5 millions de tonnes
USA:	~ 4 millions de tonnes
Inde:	~ 3 millions de tonnes
Pakistan:	~ 1,7 millions de tonnes
Brésil:	~ 1,3 millions de tonnes

Soit: ~ 75% de la production mondiale

Source: Dagrís





Métabolisme industriel dans le bassin du Rhin



Fig. 1 The Rhine Basin. Place-names in boxes signify locations of monitoring stations of the International Commission for the Protection of the Rhine.

Source: IIASA

Métabolisme industriel dans le bassin du Rhin

- **Bassin fluvial: entité géographique idéale pour les études de MI.**
- **7 substances étudiées: Cd, Pb, Zn, N, P, lindane, PCB.**
- **Substances toxiques: importance de la disponibilité.**

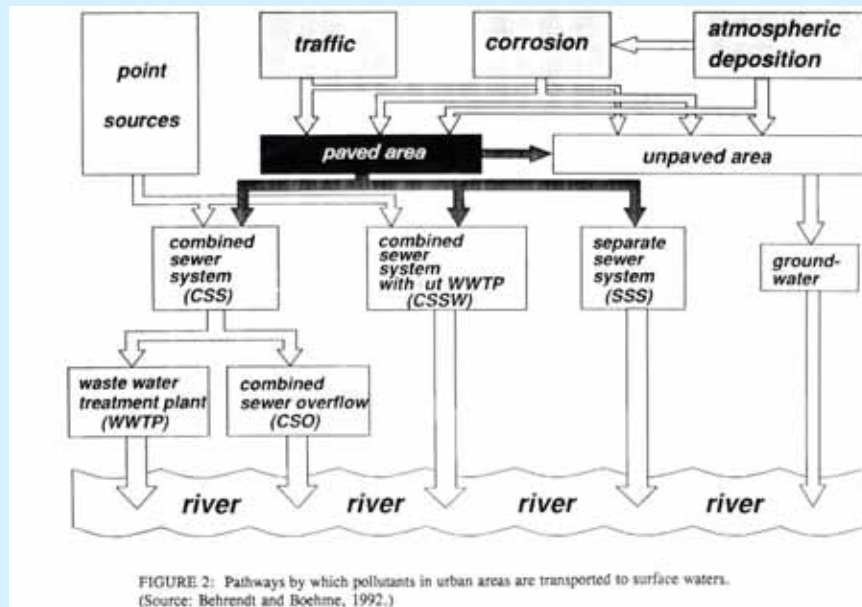
Métaux lourds:

- **Nombreux usages: pesticides, fongicides, bactéricide, pigments, revêtements de métaux, batteries électriques.**
- **8 métaux lourds toxiques (As, Ag, Cr, Pb, Cd, Zn, Hg, Cu): tous entrent dans le circuit économique comme sous-produits, «par inadvertance» (ex.: Hg / ciment)**

Métaux lourds:

- **Zn et Pb contaminants de tous les minerais; Ag sous-produit des minerais de Cu, Zn, Pb; Cd sous-produit du Zn; As sous-produit du Cu.**
- **Cas du cadmium: minerais de phosphate et de fer, le charbon, le pétrole lourds, et le raffinage du zinc.**

Chemins des substances dans le bassin du Rhin

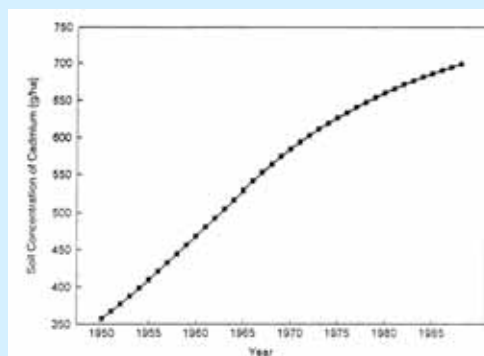


Source: IIASA

Doses cumulées:

« Bombes chimiques à retardement »

- Cd accumulé de 1950 à 1988:
 - 830 t. en zone urbaine
 - 1500 t. dans les forêts
 - 4000 t. sur les terrains agricoles
- 36 t. / an de Cd déposées sur les terres agricoles par les engrais phosphatés.



Métabolisme des ménages urbains:

Etude METAPOLIS (Baccini & al.)

- **Saint-Gall: 70'000 habitants, 35'000 ménages.**
- **Flux d'approvisionnement et de désapprovisionnement.**
- **8 substances chimiques « indicatrices »:**

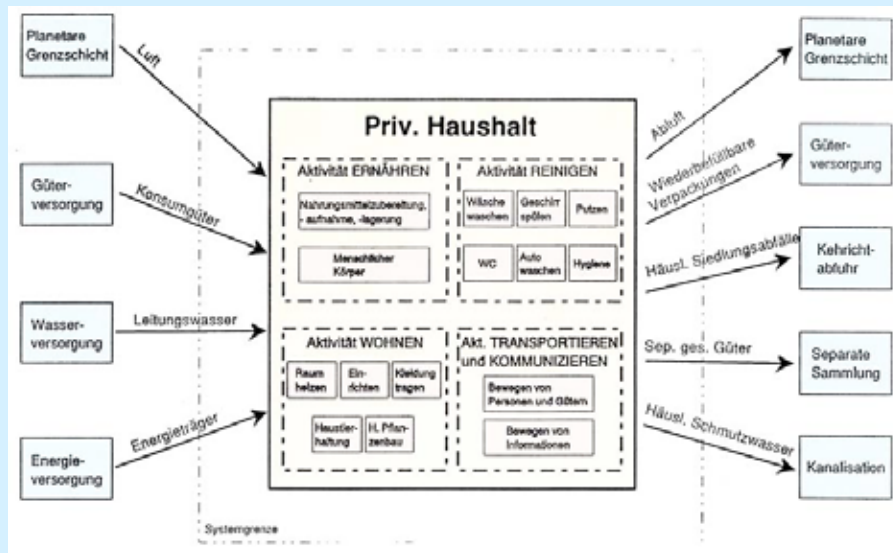
C, S, P, Al, Fe, Cu, Zn.

Métabolisme des ménages urbains:

Etude METAPOLIS (Baccini & al.)

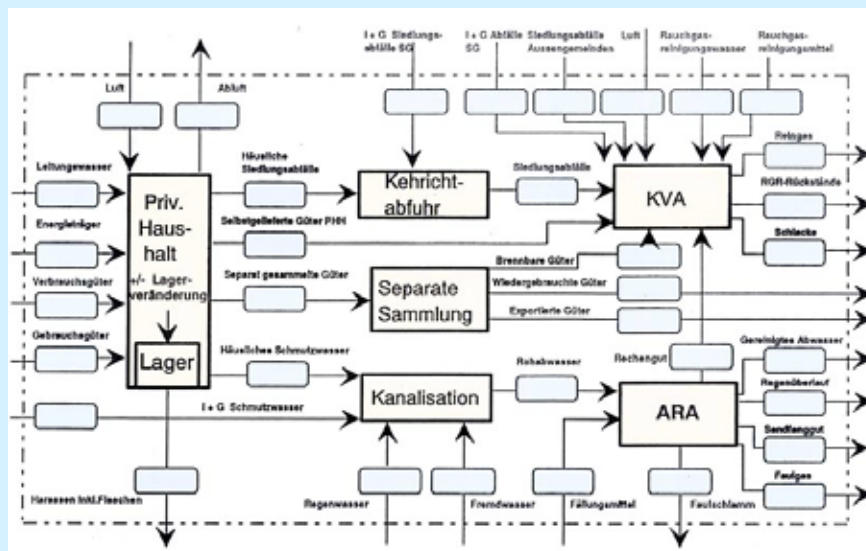
- **Quatre activités:**
 - **«nourriture»**
 - **«nettoyage»**
 - **«habitation»**
 - **«transport et communication»**

Métabolisme urbain: Saint Gall



Source: Baccini & al.

Métabolisme urbain: Saint Gall



Source: Baccini & al.

Etude METAPOLIS: principaux résultats:

- **100 tonnes de matière par habitant et par an (270 kg./jour), dont environ 80 % d'eau et 20% d'air.**
- **Biens de consommation à courte durée de vie (1%) et agents énergétiques (1%), soit: 2t. / hab. / an.**
- **Biens à longue durée de vie (automobiles, meubles, etc.): 0.1 %, soit 100 kg. /hab. / an.**

Etude METAPOLIS : stocks

- **Le stock de biens mobiles s'élève à 1 tonne / hab., dont 50 % pour l'automobile.**
- **Le stock de biens mobiles est en croissance de 2 % par an.**
- **Stock des biens immobiliers non estimé (bâtiments, routes, etc.).**

Conclusions:

- **La ville comme «réacteur à flux continu»**
- **Les flux de matières ne sont pas dans un état stationnaire, mais puisent dans de grands «réservoirs urbains».**
Cause: pas la croissance démographique!
- **Principaux impacts: «habitation» et «transports». Il faut des transformations structurelles du système urbain.**

Métabolisme régional: définitions de base (1)

(selon méthodologie P. Baccini & al. ETHZ)

- ***Métabolisme*: processus de transformation de la matière et de l'énergie des organismes vivants.**
- **Par analogie, on peut considérer qu'une région ou une ville sont des organismes vivants doués d'un «métabolisme».**

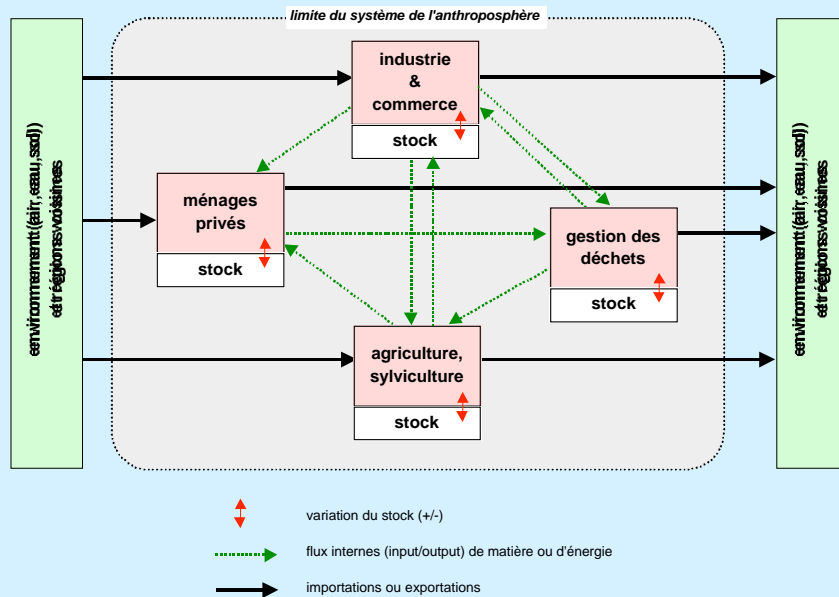
Métabolisme régional: définitions de base (2)

- **Région**: entité économique-géographique ouverte, présentant aussi bien un métabolisme naturel qu'anthropique.
- Cet espace géographiquement défini comprend le sous-sol (20 mètres ou plus) ainsi qu'une couche d'air (1000 mètres).

Métabolisme régional: définitions de base (3)

- Un **système** se compose d'un ensemble de **procédés**, échangeant des **biens** et des **substances chimiques**, et délimité par une enveloppe espace-temps.

Méthodologie du métabolisme régional(Baccini & al.)

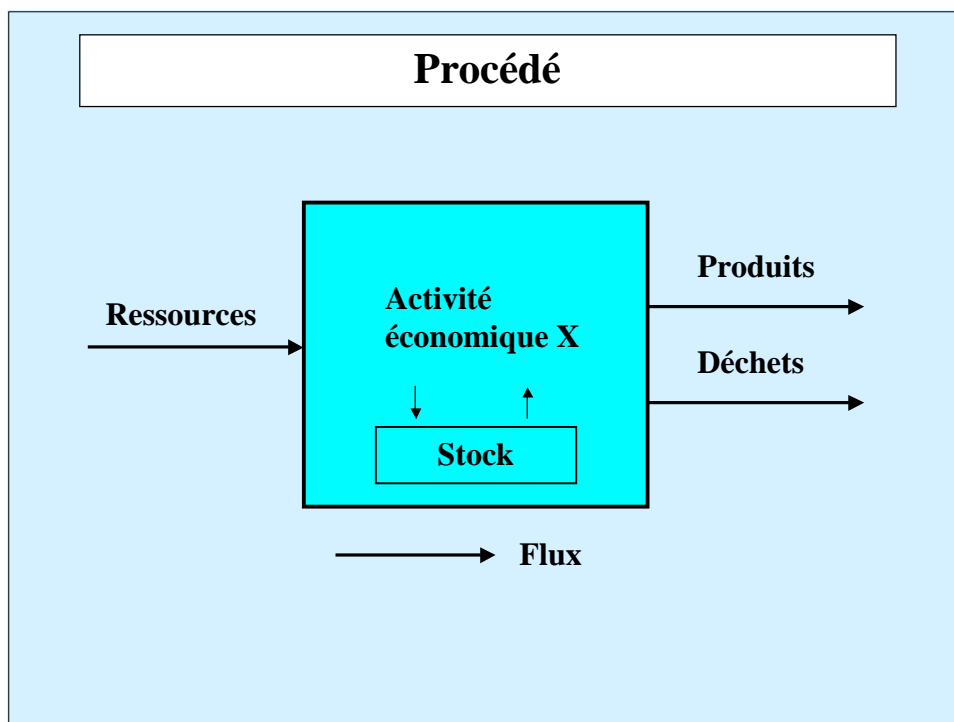


Métabolisme régional: définitions de base (4)

Les ressources sont constituées par les matières premières, ressources naturelles, biens de consommation, infrastructures, déchets, substances chimiques, etc.

Métabolisme régional: définitions de base (5)

Les procédés désignent l'ensemble des phénomènes de transformation, de transport et de stockage des ressources.



Métabolisme régional: définitions de base (6)

- Une *substance* est un élément chimique (au sens du tableau périodique) ou l'un de ses composés.
- Par *bien*, on entend un produit physique transportable, de valeur économique positive, nulle ou négative.
- *Matière*: bien ou substance chimique.

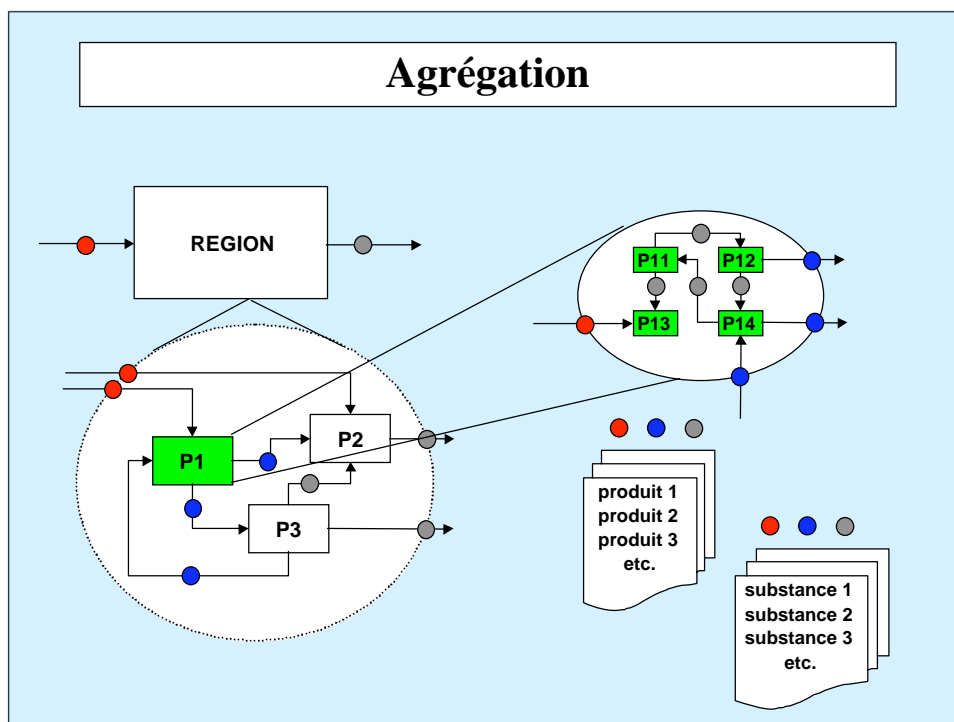
Métabolisme régional: définitions de base (7)

Un *flux* est une quantité de matière ou d'énergie déplacée par unité de temps et d'espace.

Métabolisme régional: définitions de base (8)

• Un *stock* est une quantité de matière ou d'énergie se trouvant à un endroit donné.

Un stock peut faire l'objet de variations positives (accumulation) ou négatives (perte): les variations de stocks sont des flux.



Etapes de l'établissement du bilan de matière

Définir les **objectifs**

Délimiter le **système**

Sélectionner les **substances** indicatrices

Analyser le système avec ses procédés et biens

Calculer les flux et les stocks

Représenter les résultats du bilan puis les **interpréter**

Métabolisme des activités économiques

Sommet du G8 (Evian, 2 juin 2003):

«Nous approfondirons notre connaissance des flux physiques de ressources et continuerons de travailler sur les indices de productivité de ces ressources, notamment dans le cadre de l'OCDE.»

*Science et technologie au service du développement durable -
plan d'action du G8*

Métabolisme des activités économiques

OCDE:

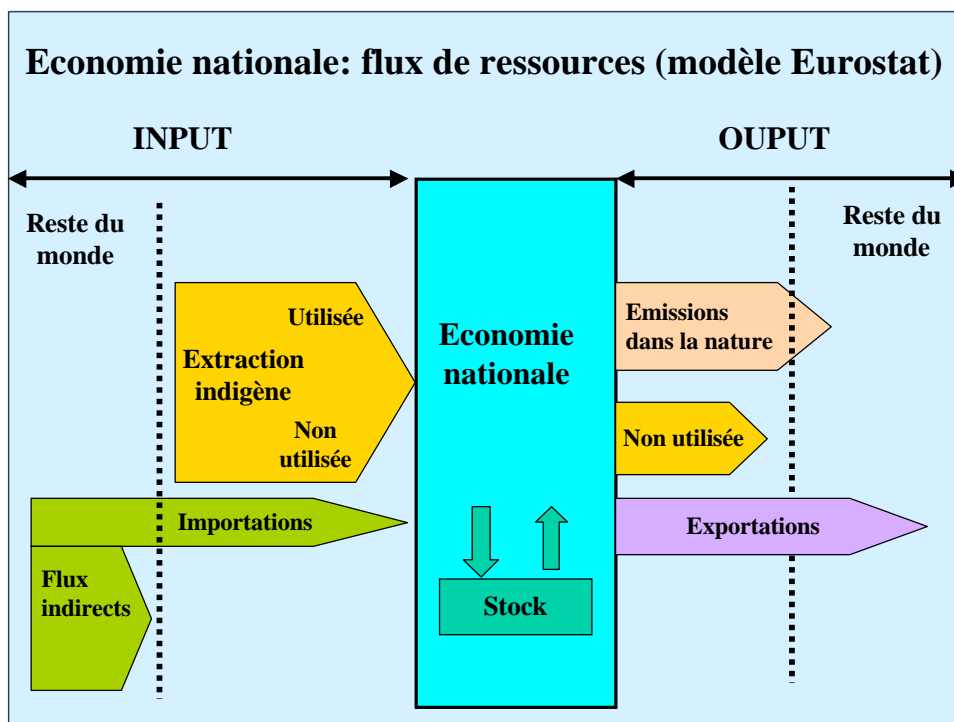
Recommandations du Conseil sur les flux de matières et la productivité des ressources, 21 avril 2004.

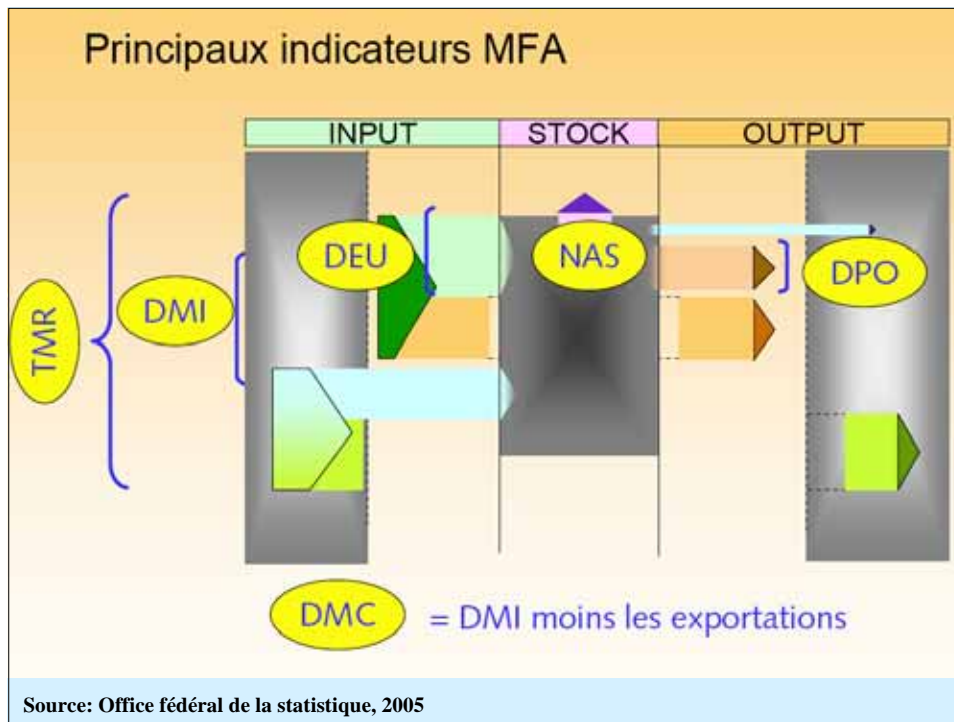
Japon:

«Fundamental Law for establishing a Sound Material-Cycle Society», Loi N° 110, 2 juin 2000.

Suisse (Office fédéral de la statistique):

Etude de métabolisme national 2005 / 2006, en cours.





DMI en Suisse 1981 - 2001

- En 2001: DMI = 103 millions de tonnes = 14,4 t./hab.
- Composition du DMI Suisse:
 - matériaux de construction (51%),
 - biomasse (22%),
 - produits fossiles (15%),
 - minéraux industriels (5%),
 - autres (7%).

DMI en Suisse: évolution 1981 - 2001

Produits fossiles: + 8%

Minéraux industriels: 37%

Autres produits: + 93% !!!

Importations: 35 millions à 45 millions t. (36% à 43% DMI)

Exportations: 5 millions à 14 millions t.

DMC en Suisse: évolution 1981 - 2001

DMC Direct Material Consumption =

DMI - exportations

DMC: 94 millions t. en 1981, 90 millions t. en 2001.

Divergence des courbes dès 1989: dématérialisation ?