

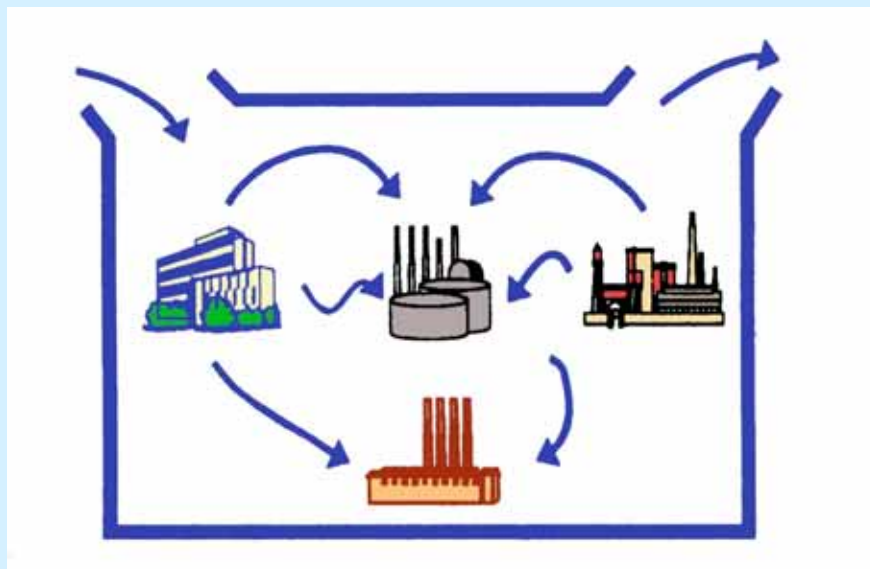
Introduction à l'écologie industrielle

Cours du Prof. Suren ERKMAN

Séance du 9 novembre 2006

Master SIE - ENAC - EPFL - 2006 / 2007

Parcs et réseaux éco-industriels



Source: R.P. Côté and al.

Réseaux trophiques entre entreprises

Evident... mais pas trivial:

- **La meilleure approche ne consiste pas nécessairement à minimiser les «déchets» des entreprises individuelles.**
- **Objectifs: générer des sous-produits valorisables, en procédant aux éventuelles adaptations nécessaires.**

Réseaux trophiques entre entreprises

Evident... mais pas trivial:

- **Elaborer des processus industriels «flexibles», pouvant utiliser des matériaux de composition et de qualité variables.**

Réseaux éco-industriels

Enjeu territorial:

- remise en cause du «zonage» traditionnel
- nouvelle «hybridation» d'activités
(«biocénoses industrielles»)

National Industrial Symbiosis Programme (NISP) - UK

Valorisation d'huiles végétales usagées sous forme de biodiesel

?

British Industrial Plastic

?

RIX Bio Diesel Ltd

Source: Ben Duret

National Industrial Symbiosis Programme (UK)

British Industrial Plastic

- *Excès de capacité de production*
- *Infrastructures et licences pour la production de composés organiques*
- *Stratégie de développement d'activités de recyclage*

Mais

- *Pas de source d'huile végétale recyclée*
- *Pas de marchés correspondant*

Source: Ben Duret

National Industrial Symbiosis Programme (UK)

RIX Bio Diesel Ltd

- *Source d'huile végétale identifiées*
- *Connaissance des marchés de biodiesel*

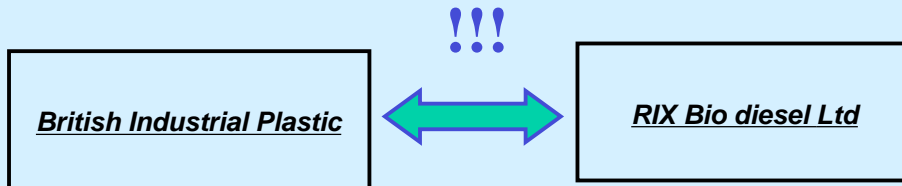
mais

- *Pas d'unité de production*
- *10 million de £ disponibles*

Source: Ben Duret

National Industrial Symbiosis Programme (NISP) - UK

Création par deux entreprises d'une activité de production de biodiesel à partir d'huile végétale usagée



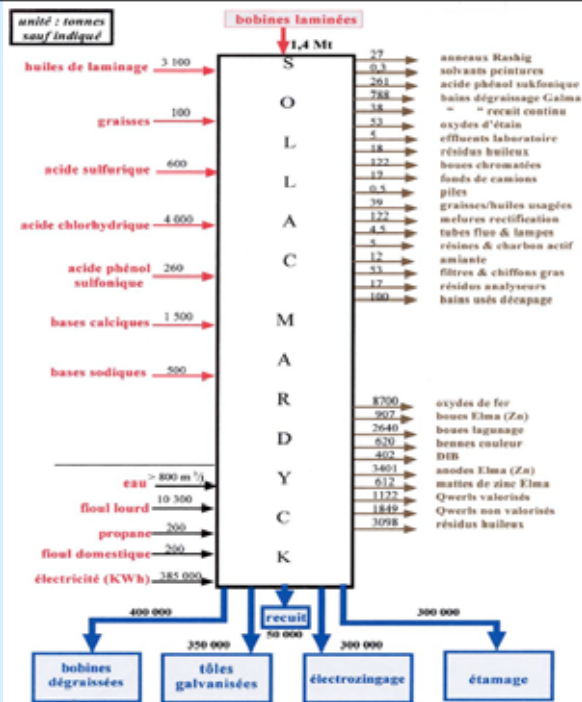
- Depuis août 2002 :
- Valorisation de 56 000 t/an d'huile
 - Production de 50 000 t/an de biodiesel

Source: Ben Duret

Usine de Sollac - Mardyck:

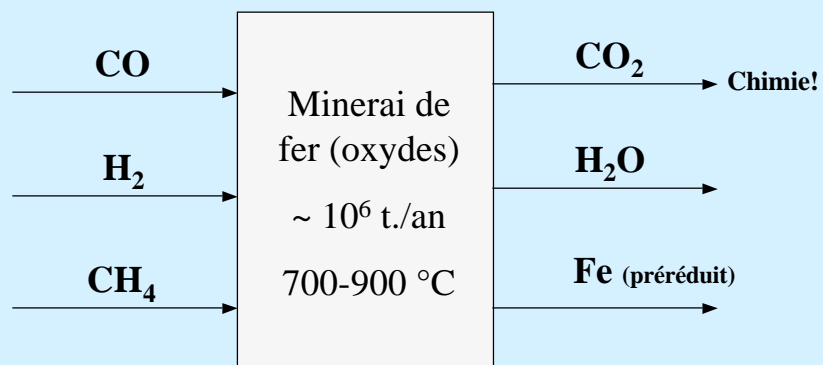
Inputs + outputs

www.ecopal.org



Complexe «préréduits»

(concept pour Grande Synthe/Dunkerque)



Enjeu stratégique: Electricité de France (EDF)

• **Objectifs:**

- 50% du CA hors électricité
- 50% hors de France

• **Mot d'ordre: «multiservices, multi-énergies»**

(stratégie dans un marché libéralisé)

Enjeu stratégique: Electricité de France (EDF)

- **EDF a identifié l'écologie industrielle comme stratégique à double titre :**

- a) **comme producteur**

- b) **comme prestataire de services**

- **Fin 2001: Création de l'AssociationAuxilia**

- <http://www.auxilia.asso.fr>

Détection de synergies entre entreprises:

- 1) **Approche empirique:**

- Réseautage social**

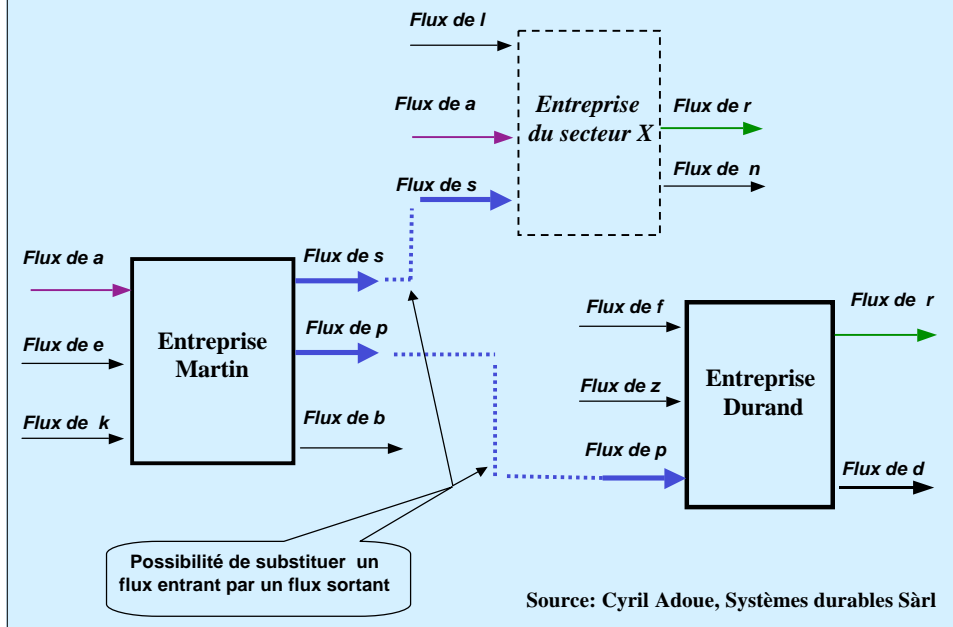
- 2) **Approche systématique:**

- Métabolisme de chaque partenaire potentiel**

- 3) **Approche déductive:**

- Détection de toutes les synergies théoriquement possibles**

Détection de synergies intersectorielles



Caractérisation des flux

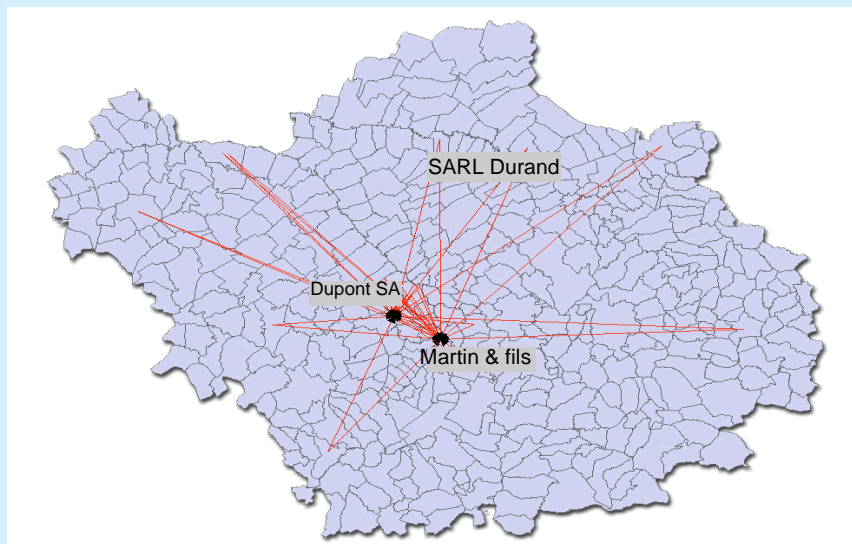
Ex.: eau

- Eau potable
- Eau domestique
- Eau déminéralisée
- Eau décarbonatée
- Eau purifiée
- Eau glycolisée
- Eau industrielle
- Eau contaminée par des hydrocarbures

Caractérisation des flux Ex.: énergie

- Air comprimé
- Air chaud
- Air froid
- Chaleur
- Eau chaude
- Eau froide
- Effluents gazeux chauds
- Effluents liquides chauds
- Electricité
- Vapeur d'eau

Détection de synergies sur un territoire (EDF/SD)



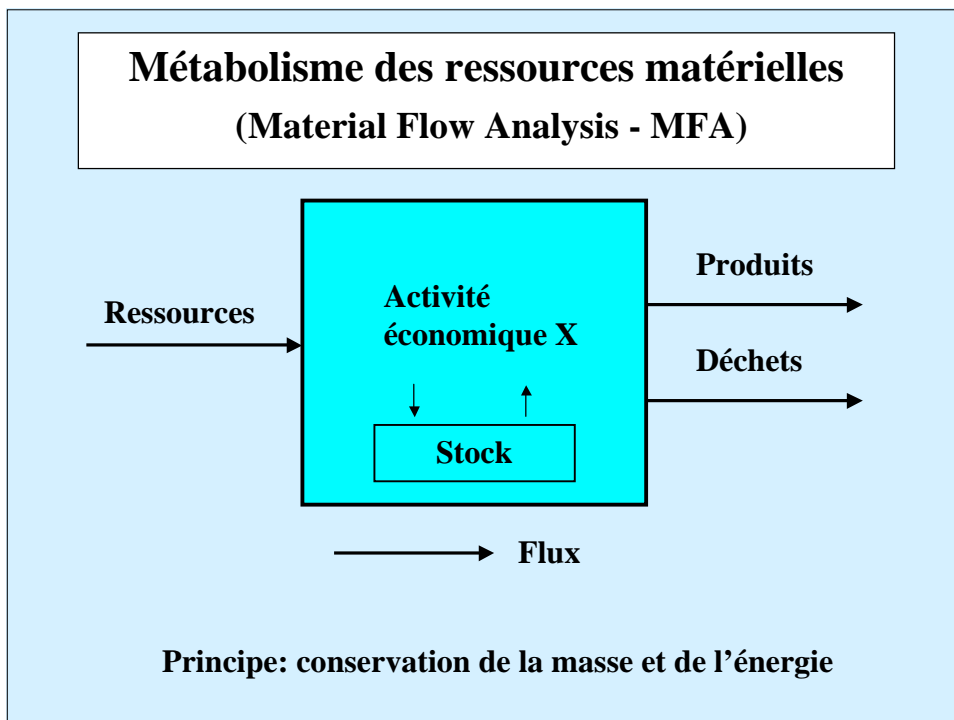
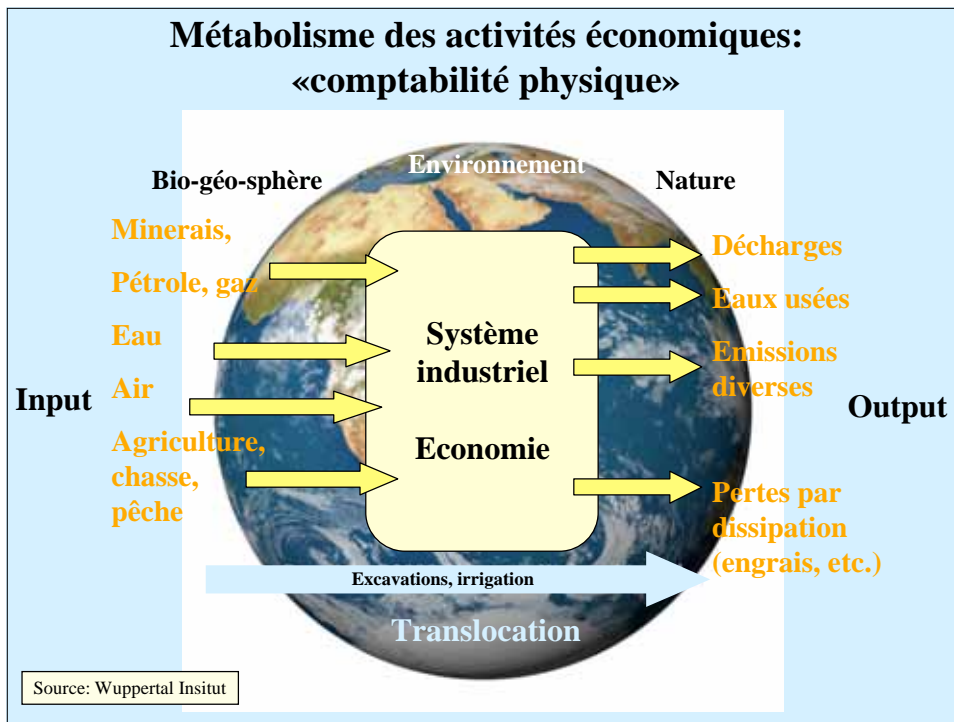
Source: Cyril Adoue, Systèmes durables Sarl

Axes opérationnels de l'écologie industrielle (1)

- **Valoriser les déchets et les sous-produits**
- **Utiliser les ressources des manière plus efficace**
- **Sécuriser l'approvisionnement en matières premières**
- **Détecter des marchés / concrétiser des opportunités**
- **Préserver / créer des emplois (locaux)**

Axes opérationnels de l'écologie industrielle (2)

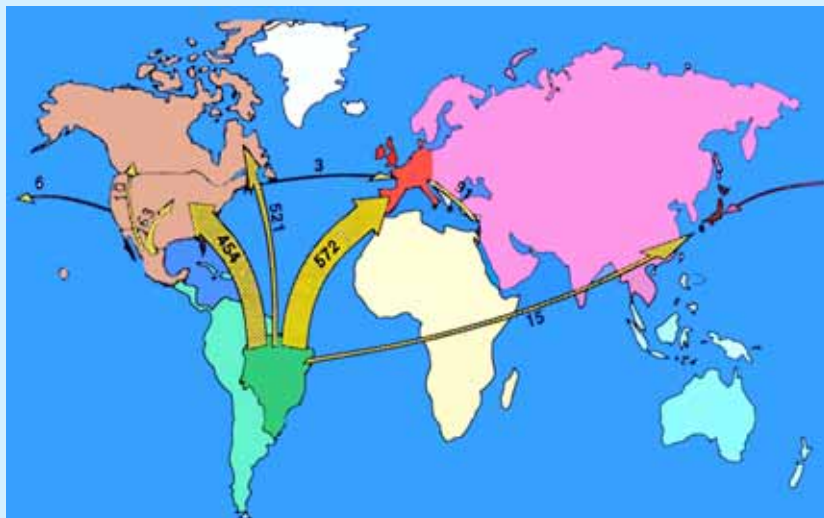
- **Accroître l'attractivité d'un territoire**
- **Stimuler l'innovation (économique, sociale)**
- **Réduire les risques environnement / santé**
- **Prévenir de nouveaux risques potentiels !!!**
- **Etc.**



Métabolisme industriel: options

- Élément (Cu, Cl, etc.)
 - Substance
 - Produit
 - Procédé
 - Secteur
 - Global
- **Limites temporelles et spatiales:**
 - Année, jour, siècle, etc.
 - Monde, pays, région, immeuble, entreprise, etc.

Flux de jus d'orange concentré (milliers de tonnes par an)



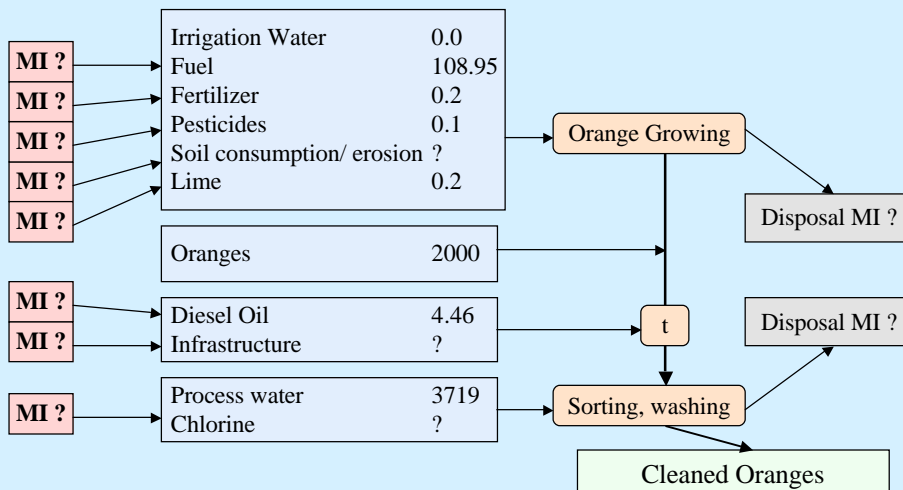
Source: S. Bringezu, Wuppertal Institute

Consommation de jus d'orange:

- 55 millions t. / an (production mondiale).
- Allemagne: 21 l. / capita / an.
- Brésil – Europe: 12'000 km., concentré à 8% de sa masse, congelé à -18°C .

Bilan de matière pour le jus d'orange

Matières en kg/t. jus



Source: S. Bringezu, Wuppertal Institut

Métabolisme industriel du jus d'orange:

- **100 kg. de pétrole pour une tonne de jus.**
- **22 verres d'eau pour un verre de jus.**

Métabolisme industriel du jus d'orange:

- **En tout, 25 kg. de matière pour 1 l. de jus.**
- **... bien plus en tenant compte des «rucksacks»
(p. ex.: 1 l. d'eau pour raffiner 1 kg. de pétrole)**

Métabolisme industriel du jus d'orange:

- **24 m² de terrain pour produire 21 l. de jus.**
- **Donc: 150'000 hectares de terrain au Brésil pour désaltérer l'Allemagne.**

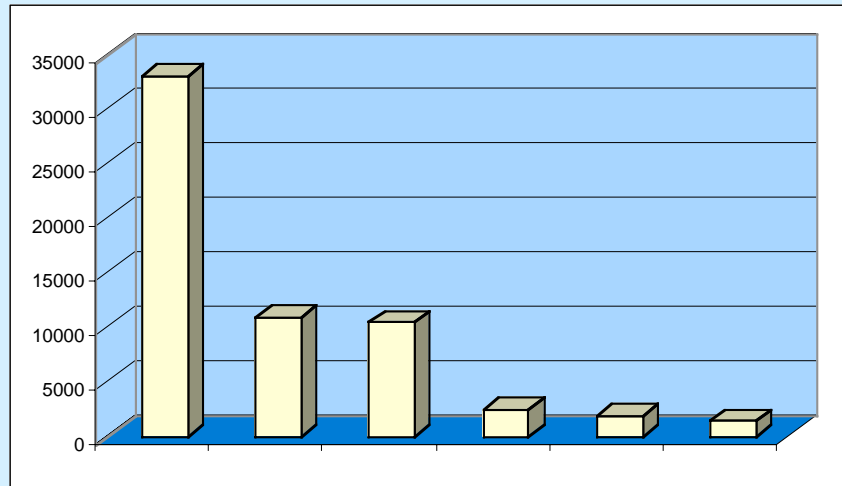
(seulement 48'000 hect. pour les cultures fruitières en Allemagne)

Métabolisme du jus d'orange aux USA:

Pour UN litre de jus d'orange:

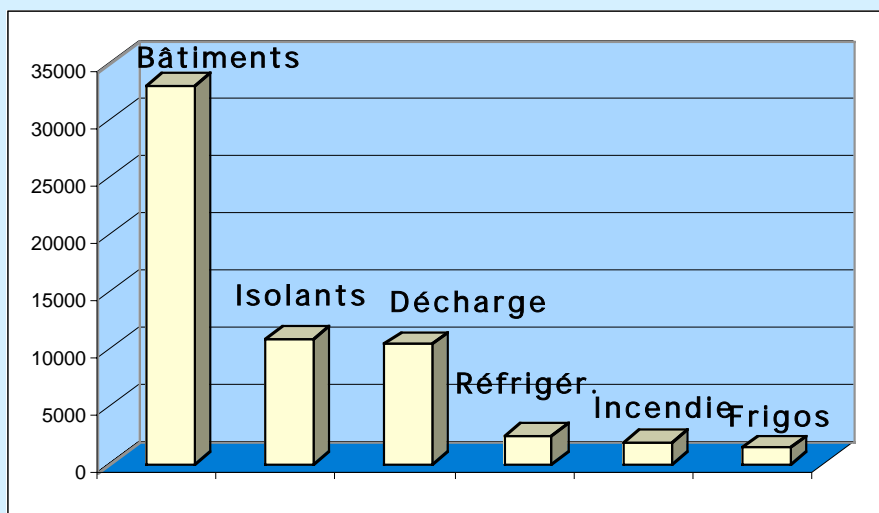
- **1000 l. d'eau pour l'irrigation**
- **2 kg. de pétrole**

CFC en Autriche...?

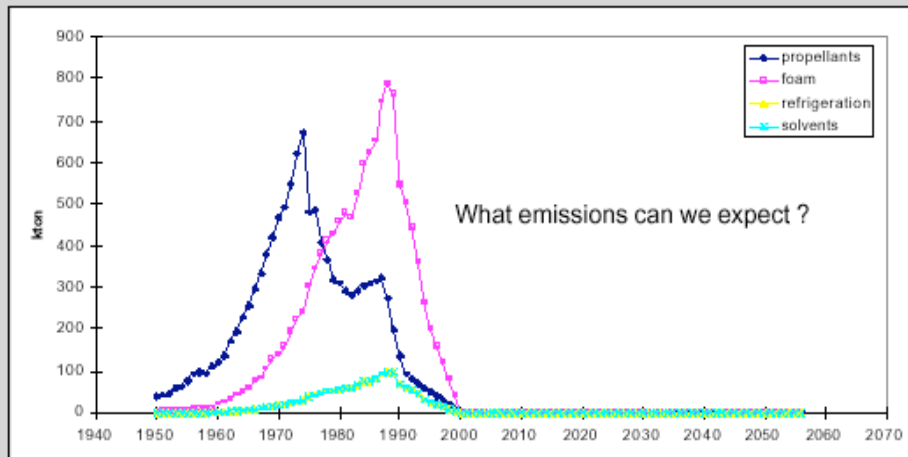


Incendie / Frigos / Décharges / Bâtiments / Isolants / Réfrigérants

CFC en Autriche

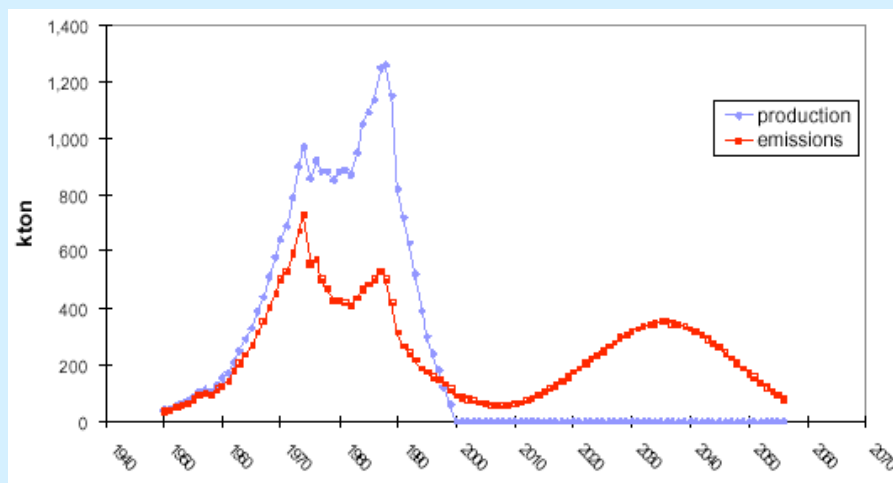


Consommation mondiale de CFC (kilotonnes)



Source: R. Kleijn & E. van der Voet, Leiden Univ.

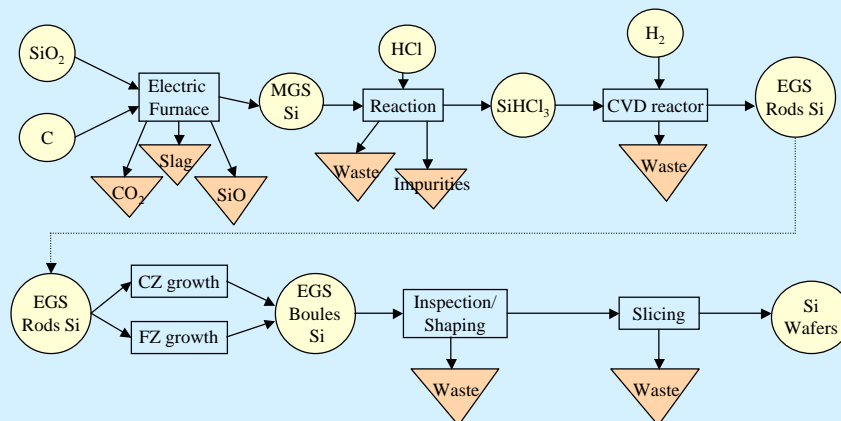
Production et émissions mondiales de CFC (modèle, en kilotonnes)



Source: R. Kleijn & E. van der Voet, Leiden Univ.

Métabolisme industriel des semiconducteurs

Préparation des « wafers »:



Source: Ayres and Ayres, 1996

Métabolisme industriel des semiconducteurs

Matière première: Metal Grade Silicon (MGS)

Après purification: Electronic Grade Silicon (EGS)

Métabolisme industriel des semiconducteurs

Production mondiale de MGS: ~ 1'000'000 t.

Dont environ 32'000 t. (~ 4 %) convertis en EGS.

Métabolisme industriel des semiconducteurs

- **Dont ~ 3'200 t. (~ 10 %, ou 0.4 % du MGS)
utilisées pour la fabrication de cellules
photovoltaïques.**
- **Mais seulement 750 t. de EGS (i.e. ~ 3 %) sont
finalement incorporées dans des circuits intégrés!**

Métabolisme industriel des semiconducteurs

Substances pour la fabrication:

- ~ 100'000 tonnes de Chlore par année!
- ~ 200'000 tonnes de produits chimiques (solvants, etc.)

Donc: ...

Métabolisme industriel des semiconducteurs

Donc:...

Gros problème avec les procédés de fabrication actuels, en cas d'utilisation à grande échelle du solaire photovoltaïque.

Métabolisme industriel des semiconducteurs

Raisons de ce gaspillage?

- **Faible concurrence entre les producteurs de substances pour les procédés de fabrication.**
- **Les procédés de fabrication se déroulent à petite échelle.**

Métabolisme industriel des semiconducteurs

La matière première a une très faible valeur par rapport au produit final:

- **Valeur de l'EGS: 1.5 \$/kg.**
- **Valeur du Silicium incorporé dans les «chips»:
~75'000 \$/kg.!**