

# L'Analyse du Cycle de vie

Évaluer les dommages  
à l'environnement de  
nos activités

**A. Hélias**



# Objectifs de la présentation

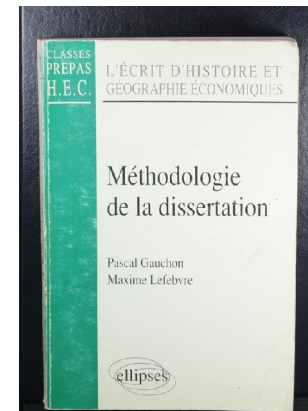
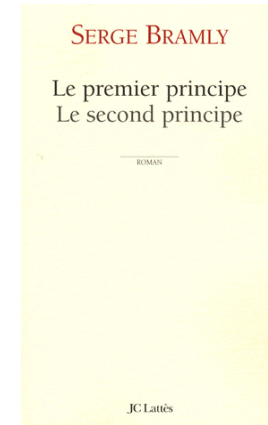
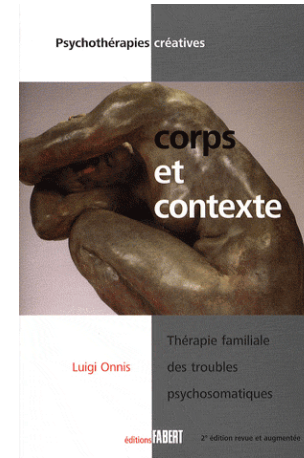
---

- Comprendre les enjeux de l'approche ACV
  - « Sauver la planète »
- Comprendre le contexte
  - « Pourquoi c'est à la mode ? »
- Les grandes lignes
  - « Comment on fait ? »



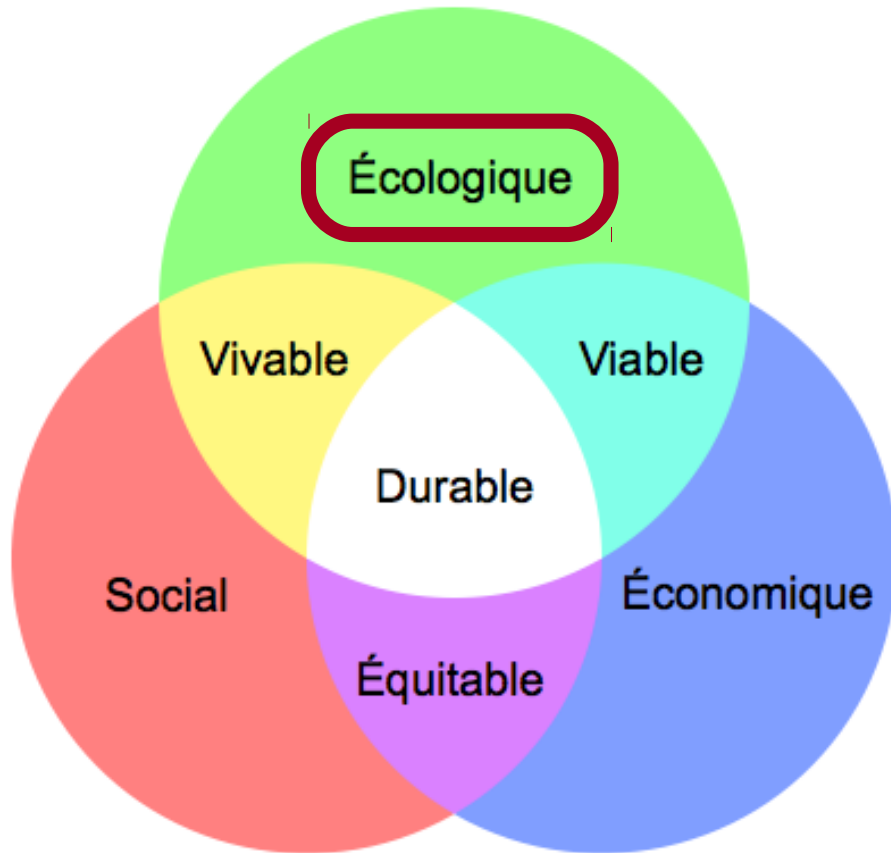
# Au menu

- Le contexte
- Les principes
- La méthodologie
  - Objectif & système
  - Inventaire des flux
  - L'analyse d'impact
  - Interprétation



# ACV & DD

- Besoin d'évaluer pour améliorer



→ **ACV : la méthodologie internationale pour quantifier les impacts sur l'environnement des biens et des services**

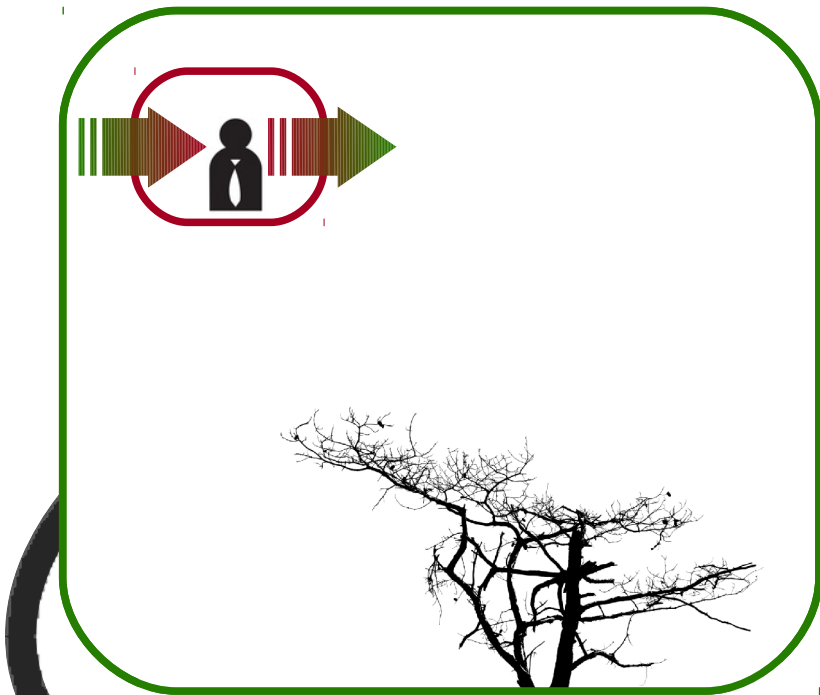


# Economie écologique

■ Le système **économique** dépend du système **écologique** :

- ressources
- l'assimilation de polluants

➔ Adapter le syst. économique aux capacités du syst. écologique



XIX<sup>ème</sup>



XXI<sup>ème</sup>



# Le « GreenWashing »



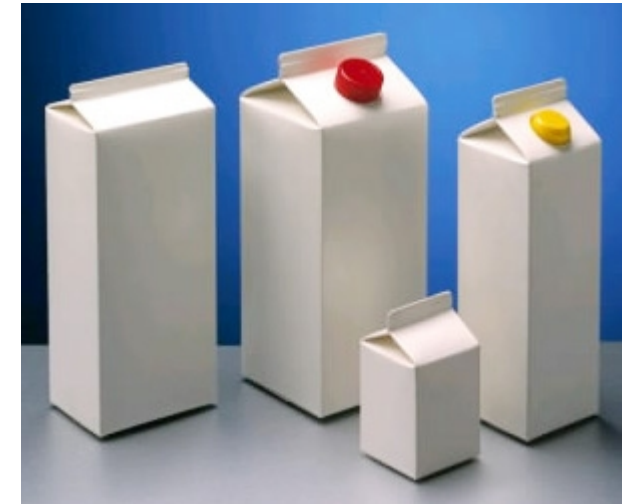
## Émissions de CO<sub>2</sub> faibles



## Émissions de CO<sub>2</sub> élevées



# Une argumentation



**Tetra Pak**

Analyses de Cycle de Vie  
des emballages de Tetra Pak

Rapport Final

Mars 2008

Bio Intelligence Service - La mesure du facteur santé  
Ecologie Industrielle - Santé nutritionnelle

Bio Intelligence Service S.A.S. - [bio@biols.com](mailto:bio@biols.com)  
1 rue Berthelot - 94200 Ivry-sur-Seine - France  
Tél. +33 (0)1 56 20 28 98 - Fax. +33 (0)1 58 46 09 95

➔ **Intérêt d'une  
approche ACV**

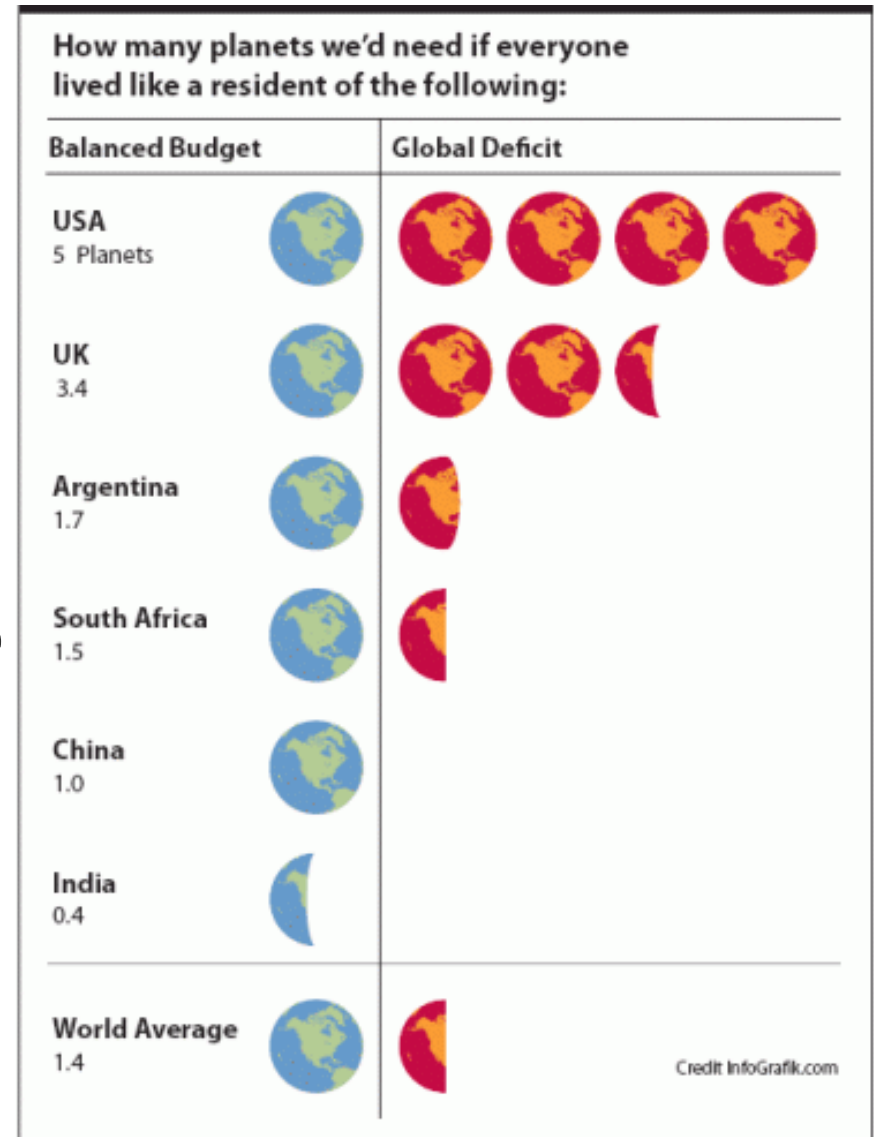


# Empreinte écologique



- Demande exercée par les hommes envers les "services écologiques" fournis par la nature

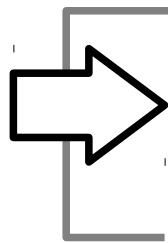
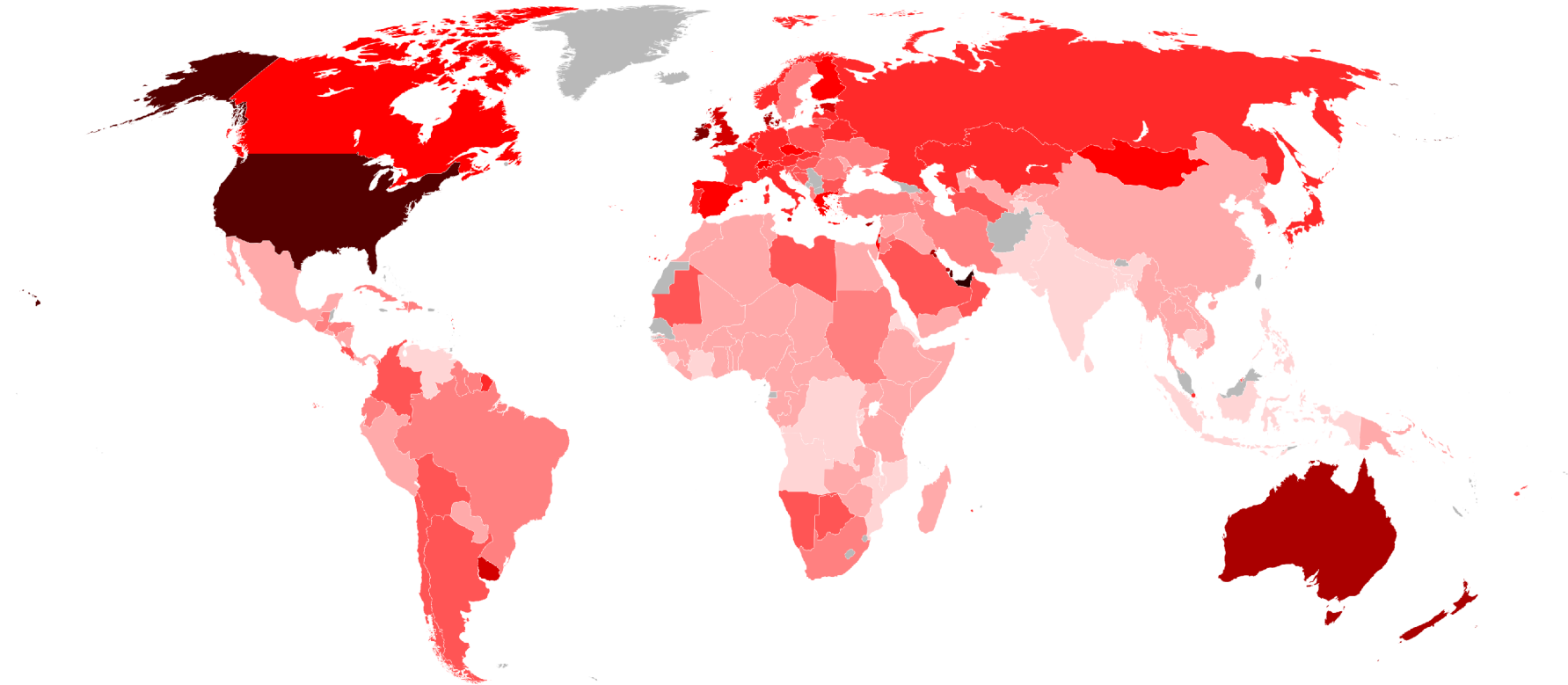
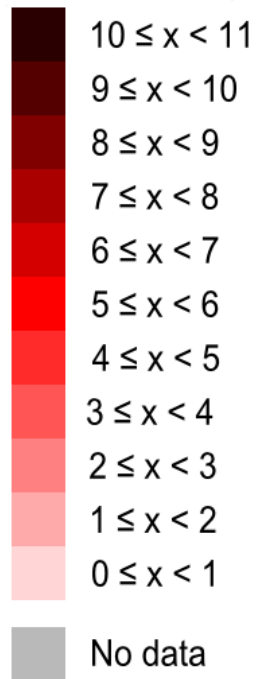
- « *Mesure en hectares de la superficie biologiquement productive nécessaire pour pourvoir aux besoins d'une population humaine de taille donnée* » (source : OCDE)





# Empreinte écologique

Ecological footprint (global hectares per capita)



**Approche :**

- « Économiste »
- Macroscopique
- Objectif de sensibilisation









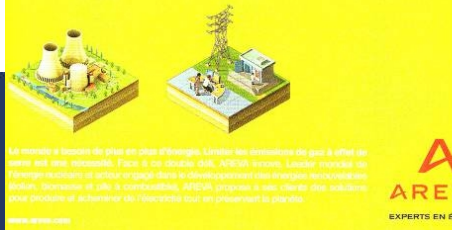






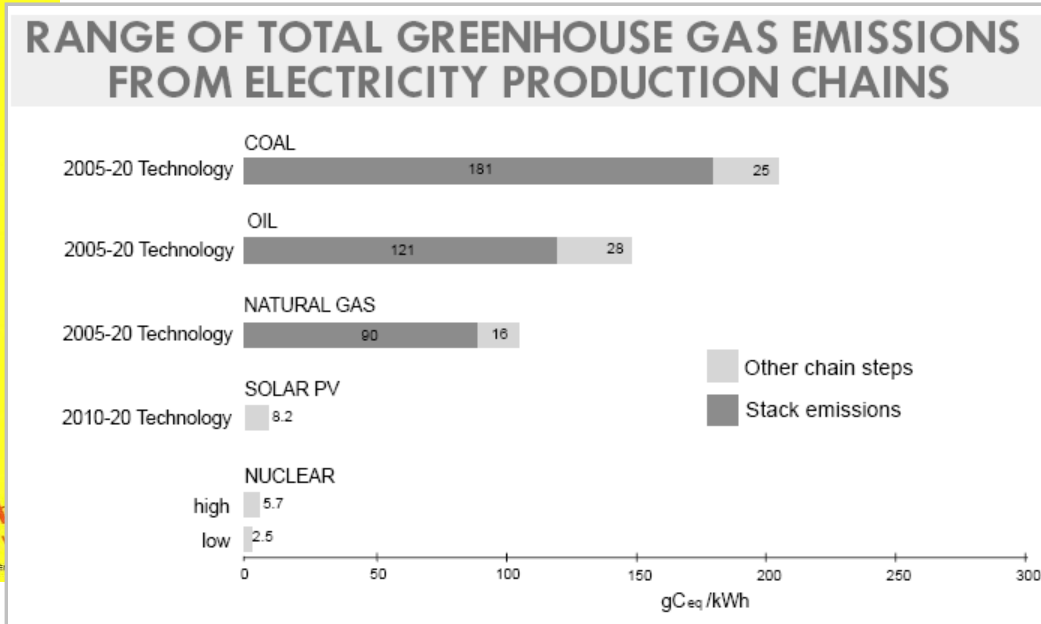
# Intérêt du « multicritère » »

Nos énergies ont de l'avenir.  
Un avenir sans CO<sub>2</sub>.



La France a besoin de plus de 100 GW d'énergie. L'essentiel proviendra du gaz à effet de serre et sera nécessaire. Face à ce constat, AREVA propose des solutions innovantes de production d'énergie dans le développement des énergies renouvelables. L'objectif est de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et de limiter les impacts environnementaux. AREVA propose à ses clients des solutions pour produire et distribuer de l'électricité tout en préservant la planète.

AREVA  
EXPERTS EN ÉNERGIE



Source: SPADARO et al., IAEA BULLETIN, vol. 42-2, 2000

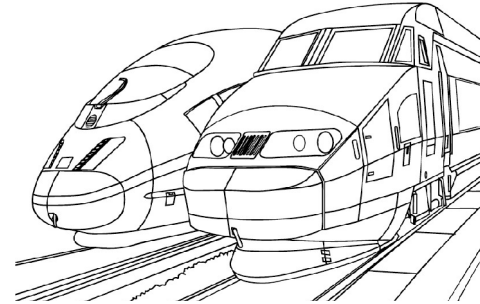
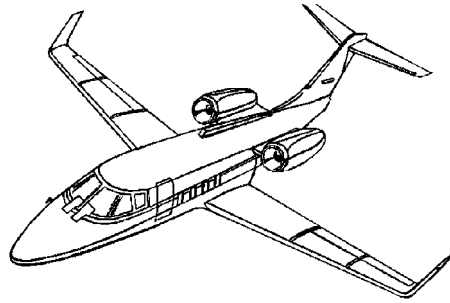
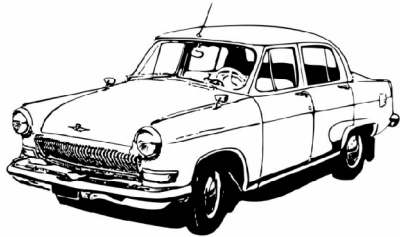
➔ Vision globale : Éviter les transferts de pollution entre les **impacts**



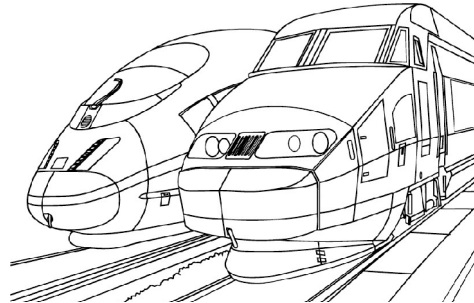
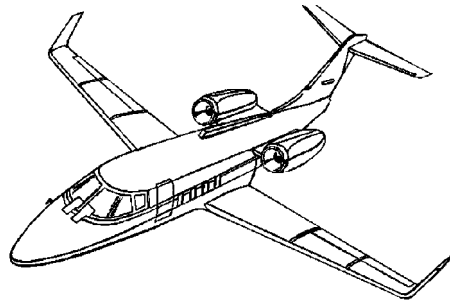


# Intérêt de la « fonction »

- Comparer ce qui est comparable



- → transporter quelqu'un sur « x » km

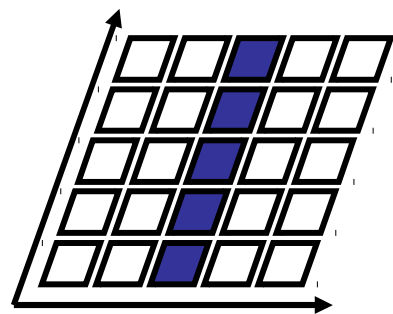
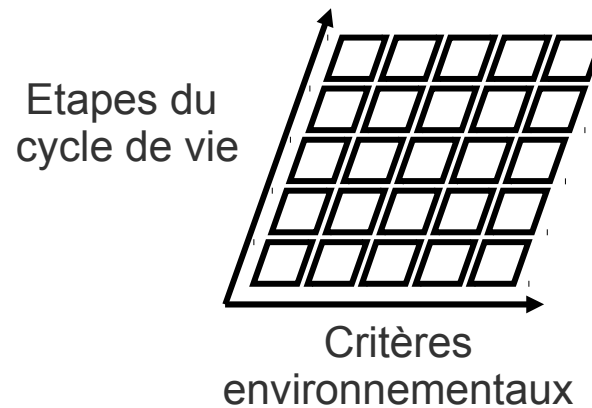


- → réunir des personnes pour une réunion

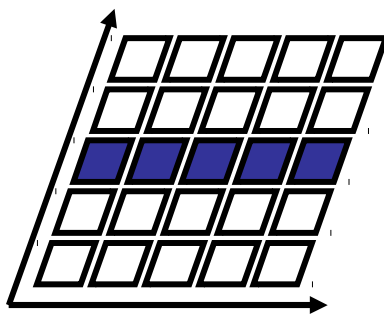
 **Dématérialiser le besoin**



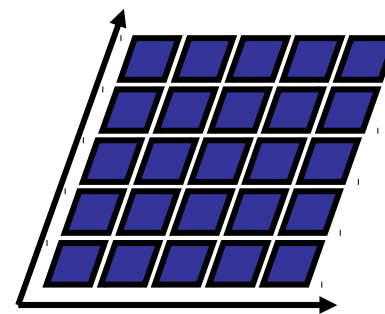
# Enjeux d'une évaluation



ex: bilan carbone®



ex: analyse de risque



ex: ACV

- Locale / **globale**
- Monocritère / **multicritère**
- Qualitative / **quantitative**



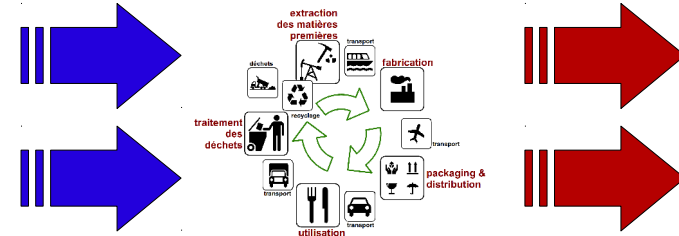


# La Démarche : 3 étapes

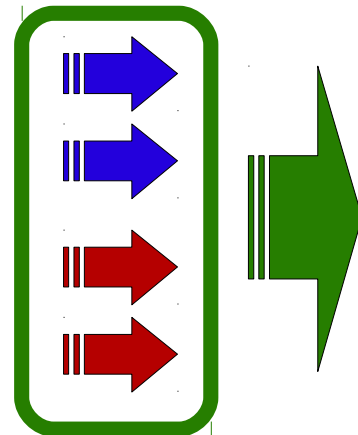
## 1. Définir le système



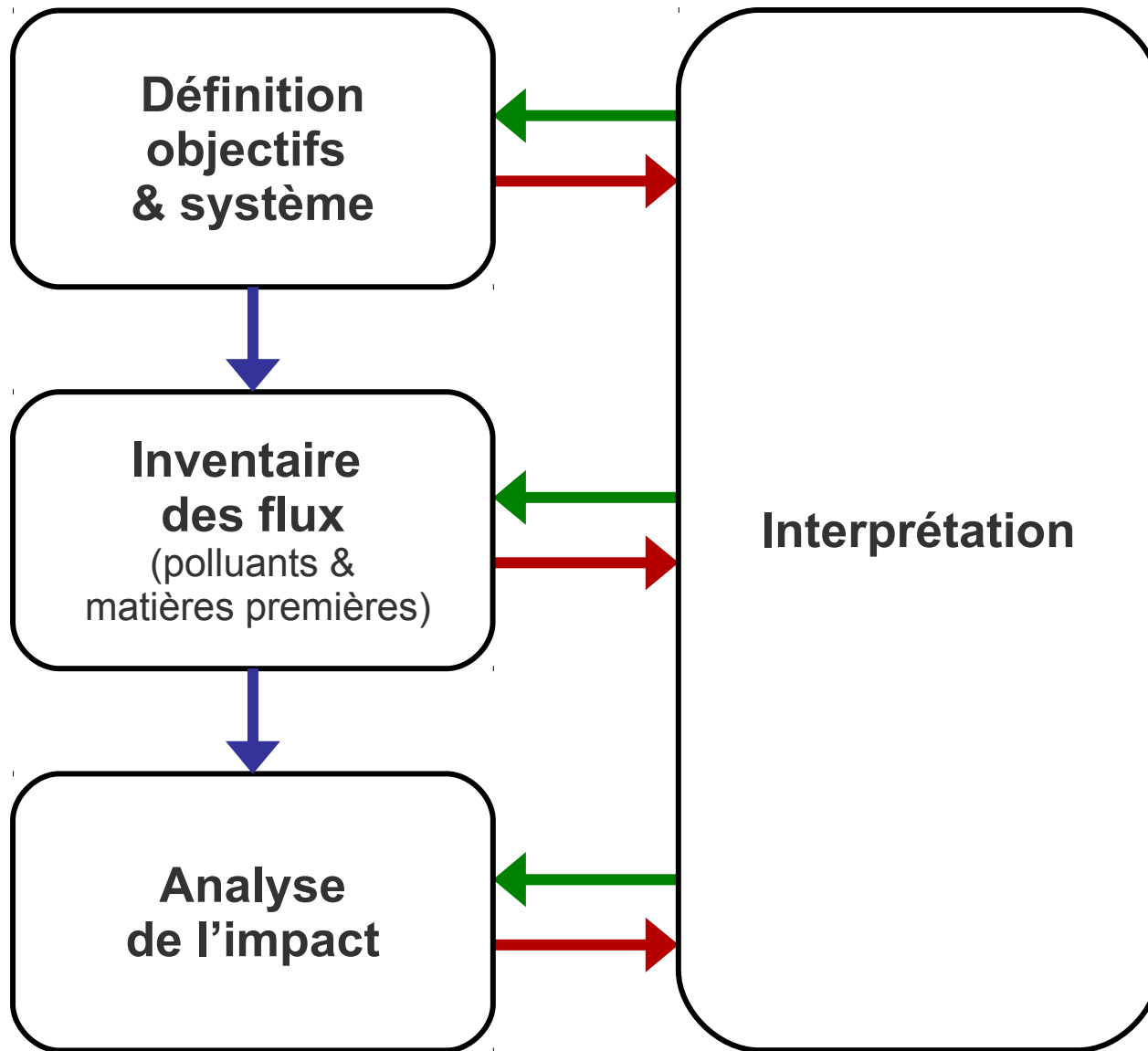
## 2. Inventaire des flux

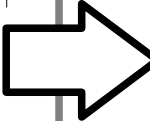


## 3. Impacts



# Cadre de l'ACV, norme ISO

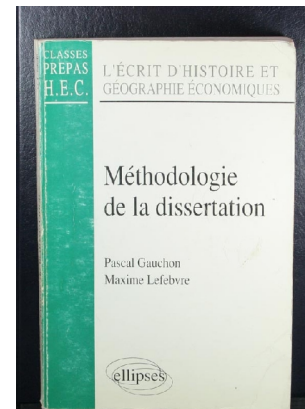
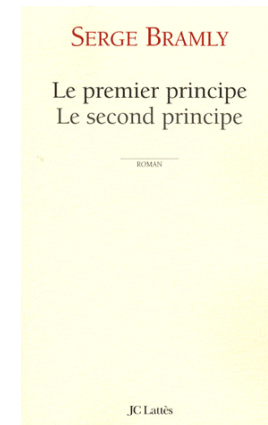
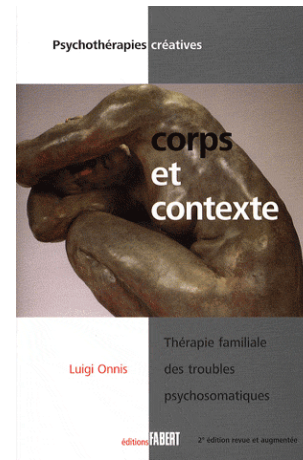


 **Processus cyclique**

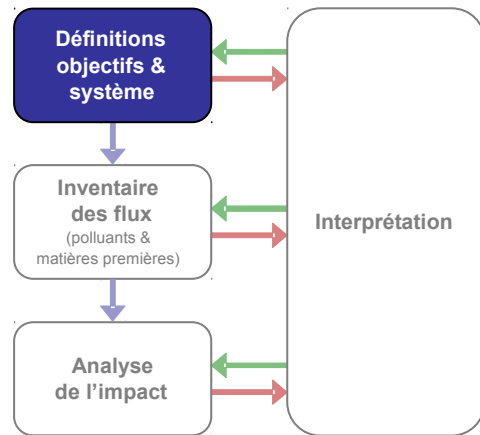


# Au menu

- Le contexte
- Les principes
- **La méthodologie**
  - **Objectif & système**
  - **Inventaire des flux**
  - **L'analyse d'impact**
  - **Interprétation**



# Définition des objectifs



- 1<sup>ère</sup> étape indispensable
- Implication des différents partenaires



- 
- **Publics visés**
  - **Acteurs de l'étude**
  - **Champ de l'étude (système)**
  - **Réponse à une question**



# Définition des objectifs

---

- **Évaluer** une filière de production
  - informer sur un produit existant
- **Comparer** des alternatives de productions
  - réglementation : comparaison avec un standard
- Définir des **priorités**
  - développement d'un nouveau produit
- Objectifs selon le public
  - consommateur : impact du produit
  - fabricant : réduire la pollution, communiquer
  - gouvernement : information pour définir une réglementation
- Public externe ⇒ exécutant et réviseur indépendant





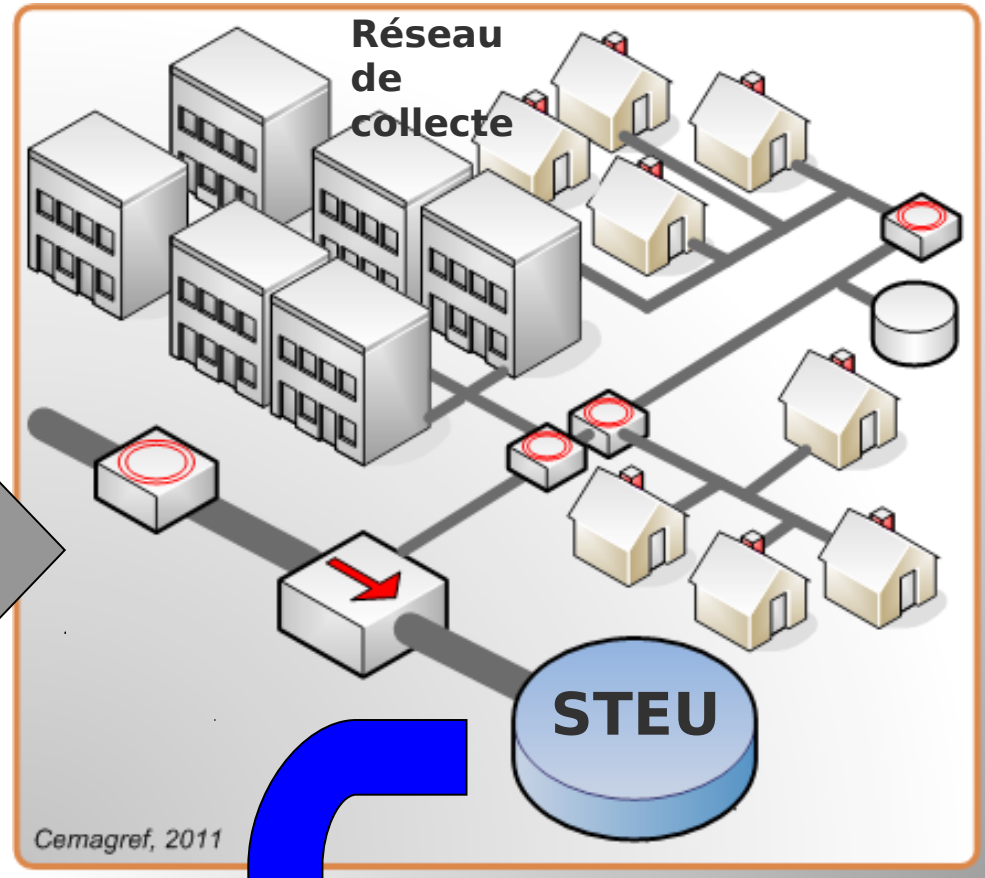
# Quels coûts environnementaux pour quelle qualité de rejets ?



## Emissions AIR

NH<sub>3</sub>  
NO<sub>x</sub>  
N<sub>2</sub>O  
CO<sub>2</sub>  
...

Consommation de ressources



Cemagref, 2011

Déchets, boues, Lixiviats ...

Réémissions SOL, AIR, EAU

## REJETS EAU

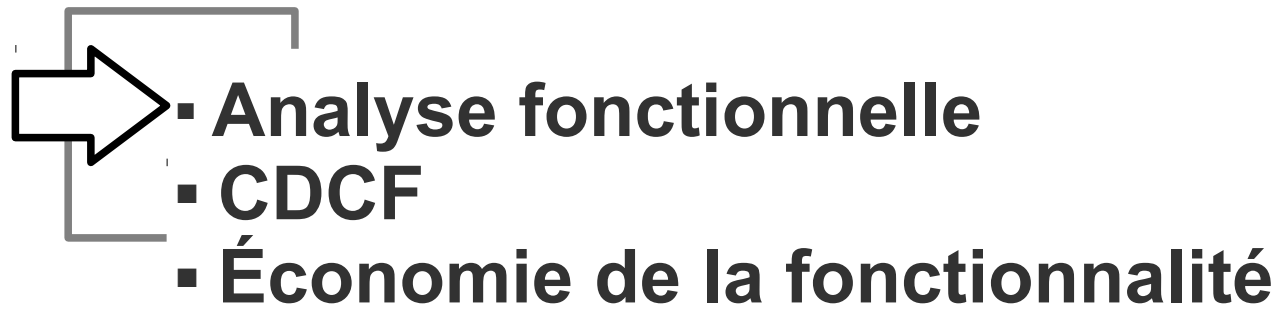
N, P, ETM, CTO, DBO<sub>5</sub> ...

Niveau de performances

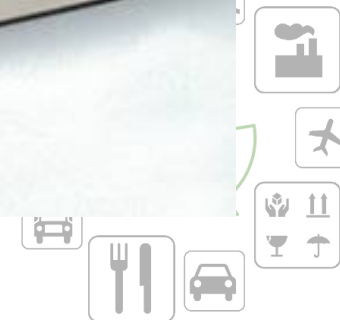
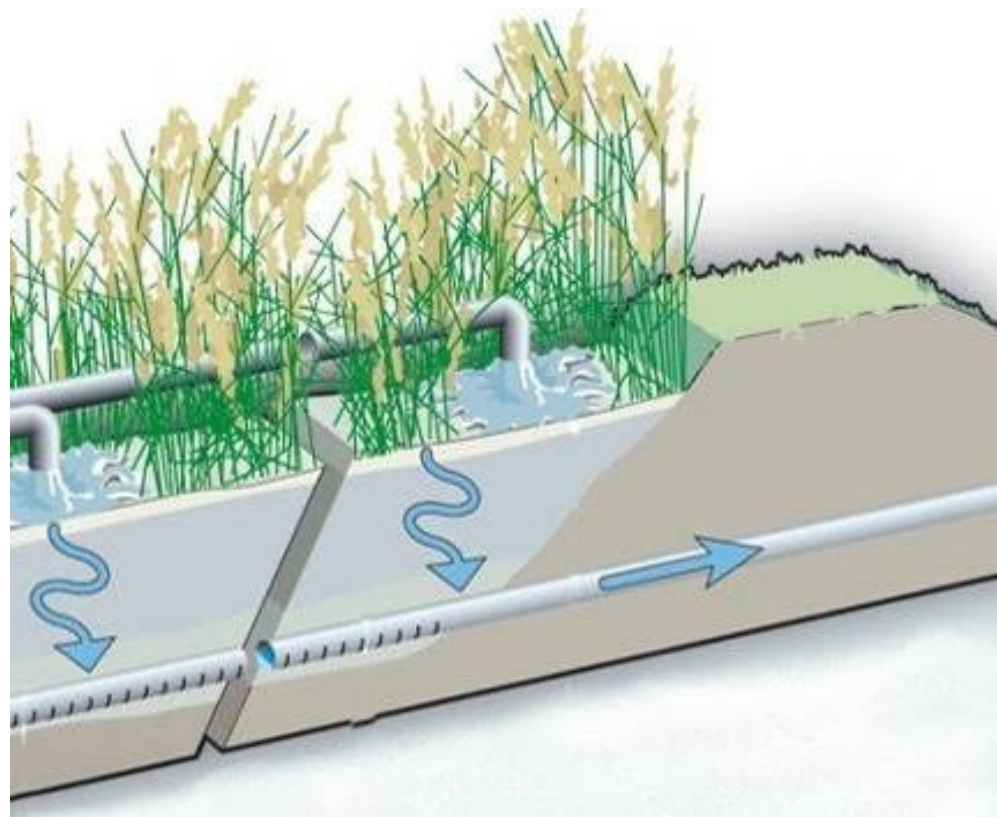


# L'unité fonctionnelle

- La grandeur qui sert de référence
- Selon la fonction du produit
- Tous les flux sont rapportés à l'unité fonctionnelle
- Quantitative & additive

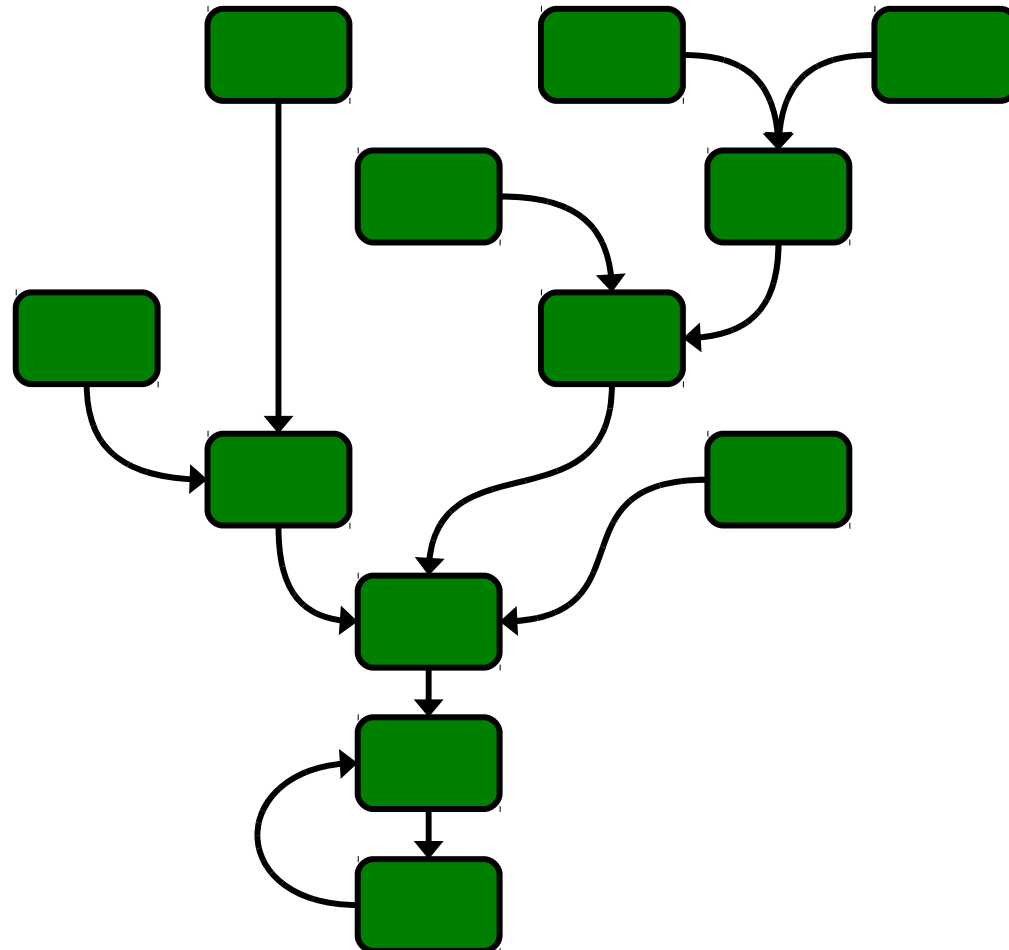


- Unité Fonctionnelle : le kg de DBO5 traité par une STEP d'environ 1000 habitants en milieu rural français
- Périmètre de l'étude : réseau + station d'épuration
- Cycle de vie considéré :
  - Construction
  - Exploitation
    - procédés
    - Émissions /rejets
    - Élimination des boues
  - Démantèlement

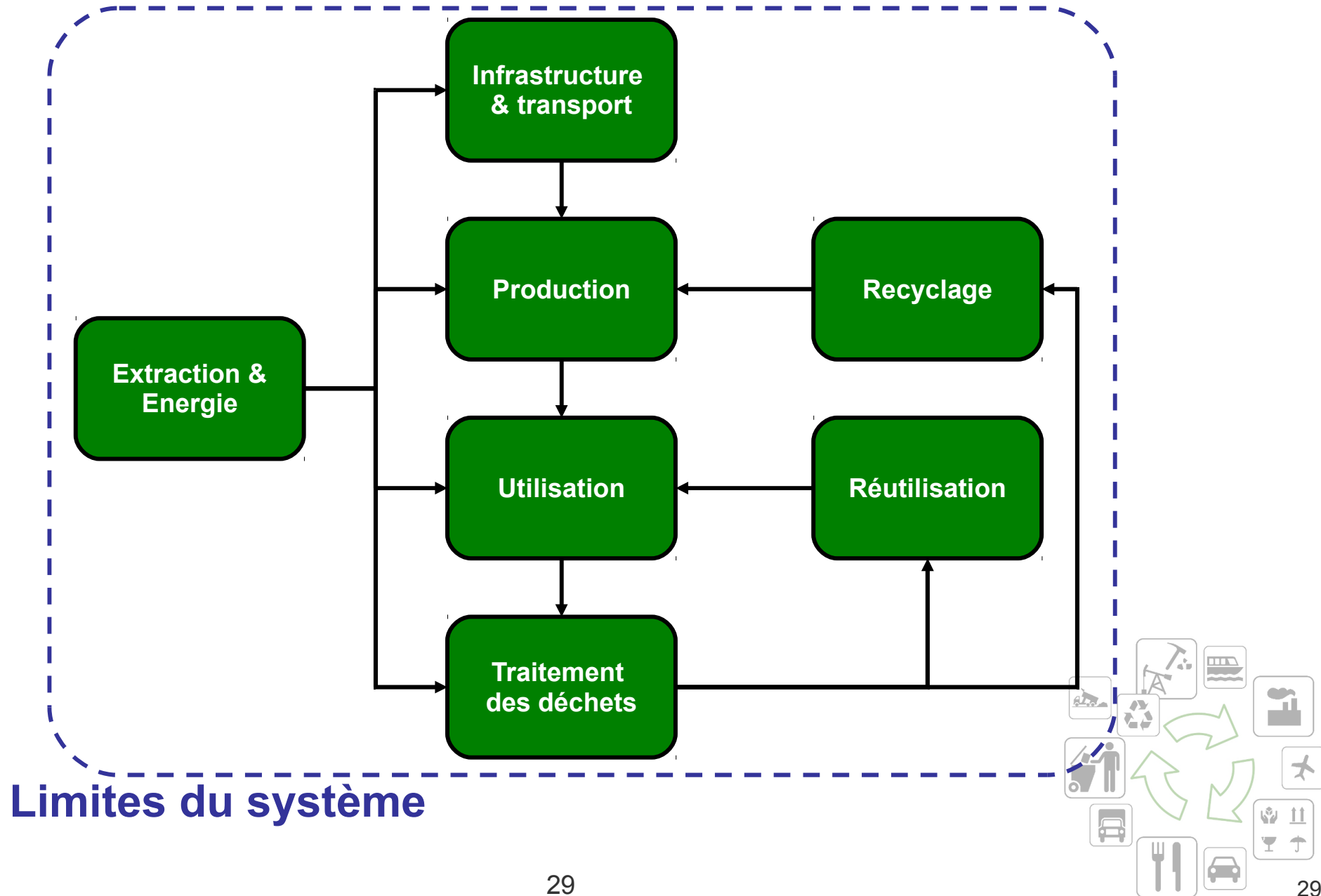


# Systeme de production

- Ensemble des processus (étapes) connectés par des flux de produits intermédiaires
- Arbre des processus



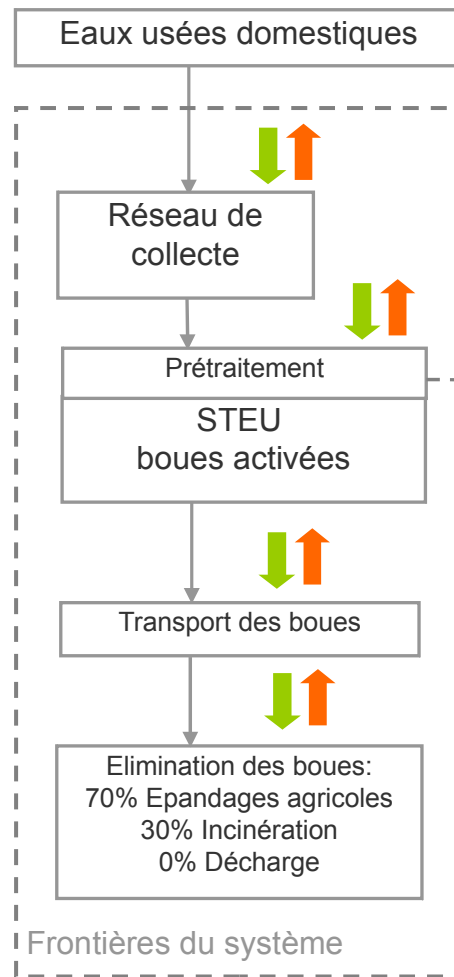
# Limites du système



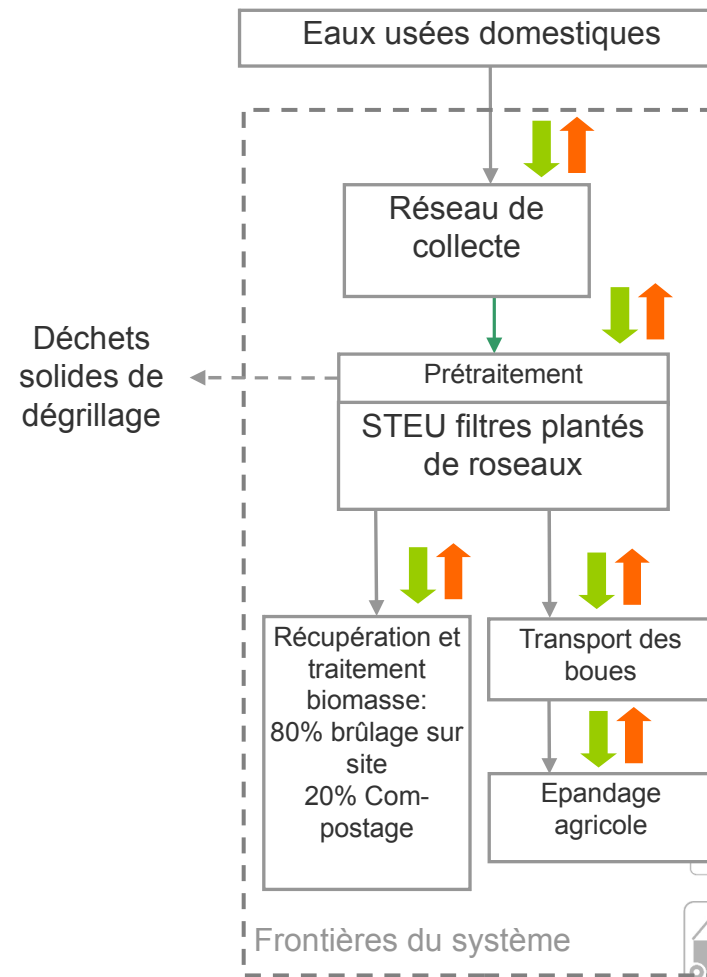
# Périmètre des systèmes étudiés



Syst. A  
Boues activées



Syst. B  
Filtres Plantés de Roseaux à flux vertical (FPRv)

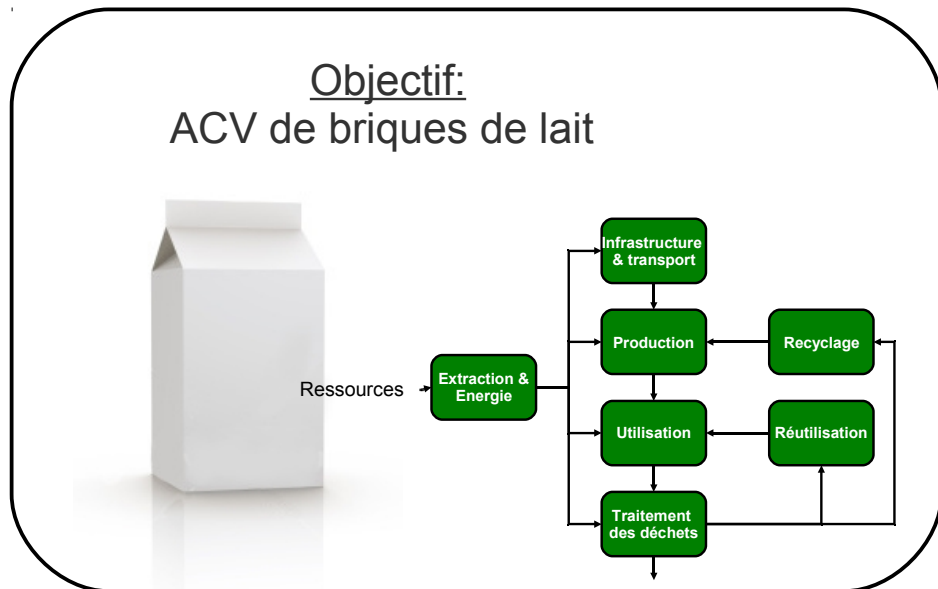
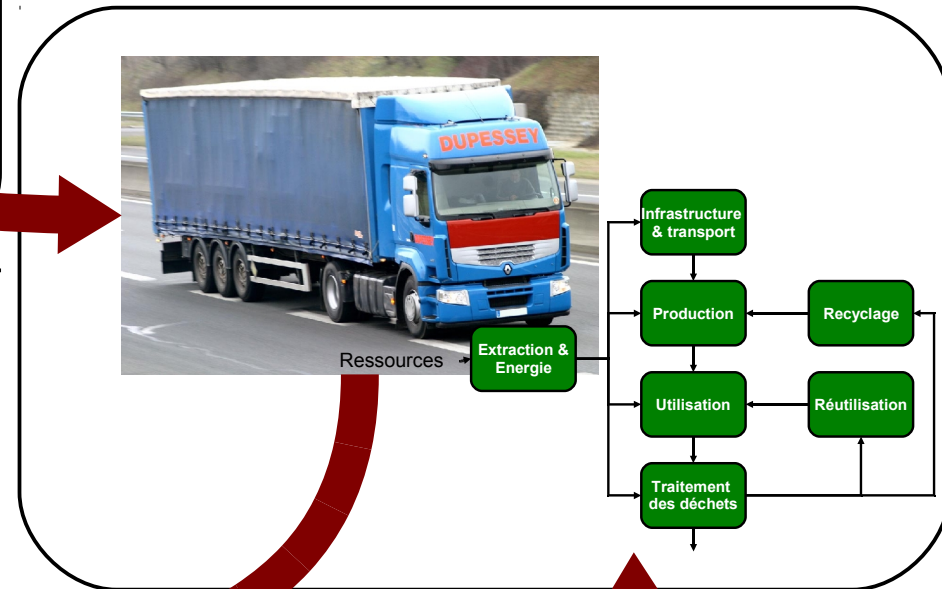
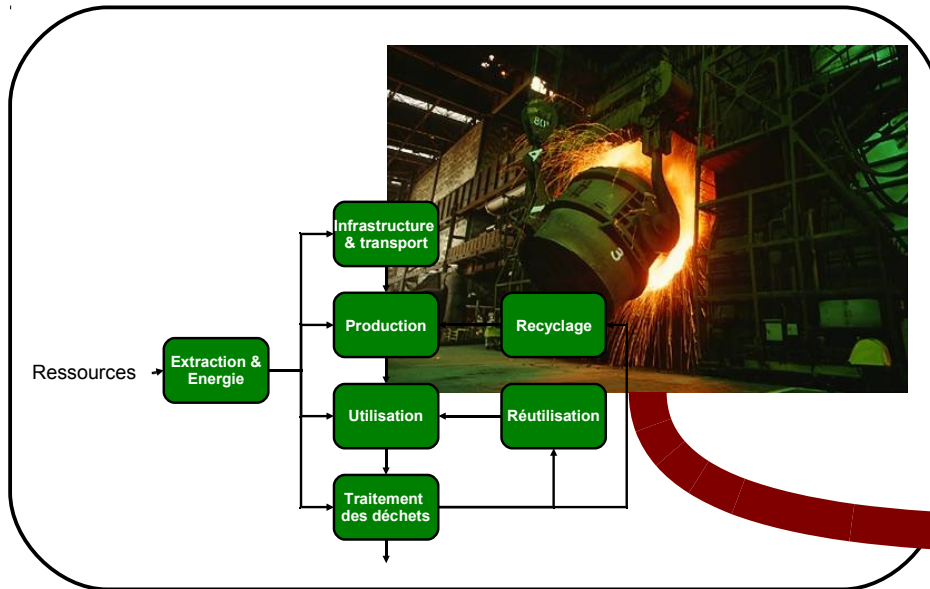


Légende:

- ↓ Ressources utilisées
- ↑ Substances émises



# Frontières ?, CV imbriqués ?



# Limites du système

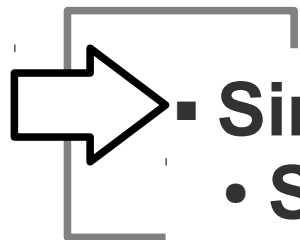
---

## ■ **Théorie** :

- Arbre des processus exhaustif

## ■ **Pratique** :

- Données directes & base de donnée
- Temps disponible
- Hypothèses



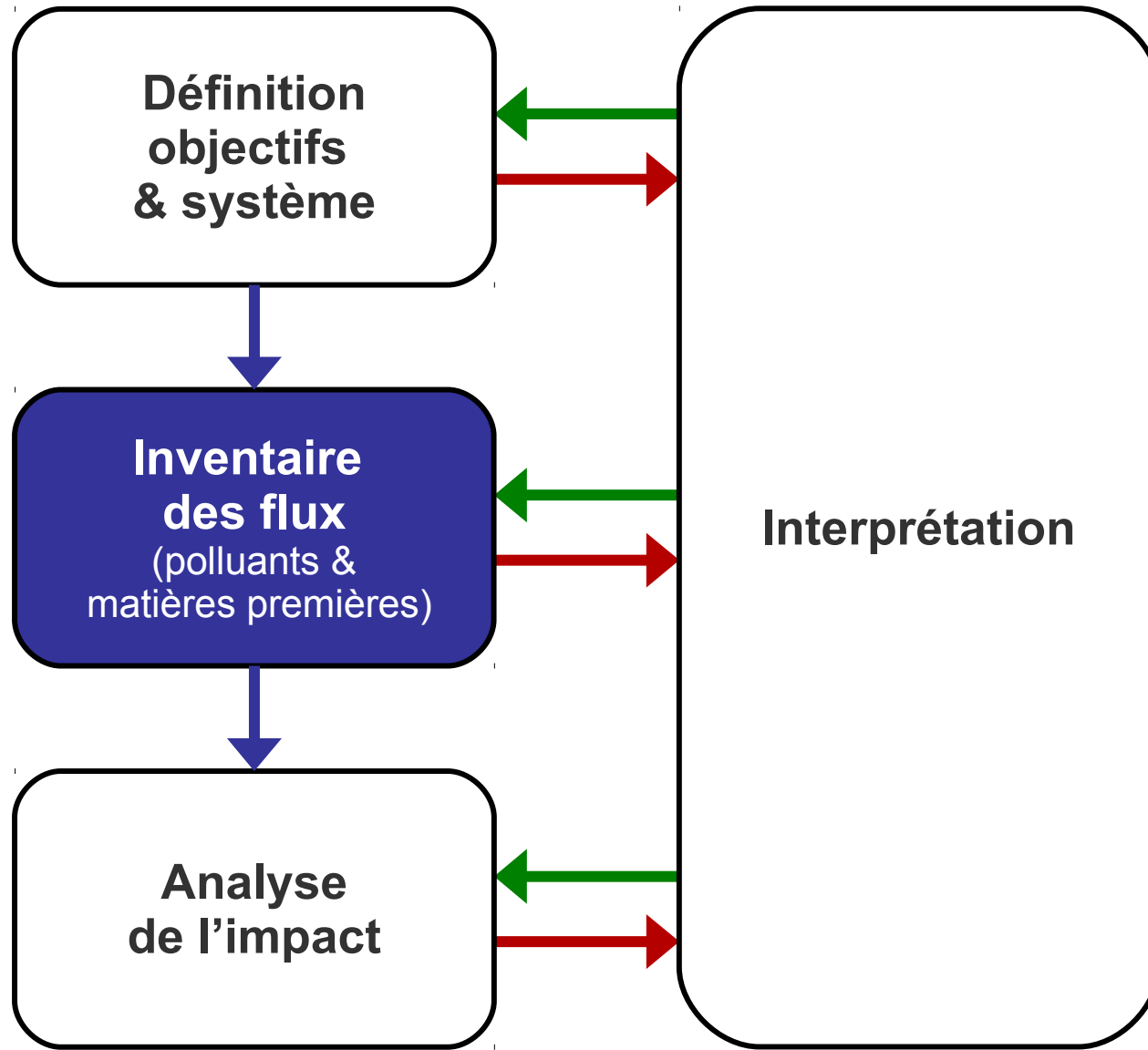
## ▪ **Simplifier** :

- **Seuls les processus dont la contribution  $> x\%$**
- **Exclusion des étapes identiques entre les scénarios**





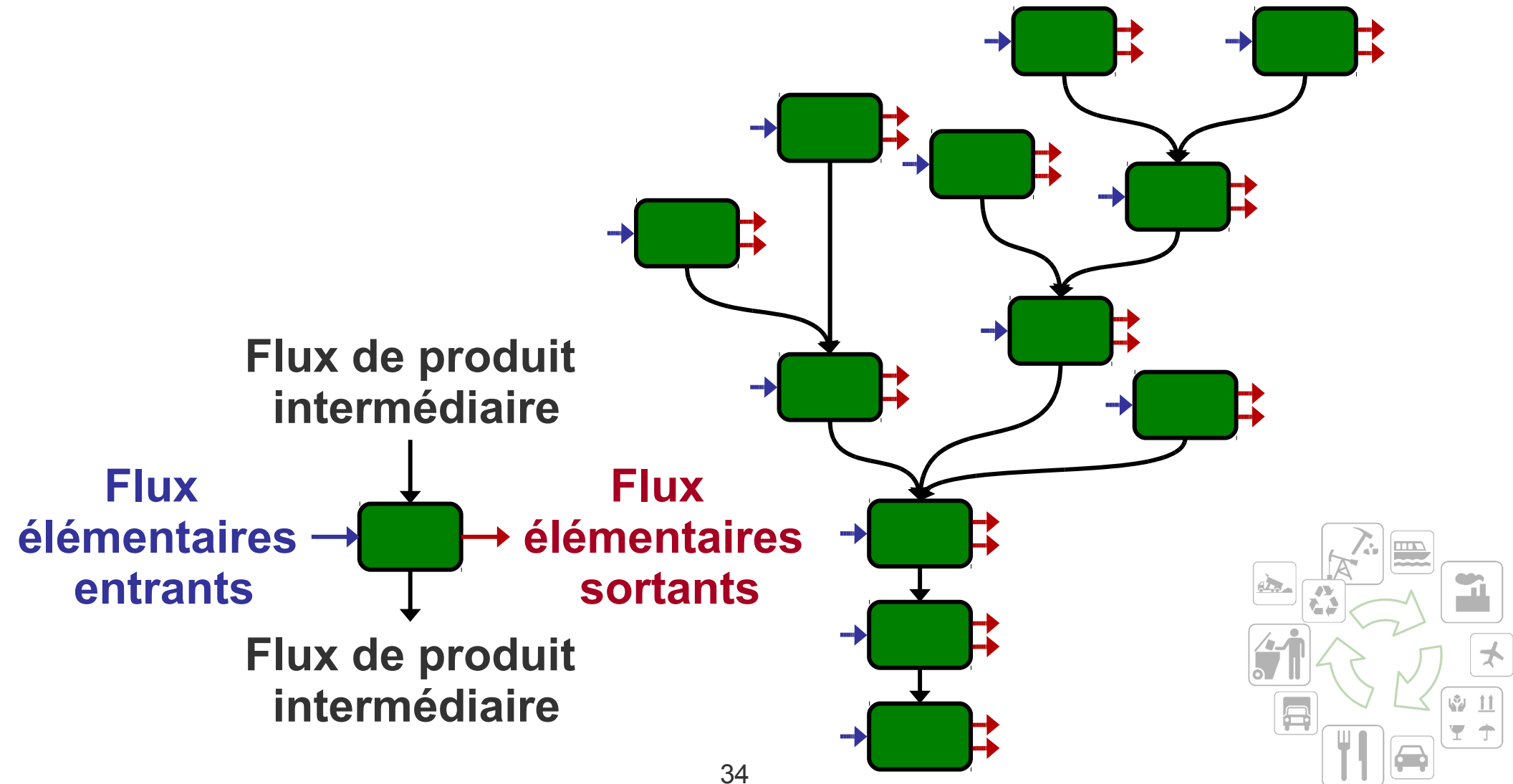
# Cadre de l'ACV



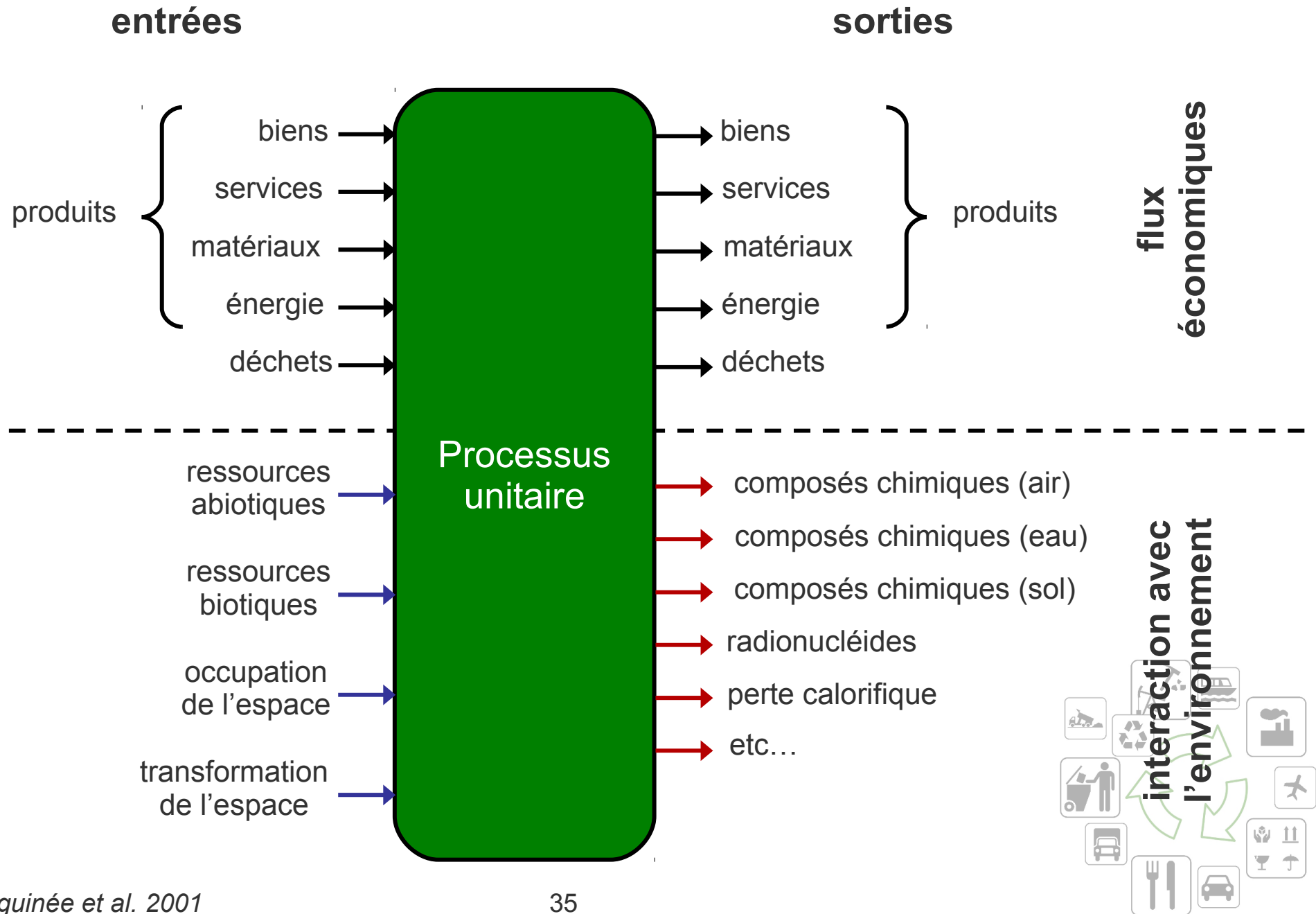
# Inventaire

## ■ Description quantitative des flux

- De matières, d'énergies & de polluants
- Pour tous les **processus élémentaires**

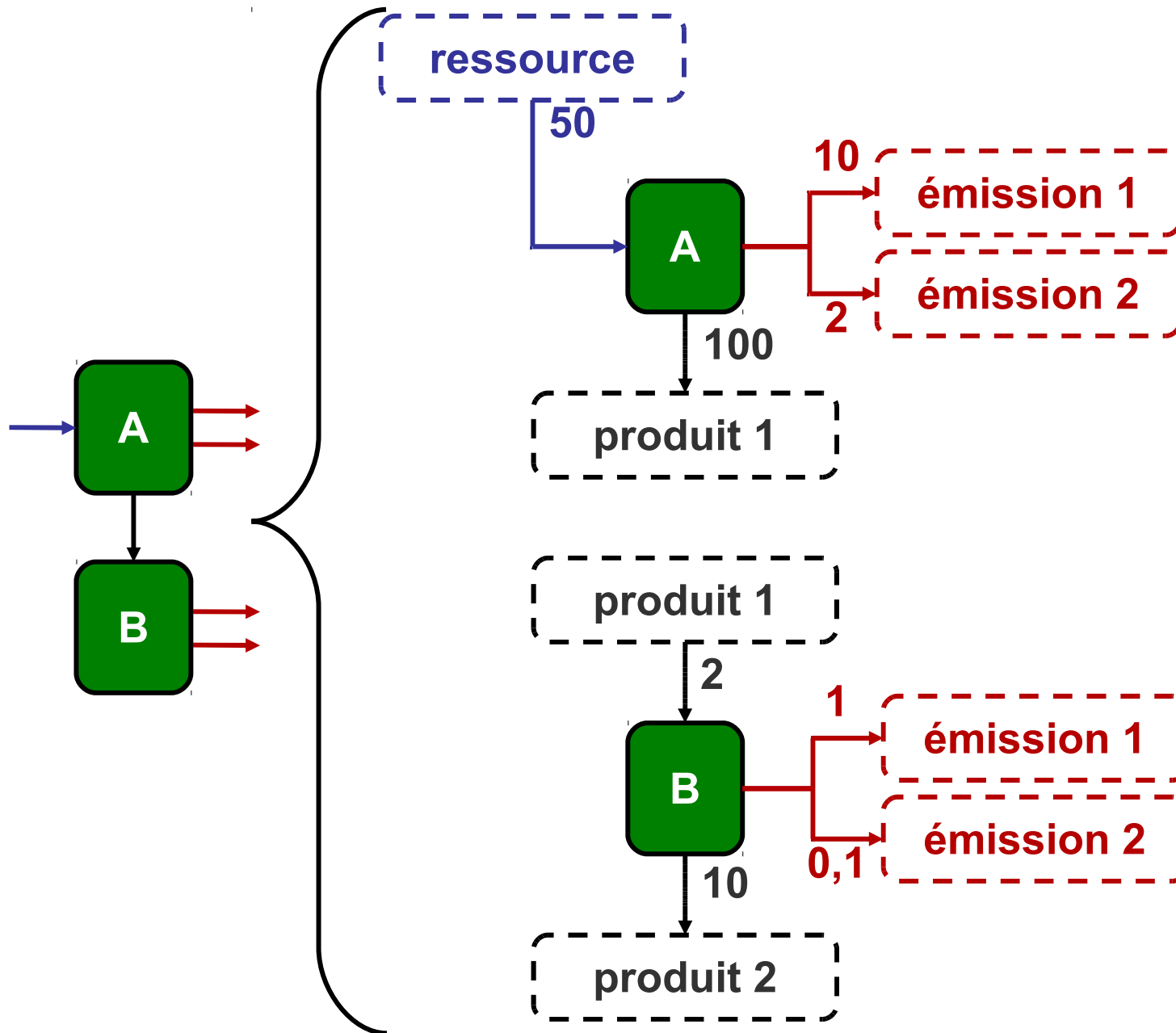


# Les différents flux

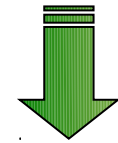




# Calcul(1)



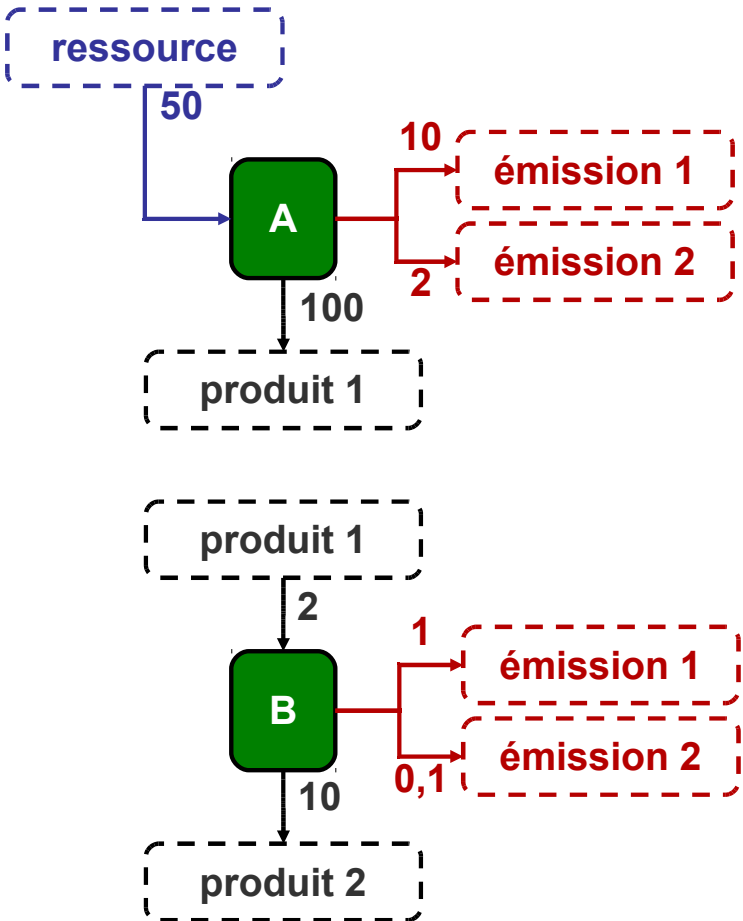
**Objectif =  
1000 produits 2**



**produit 1 = 0  
ressource ?  
émission 1 ?  
émission 2 ?**



# Calcul(2)

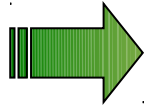


**B**

1000 produits 2

↓

- 2×100 produits 1  
 - 0×100 ressource  
 + 1×100 émission 1  
 + 0,1×100 émission 2

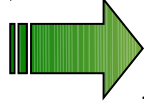


**Facteur  
d'échelle  
100**

**A**

↓

+ 100×2 produits 1  
 -50×2 ressource  
 + 10×2 émission 1  
 + 2×2 émission 2



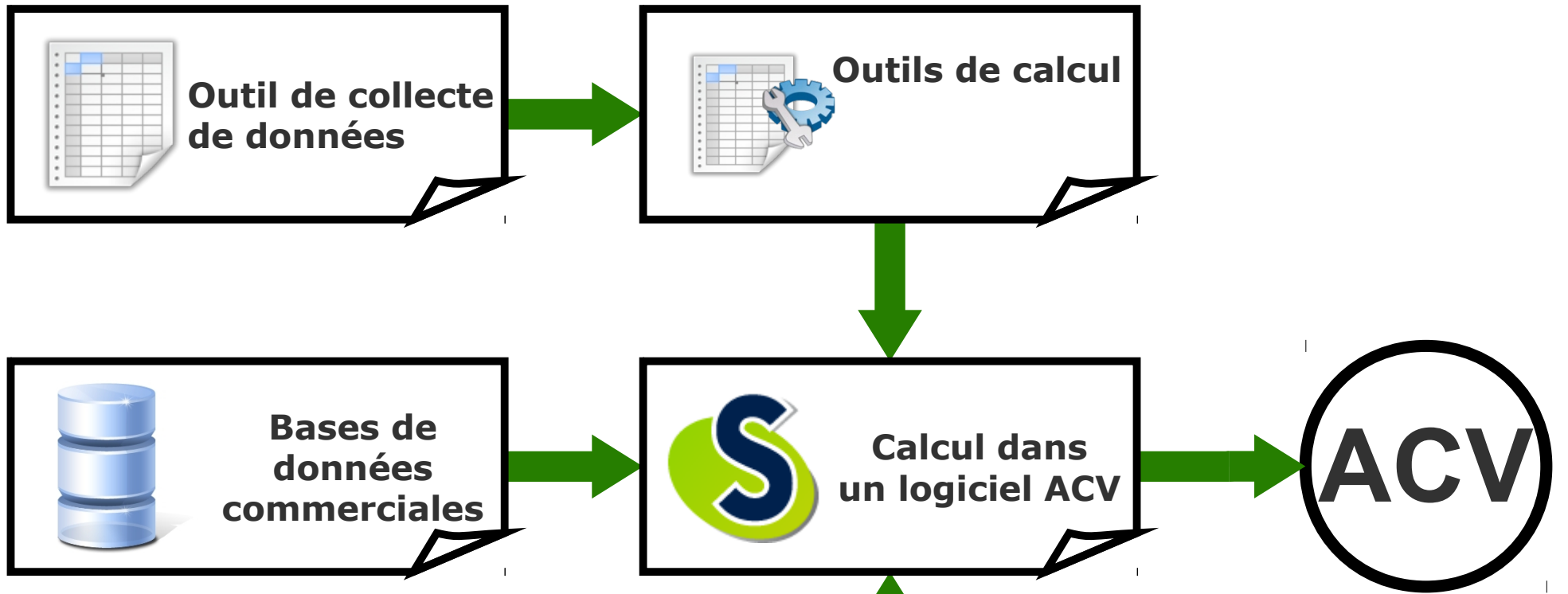
**Facteur  
d'échelle  
2**

---

0 produit 1  
 -100 ressource  
 + 120 émission 1  
 + 14 émission 2



# Réalisation d'une ACV



# Coproduits & déchets

---

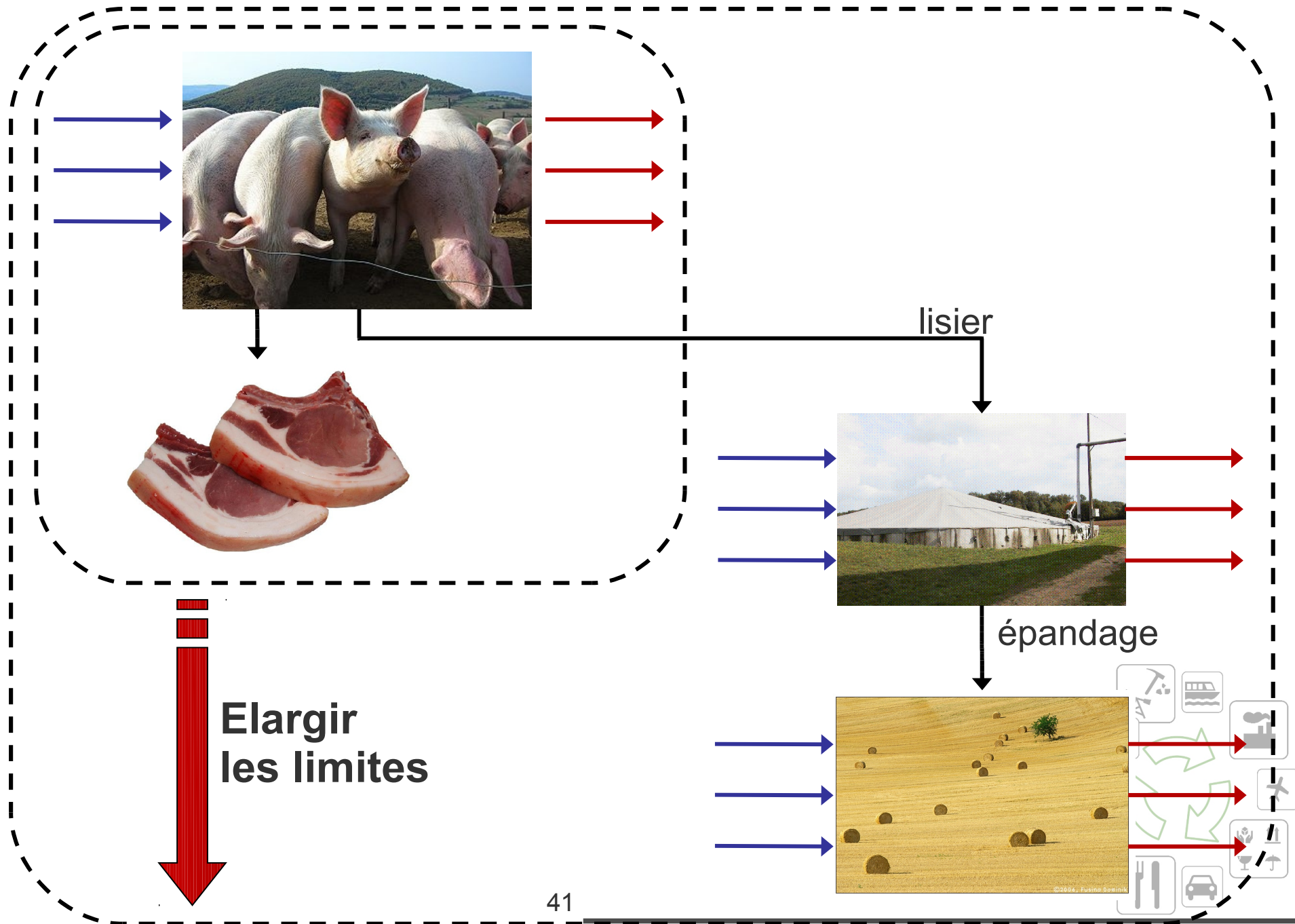
- Déchets à éliminer
  - traitement dans le système
- Déchets recyclés en boucle fermée
  - réduction matière première
- Coproduits, déchets recyclés en boucle ouverte
  - plusieurs méthodes d'allocation des émissions

- 
- **Extension des limites du système**
  - **Substitution**
  - **Les allocation**

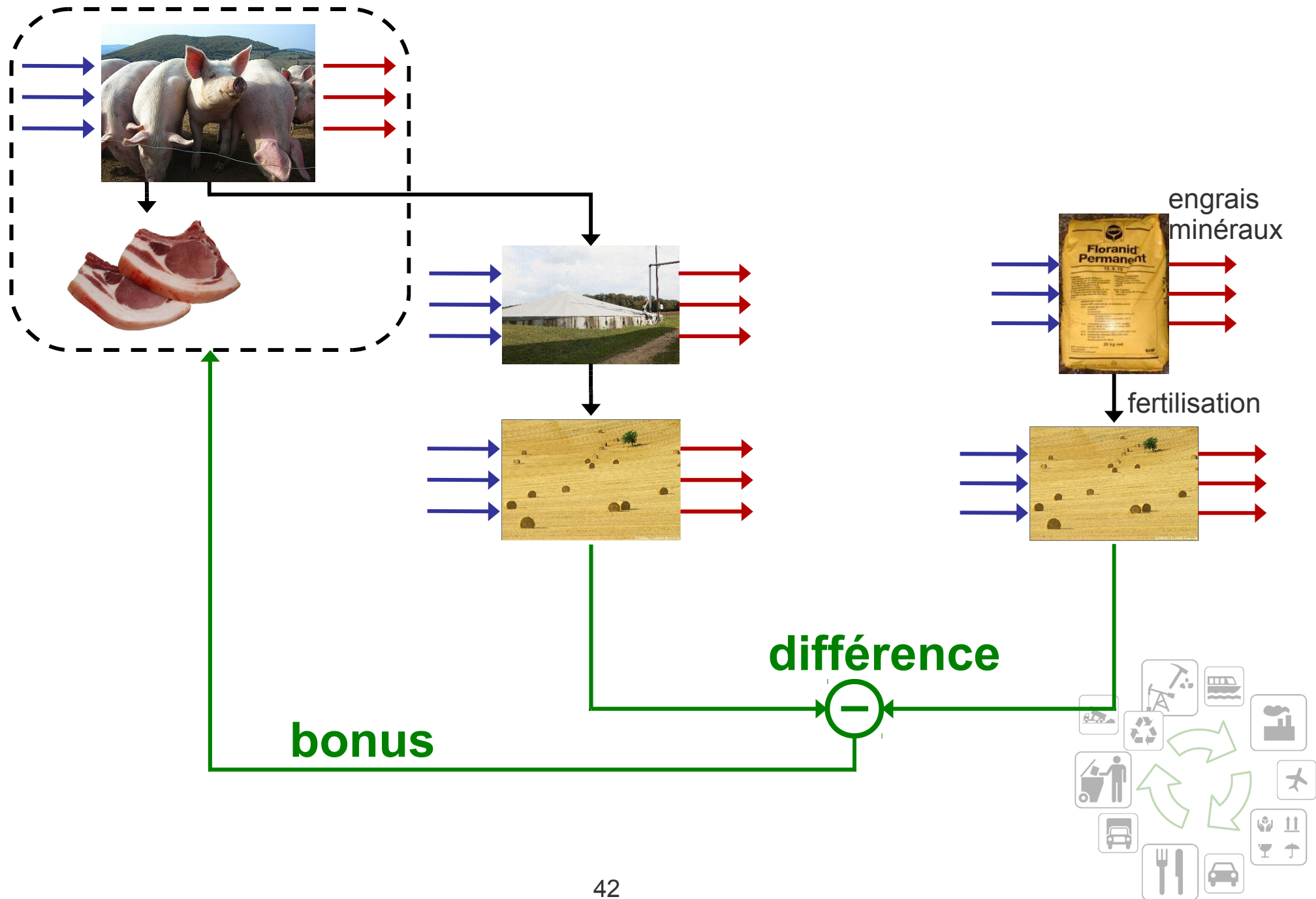




# Extension des limites



# Substitution

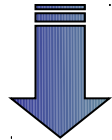


# Allocation (financière)

Exemple de la paille & du blé



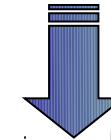
$$0,36 \text{ €/kg} \times 8000 \text{ kg/ha} = 2880 \text{ €/ha}$$



**98 % des émissions**



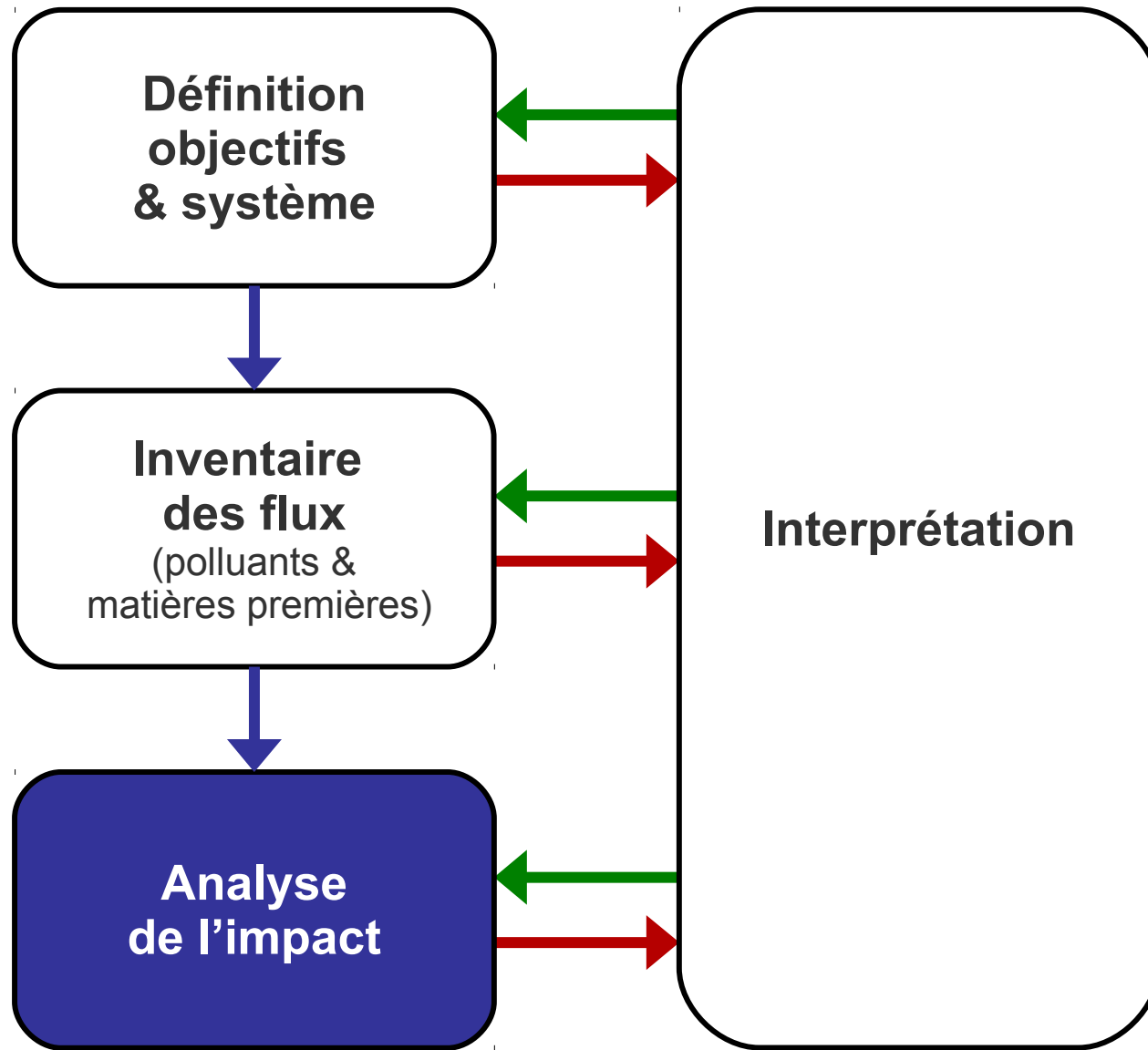
$$0,024 \text{ €/kg} \times 2000 \text{ kg/ha} = 48 \text{ €/ha}$$



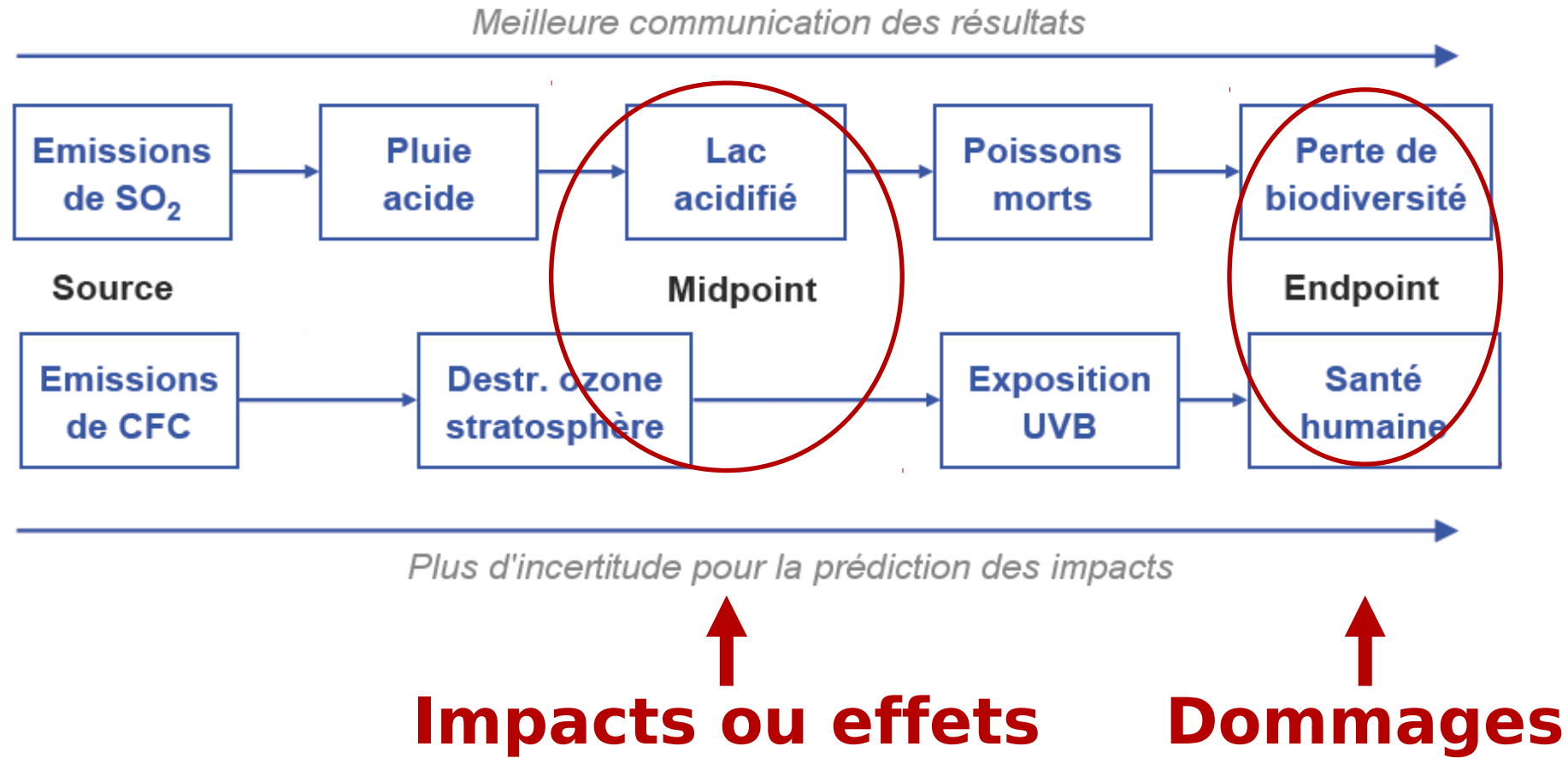
**2 % des émissions**



# Cadre de l'ACV



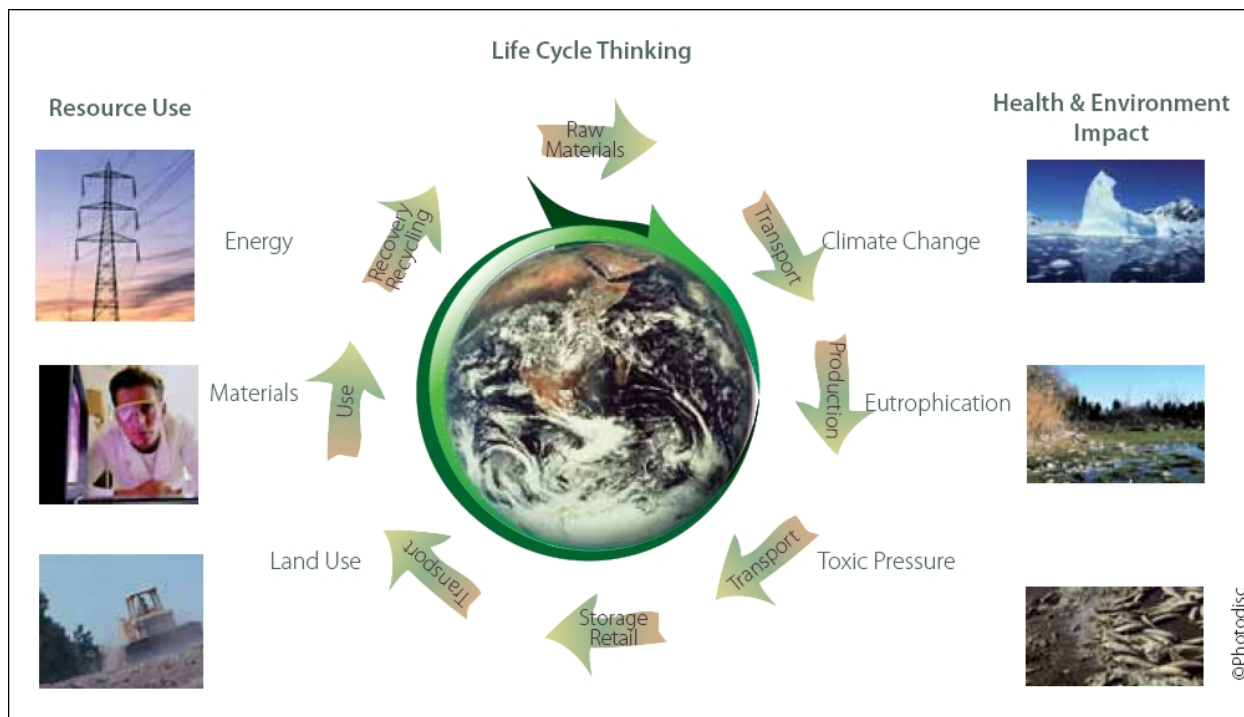
# Impacts vs dommages



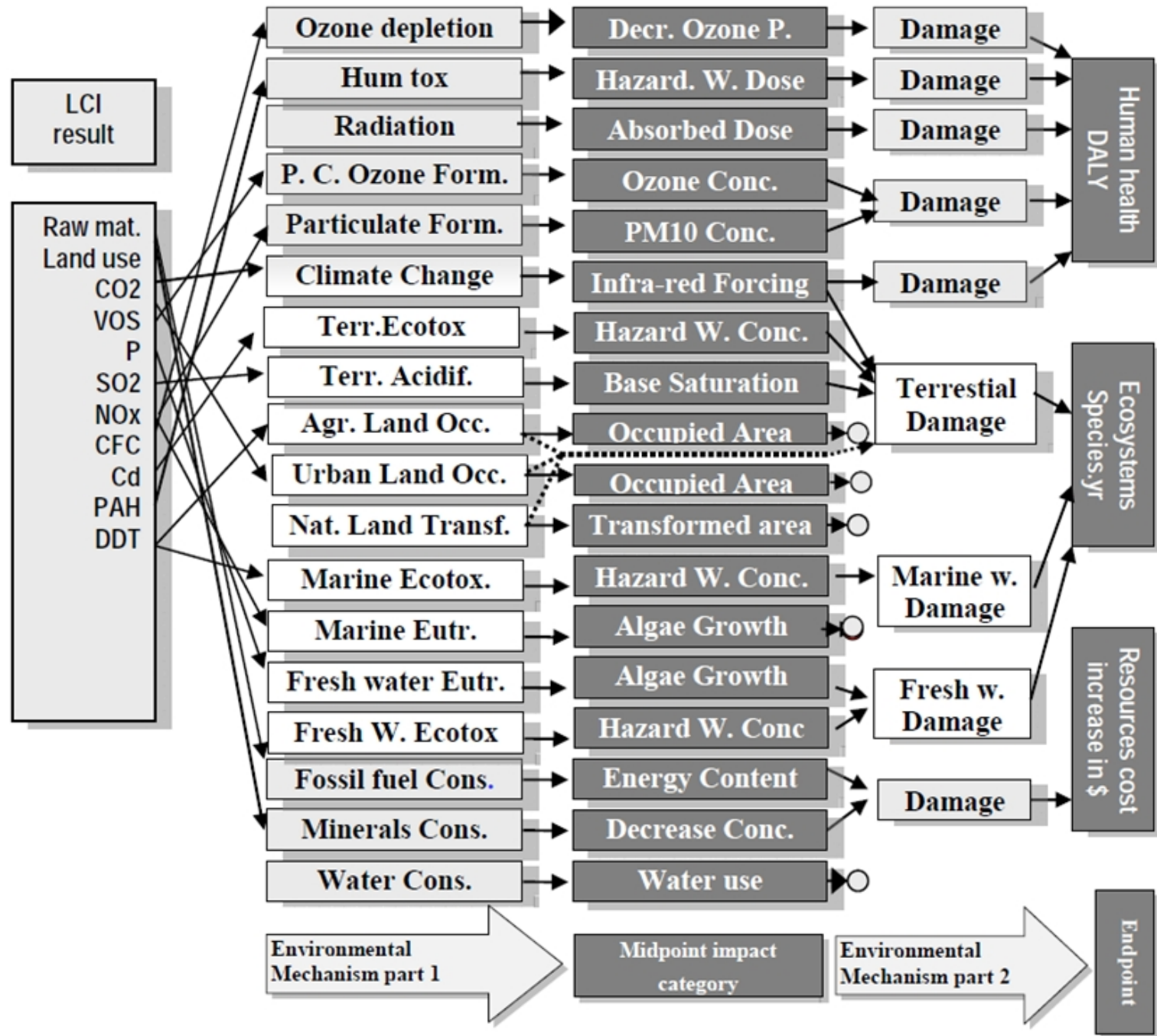
# Un ensemble d'impacts

## ■ Plusieurs méthodes

- CML, Ecoindicateur 99, Recipe, Impact 2002 +, Traci, EDIP 2003, ...
- Chaque méthode : un ensemble propre d'impacts étudiés
- Selon les avancées de la recherche



# Recipe



# Aspect spatial

## ■ Pas de prise en compte (actuellement) du lieu dans l'ACV

○ impact  $1\text{kg}_{\text{CO}_2}$  émis dans le Sahara  
=  
impact  $1\text{kg}_{\text{CO}_2}$  émis en Bretagne



○ impact  $1\text{kg}_{\text{NO}_3^-}$  émis dans le Sahara  
=  
impact  $1\text{kg}_{\text{NO}_3^-}$  émis en Bretagne

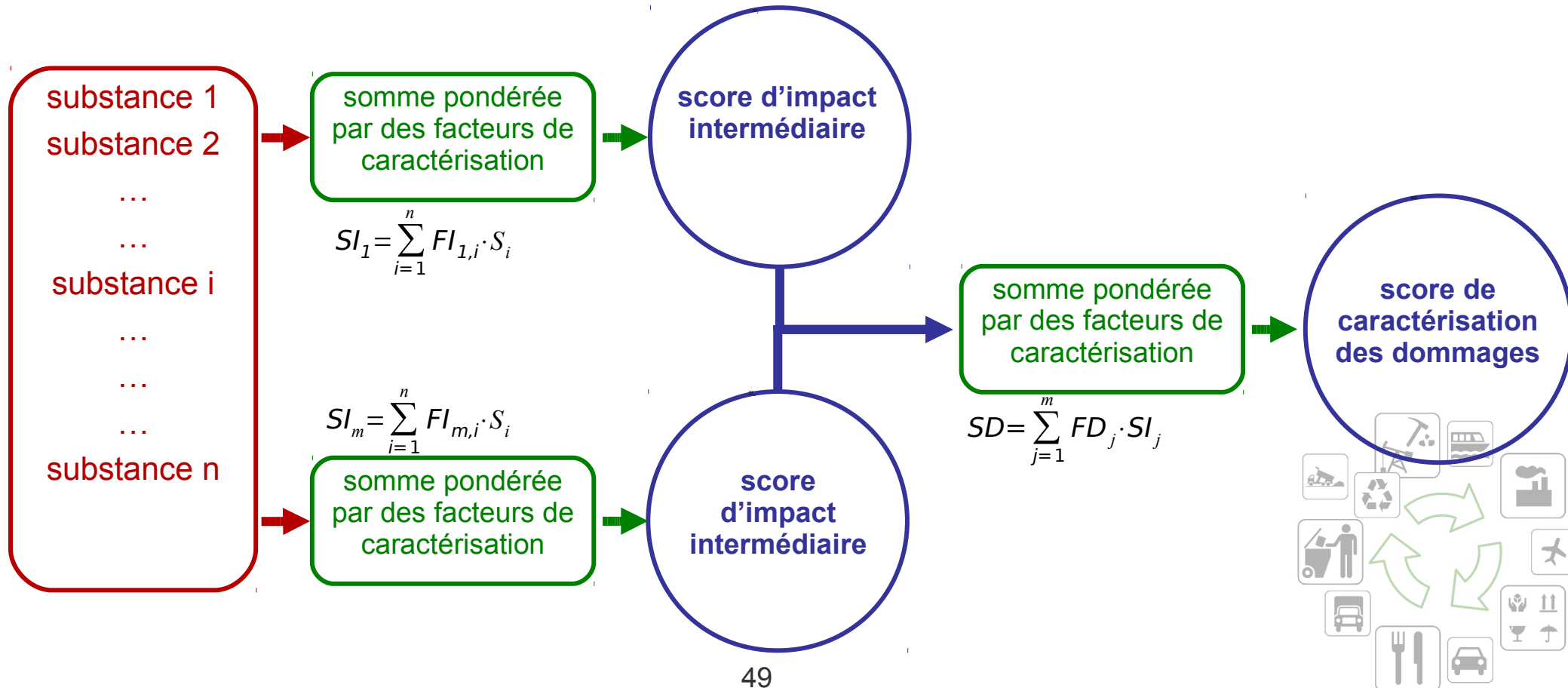
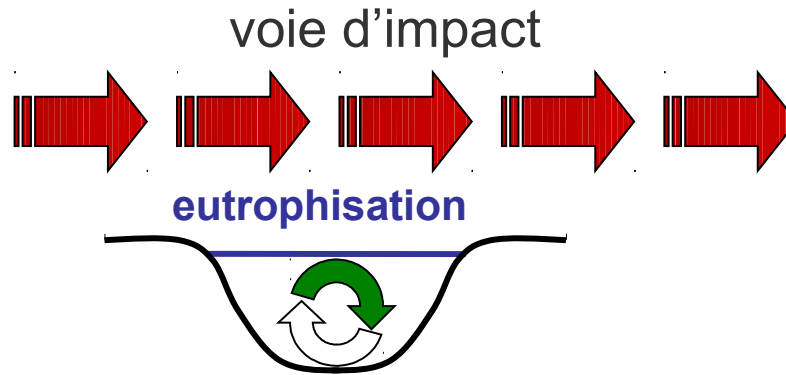


➔ ■ ACV → impacts potentiels  
■ Complémentarité ACV & étude d'impact

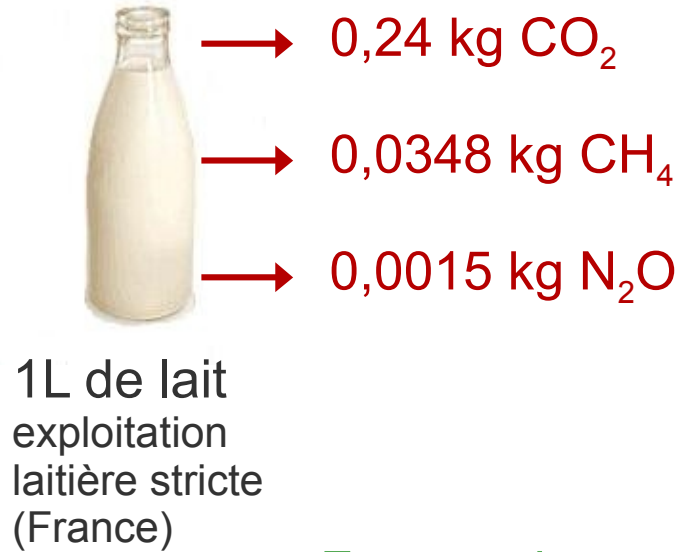




# Cadre méthodologique



# Principe par un exemple



Facteur de  
caractérisation  
(500 ans)

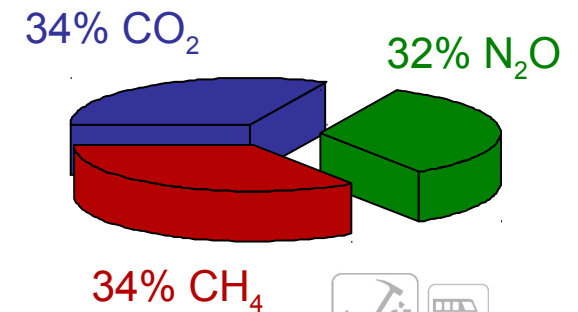
1 kg<sub>eqCO2</sub> / kg<sub>CO2</sub>

7 kg<sub>eqCO2</sub> / kg<sub>CH4</sub>

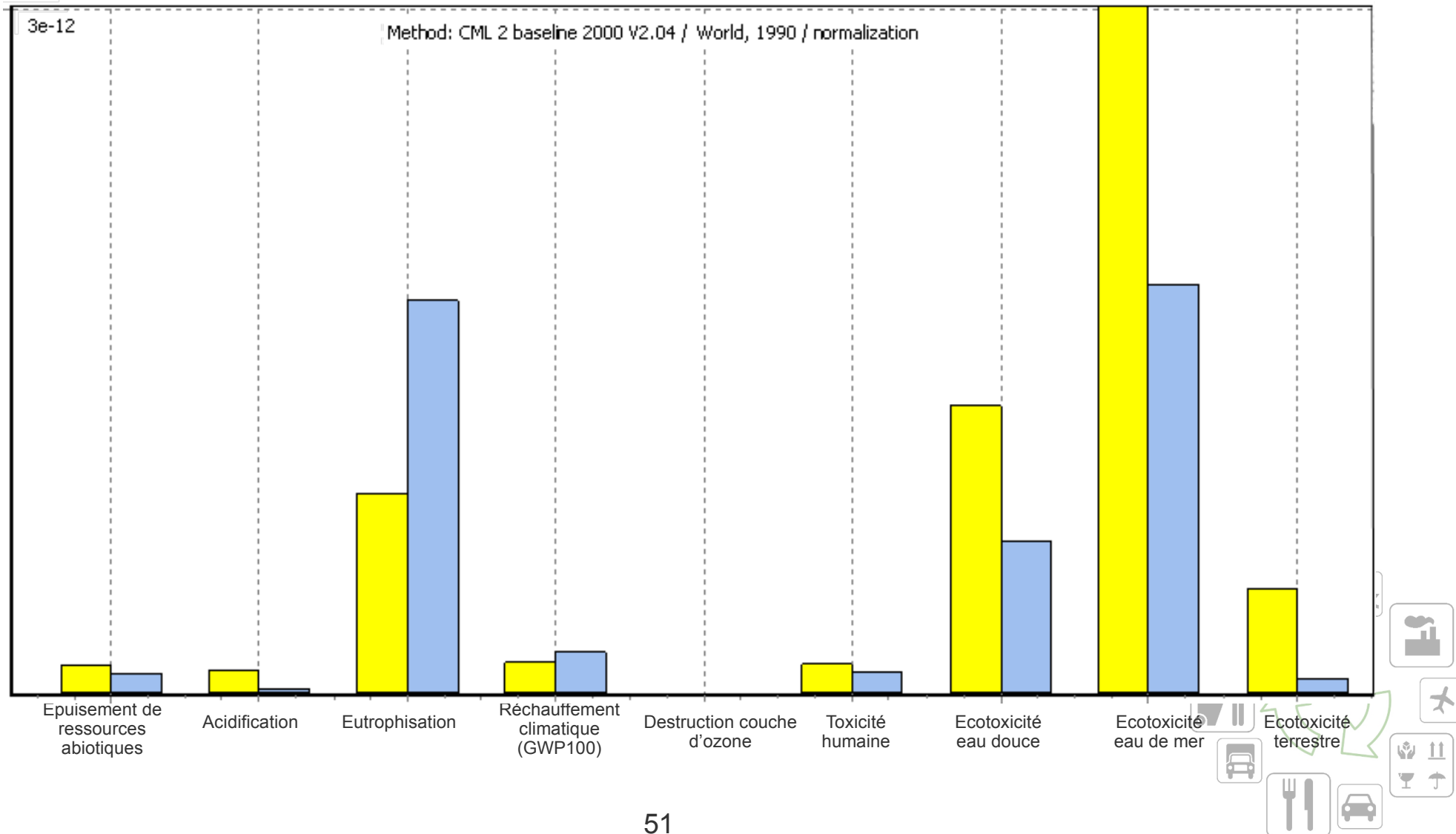
156 kg<sub>eqCO2</sub> / kg<sub>N2O</sub>

$$SI_{rc} = \sum_{i=1}^n FI_{rc,i} \cdot S_i$$

→ 0,71 kg<sub>eqCO2</sub>



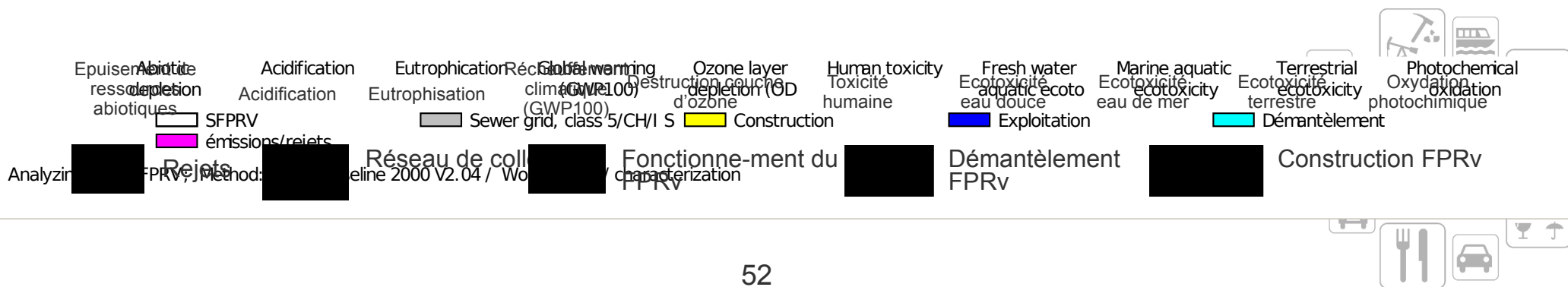
## Indicateurs d'impacts "mid-point"



# Le système « Assainissement » complet



Indicateurs "mid-point - Système complet (FPRv + réseau de collecte)



# Comparer les impacts

---

## ■ Normalisation

- (ex: par rapport aux émissions d'une personne)

## ■ Pondération

- (selon une valeur sociale ou économique)



Indicateurs "end-point " (orientés dommages)



Human Health  
**Dommages à la santé humaine**

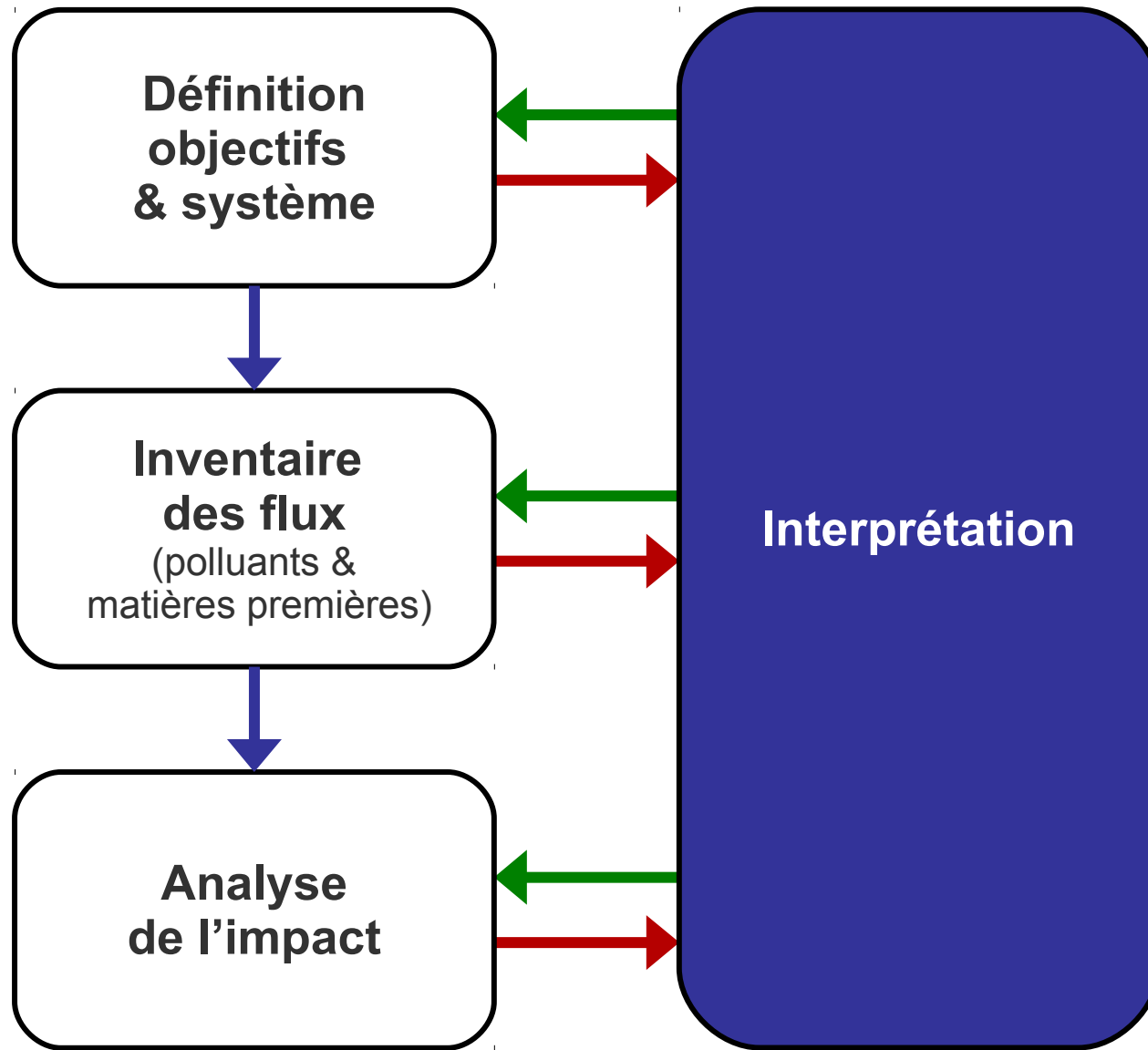
Ecosystem Quality  
**Dommages à la qualité des écosystèmes**

Resources  
**Epuisement de ressources non renouvelables**

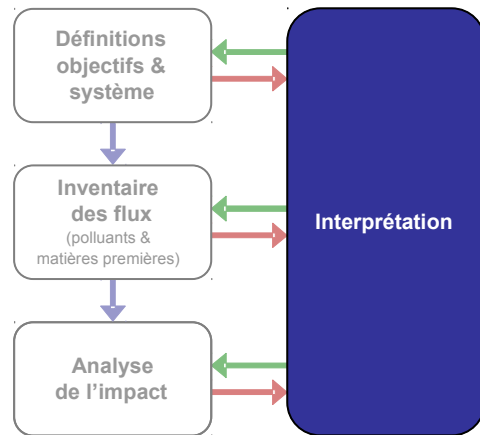
Comparing 1 kg 'Boues activées Ecoinvent' with 1 kg 'SFPRV'; Method: Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/H / normalization



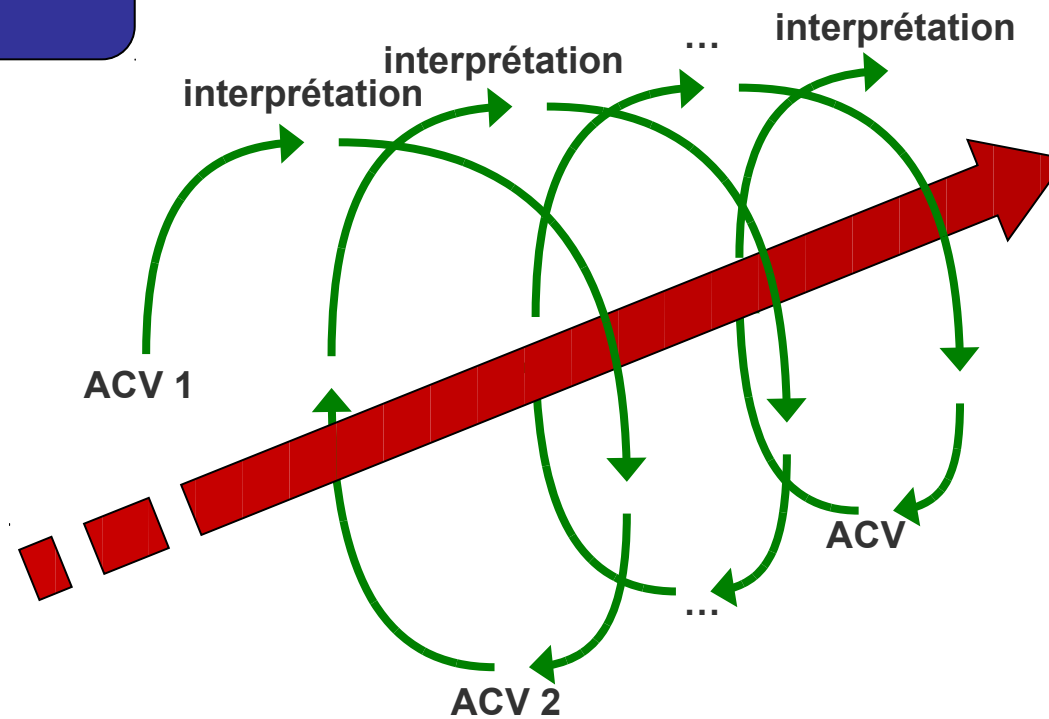
# Cadre de l'ACV



# Interprétation



- A toutes les étapes
- Choix méthodologiques
- Qualité des données
- Points sensibles



 **ACV : Processus itératif**





# « Contrôle qualité »

- Les **unités**...
- Bilan de masse
- Ordre de grandeur par rapport à des références
- Allocations et limites



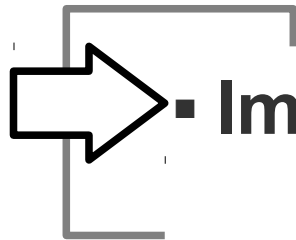
 norme ISO 14040 :  
revue critique par un expert  
indépendant



# Limitations

---

- Selon les choix, les hypothèses
- Selon les données
- Selon les moyens (temps & \$)



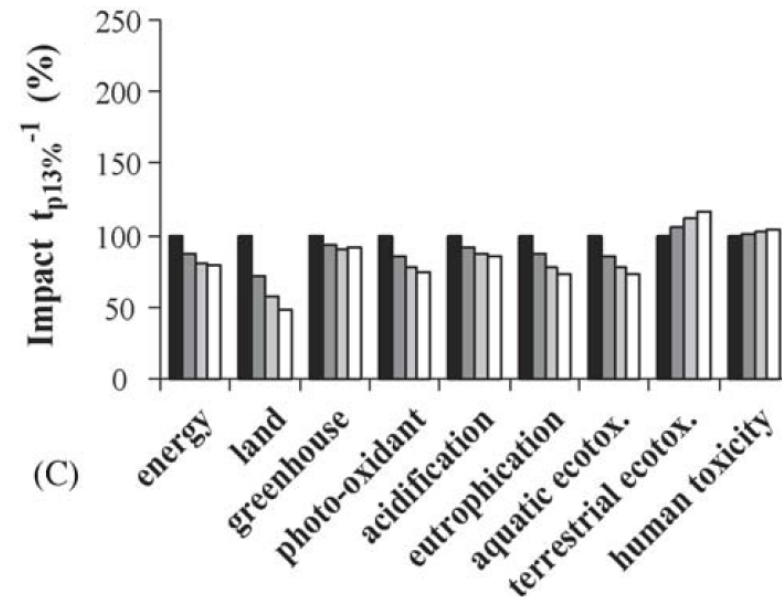
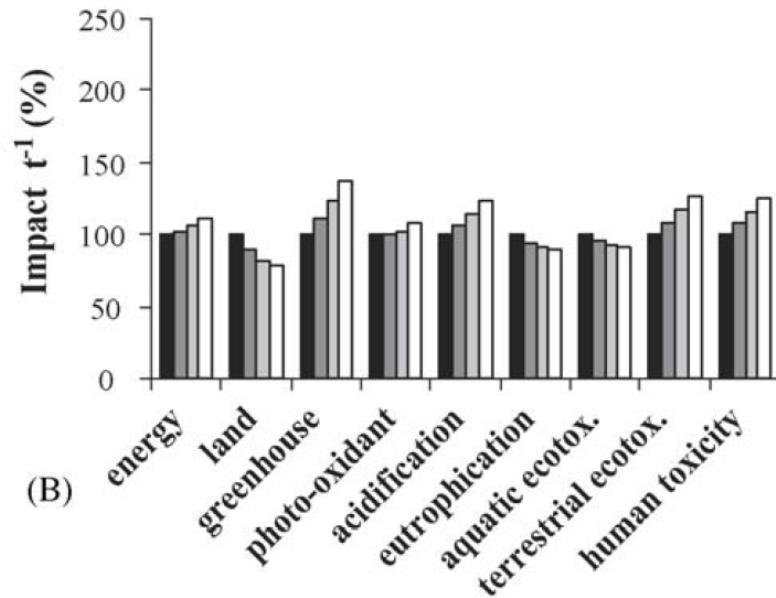
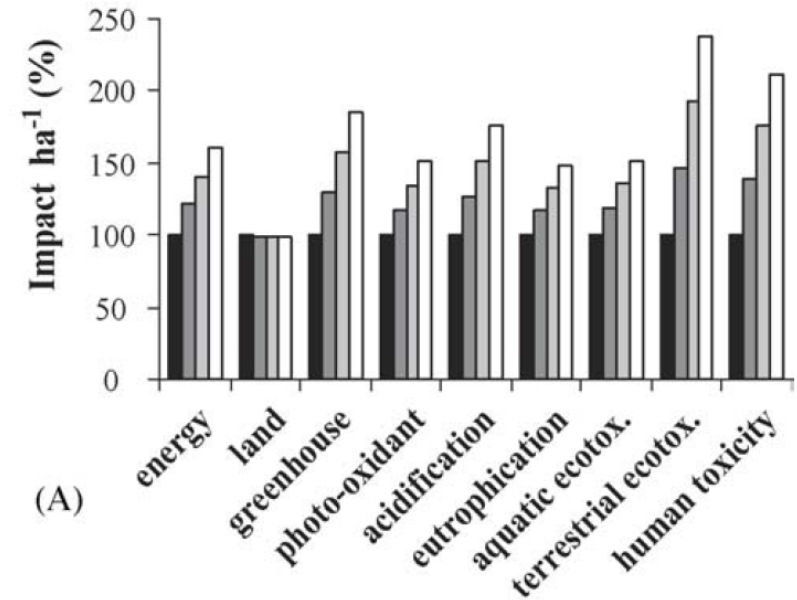
■ **Importance de l'interprétation**



# Production de blé

## ■ Culture de blé:

- (A) : Entretien des champs (ha)
- (B) : Production de blé (t)
- (C) : Production de farine (t<sub>13%</sub>)



■ N100 ■ N140 ■ N180 □ N220



# En résumé...

---

- Résultat d'une ACV : l'**outil d'évaluation** des impacts sur l'environnement des biens & des services
- Normes ISO 14040 & 14044
- La fonction du produit
- Les impacts du berceau à la tombe
- ACV :
  - une démarche
  - + une méthode de calcul
  - + des référentiels



# Livres & sites...

---

- Analyse du cycle de vie: Comprendre et réaliser un écobilan.  
Jolliet, Saadé & Crettaz (2005). ISBN 2-88074-568-3
- L'Analyse du Cycle de Vie d'un produit ou d'un service -  
Applications et mise en pratique.  
Grisel & Osset (2004). ISBN : 2-12-475091-7
- LCA - An operational guide to the ISO-standards.  
Guinée *et al.* (2001).
  - <http://www.leidenuniv.nl/cml/ssp/projects/lca2/lca2.html>
- ILCD handbook, JRC (2010).
  - <http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAIL-online-12March2010.pdf>
- **Pré Consultant : Forum ACV** <http://www.pre.nl/>



**MERCI...**



[arnaud.helias@supagro.inra.fr](mailto:arnaud.helias@supagro.inra.fr)