

1. L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) - Introduction
- 2. Les principales étapes de l'ACV**
3. L'Econception - Introduction
4. ECOPACT: Présentation des fonctionnalités de l'outil

Objectifs

- Acquérir des connaissances sur les 4 étapes principales de l'Analyse du Cycle de Vie
 - Comprendre les concepts méthodologiques incontournables de l'ACV
 - Etre capable de comprendre et porter un regard critique sur des résultats ACV

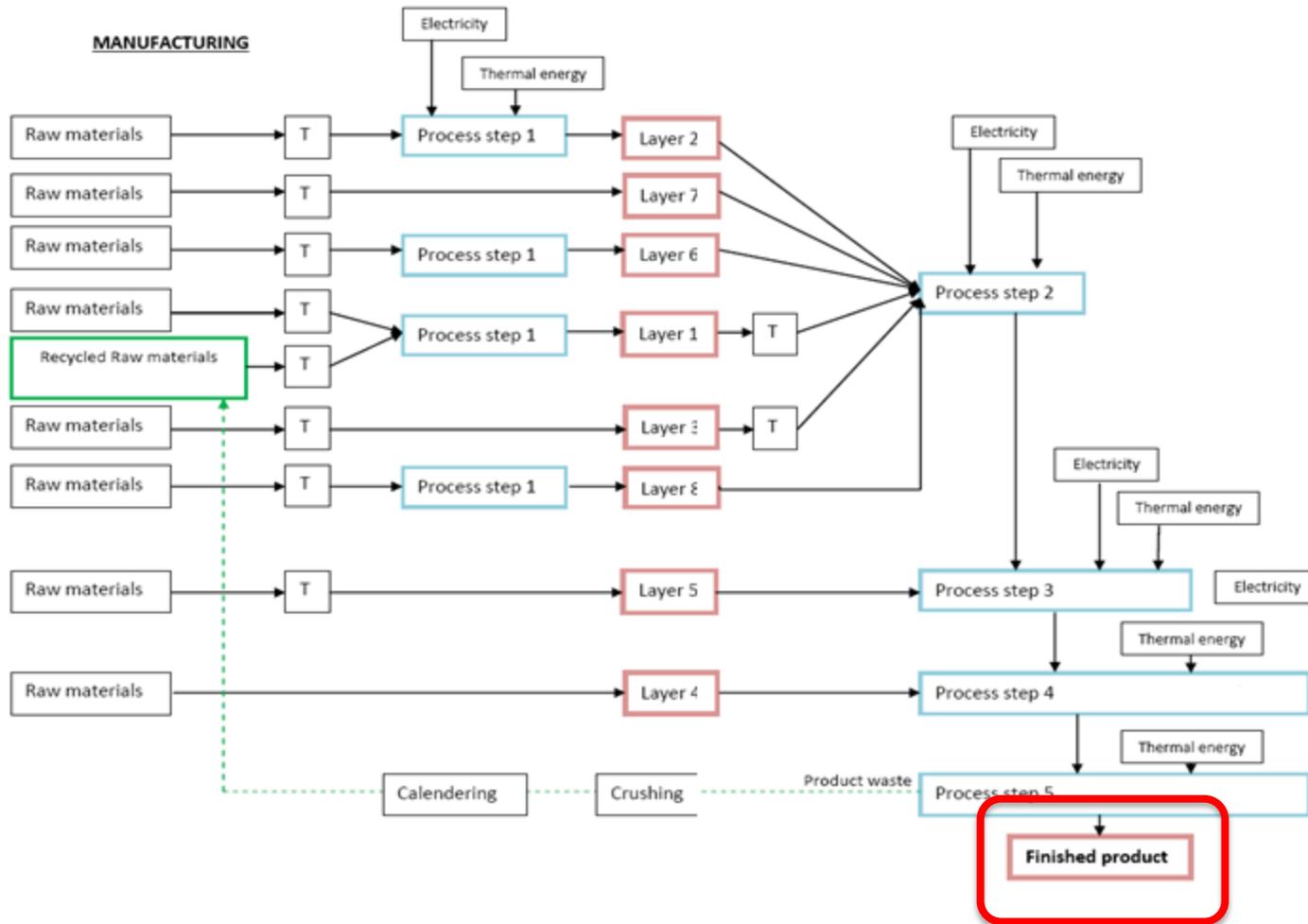
1^{ère} étape

Définition du contexte de l'étude

Point de départ: le produit

✓ Description des processus de production

Exemple d'un revêtement mural:



Quelle est la fonction de mon produit?

La fonction d'un produit:

- Est liée aux besoins du client utilisateur du produit (confort, solidité, étanchéité, durée dans le temps...)
- Doit être quantifiée (Unité Fonctionnelle)

Importance de la fonction en ACV

- Est liée à l'objectif de l'étude
- Détermine l'étendue de l'étude
- Détermine la comparabilité entre produit remplissant les mêmes fonctions.
- Les produits ne remplissant pas une même fonction ne sont pas comparables.

Exemples

✓ Fonction

Exemple: Peut-on comparer de la peinture et du papier mural?



Oui pour une fonction commune: protéger et colorer la surface d'un mur

✓ Unité fonctionnelle (UF), Exemples:

Produit

Fonction

Unité fonctionnelle



Pour quoi?
→

Protéger et décorer un mur

Combien?
→

Protéger 1 m² de mur
pendant 20 ans



Pour quoi?
→

Imprimer du papier

Combien?
→

Imprimer 100
pages A4

Ou

Assurer l'impression de 10 000
pages A4/an pendant 3 ans

Flux (Unité) de référence

L' Unité fonctionnelle (UF) fixe le flux de référence pour laquelle toutes les quantités inventoriées des processus sont normalisées.

Exemple:

Une usine produit **100 000 blocs de béton par mois**, ce qui induit une consommation électrique de **5 MWh/mois**. Un bloc de béton correspond à **0.1 m²** de mur.

➤ Unité fonctionnelle: **1m² de mur de blocs en béton – mur porteur dans une maison familiale, pendant 100 ans**

➤ L'unité de référence est **1 m²** de mur porteur.

➤ La quantité d'électricité consommée pour produire la quantité de bloc nécessaire l'unité de référenct est donc:

$$\text{Conso électrique} = \frac{5 \text{ MWh/mois}}{100\,000 \text{ blocs/mois}} \times 10 \cdot 0.1 \text{ m}^2/\text{bloc} = 0.5 \text{ kWh/m}^2$$

Flux élémentaires

Quantité de matière/énergie:

- **Entrant dans un processus:** puisée d'un milieu naturel sans transformation humaine préalable
- **Sortant:** rejetée dans l'environnement

Chaque flux élémentaire

- Est quantifié par rapport à l'unité de référence
- Contribue à un impact

Exemple:

Unité de référence

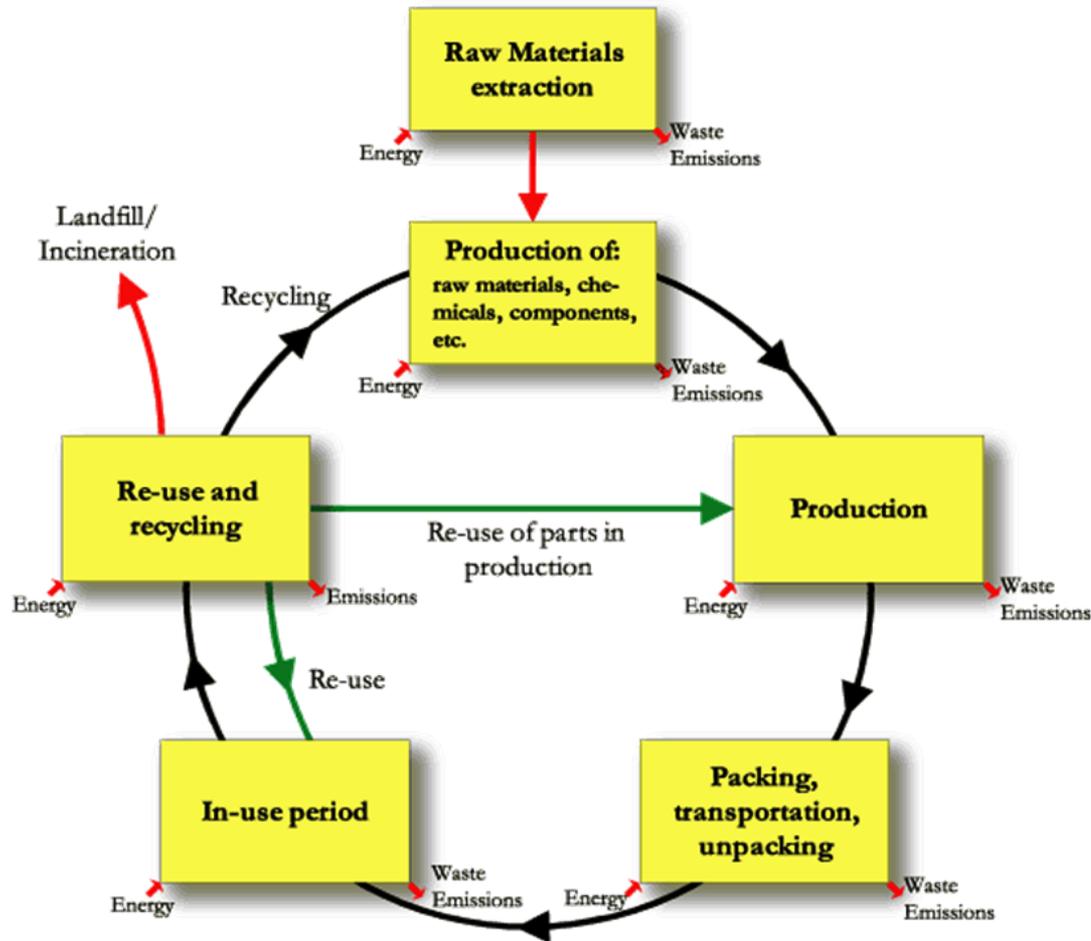
Known outputs to technosphere. Products and co-products			
Name	Amount	Unit	Quantity
Portland cement, strength class Z 52.5, at plant/CH S	1	kg	Mass

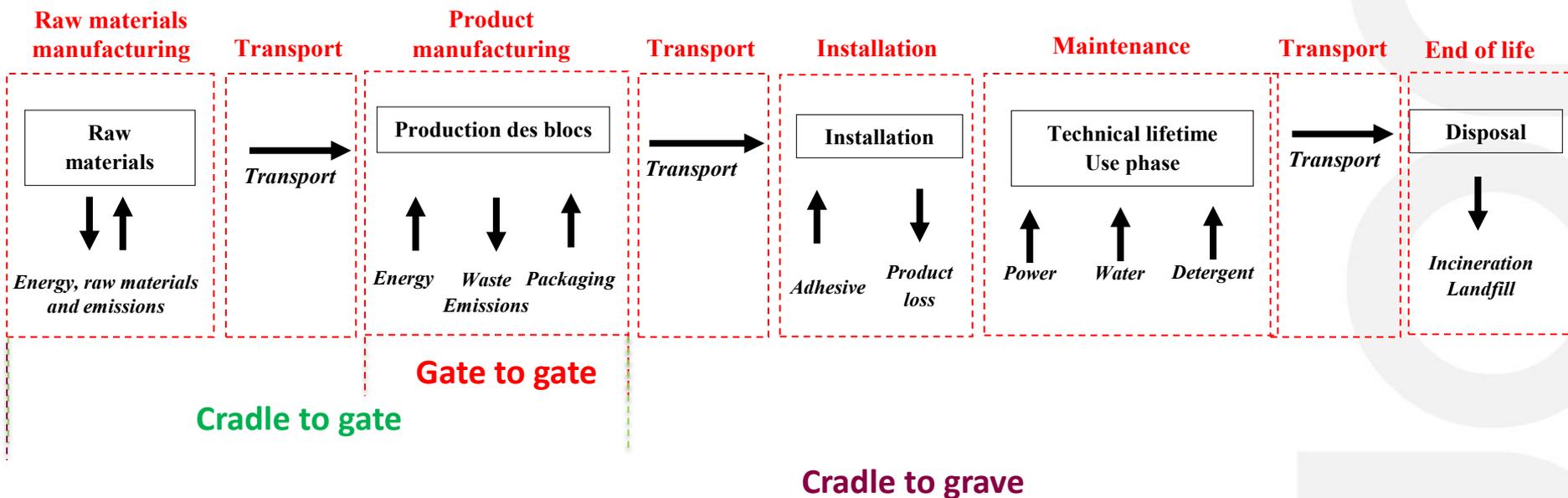
Flux élémentaires

Known inputs from nature (resources)			Emissions to air		
Name	Amount	Unit	Name	Amount	Unit
Aluminium	0.00013829	kg	1,4-Butanediol	0.000000000000049497	kg
Anhydrite	0.0000000014	kg	1-Pentene	0.000000000000010529	kg
Baryte	0.000088747	kg	2-Aminopropanol	0.000000000000000660	kg
Basalt	0.000021538	kg	2-Butene, 2-methyl-	0.000000000000000002	kg
Borax	0.0000000019	kg	Acenaphthene	0.000000000000000019	kg
Bromine	0.0000000001	kg	Acetaldehyde	0.0000000082127	kg
Cadmium	0.0000000062	kg	Acetaldehyde	0.00000000011755	kg
Calcite	1.0920000000	kg	Acetaldehyde	0.000000061236	kg

Au-delà des portes de l'usine...

✓ Système du produit



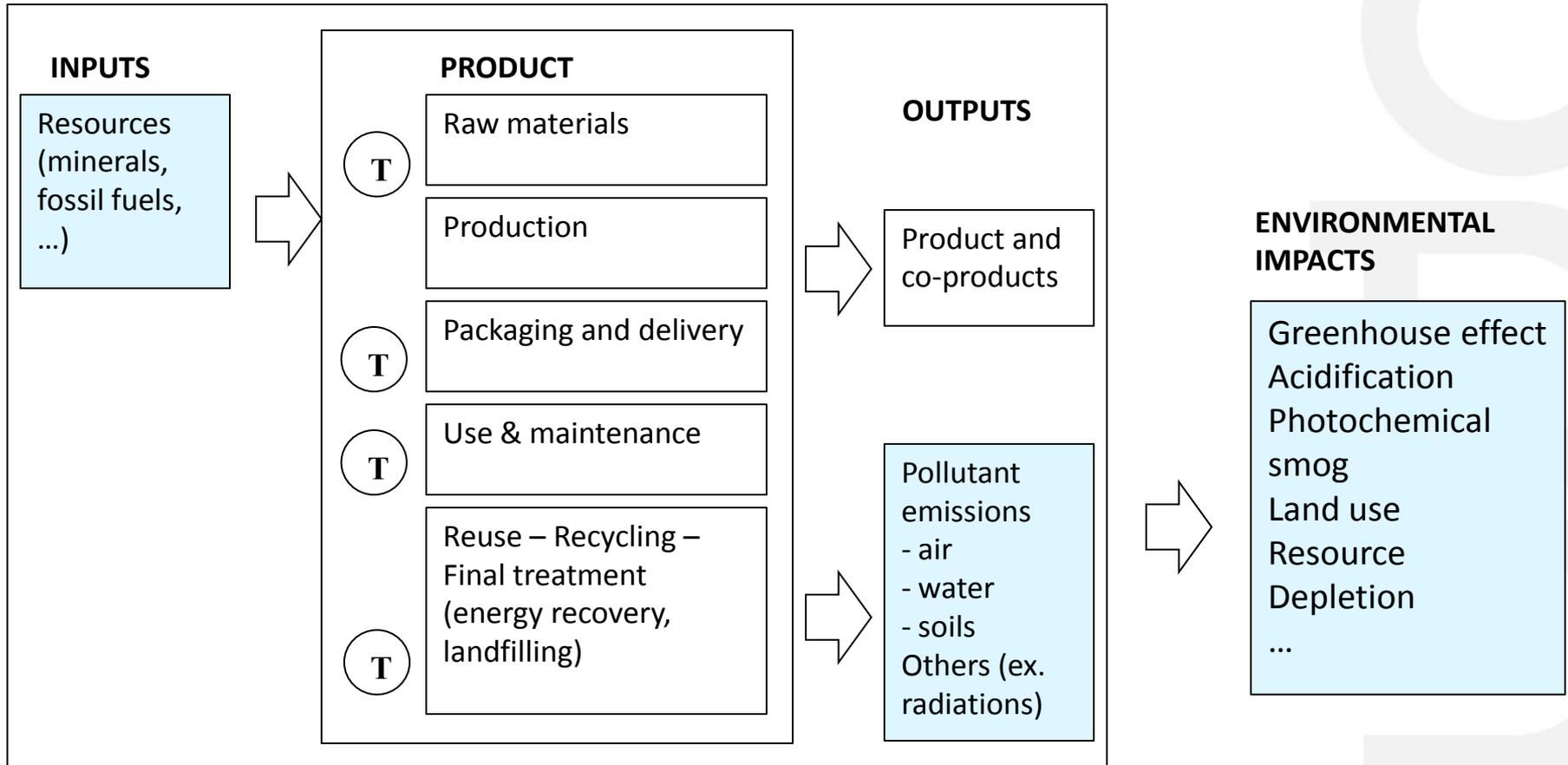


Unité fonctionnelle	1m2 de mur de blocs en béton – mur porteur dans une maison familiale, pendant 100 ans	
Technical lifetime	1 m2 production, 1 m2 installation, 100 ans de maintenance	
Manufacturing	Matières premières (inclus les distances de transport) Sur site (sites de production des blocs) Packaging	Base de données (supply chain) Données producteur Base de données (supply chain)
	Consommation énergétique (sites de production des blocs)	Données producteur
	Packaging	Base de données (supply chain)
Transport	Distance de transport de l'usine à l'utilisateur	30 km
Installation Et Maintenance	Mortier de ciment <i>0 Maintenance pendant la durée de vie</i>	55kg/m ²
Fin de vie	Distance de transport moyenne	0
	Déchet post-consommation	100% landfill

L'Eco-conception

« Life Cycle Thinking »

LIFE CYCLE OF A PRODUCT



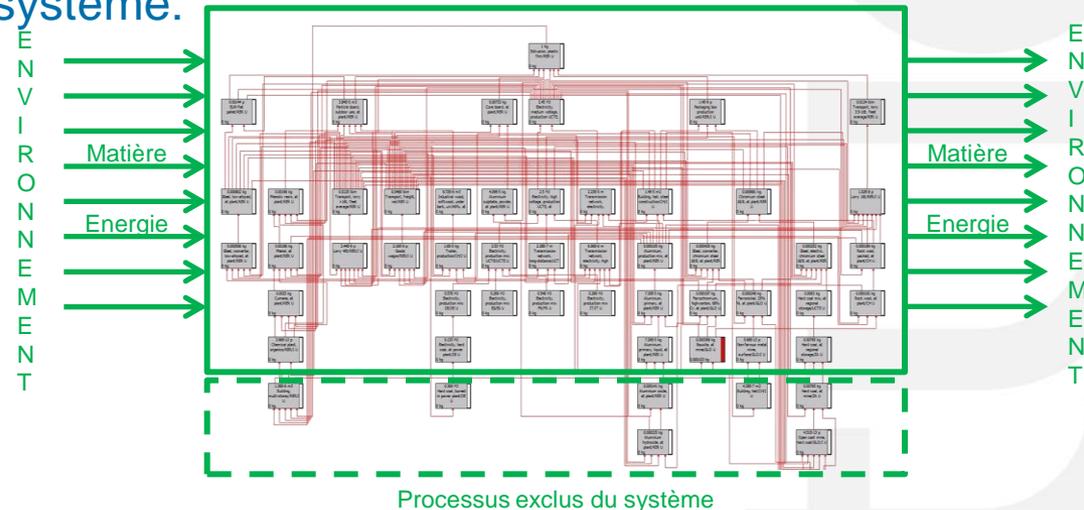
Source: adapted from ISO 14062

Les Frontières du système

- Ensemble des **processus et flux associés**, considérés dans l'inventaire
- Détermine l'**étendue** de l'étude
 - **Frontières infinies**: tous les processus relatifs à la fonction étudiée sont pris en compte
 - (quasi) impossible
 - **Frontières finies**: certains flux ou process sont exclus du système, ou négligés.

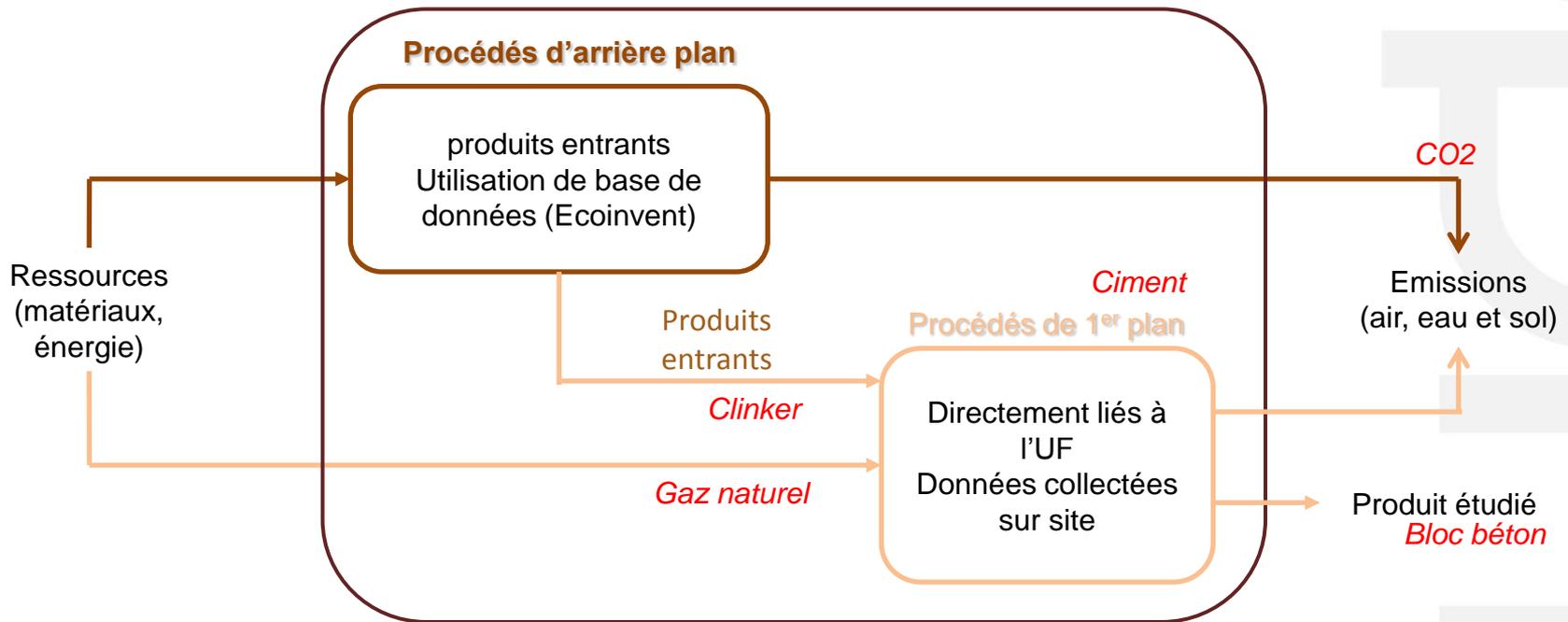
Critères pour fixer les frontières du système:

- le but de l'étude
- le contexte géographique
- le système technologique
- les flux qui sont négligeables
- la relation avec le cycle de vie d'autres produits → allocations



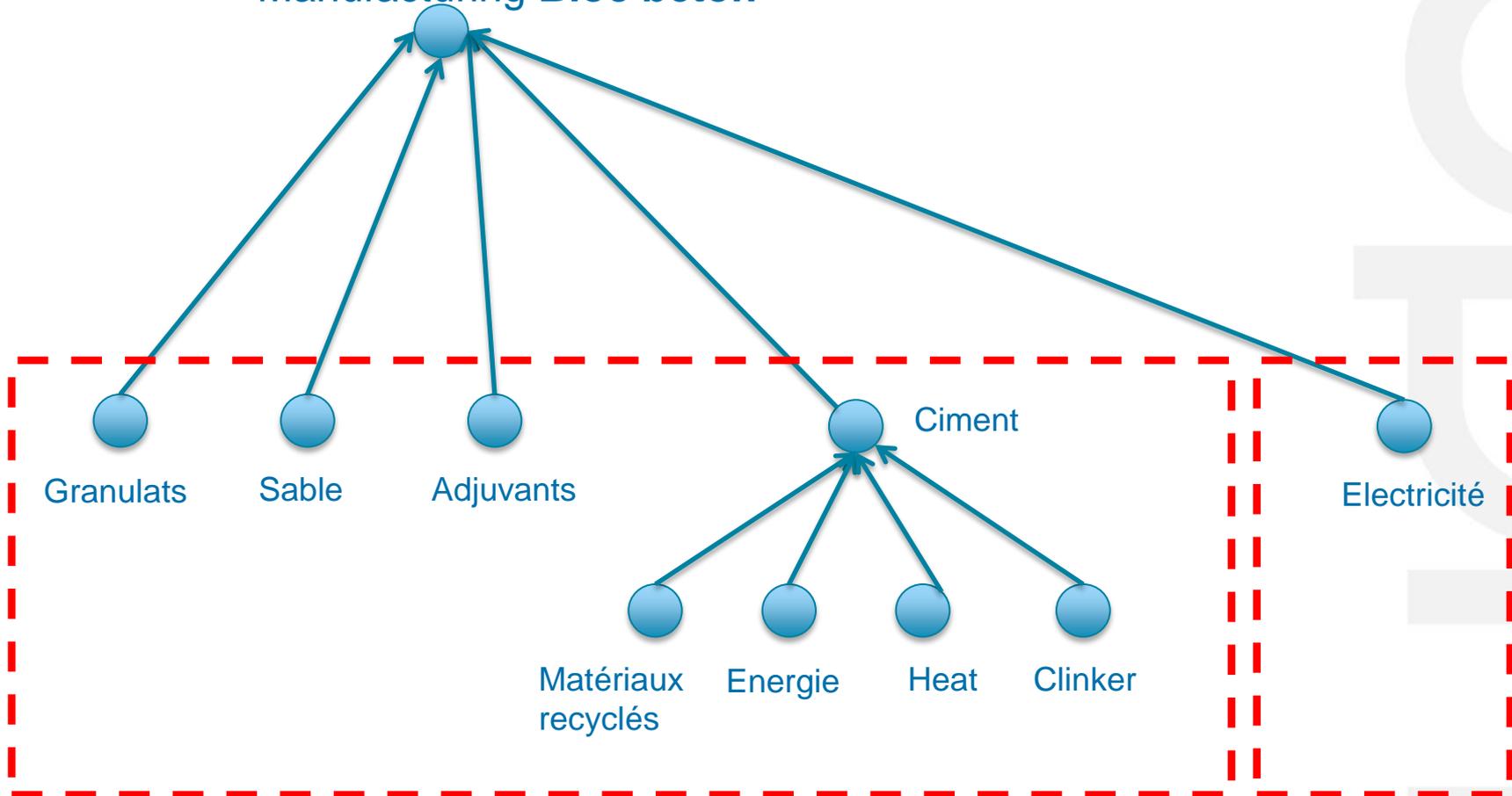
2^{ème} étape
Inventaire du cycle de vie

Différenciation procédé de « premier plan » et « d'arrière plan »



Données de premier plan (foreground)

Manufacturing Bloc béton

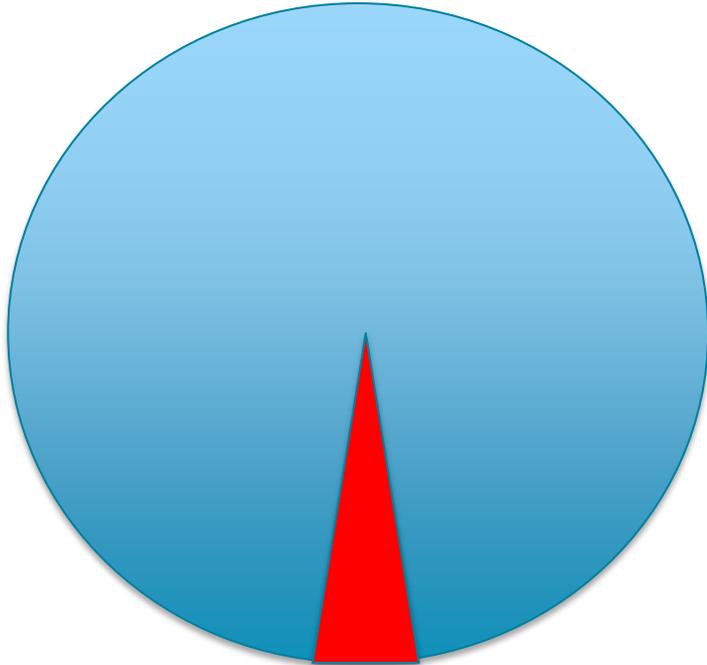


*Recette
produit*

Manufacturing

Inventory data are allocated to products

KPI production plant



Part of KPI due to the production of concrete block

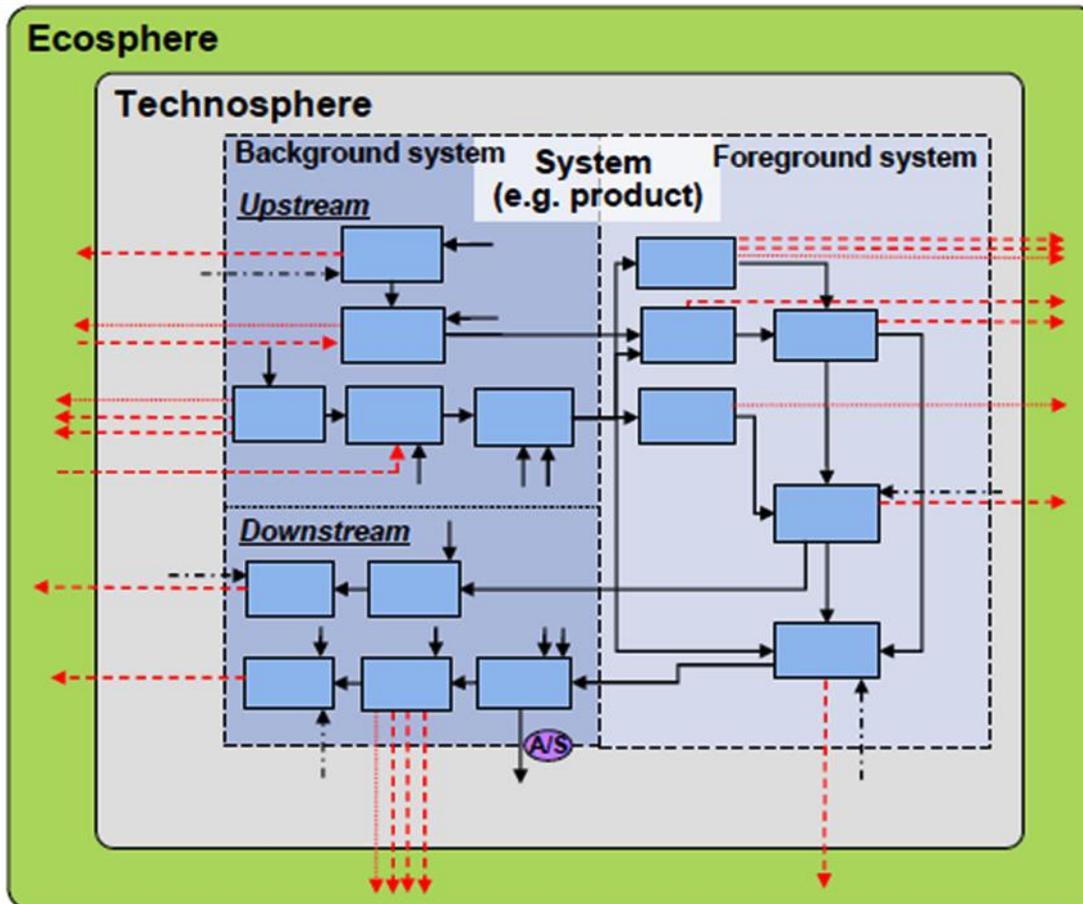
Need for records per production line and per product type!

Allocation based on the ratio:

$\text{m}^3 \text{ de blocs par an} / \text{production annuelle totale du site de production}$

Dans quel but?

Inventorier la quantité totale de ressources naturelles utilisées, et de polluants émis pour l'ensemble du cycle de vie lié à la fonction délivrée par 1m² du mur en blocs béton.



Natural resources extracted from environment (e.g. oil from ground)

Pollutant emissions to environment (e.g. CO₂)

Products exchanged within the lifecycle (e.g. diesel, aluminium, steel, etc)

Source: ILCD Handbook, EU commission

Les données d'arrière plan (background)

- No universally agreed database
- Different coverage, geographical representativeness, data quality validation

Two main “public” initiatives

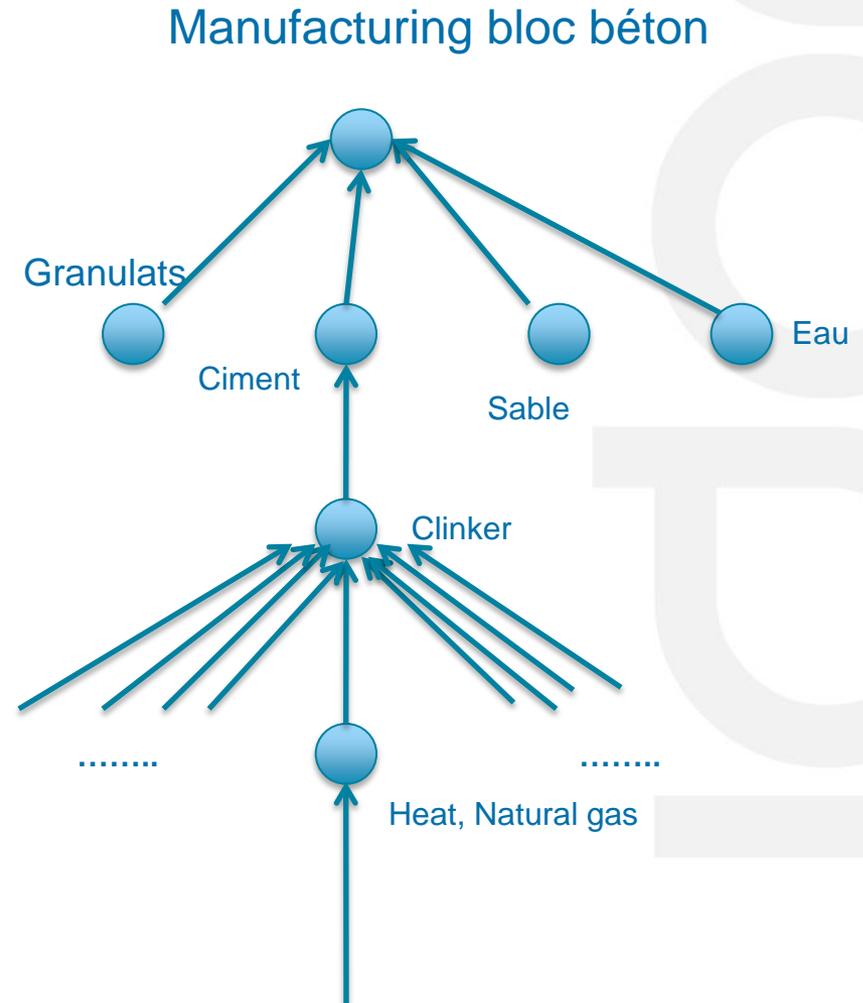
- Europe: ELCD (317 datasets) - <http://lca.jrc.ec.europa.eu>
- USA: NREL (304 datasets) - <http://www.nrel.gov/lci/>

Ecoinvent 2.2 is “usually” used as baseline in practice:

- ❖ www.ecoinvent.ch, 1 update/6 months
- ❖ State of the art
- ❖ +4000 datasets of processes and materials
- ❖ ≈ 2500 pollutant emissions and natural resources
- ❖ Extensive description of each datasets (modelling assumptions)
- ❖ Datasets can be adapted to specific situations and conditions

Ecoinvent – “Unit process”

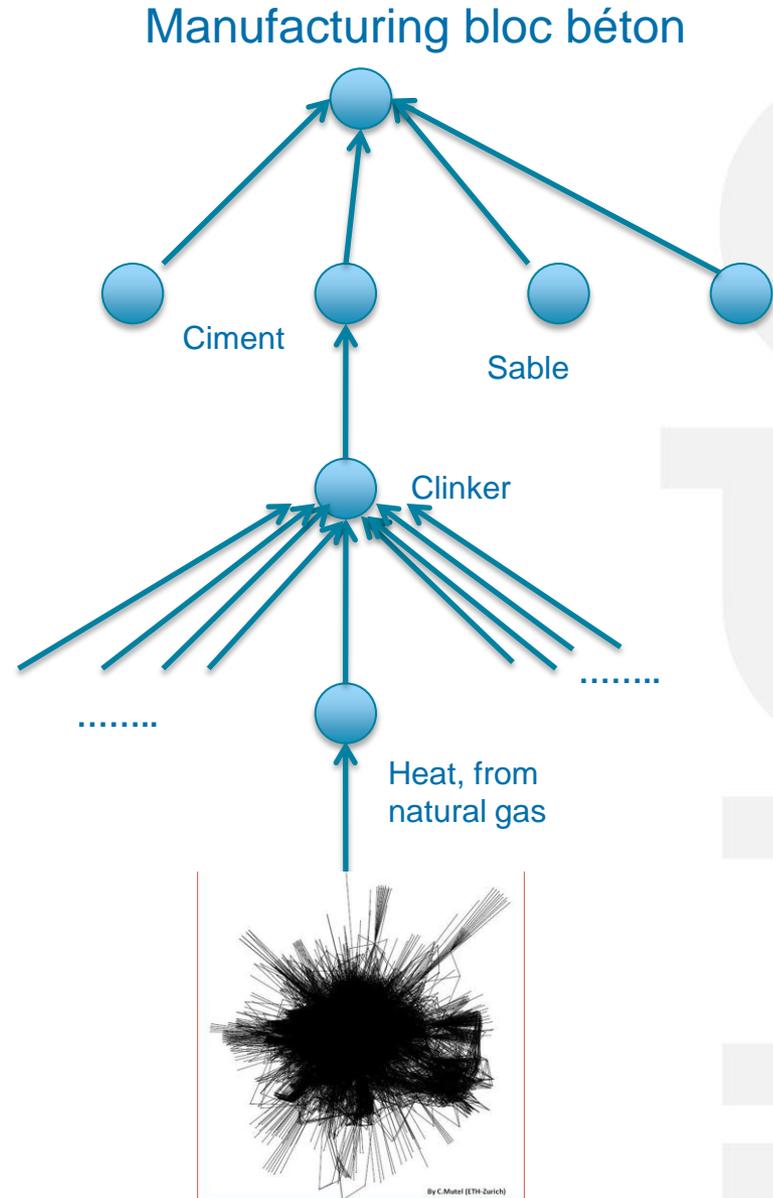
- ❖ Correspond to processing activities (gate to gate)
- ❖ Include raw materials, energy and environmental burdens (pollutants emissions and/or natural resources consumed) *on site (not related to the lifecycle!)*
- ❖ Can be ***modified in order to be adapted to specific conditions***, e.g.
 - ❖ Specific electricity production
 - ❖ Specific raw material supplier



How far do we go?

Ecoinvent – “Result process”

- ❖ Include all the lifecycle processes (from cradle to grave)
- ❖ Inventory all the environmental burdens related to those processes (based on the chosen functional unit)
- ❖ Do not include anymore products exchanged by lifecycle processes
- ❖ **Cannot be modified (already cumulative sum)**
-> **loss of detail**



« Unit process » vs « Results process »

Exemple de dataset Ecoinvent

➤ Production d'1 kg de ciment

Représentativité de l'inventaire

Average data are used

- **Average production data at production site**
 - Average electricity consumption/m³ (from KPI)
 - Average raw material (e.g. cement) amount/m³
 - Average pollutant emissions (based on few samples)
- **Average background data (Ecoinvent)**
 - Average producers/suppliers/technologies
 - Average temporal and geographical representativity

Focus sur ...

les processus multi-fonctionnels

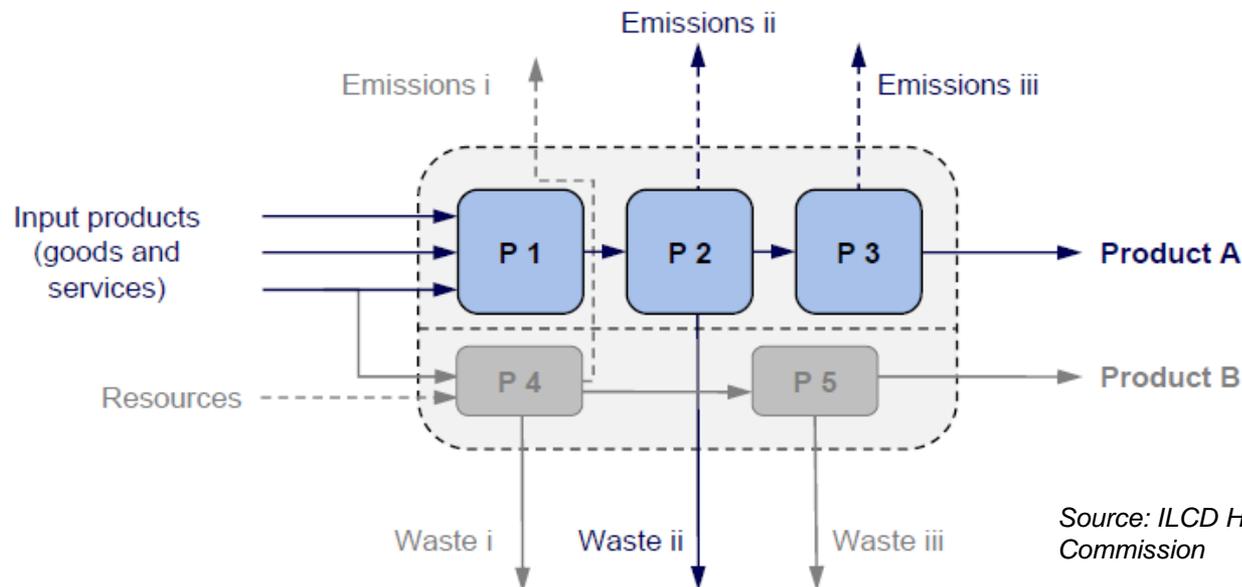
(produire plusieurs “outputs” en même temps)

Définition de la multi-fonctionnalité

Most processes of the lifecycle

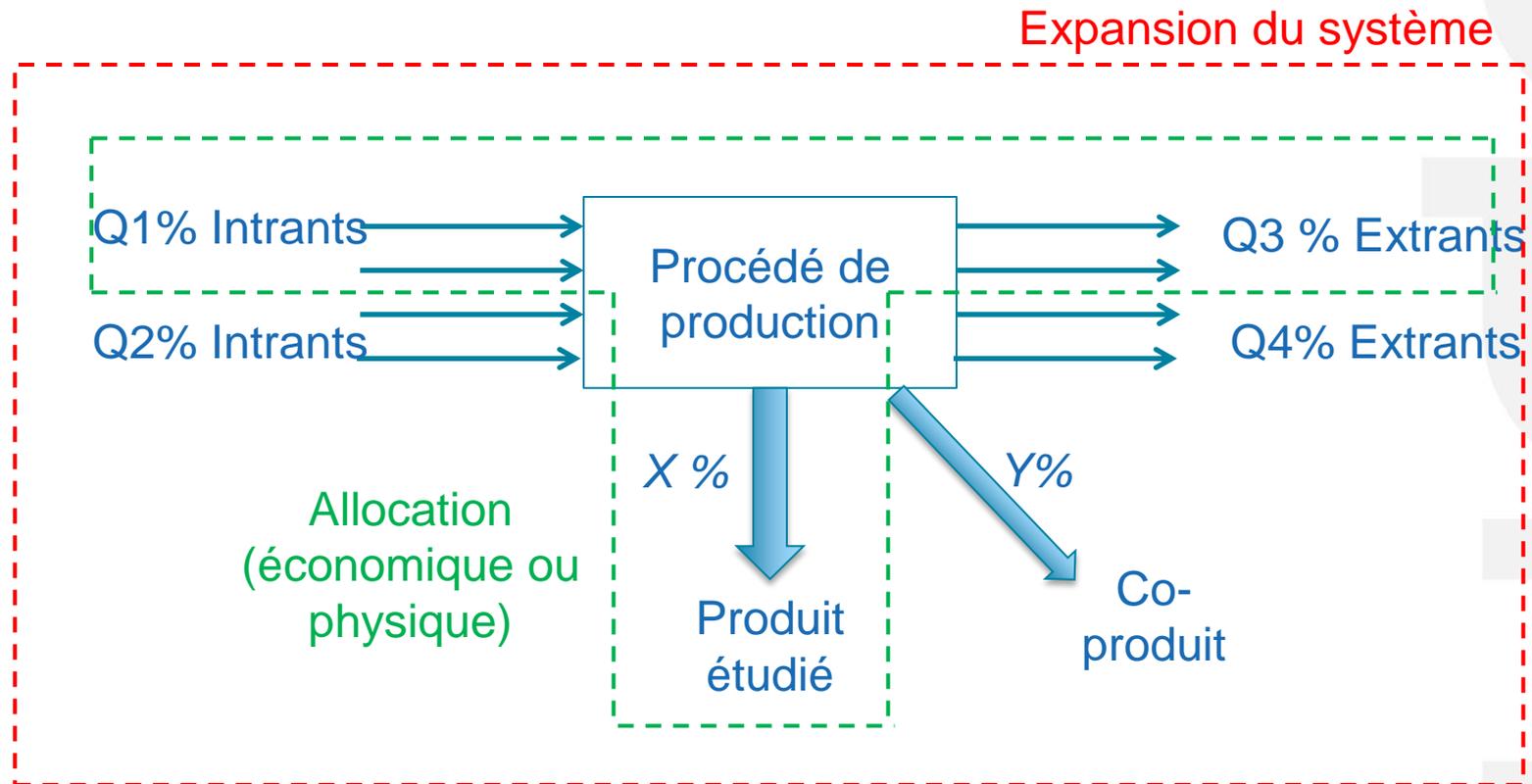
1. Produce more than 1 products (co-production) & the production processes cannot be separated
2. Treat two or more waste (combined waste treatment) & the treatment process cannot be separated
3. Treat one waste input and produce one valuable output (open- or close-loop recycling)

This applies to foreground and background processes



Source: ILCD Handbook, European Commission

Méthode d'allocation



Expansion du système

Possible s'il existe un système alternatif produisant les fonctions complémentaires

Exemple

Comparaison de 2 imprimantes



Multifonction: imprimante + photocopieur



Imprimante classique

+



Photocopieuse classique

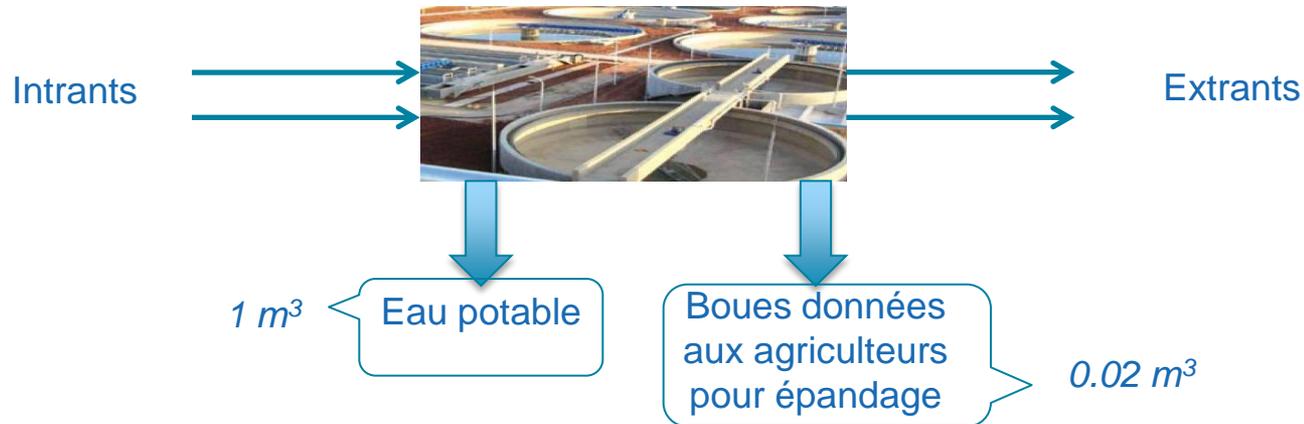
Allocation physique

Imputation du système basée sur le rapport physique

En cas d'allocation, le rapport physique est préférable (il reflète la façon dont les intrants/extrants sont transformés quantitativement liés à des processus faisant intervenir des flux physiques)

Exemple

Production de boues lors de la production d'eau potable



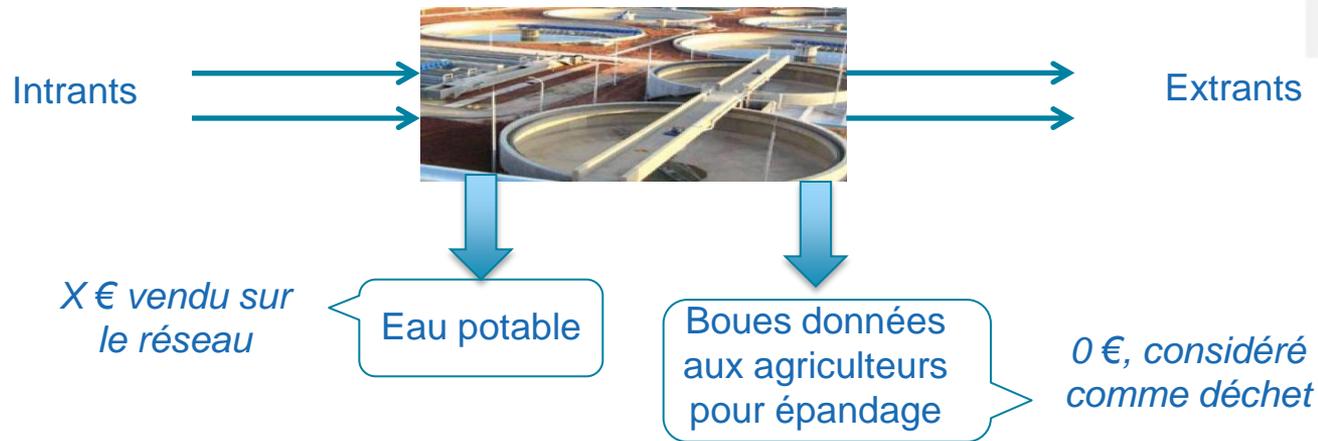
→ 2% des entrées/sorties sont imputées à la production de boues

Allocation économique

Imputation du système basée sur la valeur économique

Exemple

Production de boues lors de la production d'eau potable

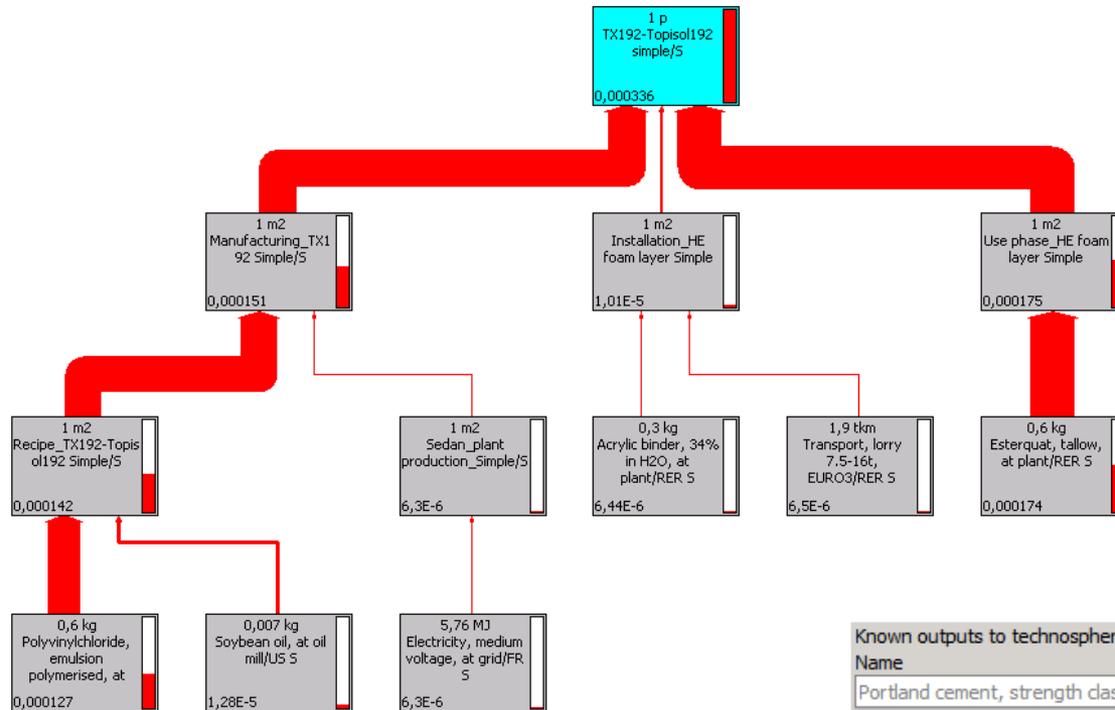


→ *Tous les entrées/sorties du système sont allouées à la production d'eau potable, aucune imputation*

→ **Analyse de sensibilité** en fonction de la méthode d'allocation pour évaluer l'effet de l'hypothèse choisie

Calcul de l'inventaire du cycle de vie

- Exemple de calcul Simapro
 - Analyse de Contribution (Sankey)



Known outputs to technosphere. Products and co-products

Name	Amount	Unit	Quantity
Portland cement, strength class Z 52.5, at plant/CH S	1	kg	Mass

Known inputs from nature (resources)

Name	Amount	Unit
Aluminium	0.00013829	kg
Anhydrite	0.0000000014	kg
Baryte	0.000088747	kg
Basalt	0.000021538	kg
Borax	0.0000000019	kg
Bromine	0.0000000001	kg
Cadmium	0.0000000062	kg
Calcite	1.0920000000	kg

Emissions to air

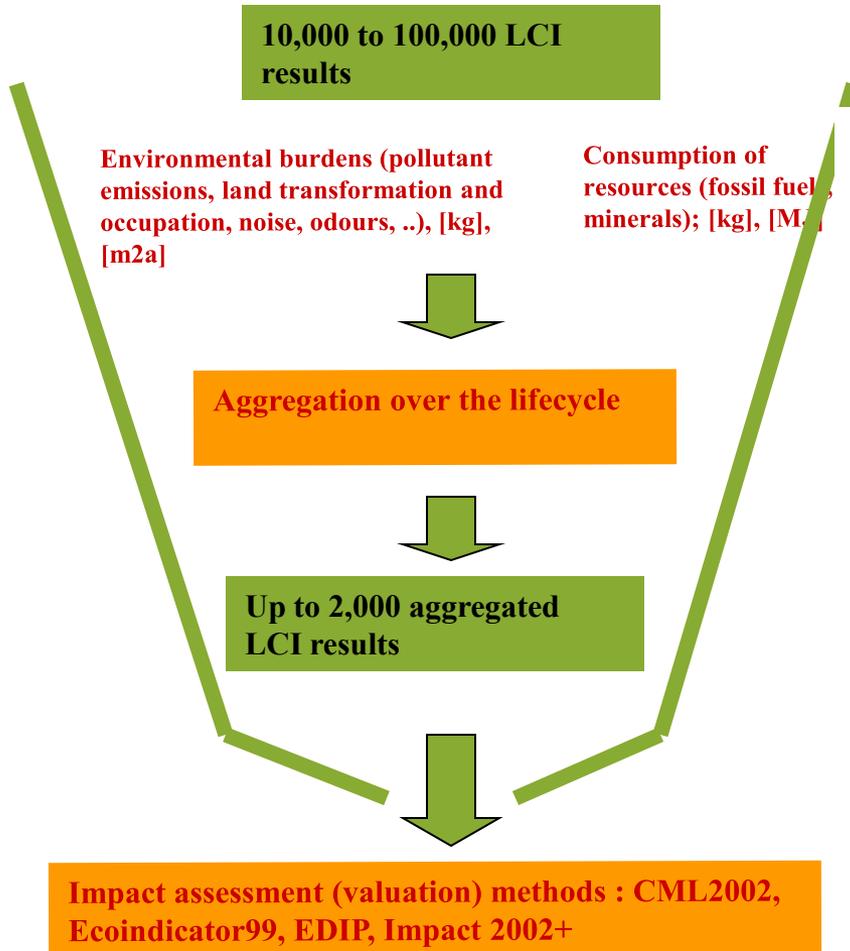
Name	Amount	Unit
1,4-Butanediol	0.0000000000000049497	kg
1-Pentene	0.000000000000010529	kg
2-Aminopropanol	0.000000000000000660	kg
2-Butene, 2-methyl-	0.000000000000000002	kg
Acenaphthene	0.000000000000000019	kg
Acetaldehyde	0.0000000082127	kg
Acetaldehyde	0.00000000011755	kg
Acetaldehyde	0.000000061236	kg

3ème étape

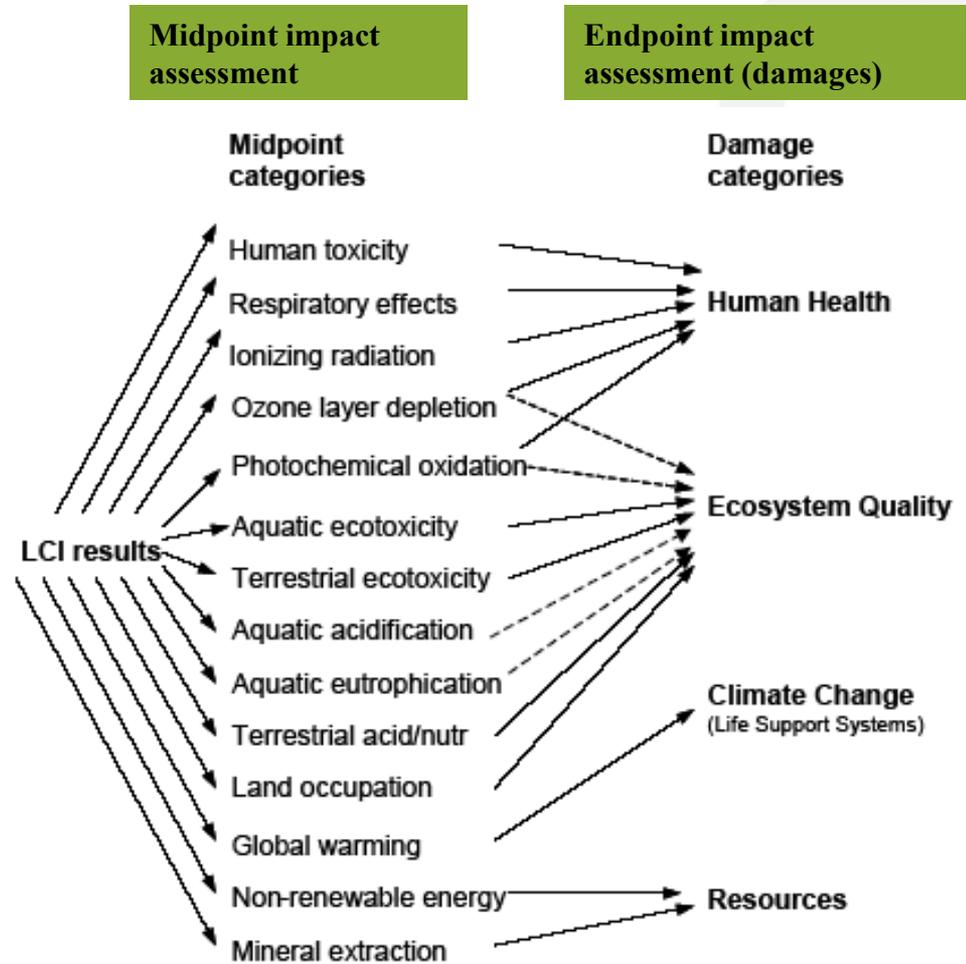
Evaluation des Impacts du Cycle de Vie (Life Cycle Impact Assessment - LCIA)

Du LCI au LCIA

LC Inventory

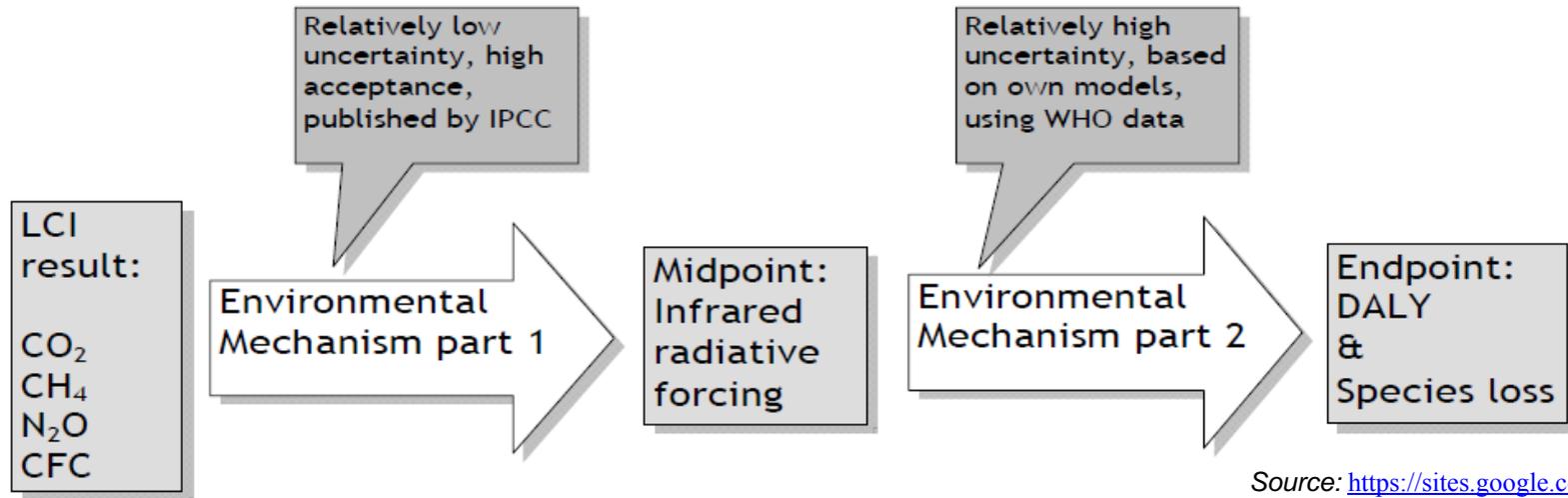


LC Impact Assessment: e.g. Impact 2002+



Source:

<http://www.sph.umich.edu/riskcenter/jolliet/impact2002+.htm>



Source: <https://sites.google.com/site/lciarecipe/>

Characterisation: “How much may a LCI data contribute to a given impact ?”

Quantification of contributions to the different impact categories by estimating impact potentials, IPs (e.g. multiplying the characterisation factors (CFs) for each chemical by the emitted amount (Q) per functional unit (fu) calculated in the inventory:

$$IP = Q * CF$$

Life-Cycle Impact Assessment (LCIA)

Approche midpoint

Approche orientée « problèmes »:

Chaîne cause-effet limitée aux points intermédiaires (midpoint)

Catégories d'impact:

- Déplétion des ressources (fossiles ou minérales)
- Réchauffement climatique
- Toxicité (humaine ou sur les écosystèmes)
- Déplétion de la couche d'ozone
- Acidification
- Eutrophisation
- etc...

Impact exprimé généralement en fonction d'une substance de référence (CO₂ eq, N eq, P eq, etc...)

Life-Cycle Impact Assessment (LCIA)

Approche endpoint

Approche orientée « dommages »:

L'évaluation se poursuit jusqu'à l'impact sur les points finaux (endpoint).

Santé humaine

Nombre d'années de vie affectées par une incapacité.

Unité : DALY (Disability Adjusted Life Year)

Ecosystèmes

Fraction d'espèces potentiellement affectée ou disparue pour une surface et une échelle temporelle données.

Unité : species.year ou PDF.m².year (Potential Disappeared Fraction of species)

Ressources

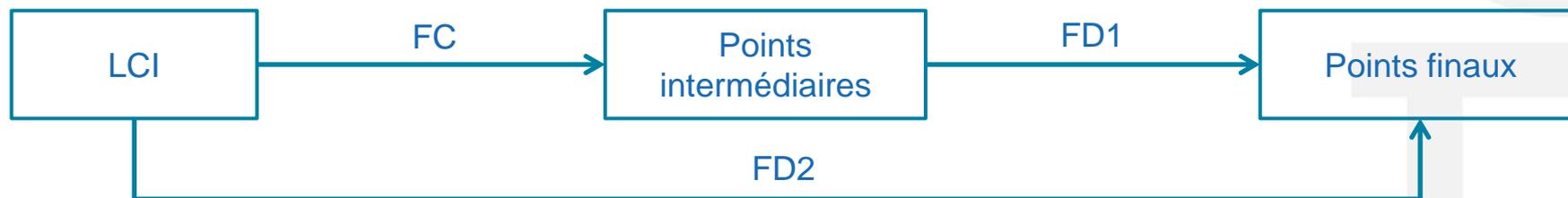
Effort induit pour l'extraction future des ressources restantes

Unité : MJ ou \$

Life-Cycle Impact Assessment (LCIA)

Approche midpoint/endpoint

Un approche mixte existe aussi permettant de calculer à la fois l'impact sur les points intermédiaires et sur les points finaux.

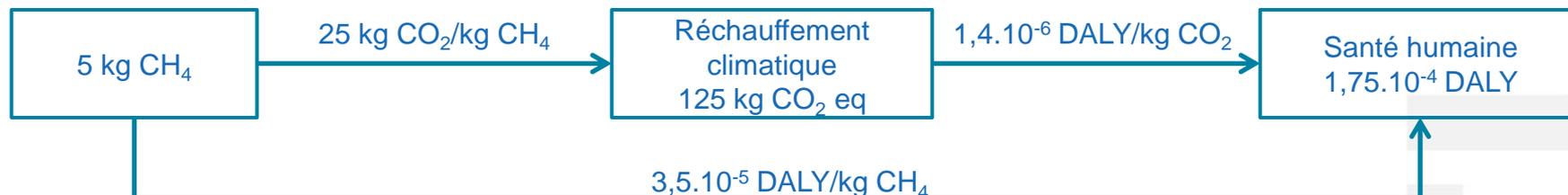


FC : facteur de caractérisation

FD1 : facteur de dommage pour la substance de référence du point intermédiaire

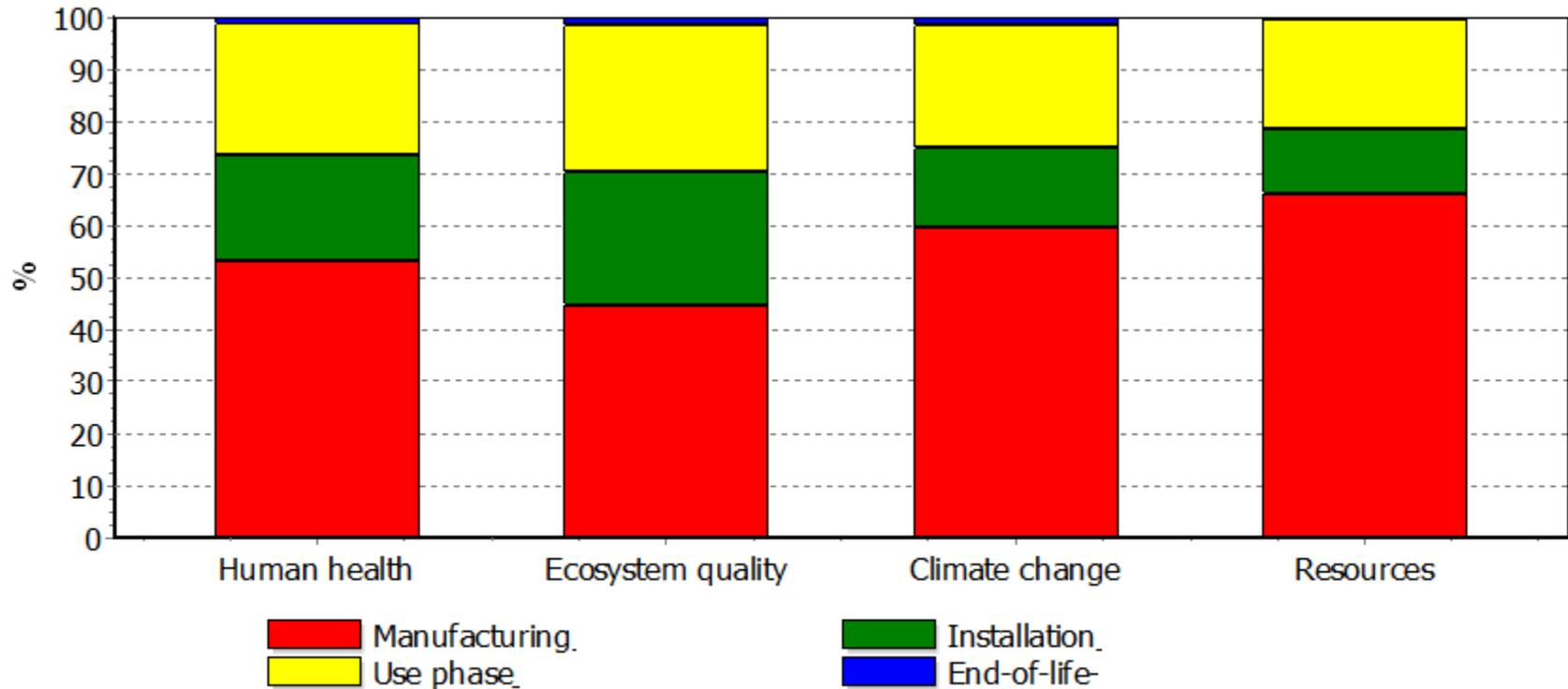
FD2 : facteur de dommage pour la substance étudiée

Exemple:



Calculate the Life Cycle Impact Assessment

- Example of calculation in Simapro
 - Different representations of results



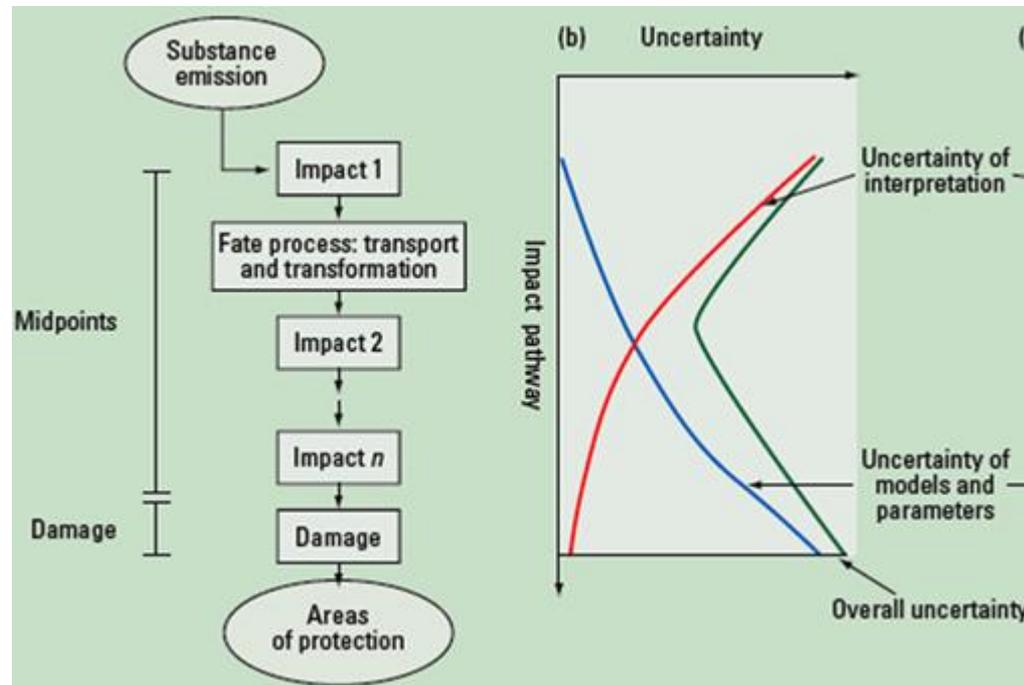
Method: IMPACT 2002+ V2.10 / IMPACT 2002+ / Damage assessment

Environmental impact/damage

LCA evaluates potential impacts (not actual impacts) on a reference environment.

Environmental Impact: any change to the environment, whether adverse or beneficial, wholly or partially resulting from an organization's activities, products or services

(ISO 14062)



Source: <http://www.pre.nl/content/eco-indicator-99>

Reference environment

- Average environmental compartments (atmosphere, soil, water)
- Environmental mechanisms per compartment (chemical reactions, speciation, diffusion, etc)
- Average background data per compartment (physico-chemical) for at a given time (more or less regularly updated)

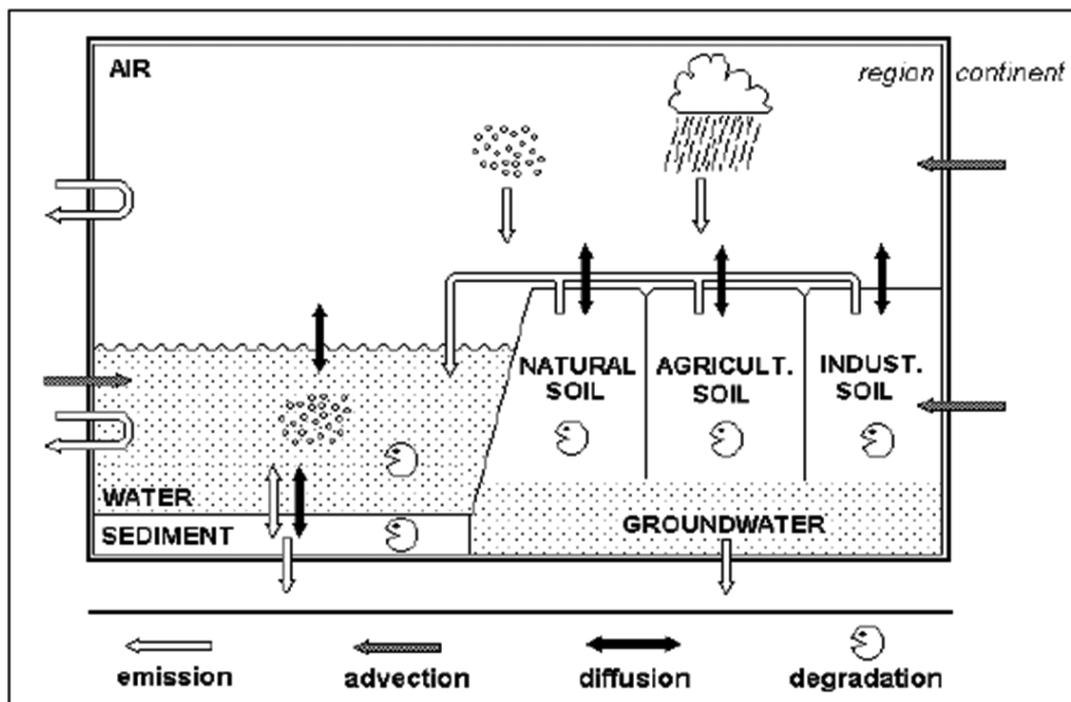


- LCIA results are potential impacts that could occur in the given reference environment.
- LCIA are useful for comparison purposes only: is product A better than product B, based on the same reference environment and limitations?
- LCIA results have no absolute meaning: no « threshold impact » corresponding to (critical) point of no-return.

La modélisation des impacts

Les modèles d'impact se basent sur des conditions environnementales moyennes à grande échelle.

L'environnement est divisé en compartiments (air, eau et sol), voire en sous-compartiments (eaux souterraines, rivière, océan, lac, etc...).



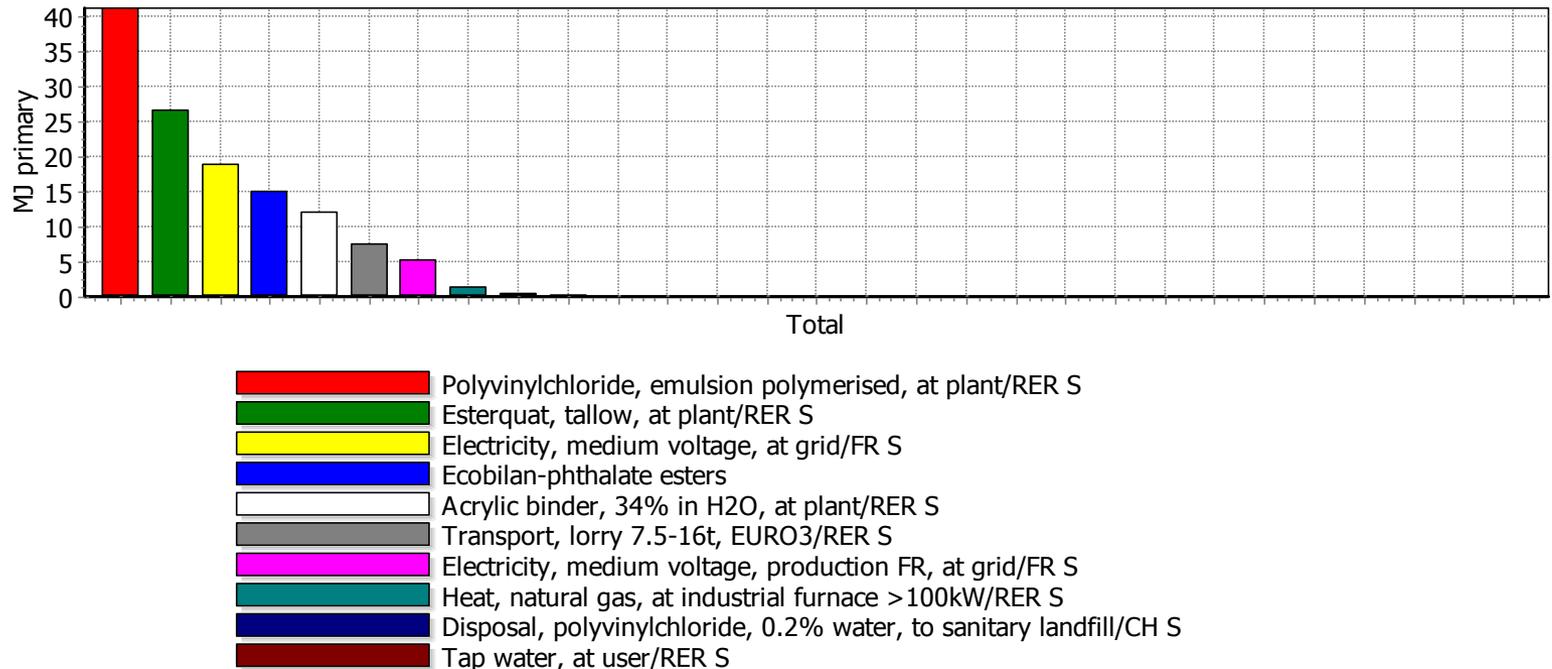
EUSES-LCA:
European
Uniform System
for the
Evaluation of
Substances

4ème étape

Interprétation des résultats et conclusions

Analyse de contribution et de gravité

- **Exemple de calcul Simapro**
 - **Analyse de Contribution**
 - Identification des processus qui contribuent le plus à la catégorie d'impact
 - **Analyse de gravité**
 - Identification des substances de l'inventaire qui contribuent le plus



Analysing 1 p 'TX192-Topisol192 simple/S';
Method: IMPACT 2002+ V2.10 / IMPACT 2002+ / Damage assessment

Analyse de sensibilité

- **Consiste à faire varier un paramètre: quantités et/ou la nature des processus les plus critiques pour les résultats:**
 - Du fait des hypothèses plus ou moins fondées sur lesquelles ils reposent
 - Du fait de la qualité des données associées
- **Analyser la sensibilité d'un paramètre quant aux résultats de l'étude permet d'identifier si oui ou non il a une forte influence sur l'orientation des résultats.**
 - Si oui, tirer des conclusions indiscutables s'avère plus difficile, puisque l'incertitude des résultats est accrue

Merci pour votre attention!