



*L'économie circulaire du secteur de l'EAU*  
*Jeudi 21 avril 2016 - Liège*



# Analyse du cycle anthropique de l'eau produite, distribuée et traitée en Région wallonne

**Department of Chemical Engineering**  
*Products, Environment & Processes*

S. Gros Lambert, A. Léonard  
[s.gros Lambert@ulg.ac.be](mailto:s.gros Lambert@ulg.ac.be)

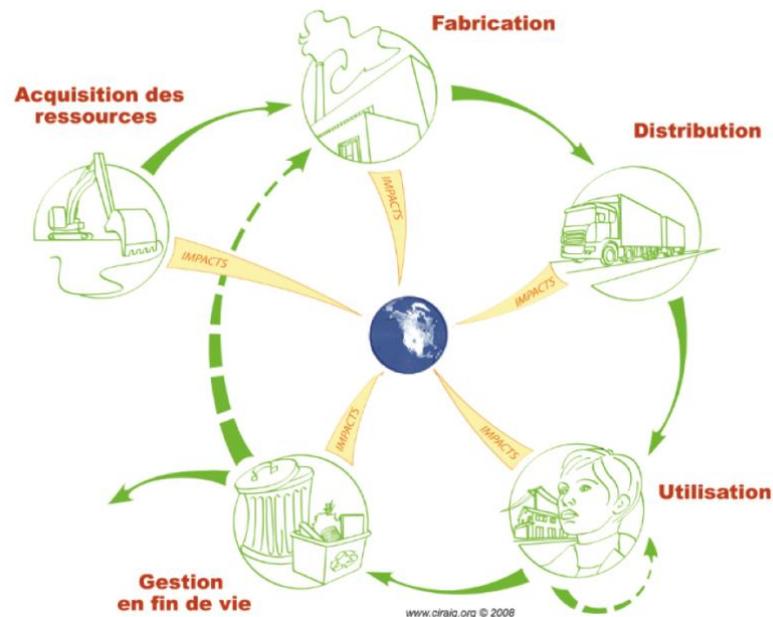


# Plan de l'exposé

- Introduction à l'analyse du cycle de vie (ACV)
- Définition des Objectifs et du Champ d'étude
- Inventaire du cycle de vie
- Évaluation de l'impact du cycle de vie
- Interprétation du cycle de vie
- Conclusions
- Perspectives

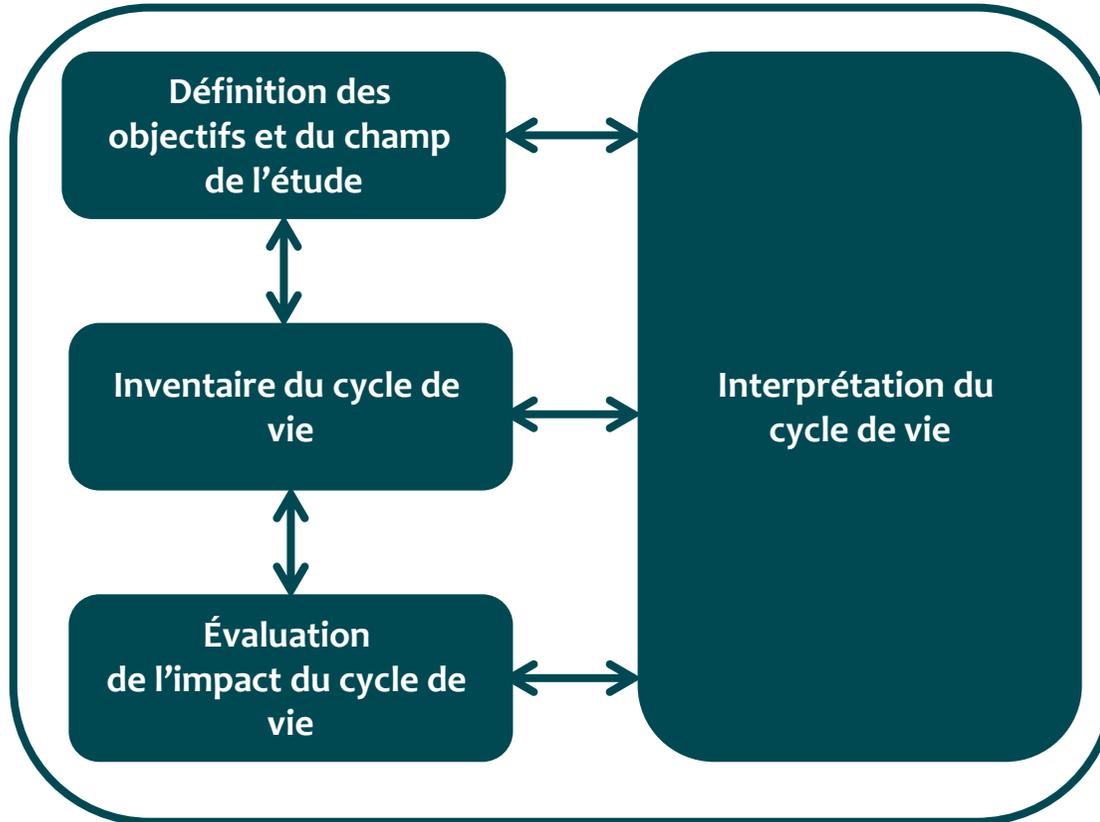
# Introduction à l'analyse du cycle de vie (ACV)

- Cadre général défini par les normes ISO 14040 – 14044
  - « étudie les aspects environnementaux et les impacts potentiels tout au long de la vie d'un produit, de l'acquisition de la matière première à sa production, son utilisation et à sa destruction »
  - Produit = produit, activité, système ou procédé
  - Possibilité de « cradle to gate » ou « cradle to grave » ou « cradle to cradle »



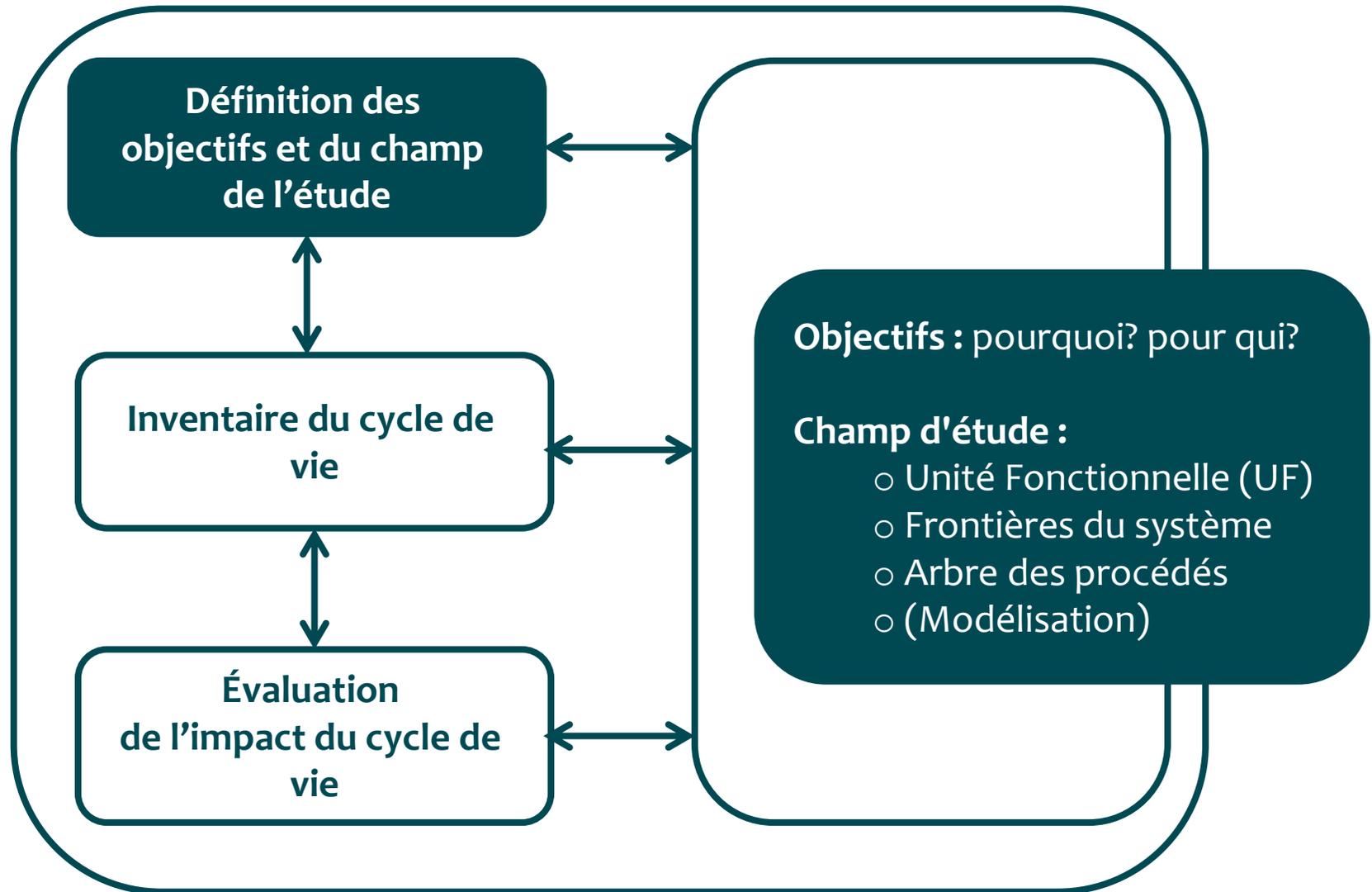
# Introduction à l'ACV

- 4 étapes (définies par les normes ISO)



- Guidance détaillée via le ILCD Handbook (JRC – EU)

# Objectifs et Champ d'étude



# ACV de l'eau anthropique : Objectifs

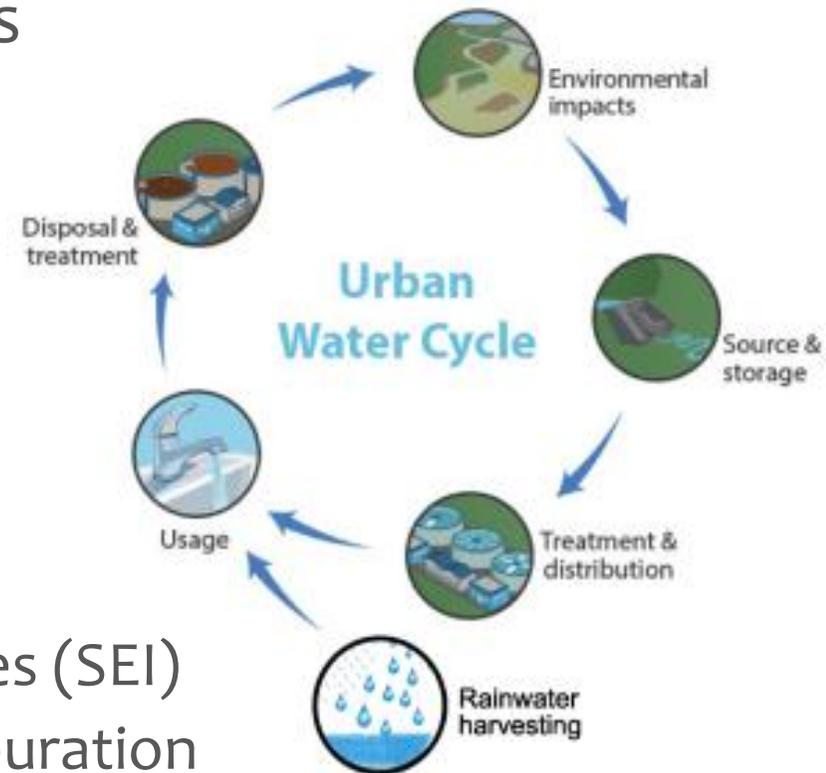
- Commission Européenne : 6<sup>ème</sup> programme communautaire d'action pour l'Environnement :  
« Environnement 2010 : notre avenir, notre choix »
  - Stratégie sur l'utilisation durable des ressources naturelles (COM(2005)670)  
→ Intégrer l'approche basée sur le cycle de vie des ressources dans les politiques existantes
- Région wallonne : Déclaration de Politique Régionale 2009-2014
  - Direction Générale Opérationnelle Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement (DGARNE – DGO3) : Rapports sur l'état de l'environnement wallon  
⇒ Utilisation efficace des ressources en eau incluant une ACV  
<http://etat.environnement.wallonie.be/index.php?page=etudes-detaillees>

# ACV de l'eau anthropique : Objectifs

- **Objectifs** : Évaluer l'impact environnemental de la consommation d'eau par les citoyens wallons, de sa collecte à son élimination et traitement. L'étude inclut également la récolte et la consommation d'eau de pluie en plus de l'eau de distribution
- Mise à jour d'une ACV de 2000 : PIRENE  
Programme Intégré de Recherche ENvironnement-Eau  
(ULg CIOR – Pr Germain)

# ACV de l'eau anthropique : Champ d'étude

- Unité Fonctionnelle (UF) : 1 m<sup>3</sup> d'eau utilisée par un citoyen wallon, incluant eau de distribution et eau de pluie
- Frontières du système : 7 étapes
  1. Captage et potabilisation des eaux de surface et souterraines
  2. Adduction et distribution
  3. Récolte d'eau de pluie
  4. Égouttage
  5. Épuration collective des eaux usées (STEP)
  6. Épuration autonome des eaux usées (SEI)
  7. Rejet dans le milieu naturel sans épuration



# ACV de l'eau anthropique : Champ d'étude

## ■ Frontières du système :

### □ Inlus :

- Matières premières pour les bâtiments et les infrastructures
- Produits chimiques, réactifs
- Énergie
- Flux d'eaux usées (effluents liquides et boues)

### □ Exclus :

- Les travaux de construction
- Les travaux de terrassement
- Les transports des matériaux et produits chimiques
- L'utilisation directe des sols
- "Administration"

# ACV de l'eau anthropique : Champ d'étude

## ■ Scénario de référence : "2010" :

- ❑ Année de référence : 2010
- ❑ Collecte d'eau de pluie : 11 Mm<sup>3</sup> (= 6,4%)
- ❑ **Traitement des eaux usées :**
  - Plan d'Assainissement par Sous-Bassins Hydrographiques (PASH) : maximum 88% de connexion aux STEP  
⇒ 12% SEI
  - Taux d'équipement : 76,2% (75,2% STEP et 1% SEI)
  - **Effluents :**
    - ❑ STEP : 100% vers les eaux vives
    - ❑ SEI : 31% vers les eaux vives
    - ❑ Eaux non traitées : 37% vers les eaux vives

# ACV de l'eau anthropique : Champ d'étude

## ■ Scénarios alternatifs :

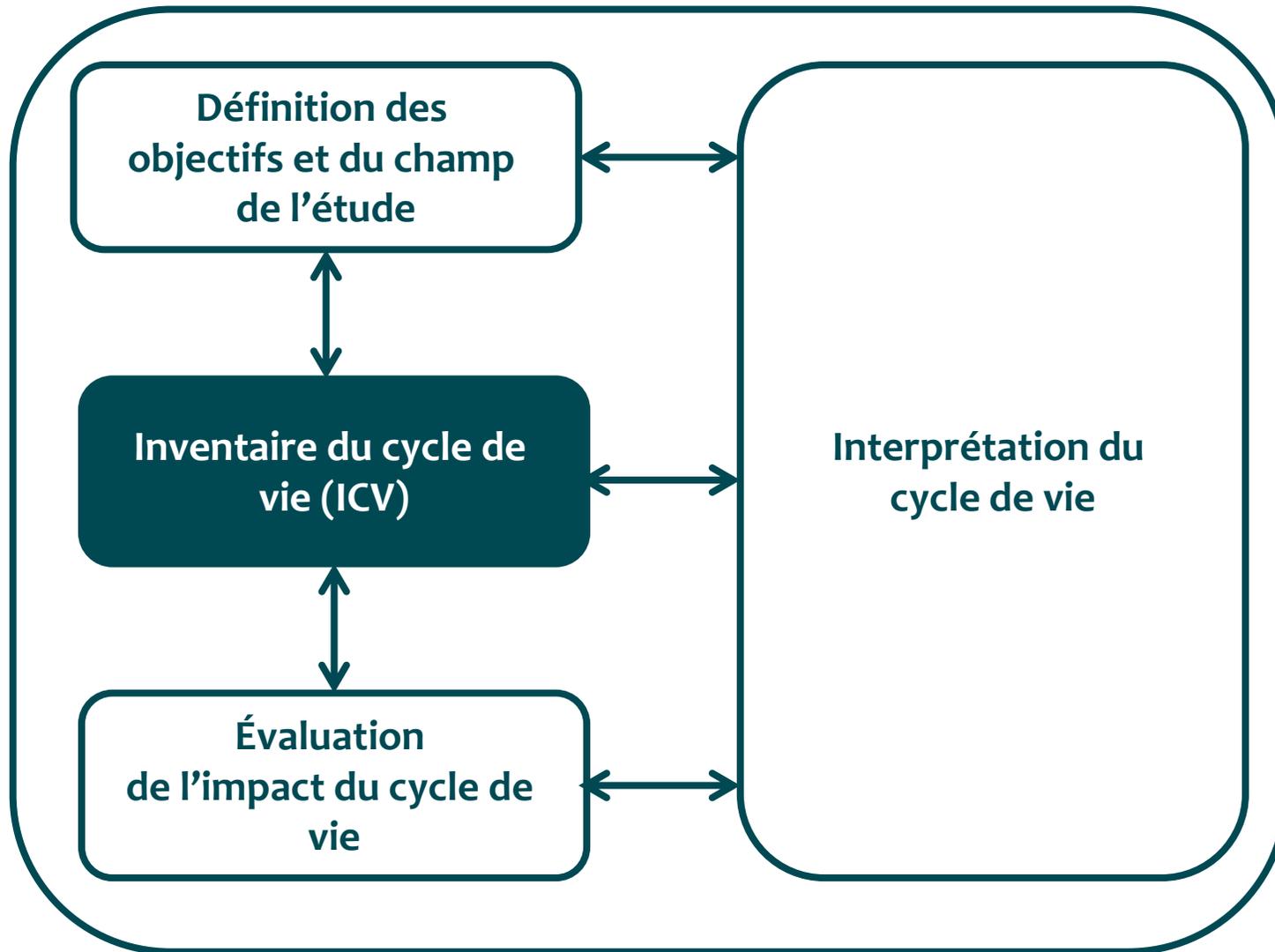
### 1. Influence du taux d'équipement épuratoire

- ❑ "Pas d'épuration - 0%" : Aucun traitement des eaux usées, 37% des eaux usées vers les eaux vives
- ❑ "2020 – 95,7%" : taux d'équipement d'épuration = 95,7%  
→ 88% STEP (= max) + 7,7% SEI

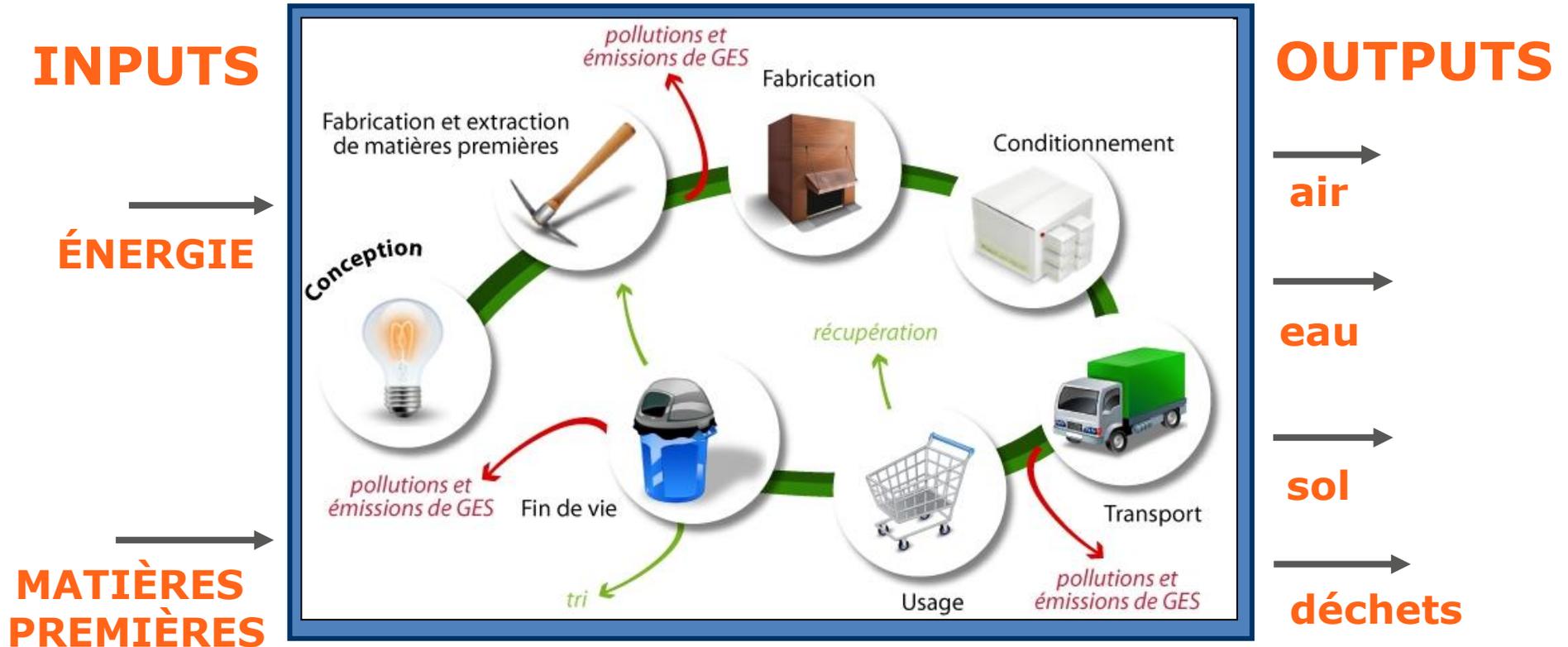
### 2. Récolte d'eau de pluie

- ❑ 0%
- ❑ 15% (du volume total)

# Inventaire du cycle de vie

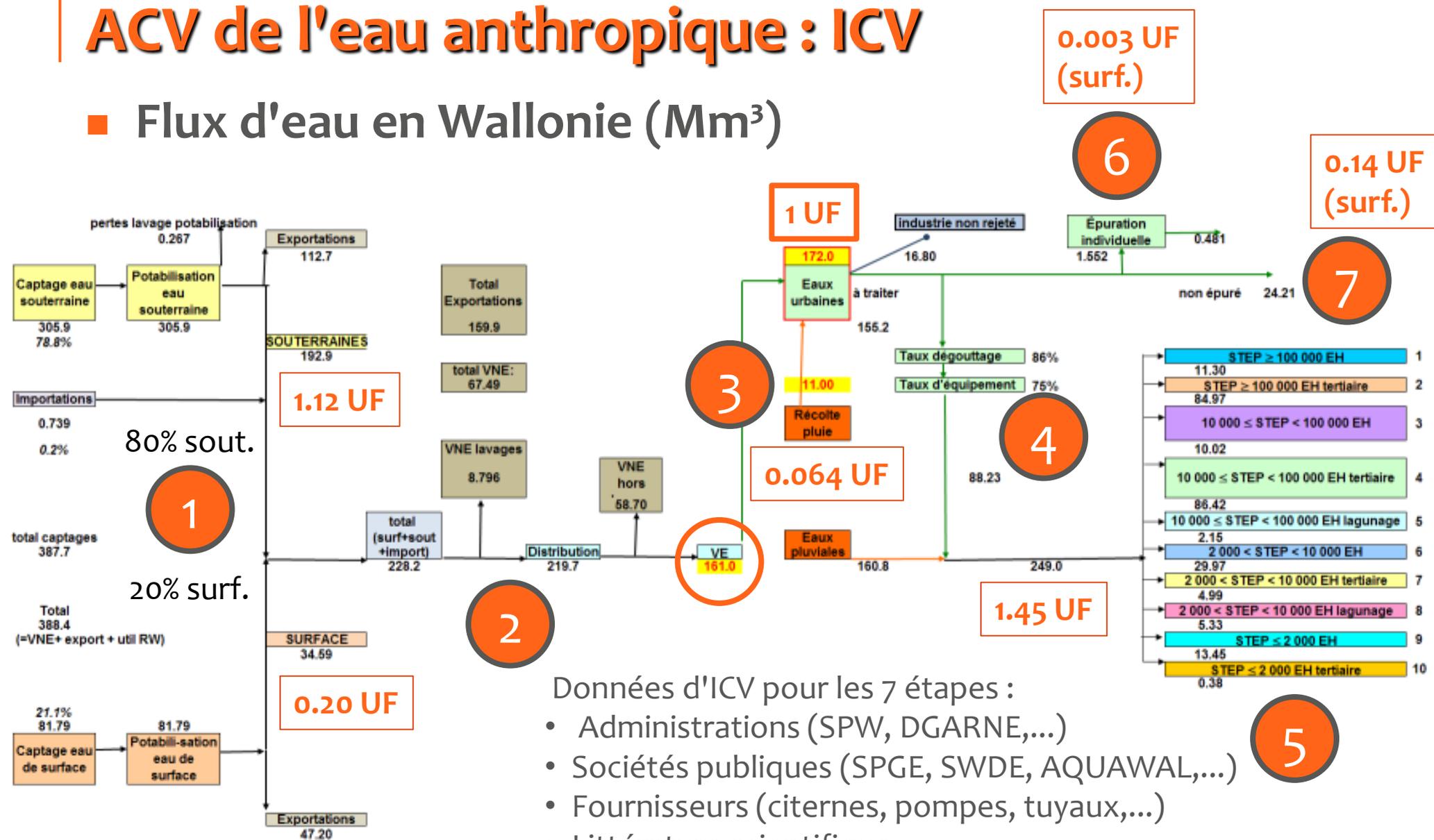


# Inventaire du cycle de vie



# ACV de l'eau anthropique : ICV

## Flux d'eau en Wallonie (Mm<sup>3</sup>)



Données d'ICV pour les 7 étapes :

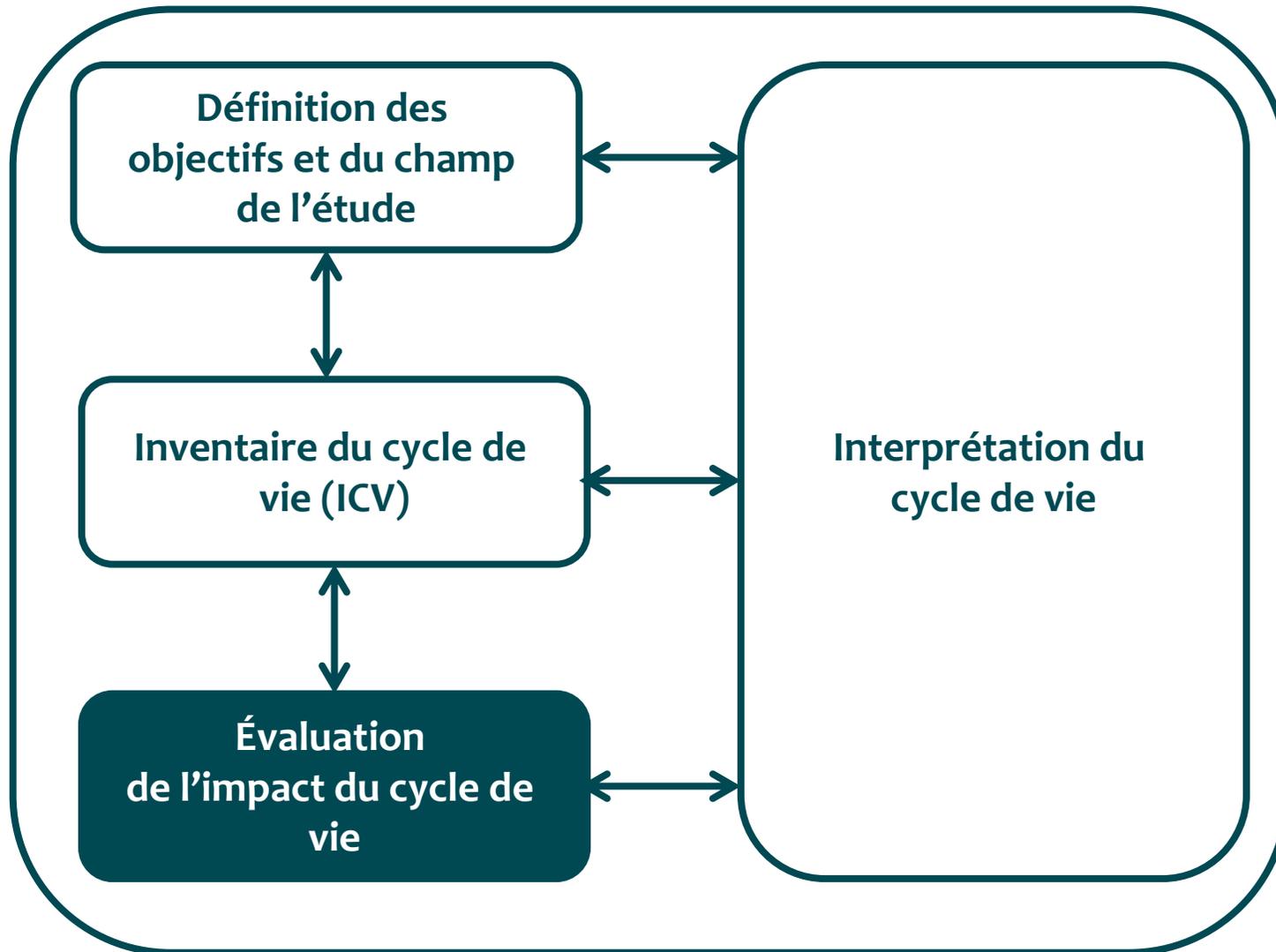
- Administrations (SPW, DGARNE,...)
- Sociétés publiques (SPGE, SWDE, AQUAWAL,...)
- Fournisseurs (citernes, pompes, tuyaux,...)
- Littérature scientifique

# ACV de l'eau anthropique : ICV

- Électricité : Mix électrique wallon - 2010

Source	2010
Combustibles nucléaires	67,0%
Gaz naturel	23,6%
Charbon (solide)	0
Hydraulique	0,8%
Pétrole	0,4%
Biomasse	4,4%
Déchets/autres (incinérateur)	0,9%
Déchets organiques (incinérateur)	0,2%
Éolien	2,0%
Photovoltaïque	0,2%
Gaz de haut fourneau	0,3%
Gaz de cokerie	0,3%

# Évaluation de l'impact du cycle de vie



# Évaluation de l'impact du cycle de vie

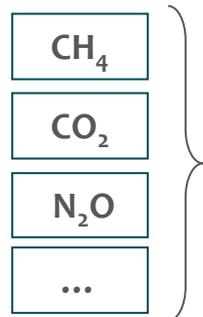
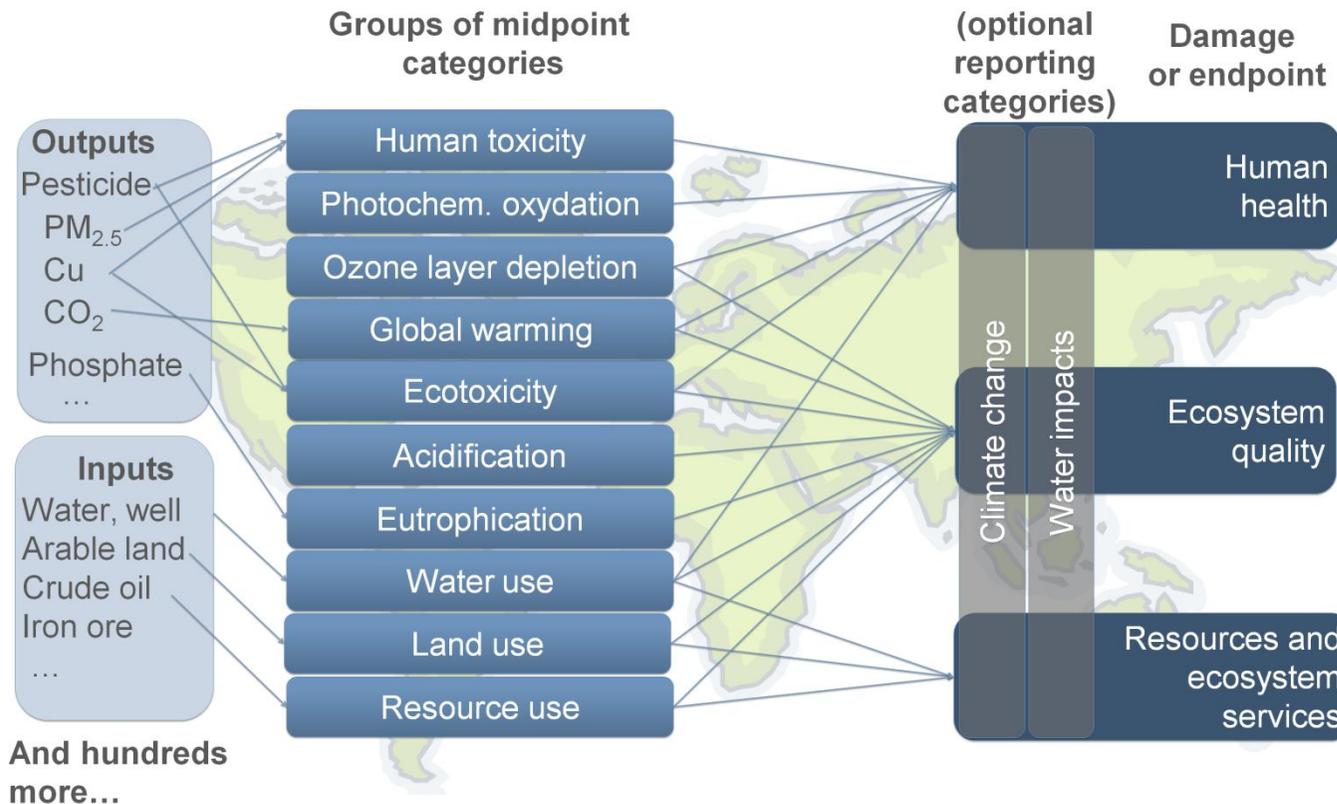
- Estimation des impacts sur base de l'inventaire
- **Éléments obligatoire (ISO) :**
  - Sélection des catégories d'impact, des indicateurs, des méthodes
  - Classification
  - Caractérisation

Midpoint (Problèmes) ou Endpoint (Dommages)  
ex. changement climatique, eutrophisation,  
épuisement des ressources,...

ex. kg CO<sub>2</sub> eq, kg P ou N ou PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq, kg Fe ou Sb  
ou Oil eq ,ou MJ

ILCD (International Reference Life Cycle Data  
System – JRC) : modèles (GIEC, USETox,...)  
→ ReCiPe, CML, Impact 2002+,...

# Évaluation de l'impact du cycle de vie



Réchauffement climatique

GIEC - IPCC 2007

$$\begin{aligned} & \text{kg CO}_2/\text{UF} \times 1 \\ & \text{kg CH}_4/\text{UF} \times 25 \\ & \text{kg N}_2\text{O}/\text{UF} \times 298 \end{aligned}$$

$$\text{kg eq. CO}_2/\text{UF}$$

# Évaluation de l'impact du cycle de vie

## ■ Éléments optionnels (ISO) :

- Normalisation
- (Groupement)
- (Pondération )
- (score unique)

## ■ Méthodes :

- ReCiPe Midpoint (H) v1.09 / Europe H
- IMPACT World+ Midpoint v0.04

## ■ Logiciel : SimaPro 8.0.2

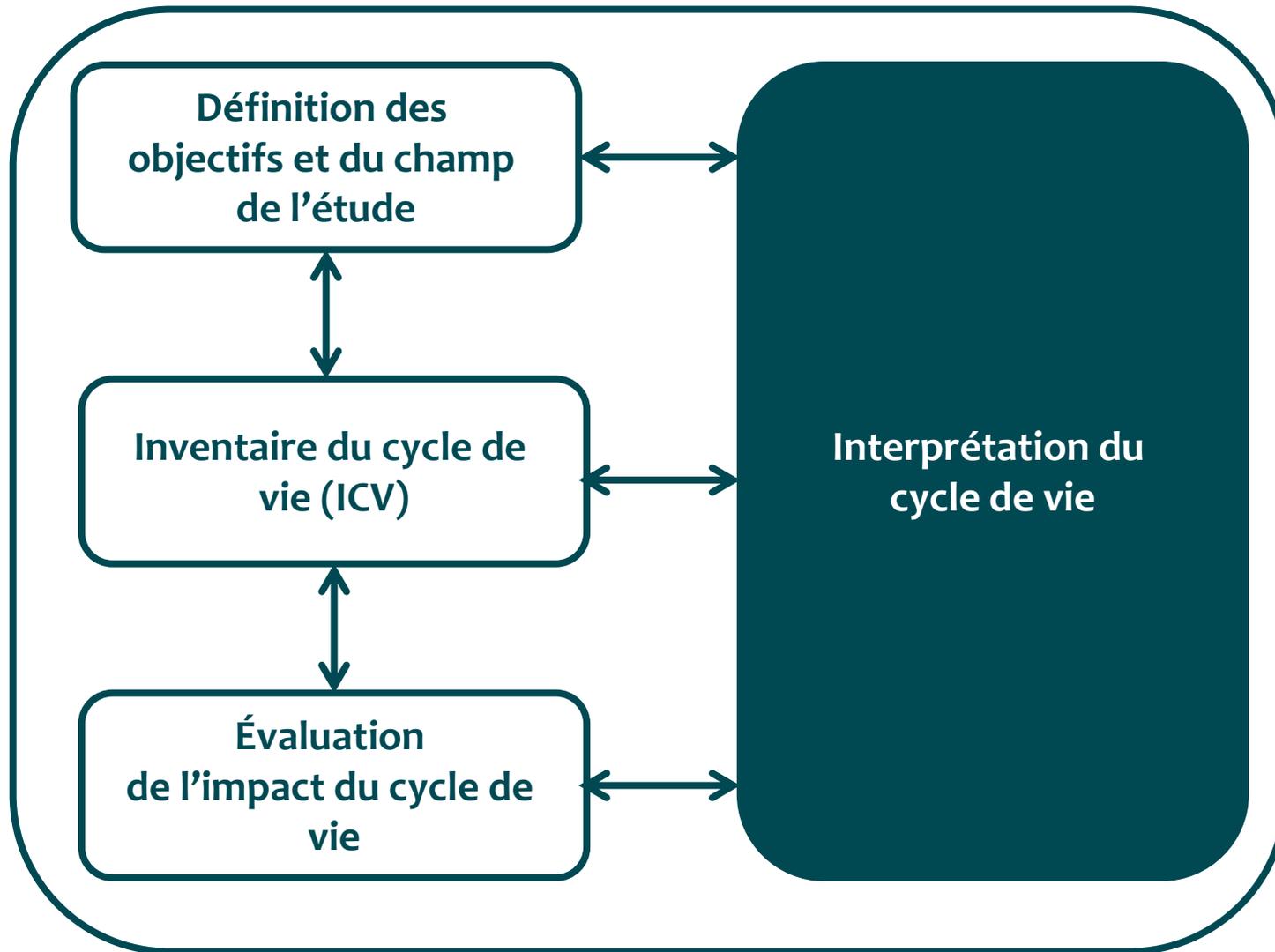
## ■ Base de données : Ecoinvent 3 (PRé-Sustainability)

# Évaluation de l'impact du cycle de vie

-  ReCiPe
  - ❑ Eutrophisation : P (Freshwater) ou N (Marine), et dérivés
  - ❑ Pas de prise en compte de la pollution carbone ni N Kjeldahl
  - ❑ [www.lcia-recipe.net](http://www.lcia-recipe.net)

-      IMPACT World+™
  - ❑ Nouvelle méthode : régionalisation des impacts
  - ❑ Dérivée des méthodes IMPACT 2002+, EDIP, LUCAS
  - ❑ Eutrophisation :
    - Aquatic eutrophication : P (et dérivés) + **Carbone (DCO, DBO<sub>5</sub>)**
    - Marine eutrophication : N (et dérivés), incl. N Kjeldahl
  - ❑ [www.impactworldplus.com](http://www.impactworldplus.com)

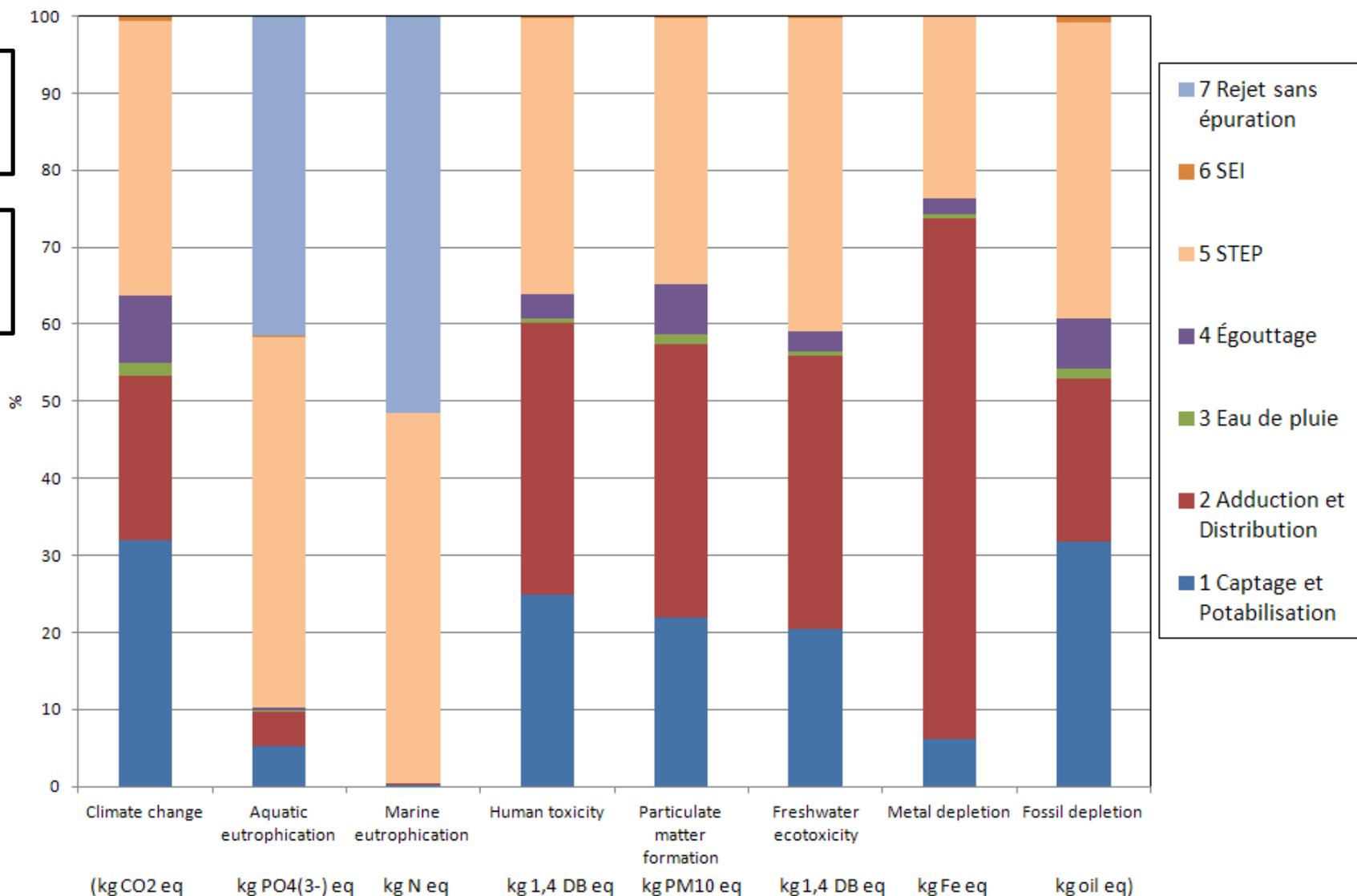
# Interprétation



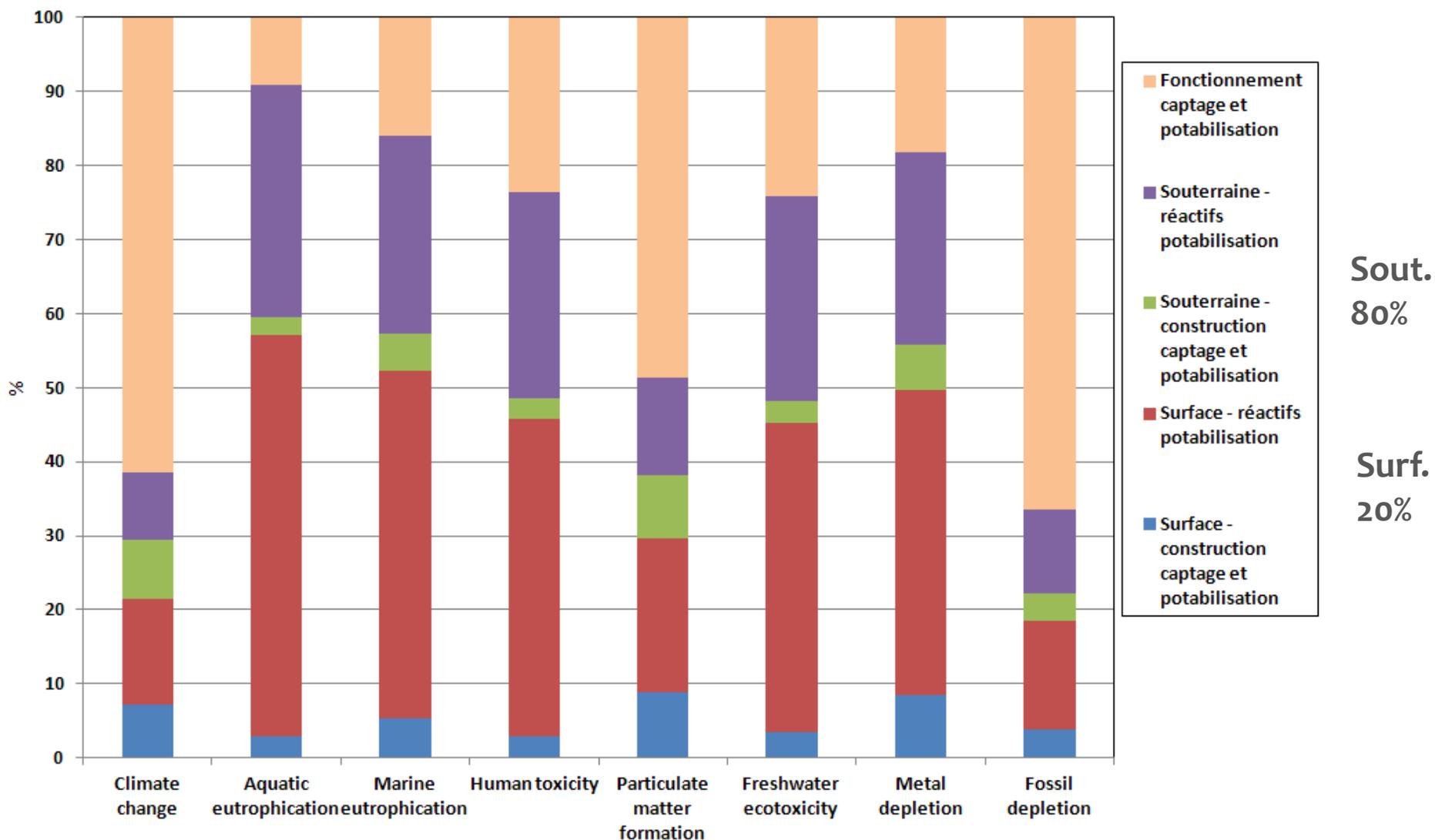
# ACV de l'eau anthropique : Caractérisation

100% = 1,17 kg  
CO<sub>2</sub> eq  
pour 1 UF (1 m<sup>3</sup>)

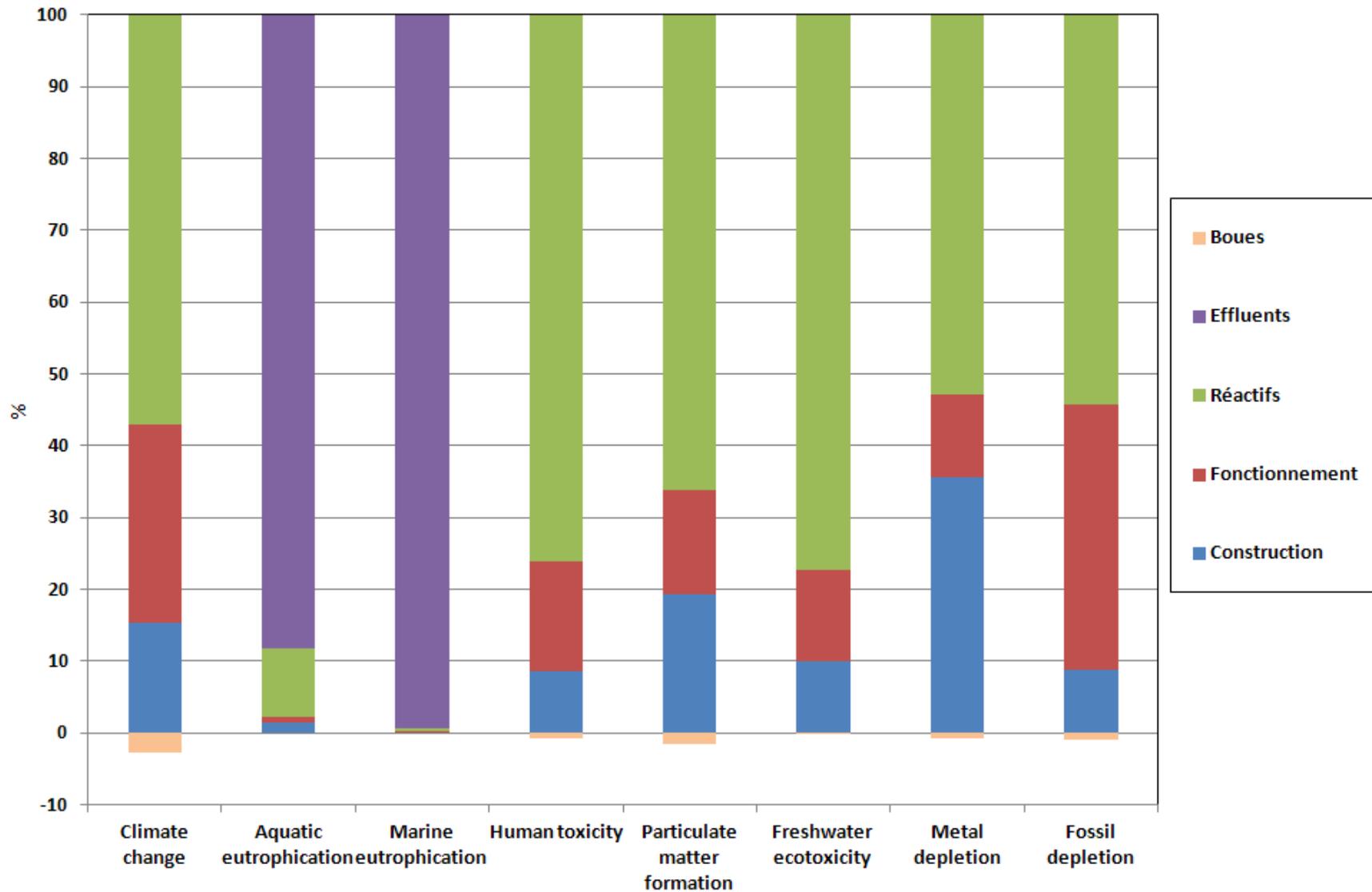
100% = 6,05<sup>E-03</sup>  
kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq  
pour 1 UF (1 m<sup>3</sup>)



# 1. Captage et Potabilisation – Caractérisation



# 5. STEP – Caractérisation

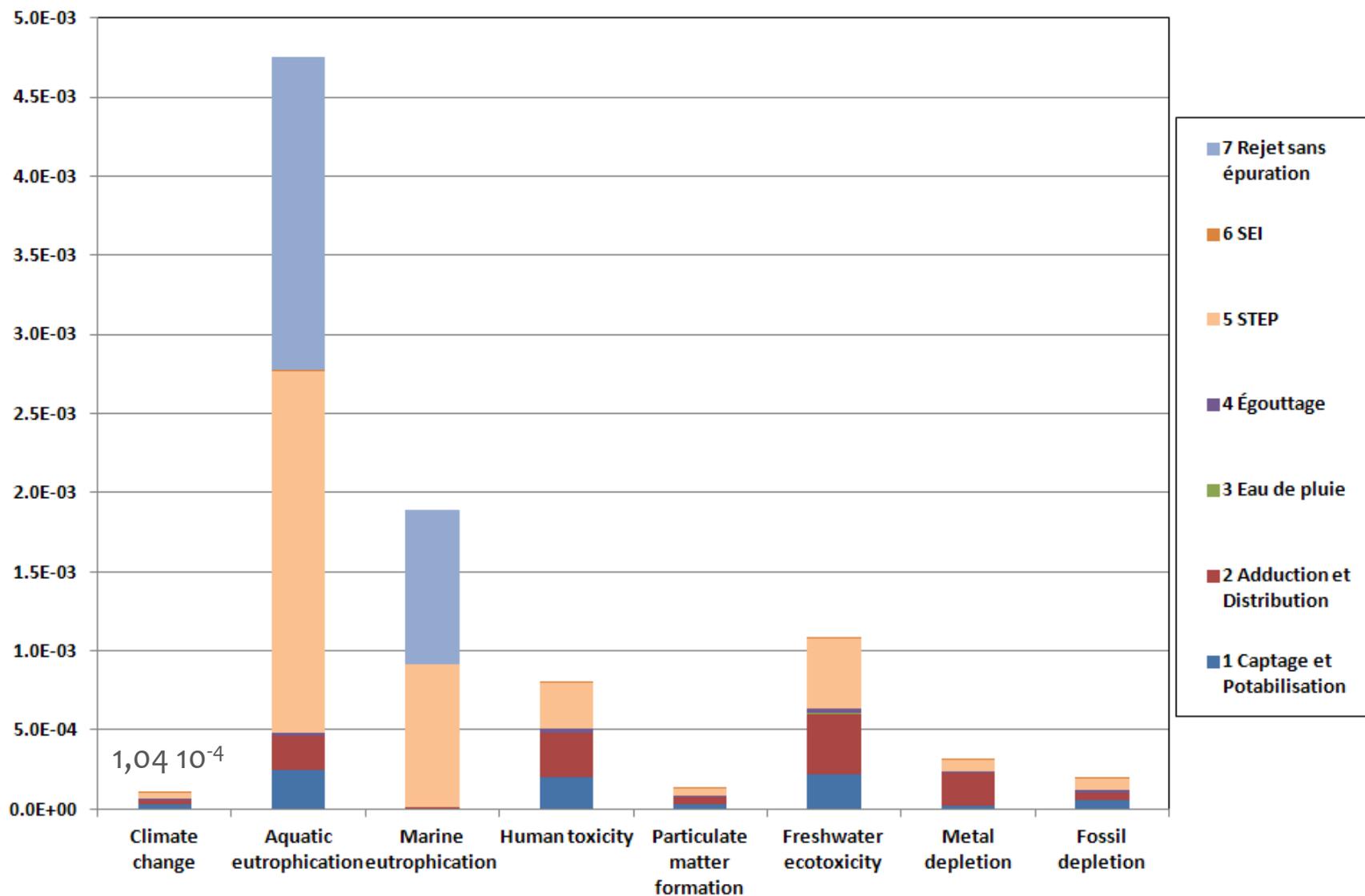


# Évaluation de l'impact du cycle de vie

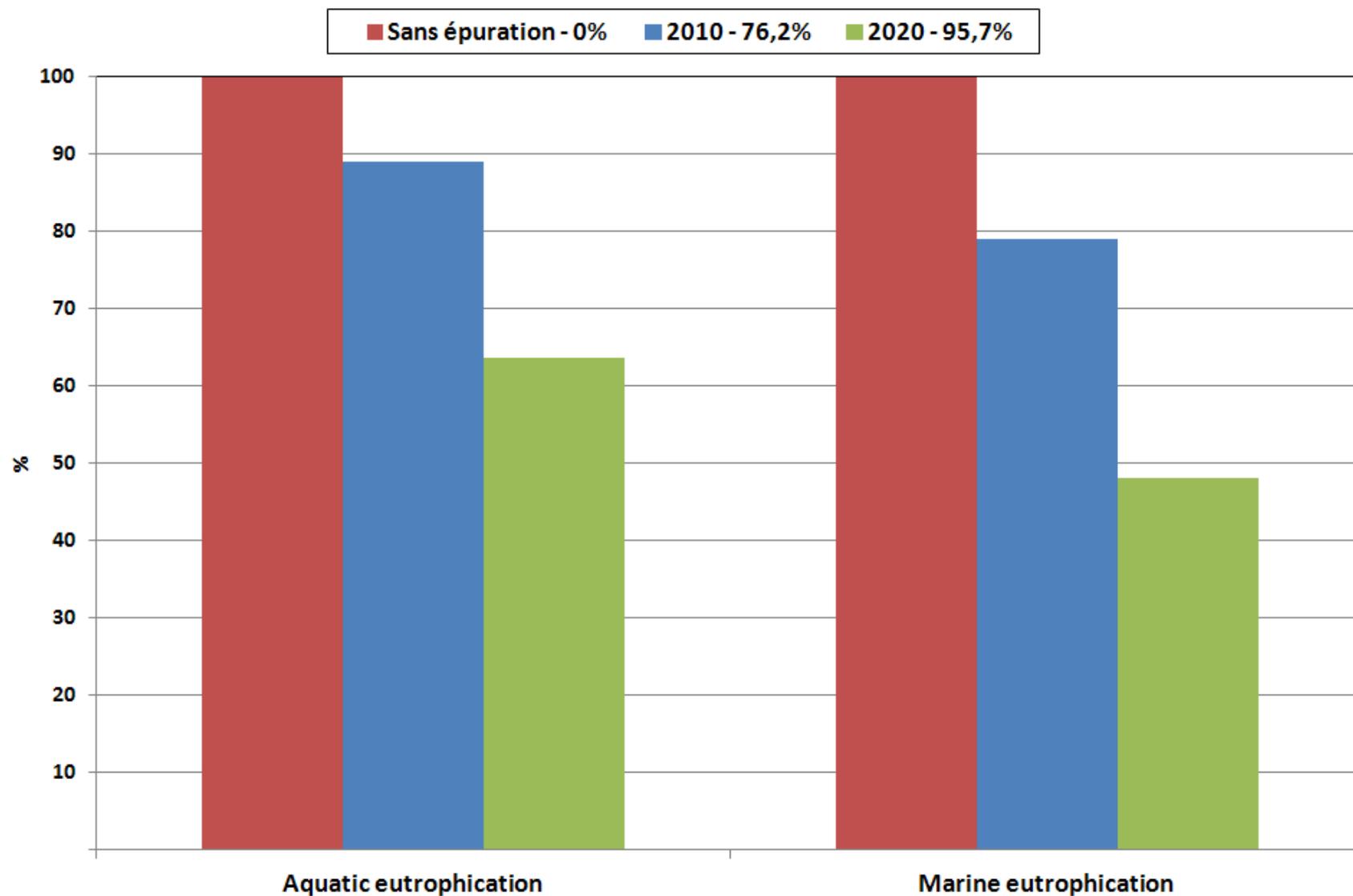
## ■ Normalisation

- ❑ But : Comparer les impacts à une information de référence
- ❑ Unités différentes pour les catégories d'impact  
⇒ grandeurs adimensionnelles par la normalisation
- ❑ Résultats normalisés → contributions relatives par rapport à un impact de référence (zone géographique, période)  
⇒ identification des catégories les plus impactées, hiérarchisation des impacts
- ❑ Référence = impact d'un citoyen européen moyen sur un an  
ex. pour le changement climatique :  $CC_m = 11.211 \text{ kg eq CO}_2$   
(facteur de normalisation =  $8,9 \cdot 10^{-5}$ )

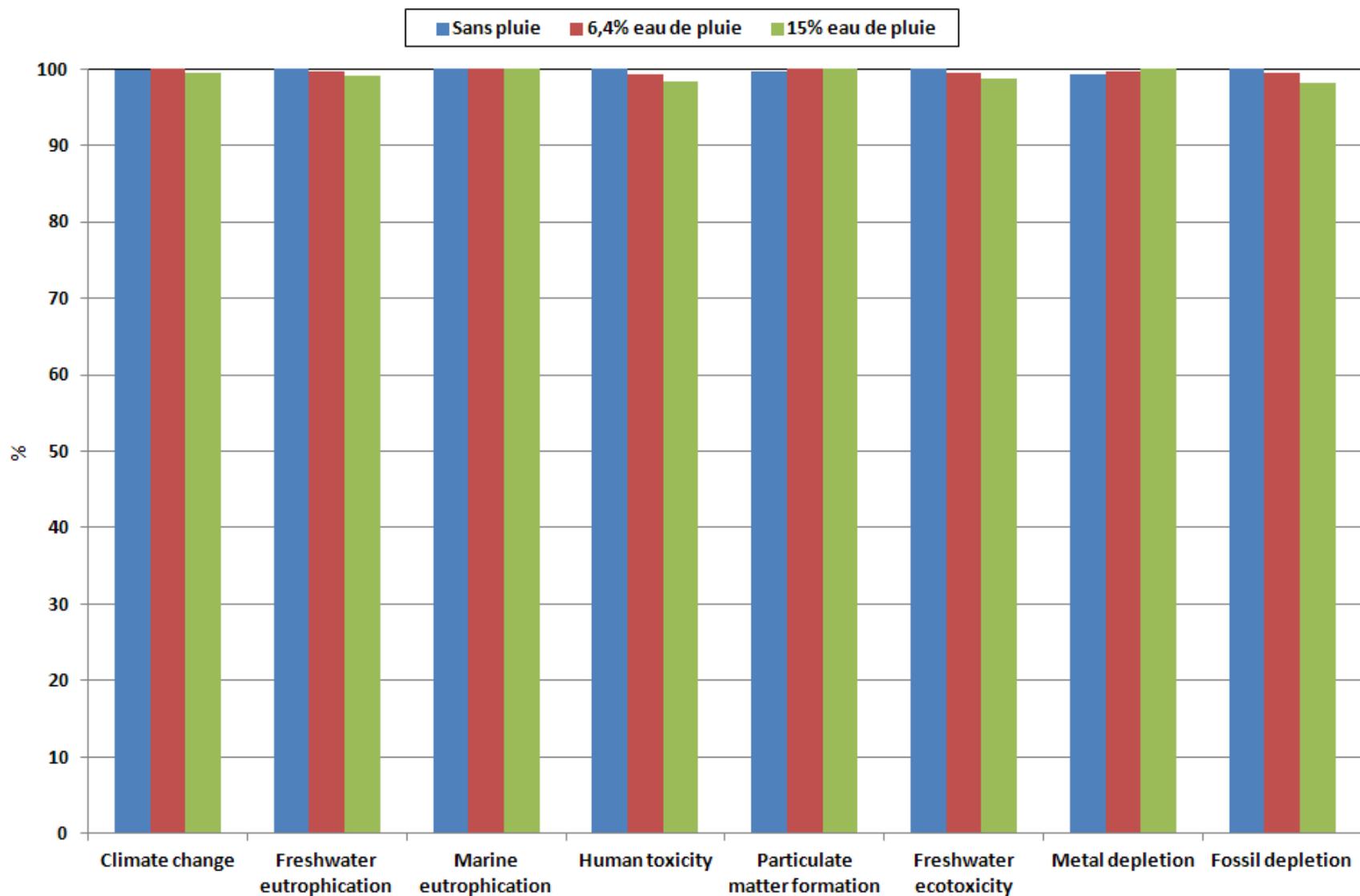
# ACV de l'eau anthropique : Normalisation



# Scénario alternatif 1 : Taux d'équipement



# Scénario alternatif 2 : % Eau de pluie



# Conclusions

- **Catégorie** la plus impactée par le cycle anthropique de l'eau en RW : **Eutrophisation**
- **Étapes** les plus impactantes :
  - Eutrophisation : effluents des STEP et Rejets non épurés
  - STEP (réactifs et électricité)
  - Captage et potabilisation (eaux de surface : réactifs)
  - (Adduction et distribution – Metal depletion : fonte)
- **Éléments** les plus impactants :
  - Effluents : rejets de N, P, C
  - Produits chimiques
  - Énergie (électricité)
  - (Métaux pour les tuyaux)

# Conclusions

## ■ Gain environnemental :

- Boues de potabilisation et d'épuration  
→ matière première (Al), substitution d'engrais chimiques NPK, valeur neutralisante (CaO)

## ■ Limitations de l'ACV de l'eau anthropique :

- Pas de "valeur ajoutée" pour la potabilisation et les améliorations sanitaires (mesures, modèles)  
⇒ **sous-évaluation des bénéfices sanitaires et environnementaux de la potabilisation et du traitement des eaux usées !**
- Modèles (toxicité, en développement : USETox)  
⇒ prise en compte des résidus pharmaceutiques, perturbateurs endocriniens, micropolluants, agents pathogènes,...
- Inventaire (données manquantes)

# Perspectives

## ■ Éco-conception :

- Potabilisation et épuration : **réactifs ou technologies alternatives**  
→ nanofiltration, osmose inverse, tannins etc.
  - Complétion du parc d'équipements épuratoires (→ "2020") :  
STEP < 2000 EH → systèmes de type "**extensif**" (lagunage, filtre à roseaux,...) si encombrement acceptable au lieu de systèmes intensifs traditionnels (**réactifs** !)
  - Choix des matériaux pour les conduites pour adduction et distribution (SWDE : ACV tuyaux )
- ## ■ Valorisation des boues de STEP : récupération du phosphore
- ACV détaillée pour chaque étape



Merci pour votre attention