

Projet ANR MINIMEAU :



## REUT dans les industries agroalimentaires: couplage PINCH - Empreinte Eau – ACV

Philippe Roux



Camille Maesele



**INRAE**  
science for people, life & earth

*ITAP, Univ. Montpellier, INRAE, Montpellier  
SupAgro, ELSA Research Group and ELSA-PACT  
Industrial Chair, Montpellier, France*



research group for environmental  
life cycle & sustainability assessment



# Objectifs opérationnels du projet



## Mettre au point des outils d'écoconception permettant :

- De réduire au minimum la consommation d'eau et la production d'eaux usées.
- D'évaluer plusieurs conceptions concurrentes en intégrant des critères environnementaux.

## Bénéfices escomptés pour les entreprises :

- Réduire les **coûts** d'exploitation liés à la consommation des utilités
- Améliorer les **performances environnementales** de leur activité
- S'approprier l'approche "**empreinte eau**" dans le prolongement des démarches "empreinte carbone"



# Le partenariat

## LES CENTRES TECHNIQUES DU RÉSEAU ACTIA



ACTIA



ACTALIA



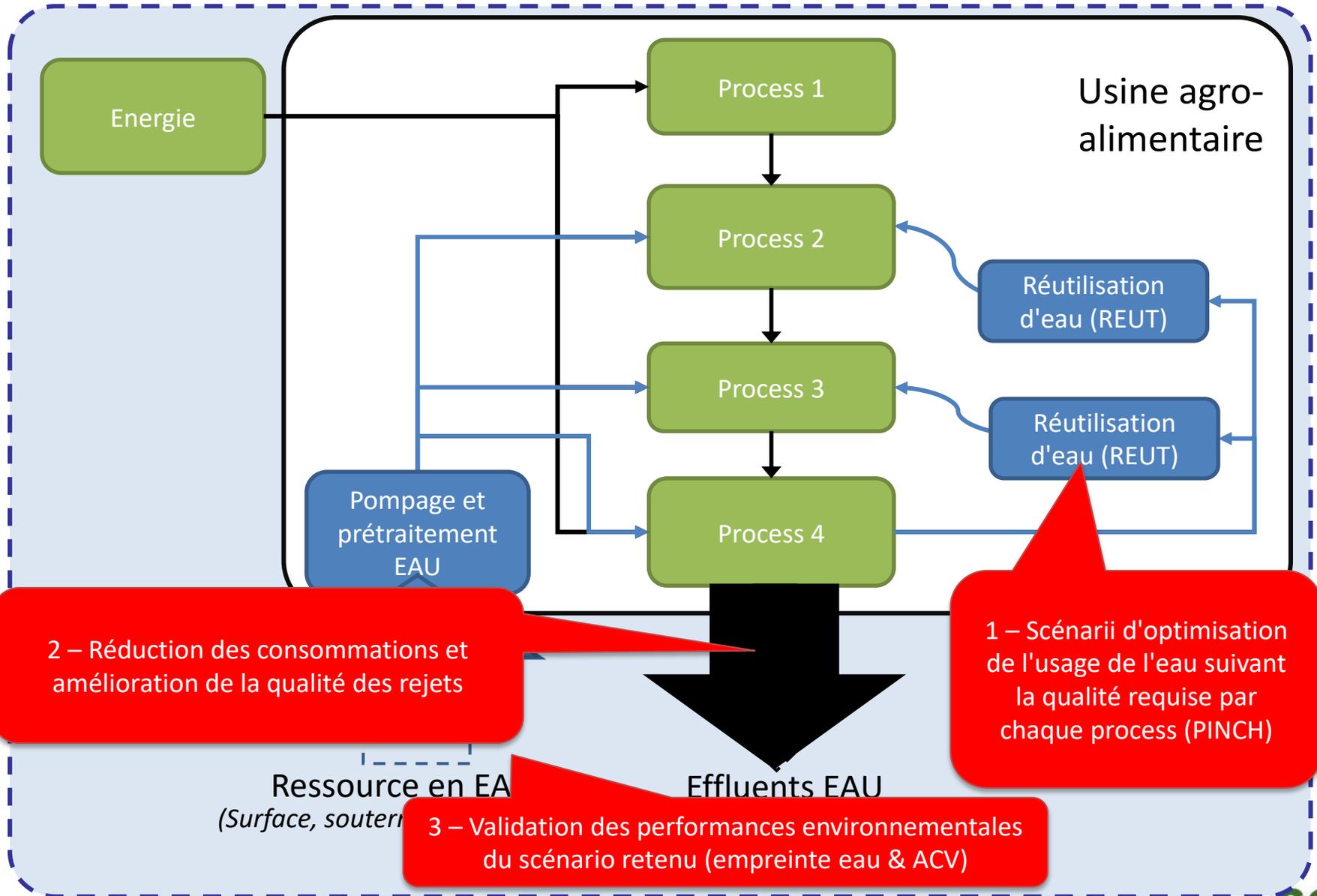
## DES INSTITUTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE



## UNE SOCIÉTÉ DE DÉVELOPPEMENT DE SIMULATION DE PROCÉDÉS

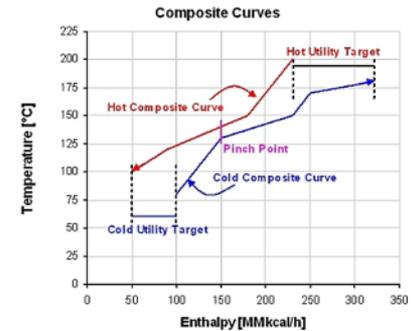


# Illustration de MINIMEAU



# Méthodes mises en œuvre

- **Méthode PINCH-EAU** qui est l'équivalent de la méthode PINCH-ENERGIE largement utilisée dans le secteur industriel pour optimiser les flux énergétiques



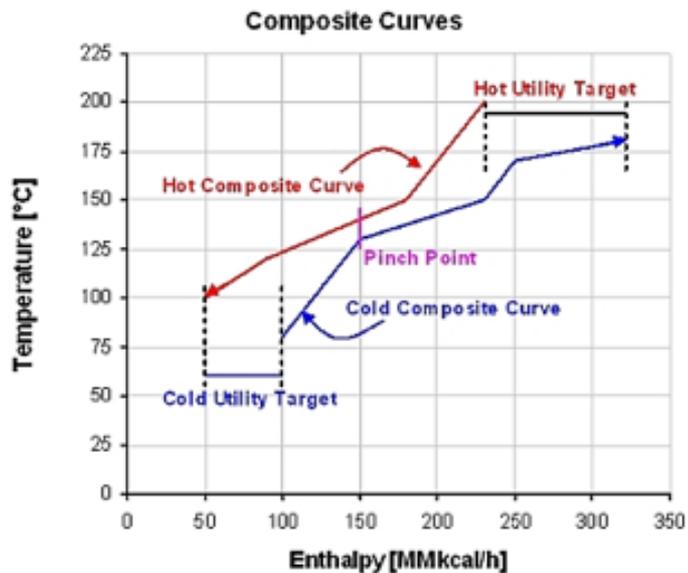
- Modélisation des process agroalimentaires avec **PROSIM** (Partenaire du projet)



- **Empreinte EAU et ACV**, méthodes de références pour évaluer l'éco-efficience de produits, services ou procédés



# Méthode PINCH-EAU



# Du Pinch énergie au Pinch eau

	Énergie	Eau
	Transfert de chaleur	Transfert de matière
<b>Indicateur qualité</b>	Température : monocritère	"Pureté" : <b>multicritère !</b>
<b>Transfert mis en jeu</b>	Puissance thermique lors d'un refroidissement/chauffage	Transfert de pollution lors d'un lavage ...
<b>Minimisation</b>	Utilités thermiques	a. Prélèvement d'eau propre b. Rejets (traitement) d'eau usée

# Pinch eau: Pourquoi l'optimisation du bouclage des flux ne peut être résolu "à la main" ?

Exigence (exemple lavage légumes) : évacuer **1 kg/h de A** pour que le lavage soit accompli correctement

⇒ **différents débits d'eau et différentes concentrations de A peuvent répondre au même problème :**

10 m<sup>3</sup>/h d'eau  
propre

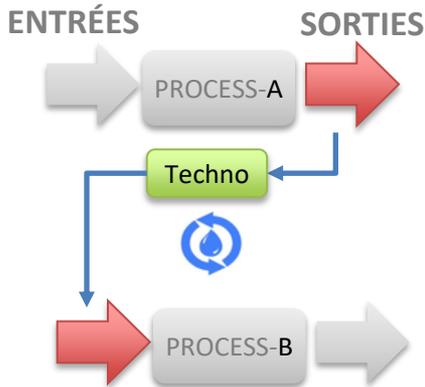
12 m<sup>3</sup>/h d'eau  
chargée +

20 m<sup>3</sup>/h d'eau  
chargée +++

## Problème d'optimisation :

- Maximiser les possibilités de réutilisation d'eau en privilégiant la concentration d'entrée la plus élevée possible pour plusieurs contaminants
- Limiter l'utilisation des technologies de régénération (€ et env.)
- Coupler les débits nécessaires et disponibles

# Quels technologies pour quel usage ?



Technologies de régénération :

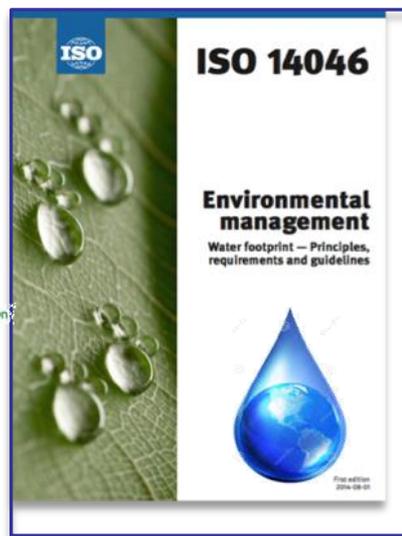
- T1 (pré-traitement)
- T2 (ultrafiltration)
- T3 (osmose inverse)
- T4 (désinfection), etc.

Qualité potentiellement recyclable en SORTIE

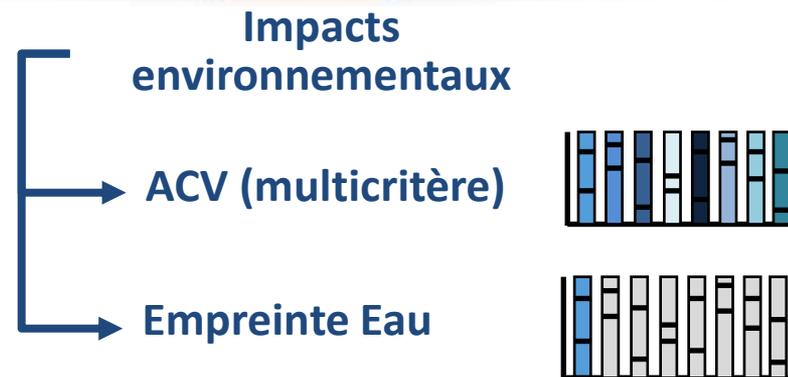
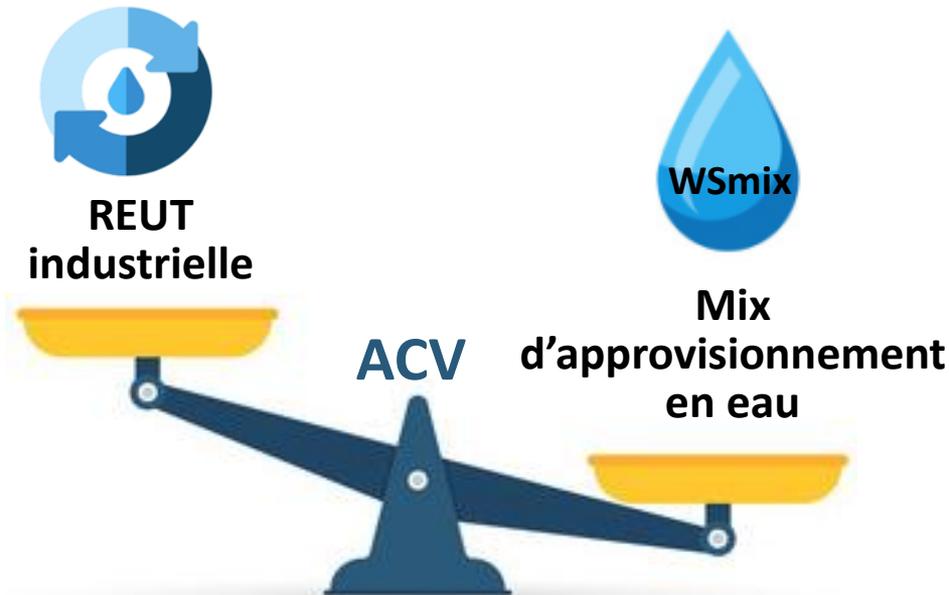


		Qualité acceptable en ENTRÉE			
	Q1	Q2	Q3	Q4	
Q1	Eau potable				
Q2	Eau non potable, mais n'affectant pas la salubrité de l'aliment.	T1 + T2			
Q3	Toxicité moyenne	Interdit	T1 - T4		
Q4	Inutilisable	Interdit	Régénération	T1 + T2 + T3 + T4	

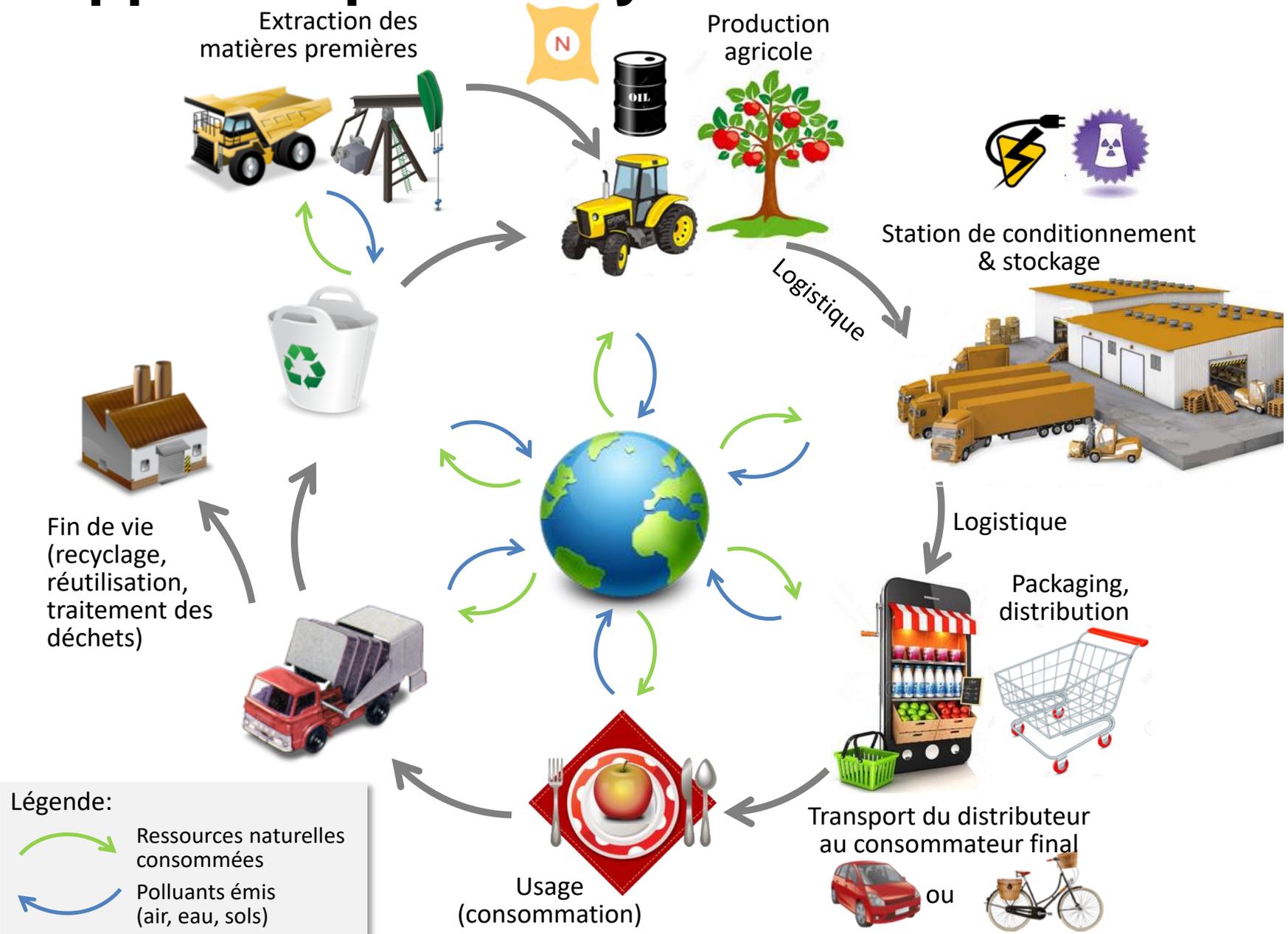
# Empreinte EAU et ACV



# Efficiency environnementale de la REUT

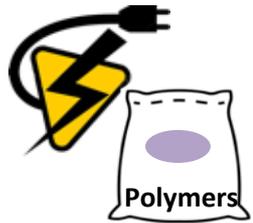


# Rappel : la pensée cycle de vie



# Rappel : la méthode ACV

## Modélisation du système



**infrastructures  
(construction et  
démantèlement)  
(amorties sur 30 ans)**

**Fonctionnement  
(énergie,  
maintenance, etc.)**

**Emissions de polluants  
(eau, air, sols) & conso  
de ressources  
naturelles (eau, etc.)**

**Logistique & divers**



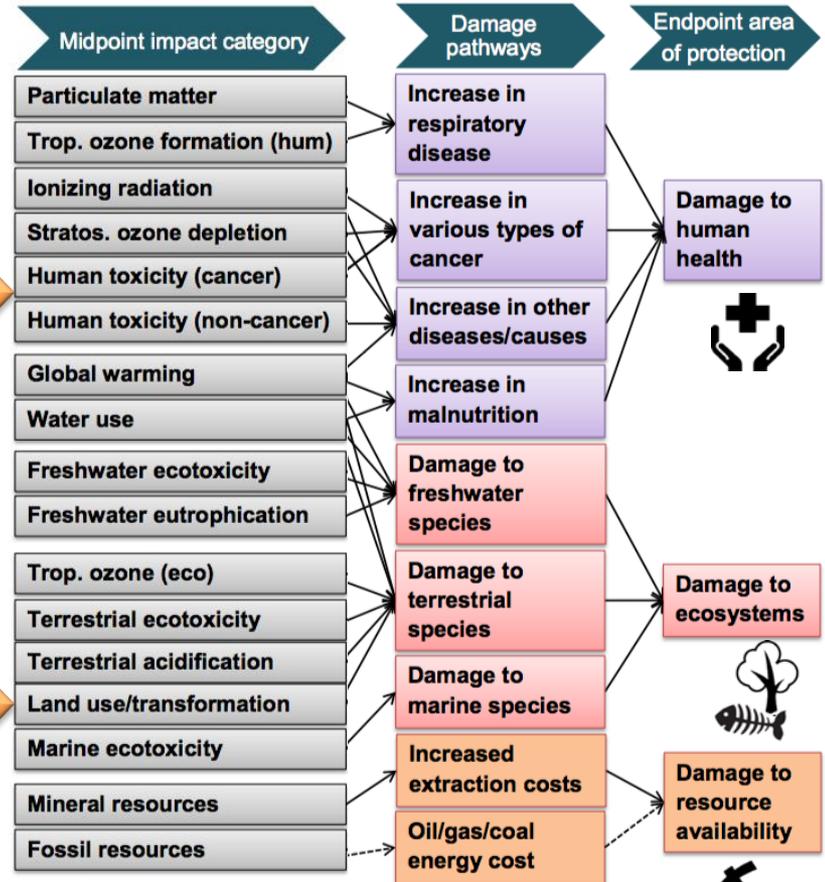
## Inventaire du cycle de vie

**Pollutant  
Emissions to  
water, air, soil**

CO<sub>2</sub>  
CH<sub>4</sub>  
NO<sub>x</sub>  
SO<sub>2</sub>  
Particules  
Nitrates  
Phosphates  
CFC  
ETM air  
ETM eau  
Etc.

**Natural resource  
consumption  
(petrol, minerals,  
water, biomas ...).**

## Evaluation des impacts



\*ReCiPe 2016+, Radboud Universiteit Nijmegen

# ACV et empreinte eau

## Approche cycle de vie

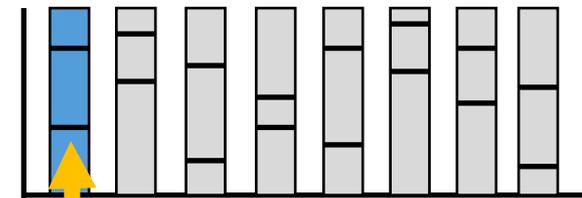


## Analyse de cycle de vie multicritère



- Représentative du nexus eau/énergie
- Indicateurs endpoint (aide à la décision)

## Empreinte eau quantitative



- Approche stress hydrique (WSI) ou privation d'eau (AWARE) :



Empreinte eau

=

Eau consommée

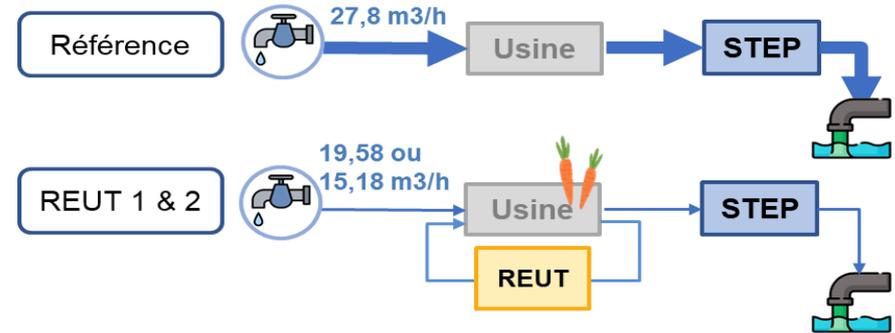
x

Facteur de stress (i.e. privation)

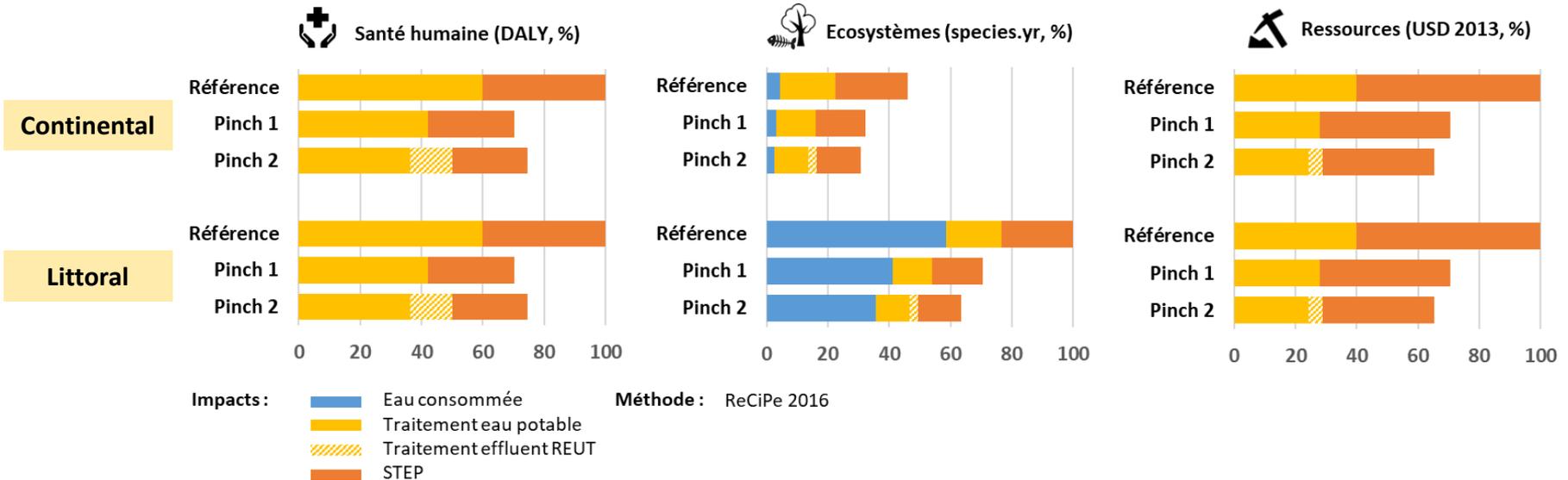
# Exemple de résultats attendus



Cas d'étude : usine de production de carottes surgelées (Gelagri)



## Résultats ACV



# Une boîte à outils prochainement disponible sur le site Minimeau <https://minimeau.fr>



- Guide de **synthèse** de la **réglementation** en matière de réutilisation des eaux **dans les IAA**
- **Outils Pinch eau :**
  - algorithme Pinch eau spécifique (Python)
  - Module "Pinch eau" intégré au logiciel ProSimPlus
- **Aide à la sélection** des technologies de traitement disponibles
- **Outils d'évaluation environnementale**
  - Guide illustré empreinte eau
  - Calculateur XL ACV & empreinte eau





**Merci pour votre attention**

○ research group for environmental life cycle & sustainability assessment

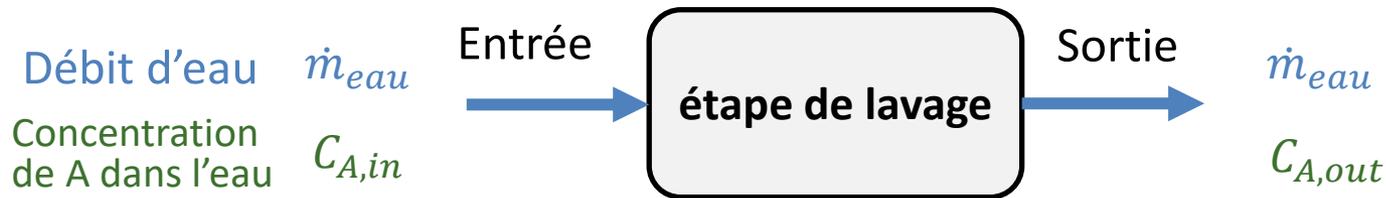


[www.elsa-ica.org](http://www.elsa-ica.org)

# Pinch eau : illustration avec une étape de lavage

Le lavage implique un certain nombre de contaminants (A, B, C etc.)

Exemple sur le contaminant A :

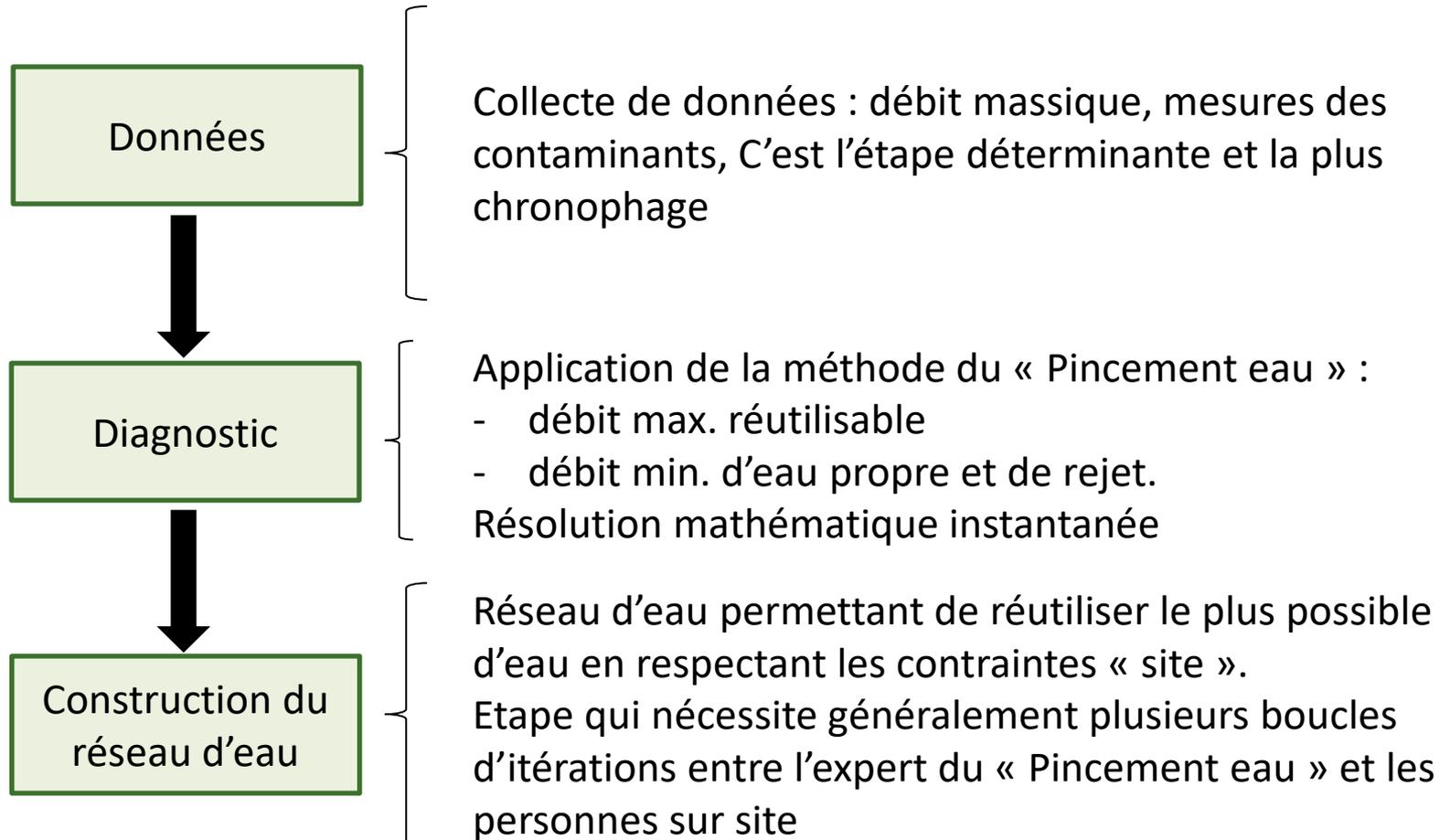


Le lavage est considéré comme satisfaisant à partir d'un minimum de transfert de pollution entre le process et l'eau :

$$\dot{m}_A = \dot{m}_{eau} \times (C_{A,out} - C_{A,in})$$

# Développements sur la méthode « Pincement eau »

## ○ Etude du « Pincement eau » : du diagnostic au réseau d'eau



# Pinch eau : seuils limites de pollution

Les seuils limites de pollution ( $C_{A,out}^{max}$  et  $C_{A,in}^{max}$ ) peuvent être déterminées par un certain nombre de considérations possibles :

- **Sécurité sanitaire**
- **Accumulation de dépôts  $\Rightarrow$  encrassement**
- **Niveau élevé de DCO/DBO ou de pH  $\Rightarrow$  risque de corrosion de l'équipement et système de distribution de l'eau**
- **Problème d'odeur**
- **Exigences minimales de débit pour assurer :**
  - Convoyage du produit
  - Eviter la décantation des matières solides