

# Les biotechnologies

CARREFOURS  
DE L'INNOVATION AGRONOMIQUE



Pour relever le défi du carbone renouvelable

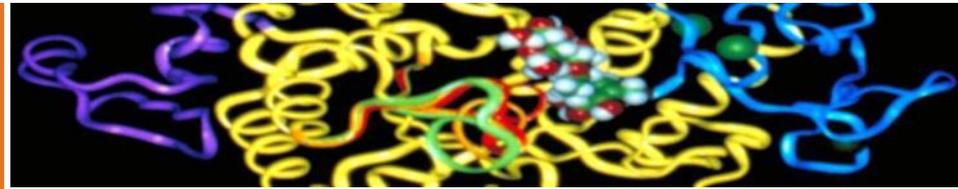
L' ACV

de la production de la matière première  
aux procédés d' extraction



Benoît GABRIELLE - Pierre-Yves PONTALIER

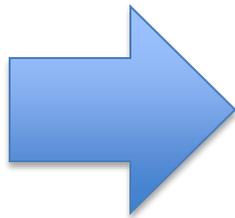
Jeudi 18 avril 2013



# ENJEUX / QUESTIONS

Filières agricoles versus filières pétrochimiques?

Biodégradabilité versus recyclage



**ANALYSE DE CYCLE DE VIE**

# PRESENTATION

- Analyse de cycle de vie

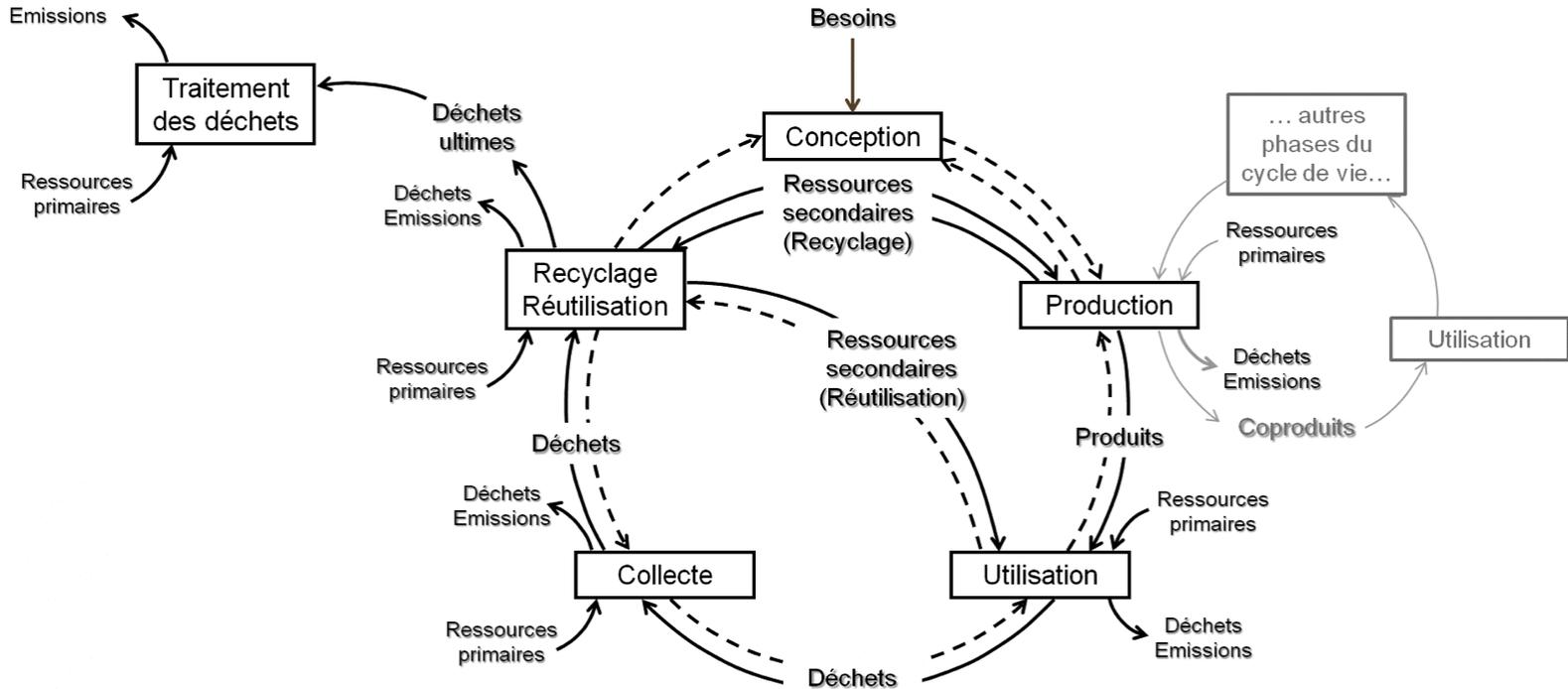
- Choix des plantes

- Définition procédé



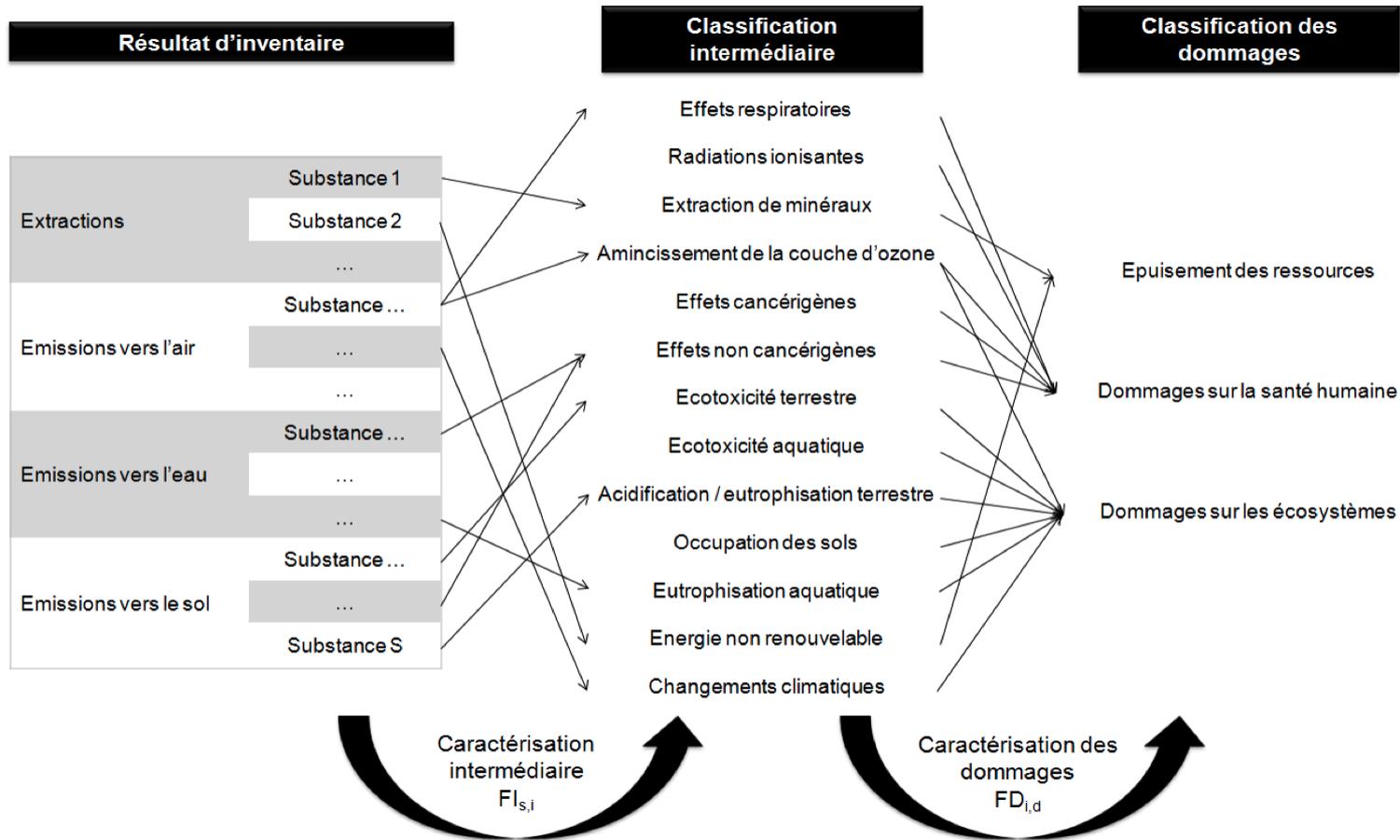
Fractionnement  
Plantes lignocellulosiques

# Analyse de cycle de vie



Représentation schématique du cycle de vie d'un produit d'après Rebitzer et al., 2004

# Analyse de cycle de vie



Démarche général de l'analyse de l'impact sur les grandes catégories de dommages d'après Joliet et al., 2010

# Analyse de cycle de vie

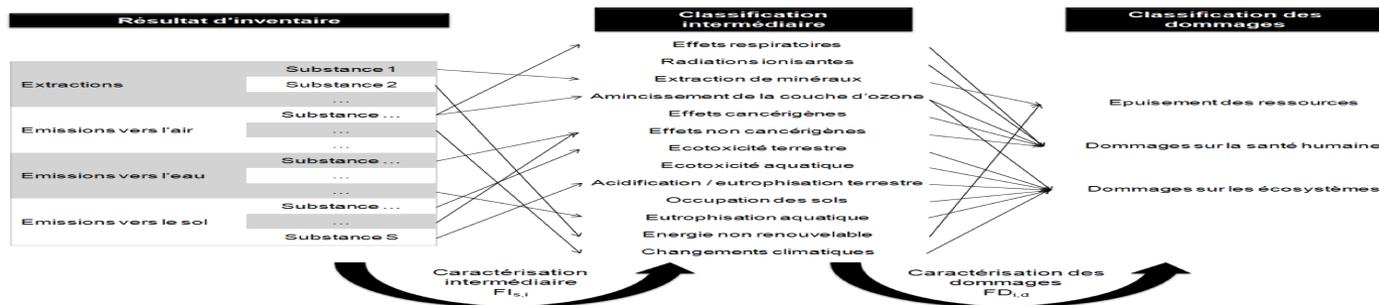
$$Ms = E(p)$$

Matrice d'inventaire : Ms  
Matrice  
d' Emission/extraction : E  
Vecteur de production : p

$$SI = (FI \cdot Ms)$$

Score de caractérisation  
intermédiaire : SI  
Facteur de caractérisation  
intermédiaire : Fi

$$SD = f(SI)$$

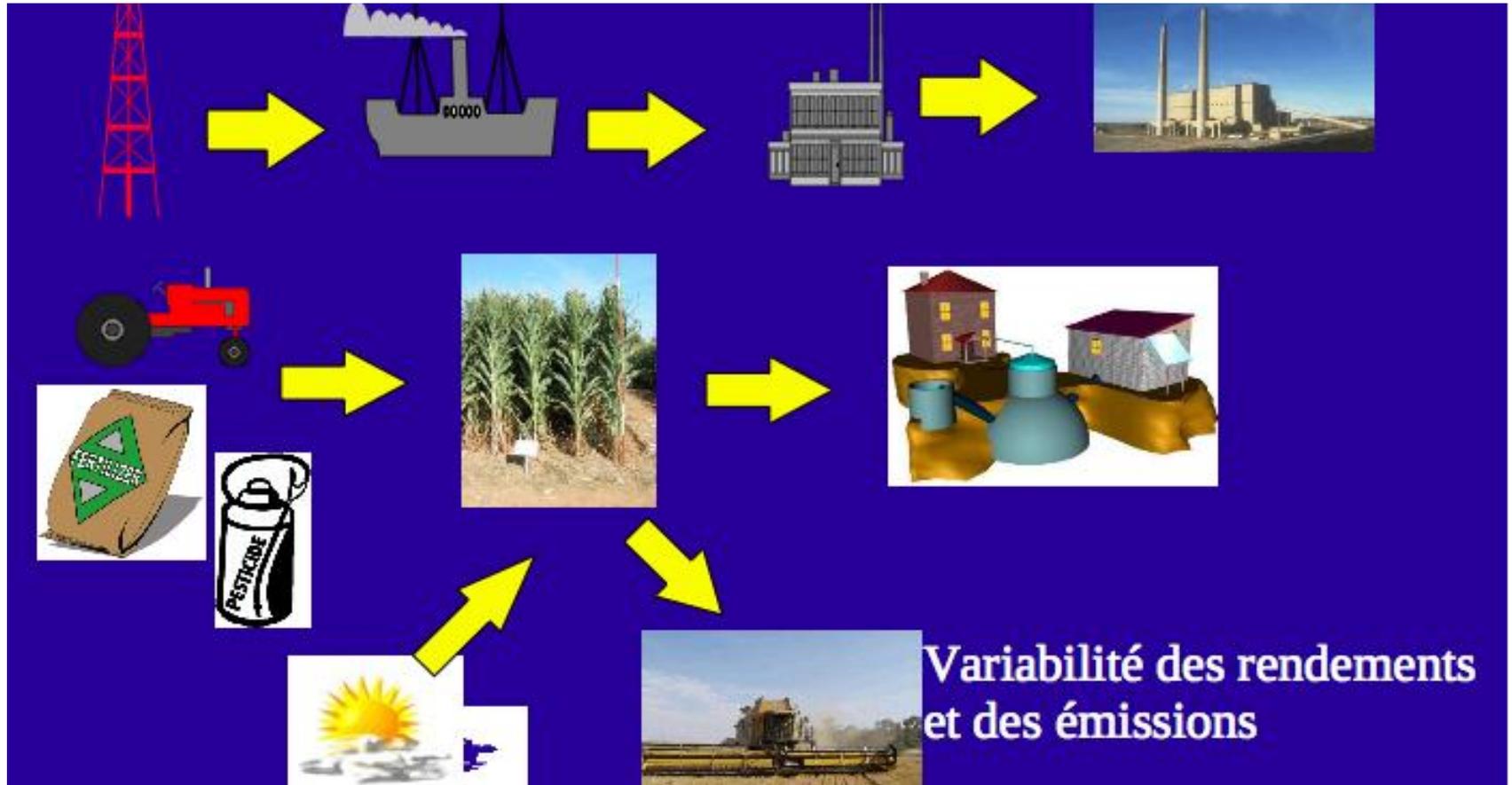


ACV

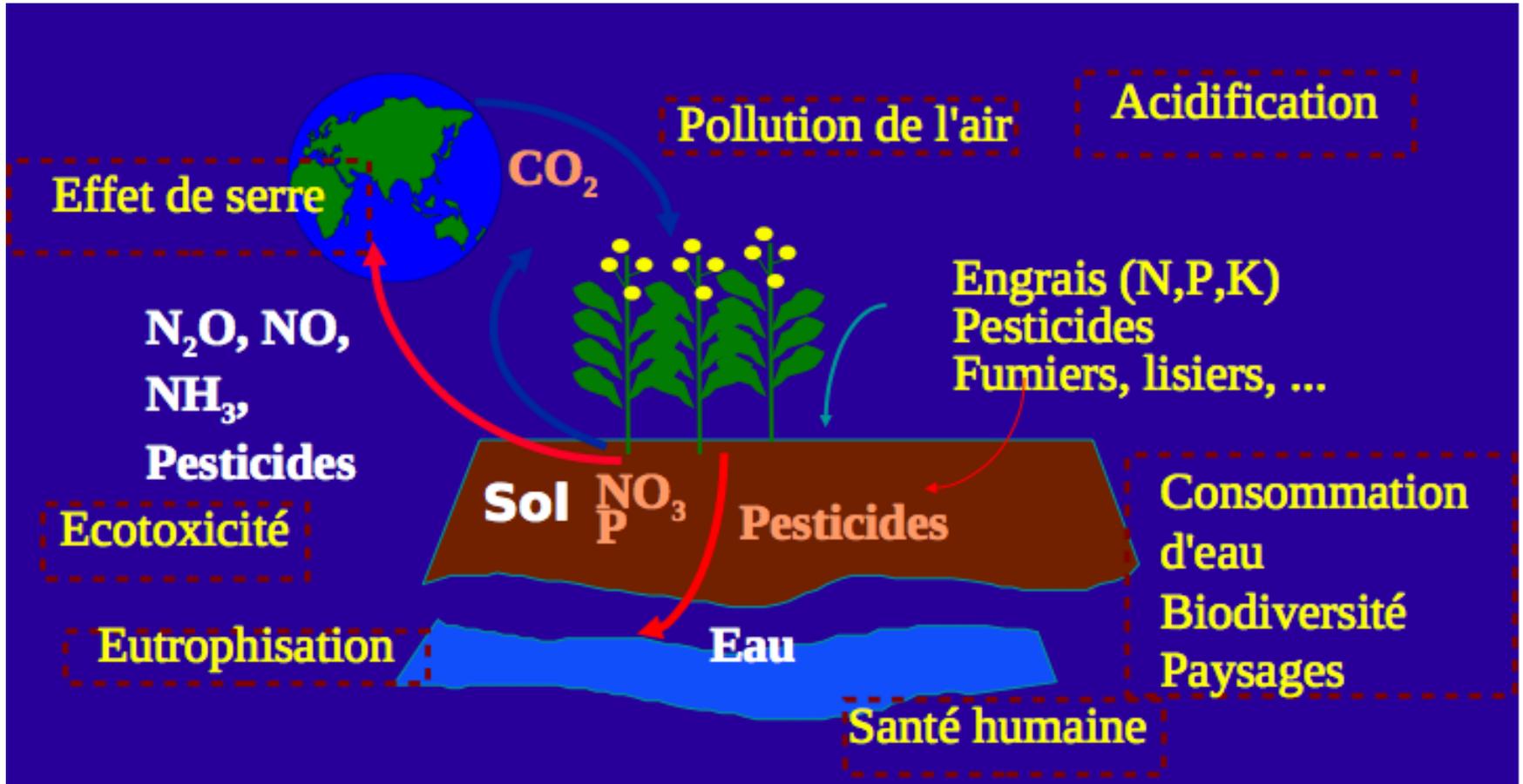
et

BIO-RESSOURCES

# BIO-RESSOURCES

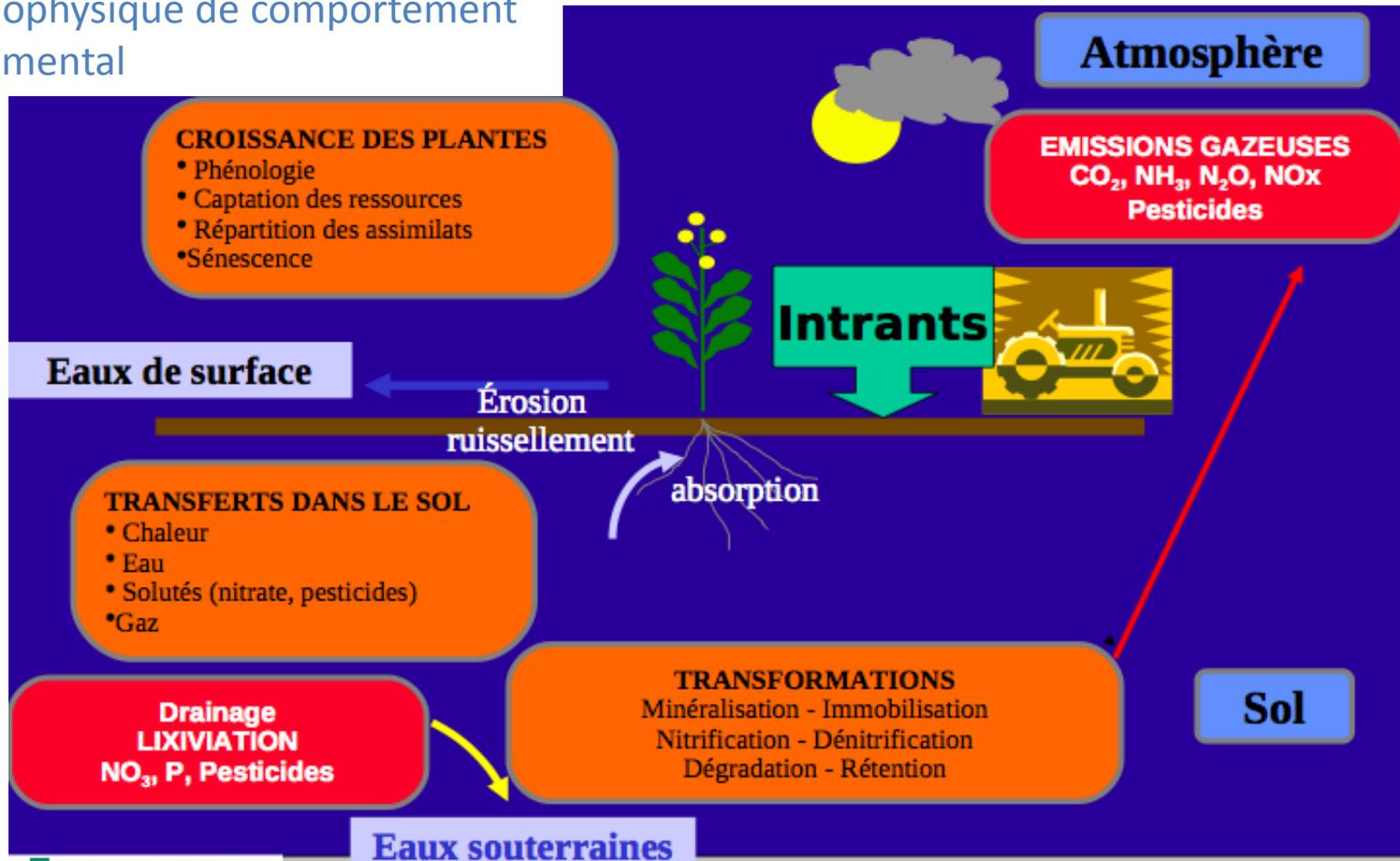


# BIO-RESSOURCES

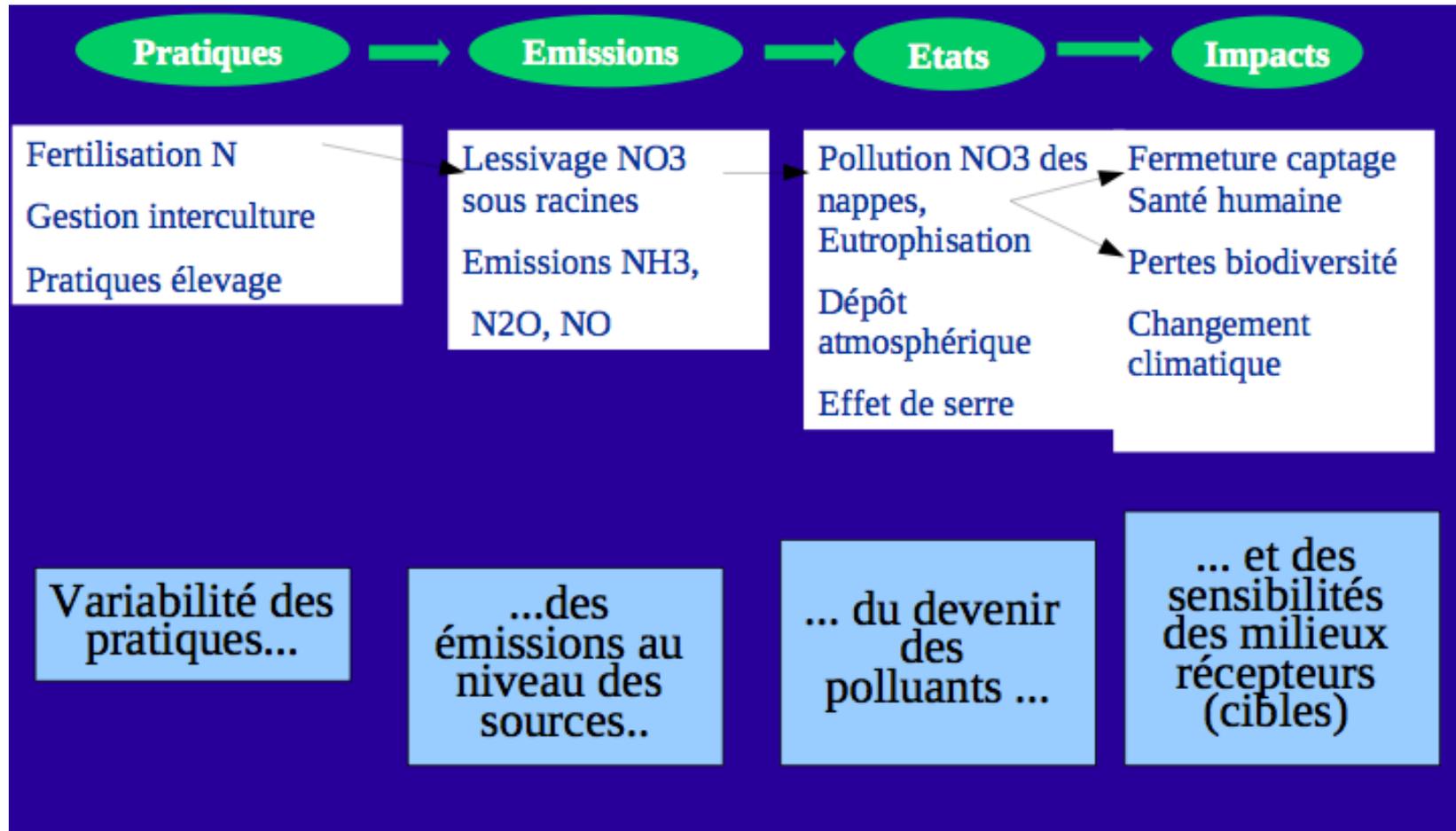


# BIO-RESSOURCES

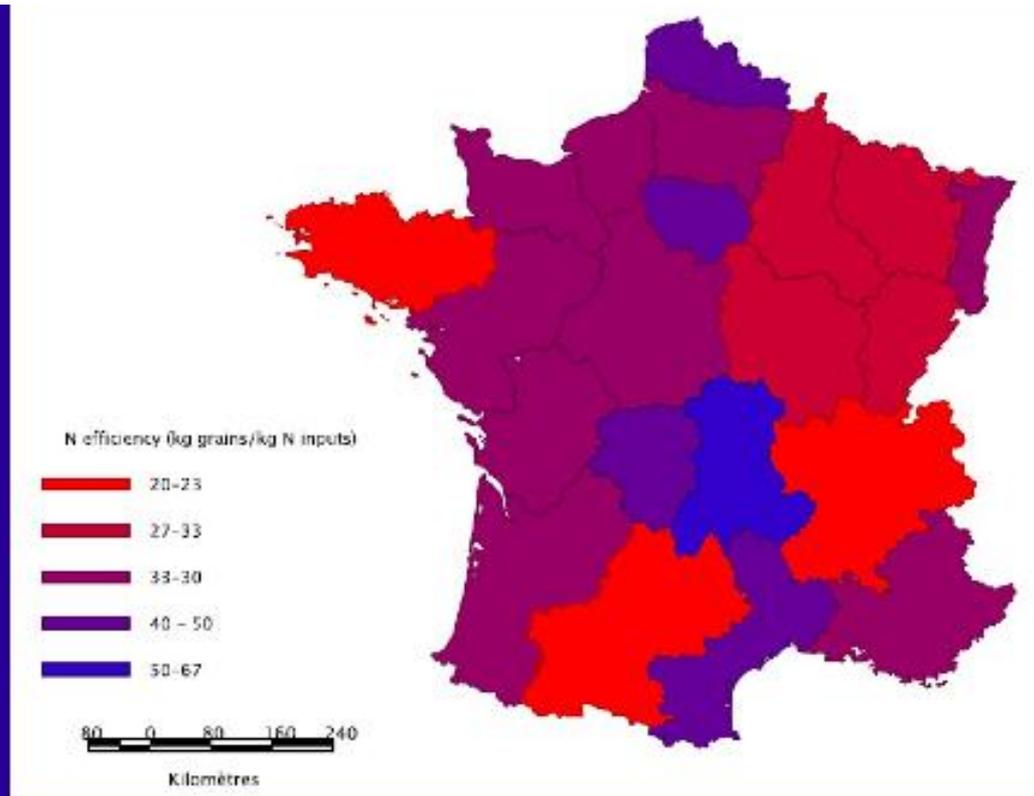
Modèle biophysique de comportement  
environnemental



# BIO-RESSOURCES



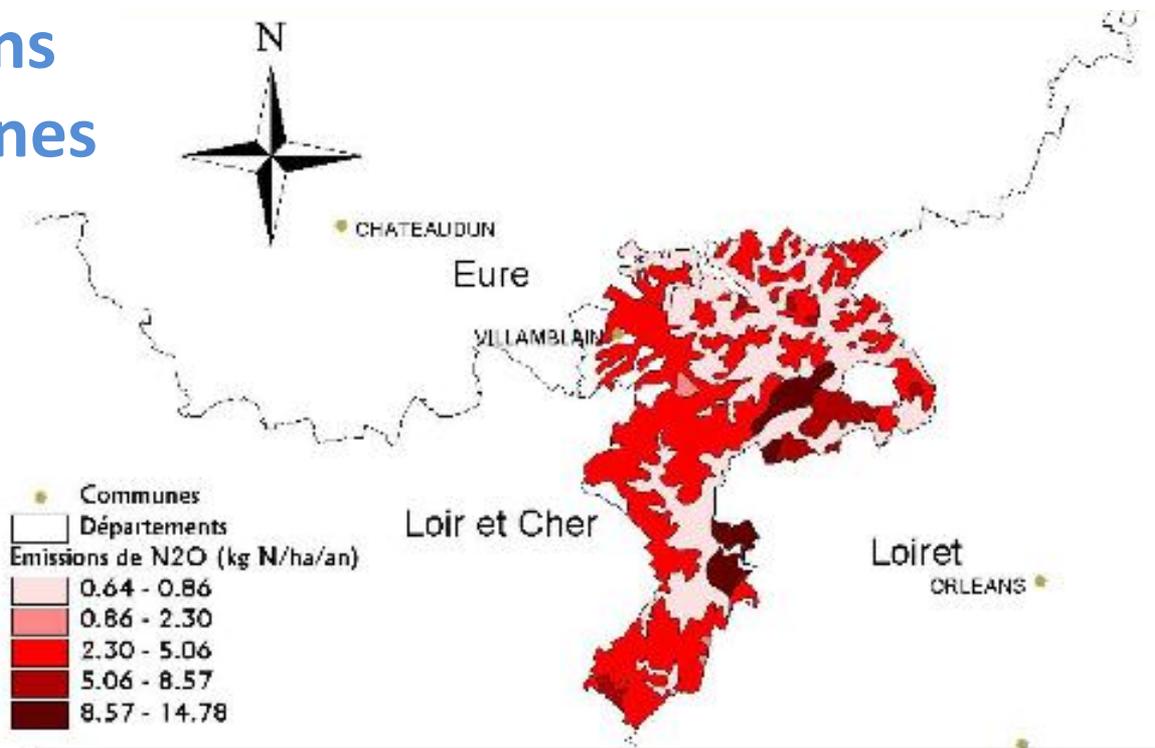
# BIO-RESSOURCES



Efficiences d'utilisation de l'engrais pour le blé d'hiver en France, simulées par des modèles agronomiques et économiques couplés (Bontems et al., 2008). Fourchette: 20 – 70 kg grains / kg engrais N

# BIO-RESSOURCES

## Emissions hétérogènes

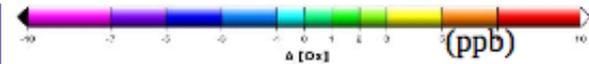


Emissions annuelles d'oxyde nitreux (un gaz à effet de serre lié aux apports d'engrais) dans la Beauce

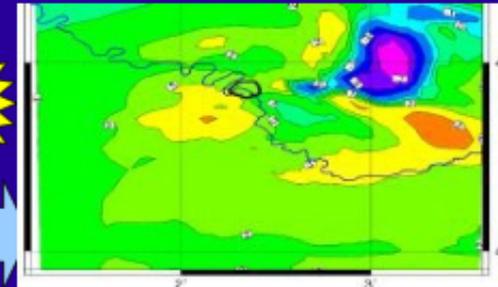
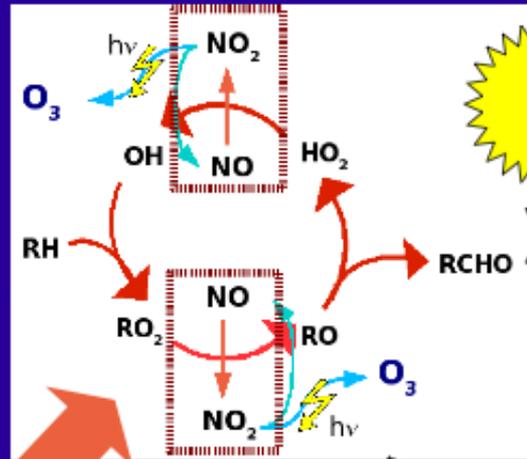
[ Gabrielle et al., 2006 ]

# BIO-RESSOURCES

Interactions puits/sources



Production photochimique



Contribution des sols agricoles à la formation d'ozone troposphérique en Ile de France, le 28 Mai 2001.

COV  
NOx



NOx  
biogénique

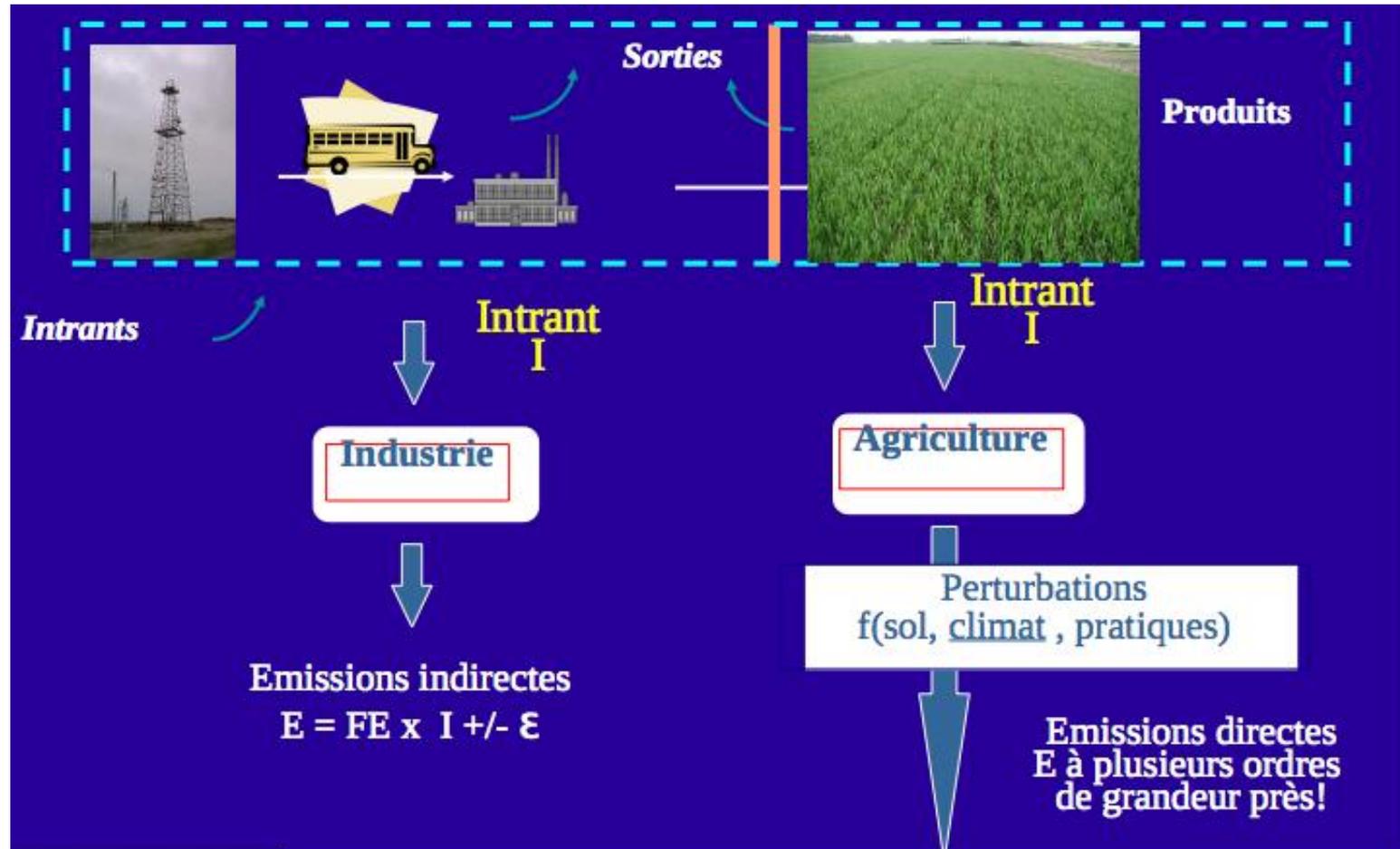
COV  
biogénique



Dépôt sur  
végétation/sol

Rolland (2008)

# BIO-RESSOURCES



# BIO-RESSOURCES

Les impacts globaux sont plus faciles à estimer

**Echelle globale**

$N_2O$   
 $CO_2$   
 $NO_x$   
Effet de serre  
Couche d'ozone



**Fiable**



**Evaluation plus difficile**



**Echelle régionale**

$NO_x$   $NO_3$   
 $NH_3$  Pesticides  
Ozone troposphérique  
Acidification  
Pollution des nappes



**Echelle locale**



Eutrophisation  
Pollution des nappes

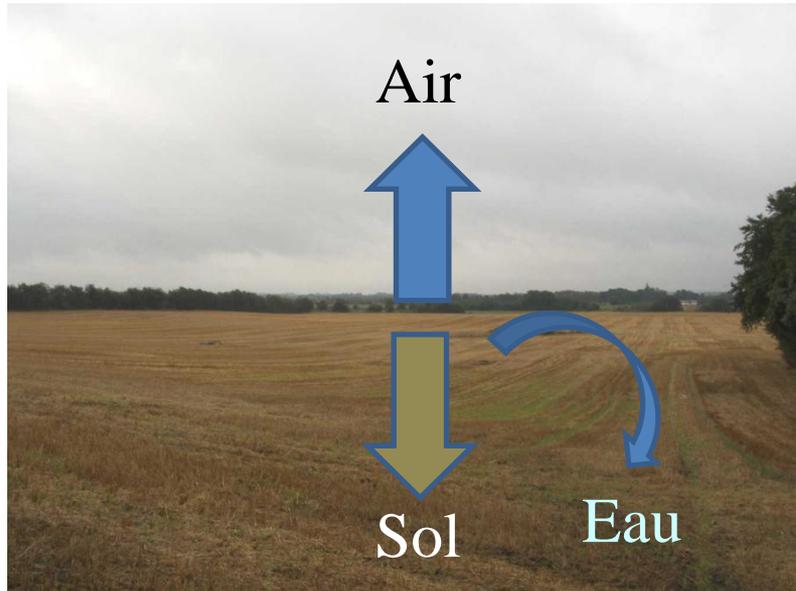
Diapo: G. Gosse, INRA

# BIO-RESSOURCES

- La performande du système dépend des caractéristiques physiques et agronomiques locales
- Et de la configuration spatiale / cibles ou autres sources de polluants
- **Le territoire doit être pris en compte**
  - Mais nécessite des données fines sur les systèmes de cultures, les émissions et les impacts
  - La modélisation biophysique peut permettre de prédire la variabilité des systèmes et les interactions spatiales
- **La 'différentiation spatiale' dans les ACV ouvre des pistes majeures d'amélioration de la performance environnementale**

# Choix des plantes

Enjeux environnementaux liés à l'étape de culture



## Cultures étudiées

Blé

Betterave

Sorgho

Triticale

Miscanthus

TCR de peuplier

Paille de blé

Rémanents

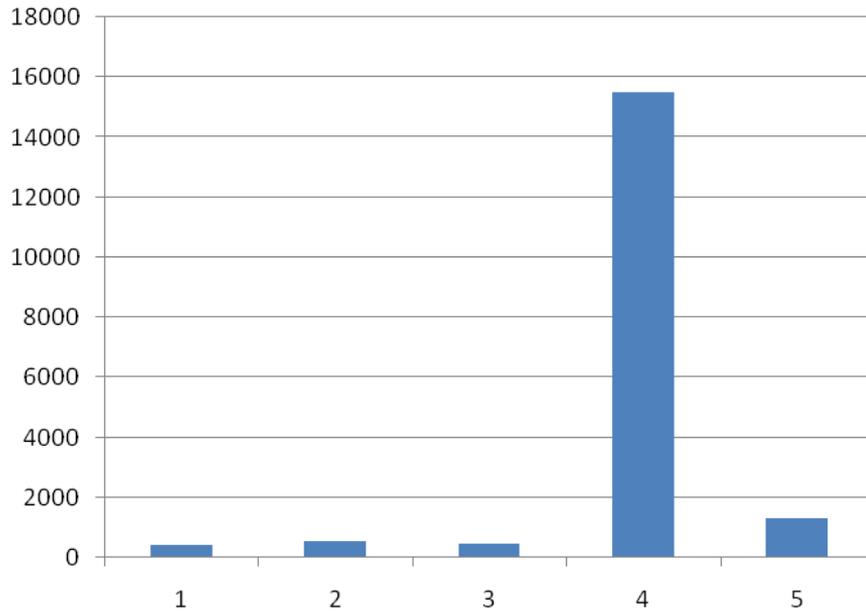
Unité fonctionnelle: le MJ de PCI  
l'hectare

# Choix des plantes

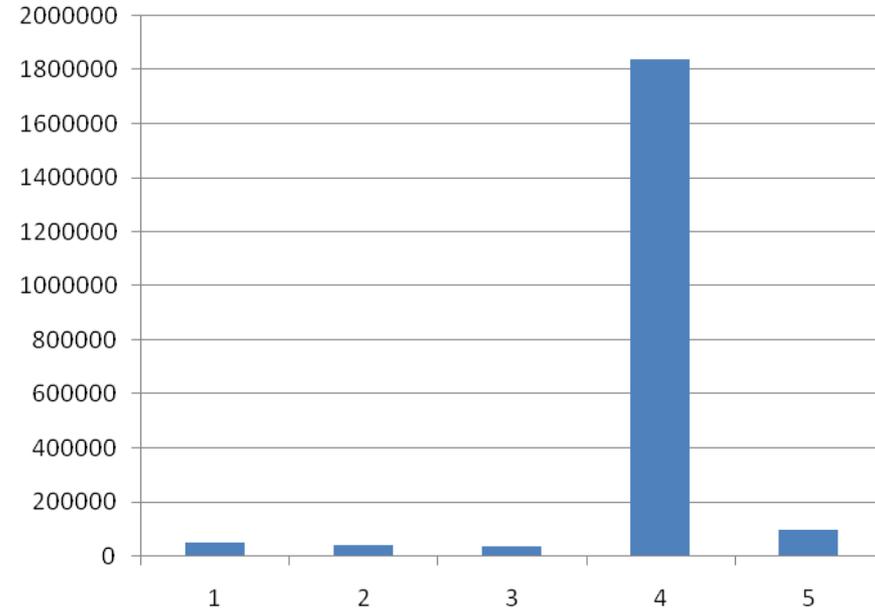
- **Effet de serre** (kg CO<sub>2</sub> eq)
- **Pollution photochimique** (kg C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> eq)
- **Acidification** (kg SO<sub>2</sub> eq)
- **Eutrophisation** (kg PO<sub>4</sub> eq)
- **Diminution de la couche d'ozone** (kg CFC-11 eq)

# Choix des plantes

MJ/ha



GWP100 (g éq. CO<sub>2</sub>/ha)



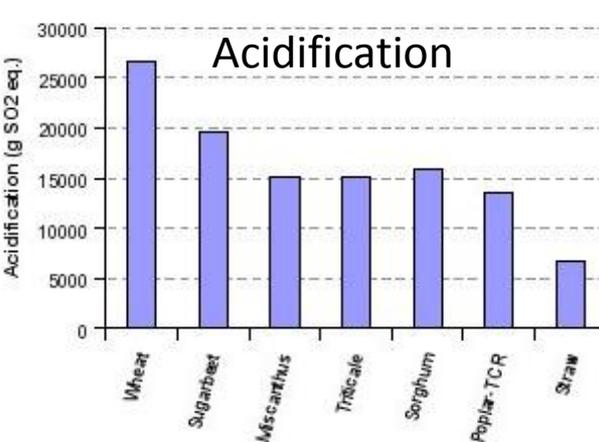
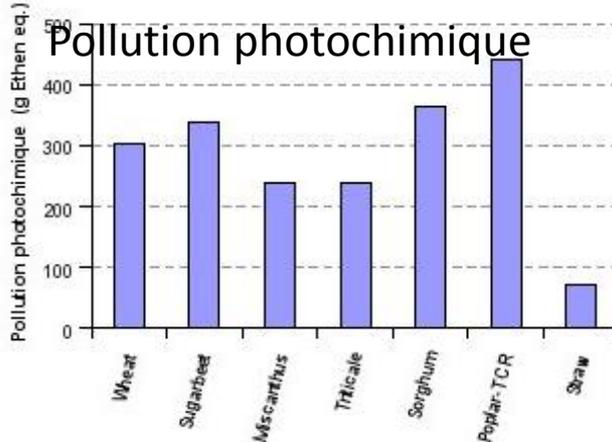
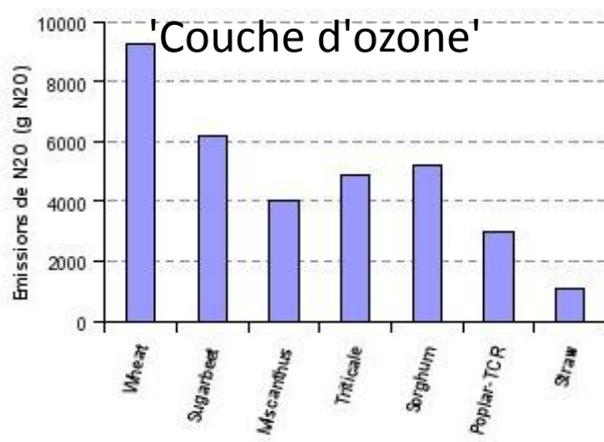
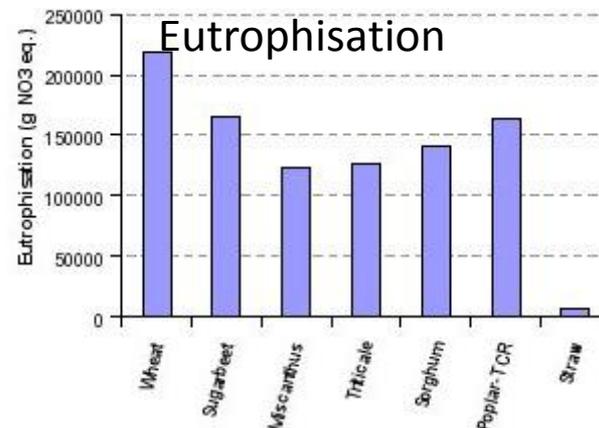
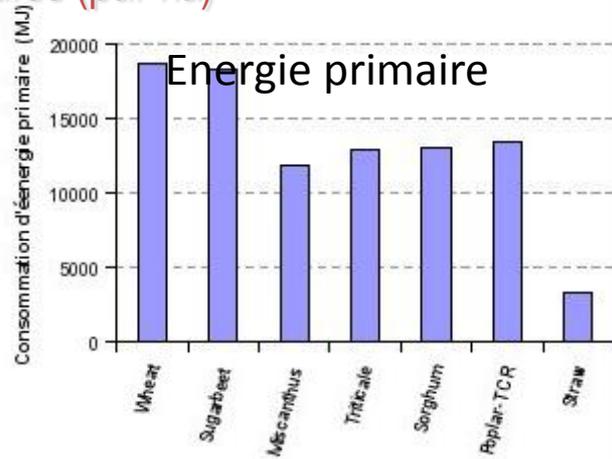
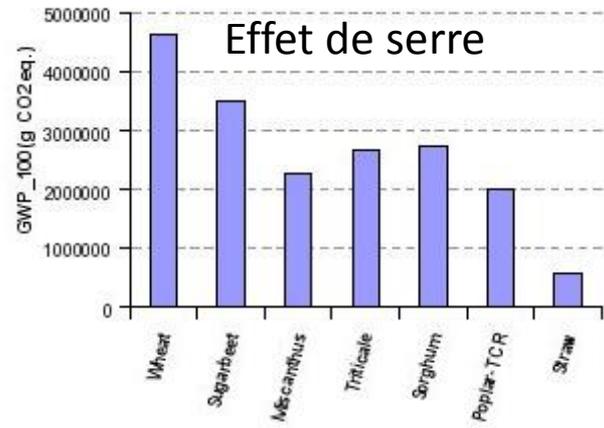
Étapes: 1 = préparation du sol; 2 = semis; 3 = phytos; 4 = fertilisation; 5 = récolte et transport



**Dose d'engrais = Facteur clé**

# Choix des plantes

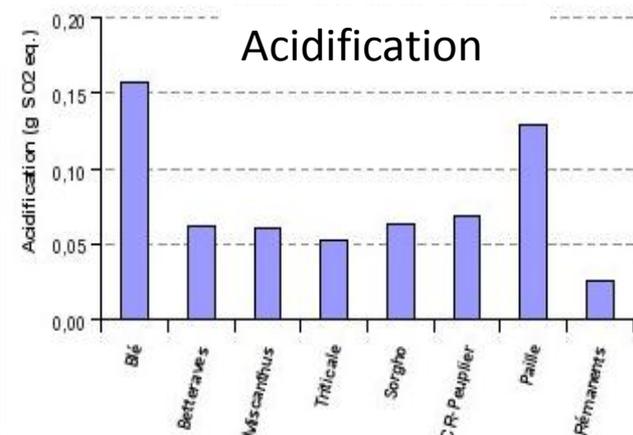
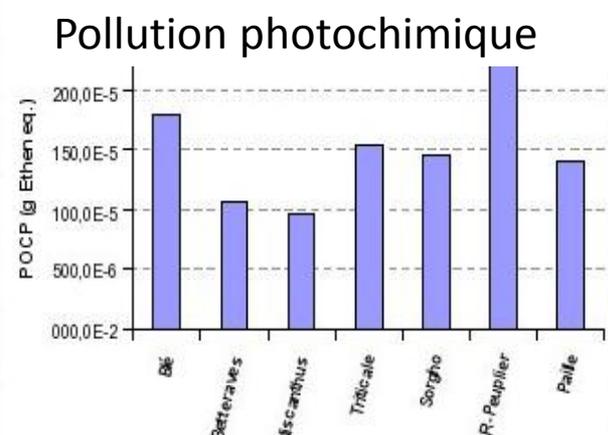
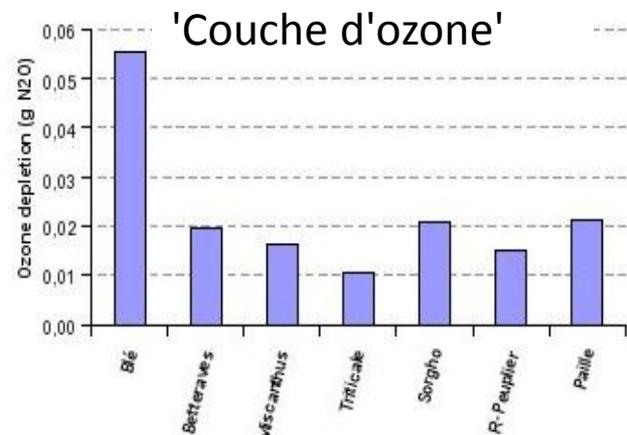
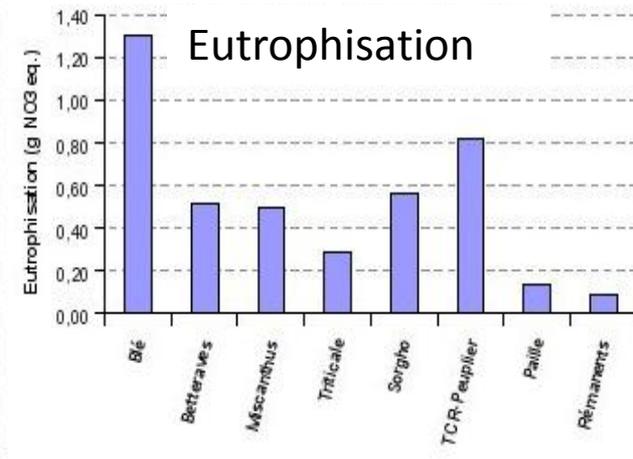
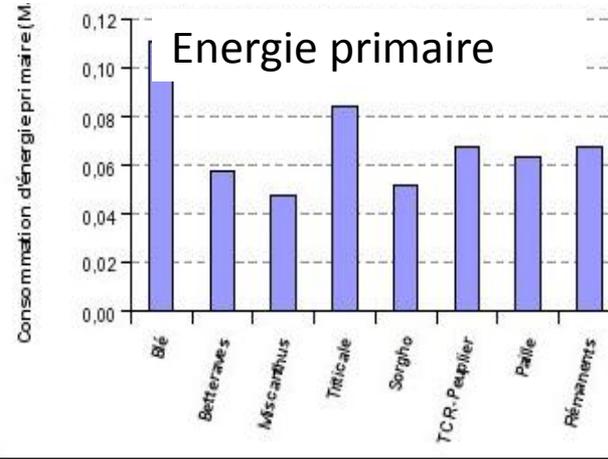
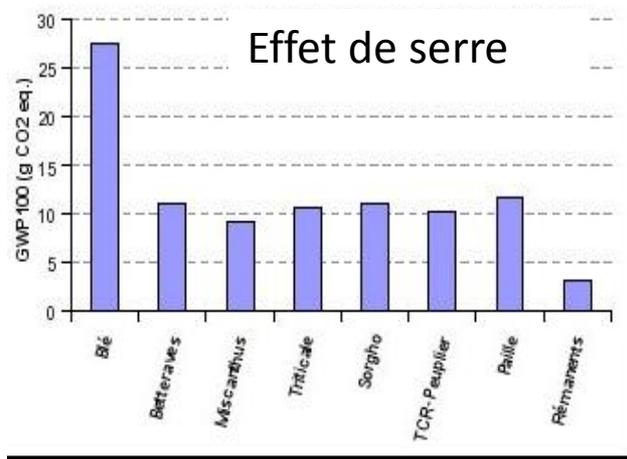
Comparaison des impacts des cultures (par ha)



Classement: pailles > pérennes > annuelles lignocellulosiques > alimentaires

# Choix des plantes

## Comparaison des cultures (par MJ)



Classement: rémanents > miscanthus, betterave, annuelles lignocellulosiques > blé

# Choix des plantes

- Intégration des pailles et rémanents (partielle)
- Les émissions au champ et rendements pourraient être modélisées avec CERES

ACV

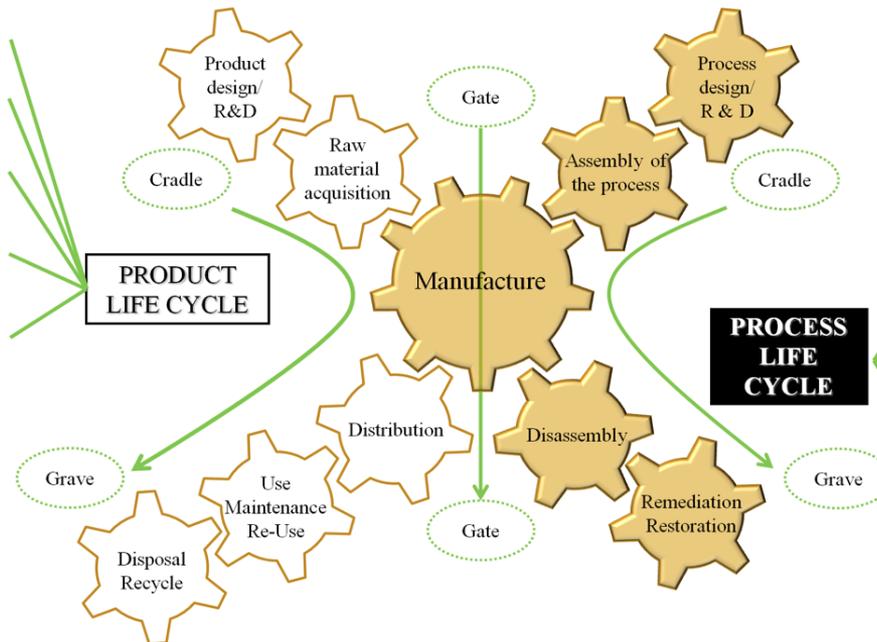
et

PROCEDE

# PROCEDE

*Uses:*

- Comparison of different products,
- Evaluation of the pollution transfers from one activity to another,
- Identification of the opportunities to improve the environmental aspects of a product,
- Decision-making in industry, governmental and non-governmental organizations,
- Selection of relevant indicators on environmental performance,

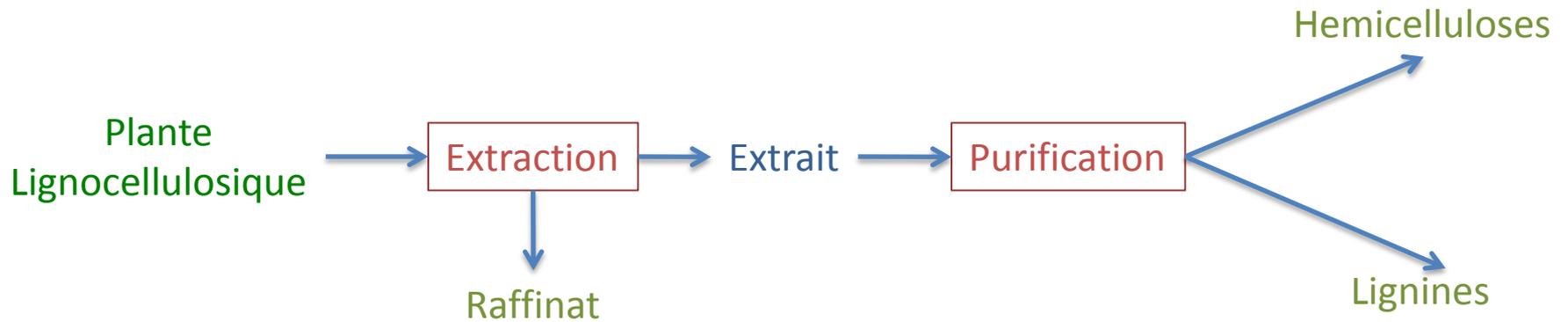


*Uses:*

- Ecodesign to consider the environment as soon as possible,
- Selection of the most environmentally-friendly process,
- Improvement of a process by identifying the steps that have a strong environmental impact (hot spots),
- Management of a process by comparing its results with a reference or more reliable results,
- Response to regulation by LCA comparison of processes that offer the same service.

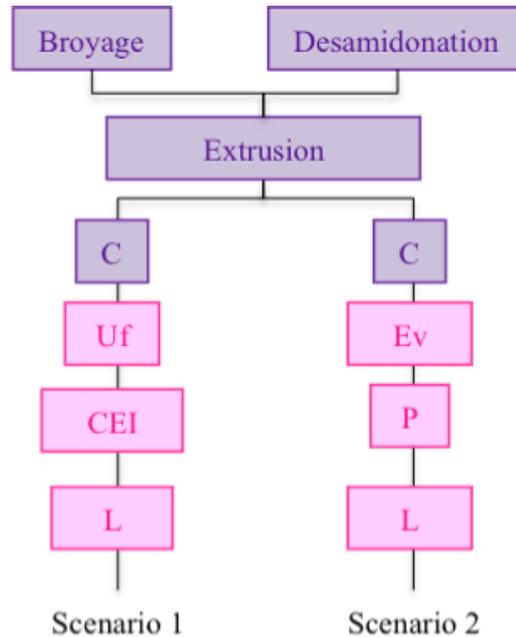
# PROCEDE

## Fractionnement des plantes lignocellulosiques



# PROCEDE

## Etape d' extraction - purification

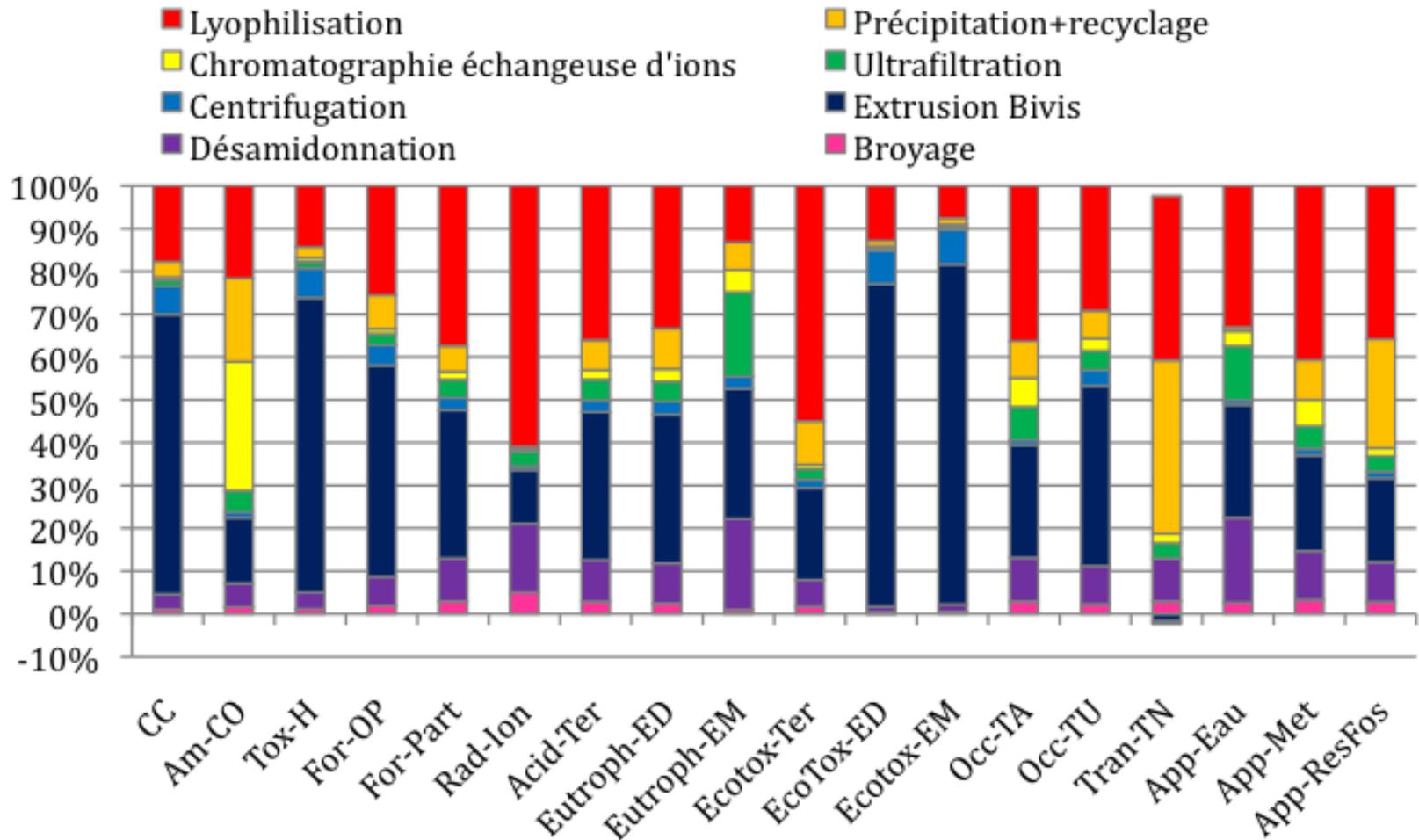


Unité fonctionnelle:

« concentrer l' extrait deux fois avec un débit de perméat de 100 L/h »

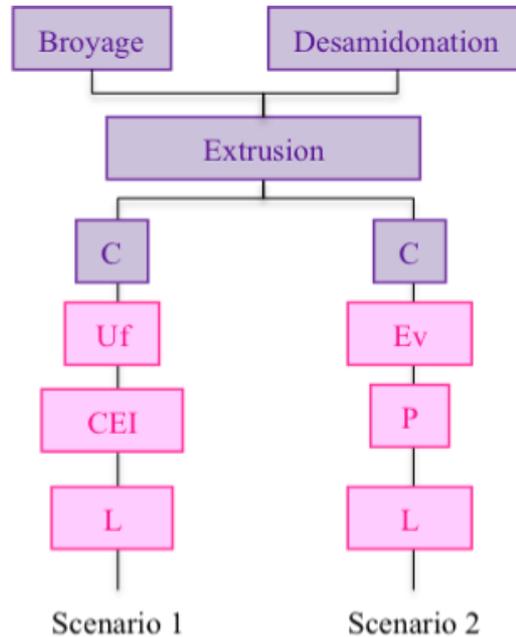
C: Centrifugation; Ev: Evaporation; Uf: Ultrafiltration; CEI: Chromatographie Echange Ion; P: precipitation; L : Lyophilisation

# PROCEDE



# PROCEDE

## Etape d' extraction - purification



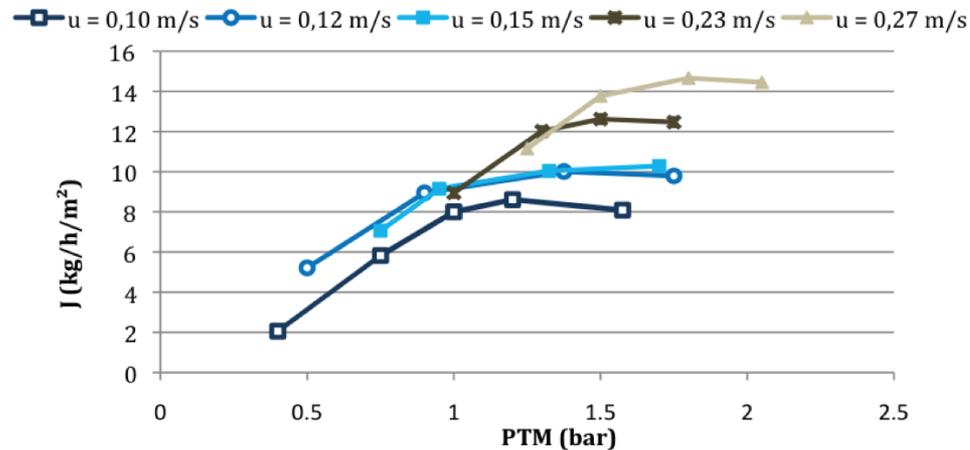
Unité fonctionnelle:

« concentrer l' extrait deux fois avec un débit de perméat de 100 L/h »

C: Centrifugation; Ev: Evaporation; Uf: Ultrafiltration; CEI: Chromatographie Echange Ion; P: precipitation; L : Lyophilisation

# PROCEDE

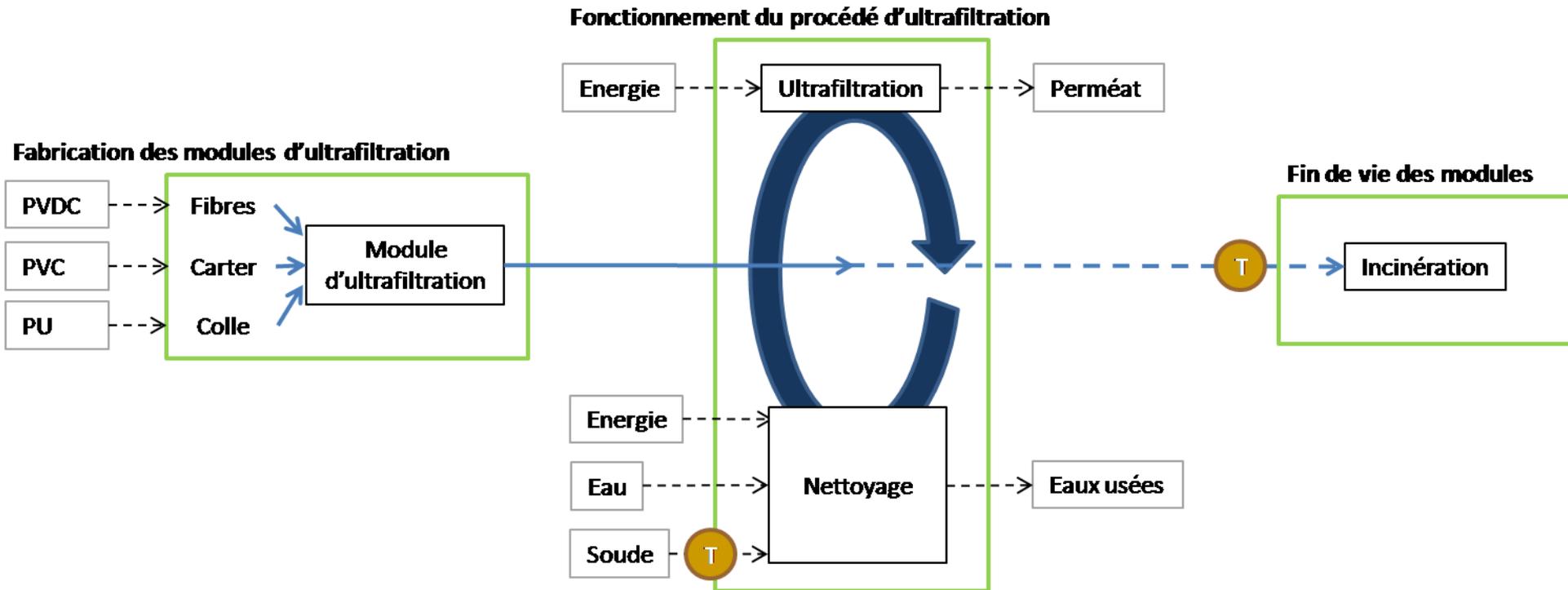
## Etablissement du modèle d' ultrafiltration



Vitesse tangentielle	Domaine d'application	$J = f(\text{PTM})$
$u = 0,10 \text{ m/s}$	$\text{PTM} \in [0,4 ; 1,7]$	$J_P = -7,8873 \cdot (\text{PTM})^2 + 20,826 \cdot (\text{PTM}) - 5,0974$
$u = 0,12 \text{ m/s}$	$\text{PTM} \in [0,5 ; 1,7]$	$J_P = -5,8167 \cdot (\text{PTM})^2 + 16,586 \cdot (\text{PTM}) - 1,5298$
$u = 0,15 \text{ m/s}$	$\text{PTM} \in [0,8 ; 1,7]$	$J_P = -5,8852 \cdot (\text{PTM})^2 + 17,515 \cdot (\text{PTM}) - 2,5664$
$u = 0,23 \text{ m/s}$	$\text{PTM} \in [1 ; 1,7]$	$J_P = -11,594 \cdot (\text{PTM})^2 + 36,51 \cdot (\text{PTM}) - 15,949$
$u = 0,27 \text{ m/s}$	$\text{PTM} \in [1,3 ; 2]$	$J_P = -10,264 \cdot (\text{PTM})^2 + 37,852 \cdot (\text{PTM}) - 20,065$

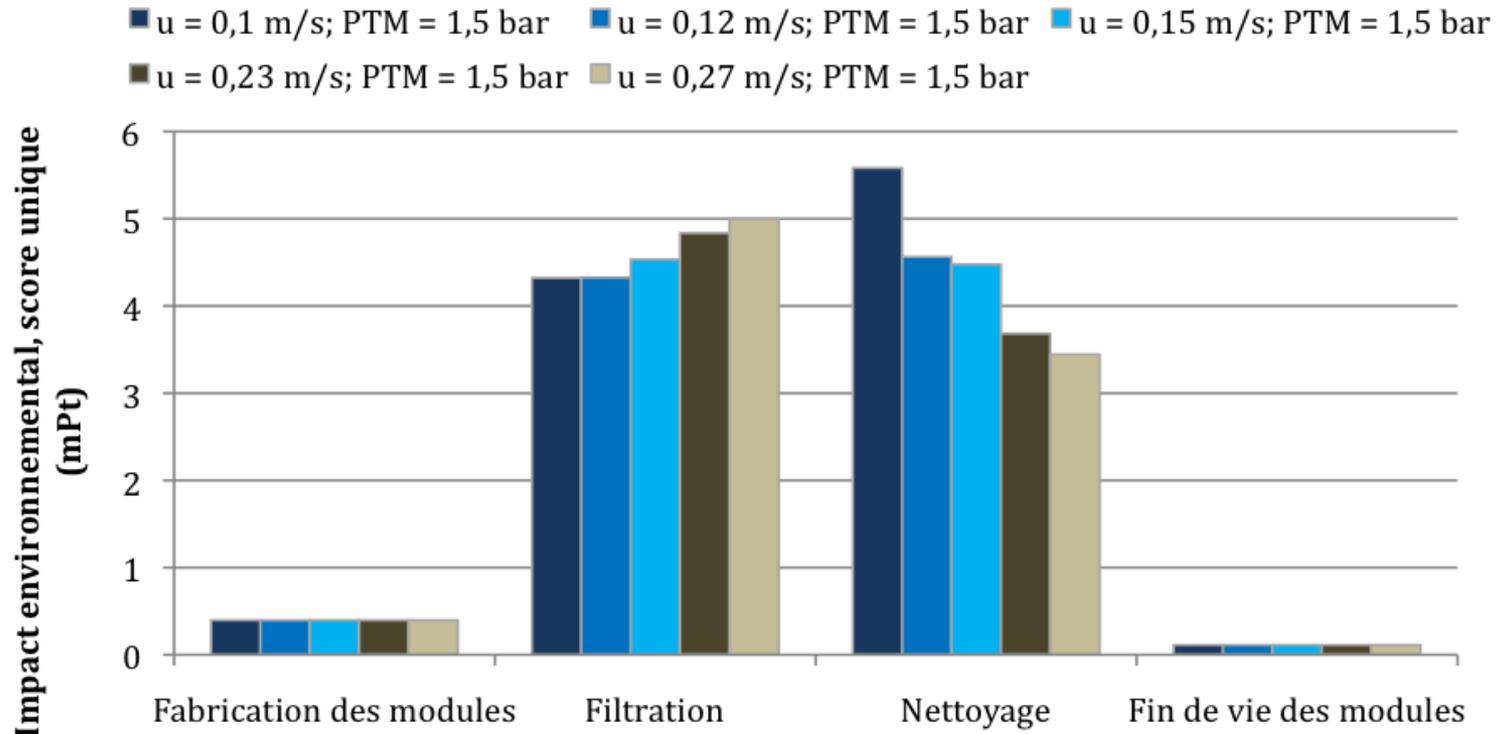
# PROCEDE

## Méthodologie d'analyse de l'ultrafiltration



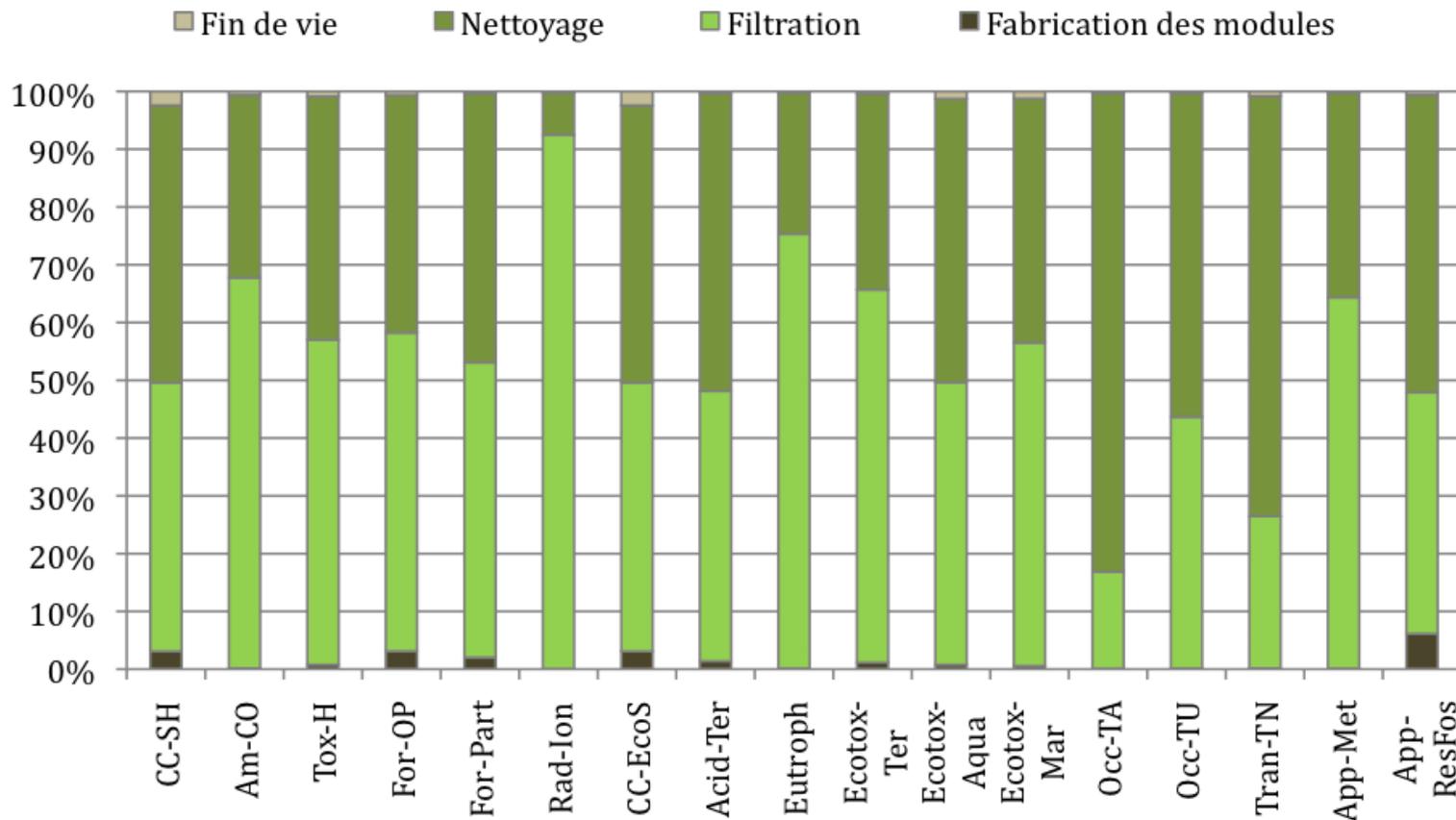
# PROCEDE

## Influence des conditions opératoires



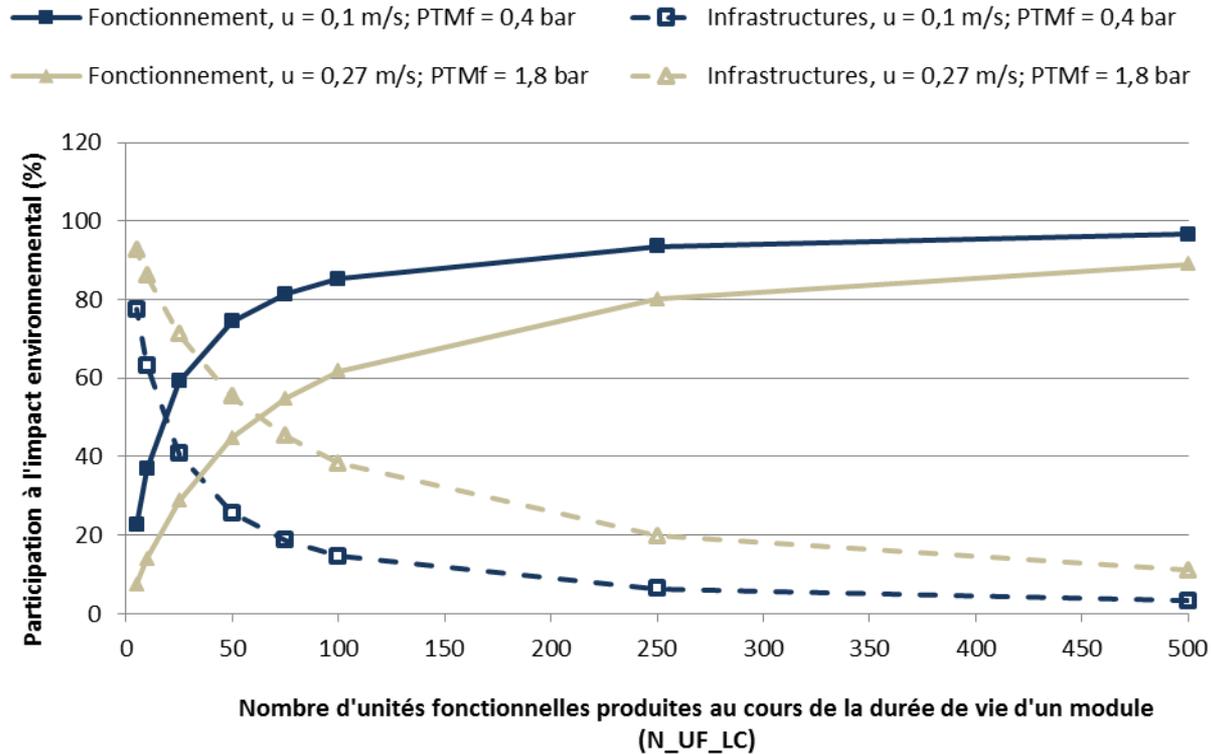
# PROCEDE

## Comparaison des étapes



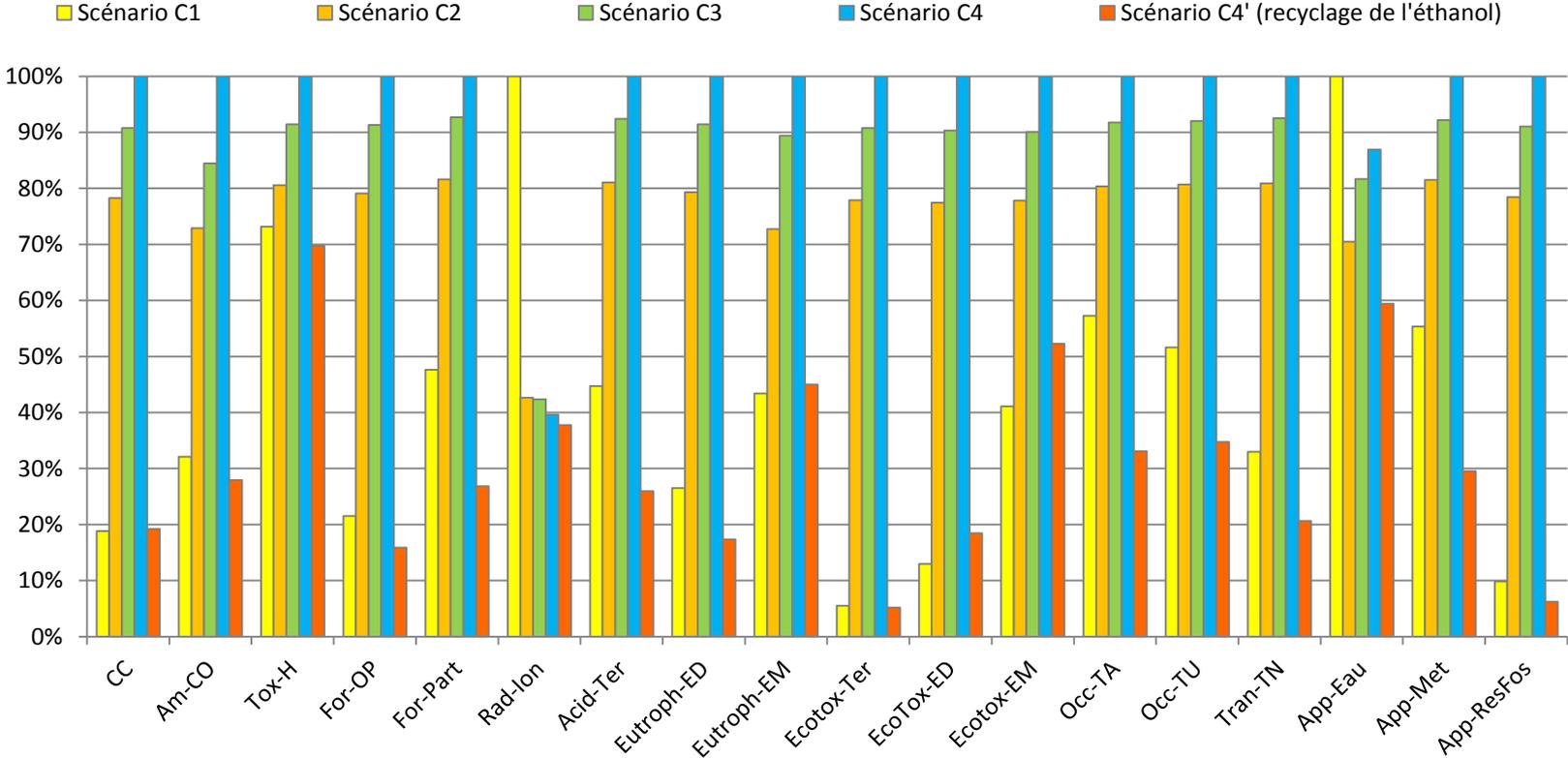
# PROCEDE

## Influence de la durée de vie





# PROCEDE



# PROCEDE

ACV modèles complémentaires à ceux du GP

Outil d' aide à l' optimisation

ACV ne doit pas toujours participer à l' optimisation

Doit être intégré dans une approche multicritère

# CONCLUSION / PERSPECTIVES

ACV est un outil pour la sélection des filières

Besoin de modèles plus fins

Interprétation complexe