

Carrefours

de l'innovation
agronomique
2011



Protéines lactières
aspects nutritionnels et fonctionnels,
de la préparation à l'utilisation

Mardi 5 avril 2011



ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Carrefours

de l'innovation
agronomique
2011



Séparations à membrane et fonctionnalités de fractions protéiques: vers une approche d'éco-conception

G. Gésan-Guiziou¹

M. Van Audenhaege¹, S. Omont², D. Froelich²

1 UMR 1253 STLO, INRA Agrocampus Ouest, Rennes

2 ARTS, Laboratoire MAPIE, Le Bourget du Lac



ALIMENTATION

AGRICULTURE

ENVIRONNEMENT

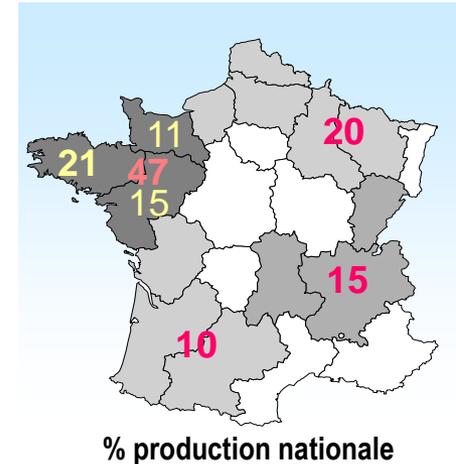


Contexte socio-économique

La filière laitière française

Caractéristiques

- Place importance sur l'échiquier européen
 - Chiffre d'affaires 18 M€ (20 % CA IAA)
 - 160 000 emplois
 - 24 ML lait (CNIEL, 2009)
- ⇒ **2nd rang derrière l'Allemagne (20 % production de l'UE)**



Menaces

- Pression sur les marchés national et international
 - Extension de l'UE : pays de l'Est
 - Réforme de la PAC
 - Pression de la grande distribution
- Pression d'ordre environnemental
 - Augmentation des taxes sur les rejets
 - Sévérité de la réglementation européenne
 - Lois relatives au Grenelle de l'environnement



**Diversification
Innovation**

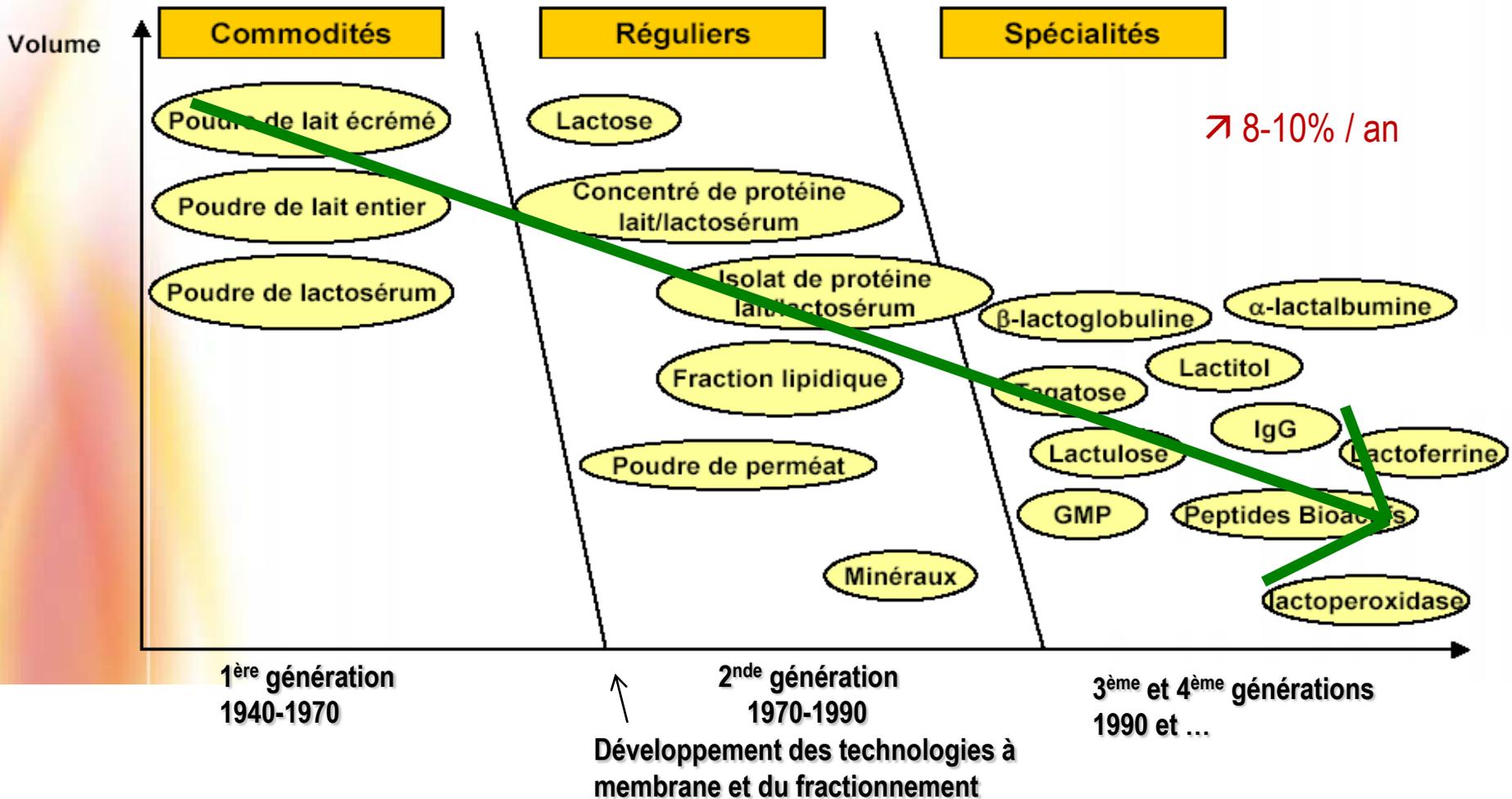


**Maîtrise des coûts
↘ Impact environnemental**

Contexte socio-économique

Evolution des ingrédients laitiers

Source : Université Laval (Québec, Canada), Lemoine (2005)



Diversification / innovation qui repose sur l'émergence et la maîtrise des opérations de fractionnement

Procédés à membranes de fractionnement des protéines laitières

Fractions de protéines

Haut degré de pureté
Forme native et/ou à fonctionnalité ciblée

+

Procédés

Forte productivité
Respectueux de l'environnement
Faible coût de revient



2 verrous

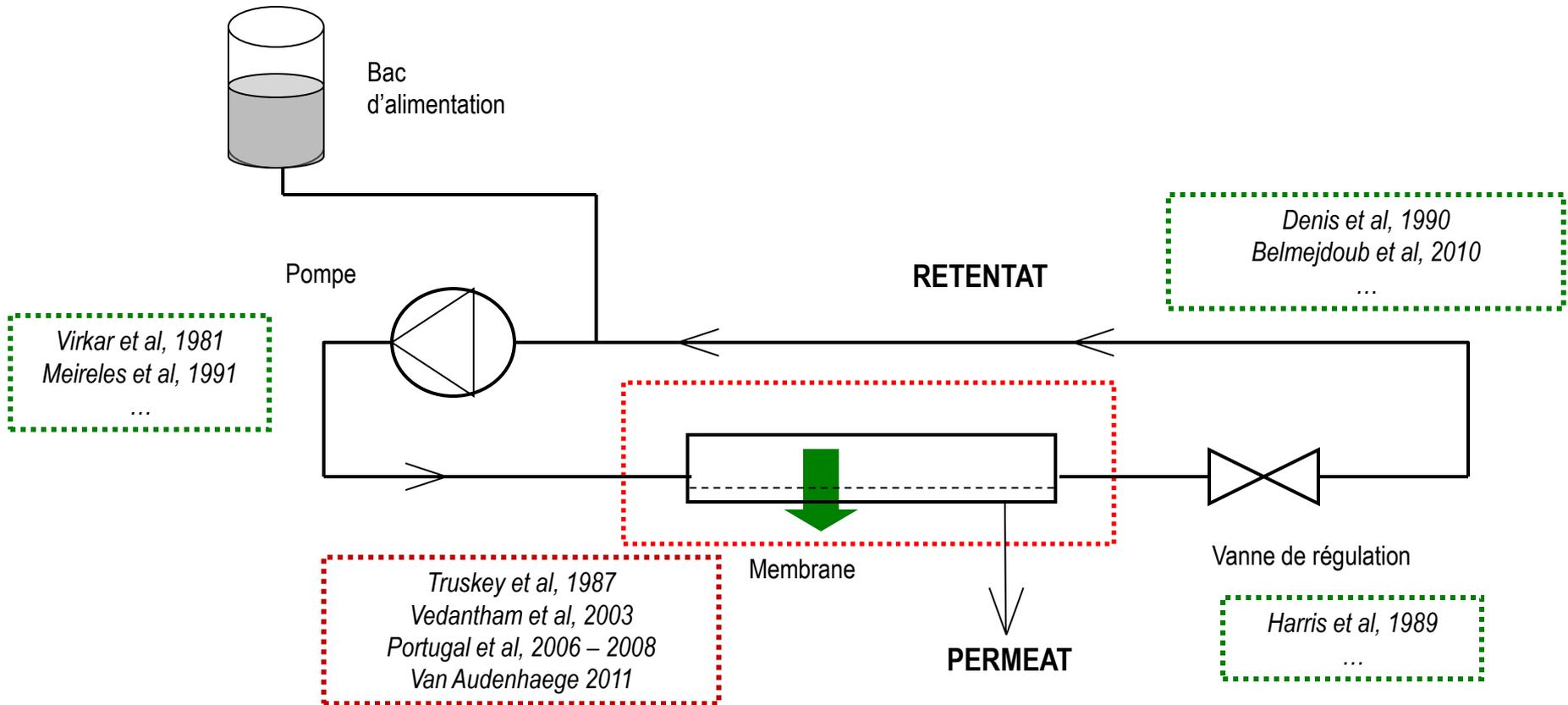
- Quel est l'impact des opérations à membranes sur la structure / fonctionnalité des protéines ?
- Quelles sont les potentialités des procédés à membranes face à des contraintes environnementales ?

Quel est l'impact des opérations à membranes sur la structure / fonctionnalité des protéines ?

Impact de la filtration sur les propriétés des fractions produites

Des études sur des protéines variées

... et en divers points des installations de filtration



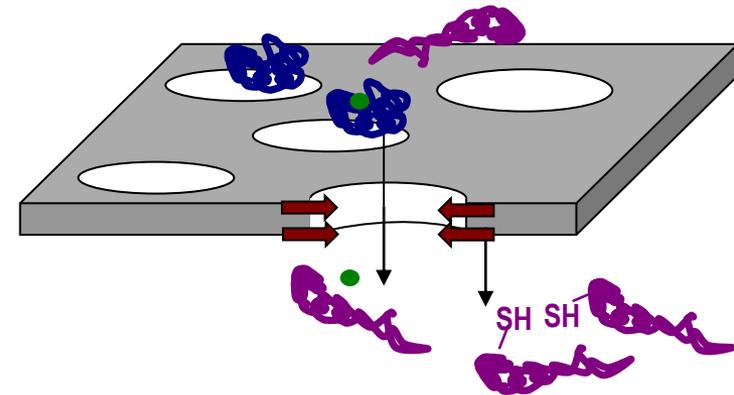
Impact de la filtration sur les propriétés des fractions produites

Limites des études

- Très peu d'information sur l'effet de la perméation
- Très peu de travaux sur les protéines laitières
- Très critiquables (technique analytique unique)

Conclusions majeures

- La structure et les propriétés fonctionnelles des protéines ne sont pas significativement affectées . par la circulation tangentielle dans les installations . par le transfert dans la membrane
- Des modifications de fonctionnalités sont observables :
 - . lors de conditions hydro. et physico-chimiques
 - cisaillement élevé dans les pores →



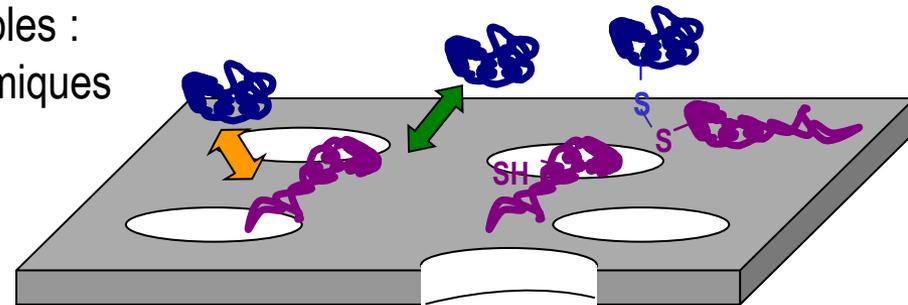
Impact de la filtration sur les propriétés des fractions produites

Limites des études

- Très peu d'information sur l'effet de la perméation
- Très peu de travaux sur les protéines laitières
- Très critiquables (technique analytique unique)

Conclusions majeures

- La structure et les propriétés fonctionnelles des protéines ne sont pas significativement affectées . par la circulation tangentielle dans les installations . par le transfert dans la membrane
- Des modifications de fonctionnalités sont observables :
 - . lors de conditions hydro. et physico-chimiques
 - cisaillement élevé dans les pores
 - interactions prot/prot et prot/membrane →



Impact de la filtration sur les propriétés des fractions produites

Limites des études

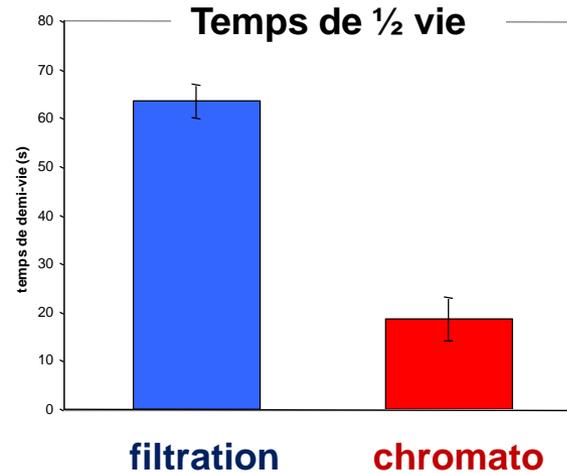
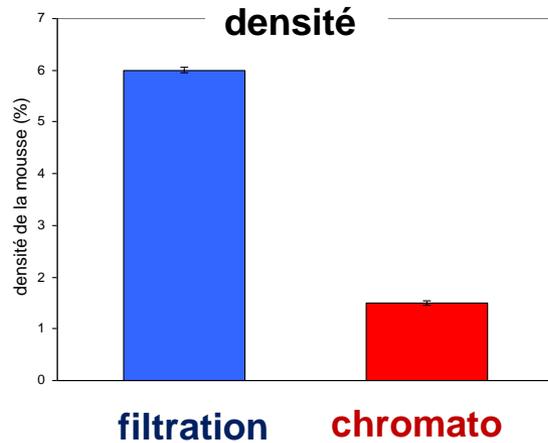
- Très peu d'information sur l'effet de la perméation
- Très peu de travaux sur les protéines laitières
- Très critiquables (technique analytique unique)

Conclusions majeures

- **La structure et les propriétés fonctionnelles des protéines ne sont pas significativement affectées**
 - . par la circulation tangentielle dans les installations
 - . par le transfert dans la membrane
- Des modifications de fonctionnalités sont observables :
 - . lors de conditions hydro. et physico-chimiques
 - cisaillement élevé dans les pores
 - interactions prot/prot et prot/membrane
 - . en présence de contaminants, sans modification structurale des protéines

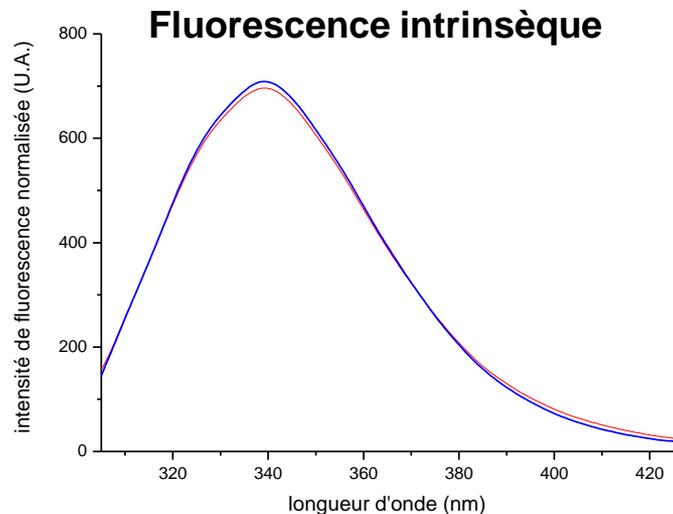
Deux protéines issues de 2 procédés distincts conduisent à des propriétés différentes

Ex. propriétés foisonnantes



Protéines dans l'eau
Pureté de la β -Lg > 95%

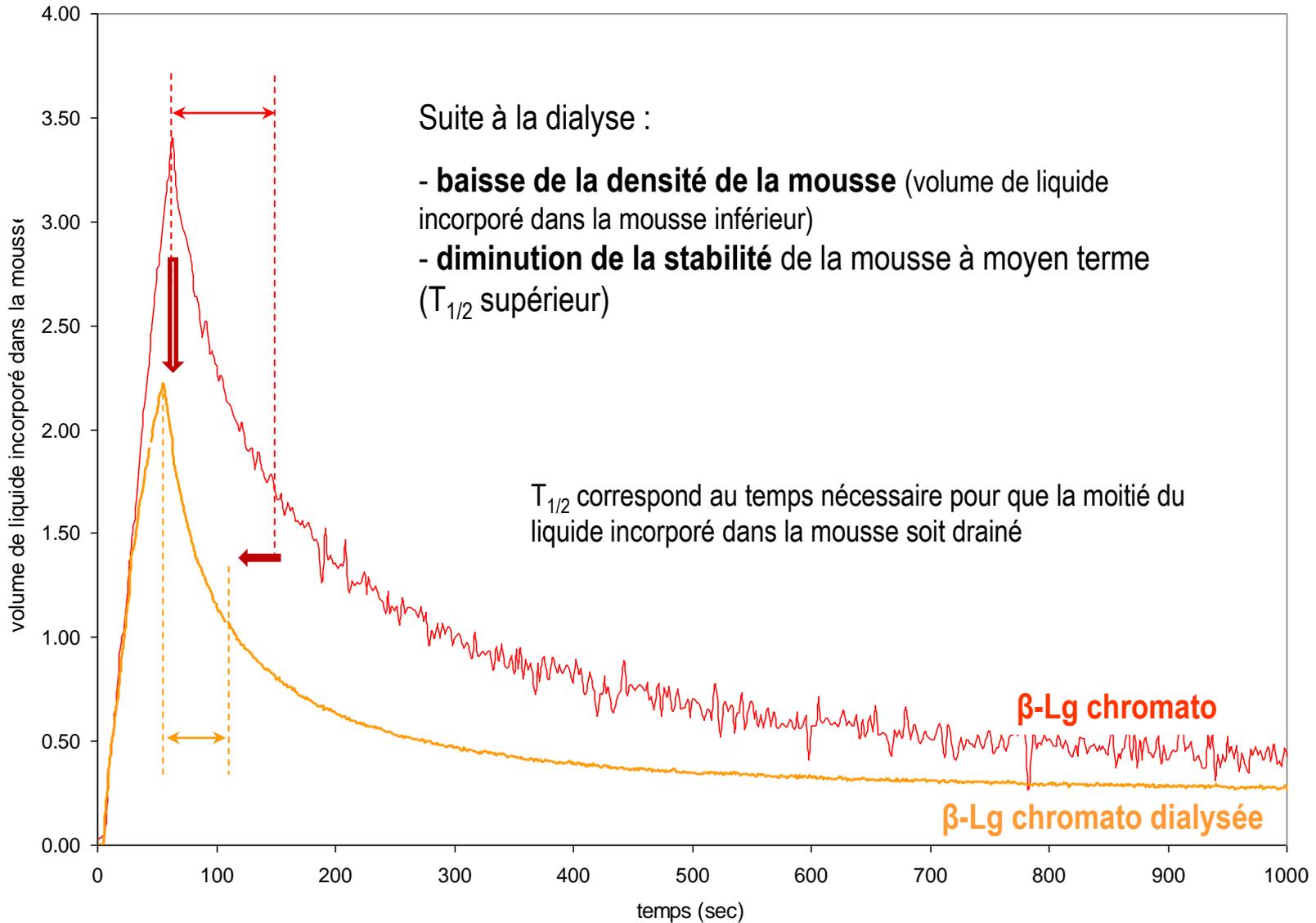
... avec des propriétés structurales similaires



... mais les éléments de contamination diffèrent

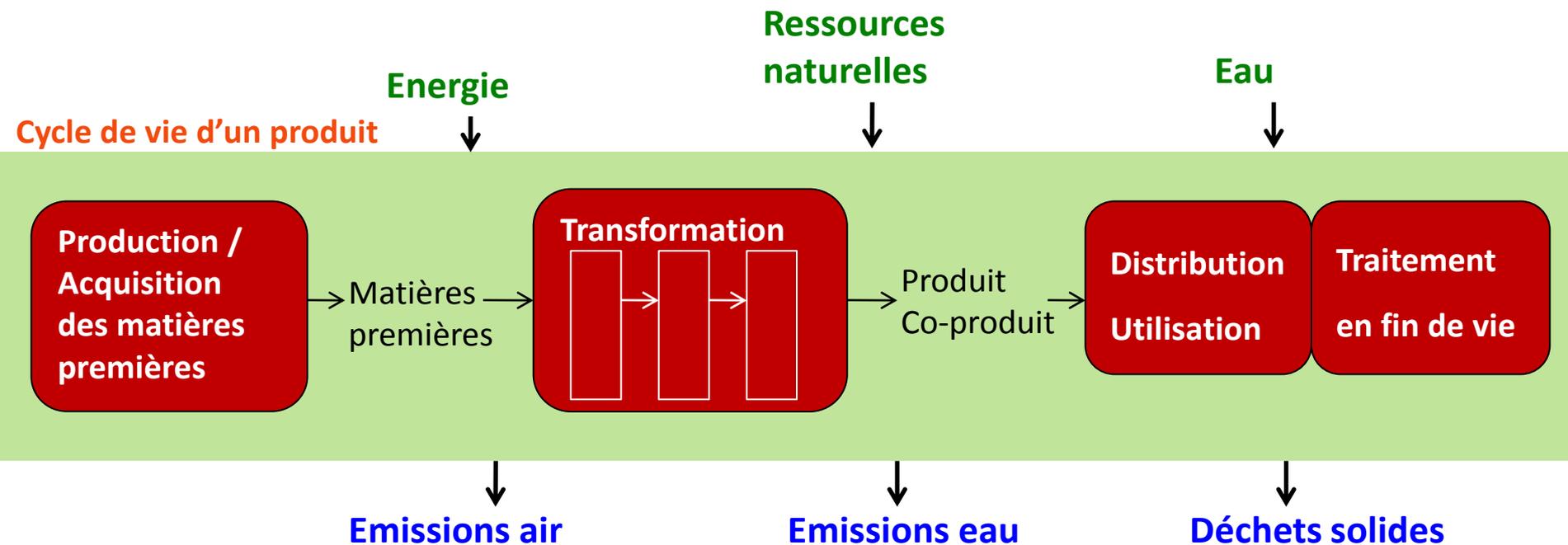
Teneur en minéraux (g/kg)	Chromatographie	Filtration
Calcium	0,34 ± 0,03	0,01
Sodium	9,4 ± 0,5	< 0,09
Citrate	n.d.	23,1 ± 2,0
Chlorure	8,3 ± 0,9	5,3 ± 0,7

Environnement physico-chimique et fonctionnalités des protéines (propriétés foisonnantes)



Quelles sont les potentialités des procédés à membranes face à des contraintes environnementales ?

Analyse de Cycle de Vie, ACV

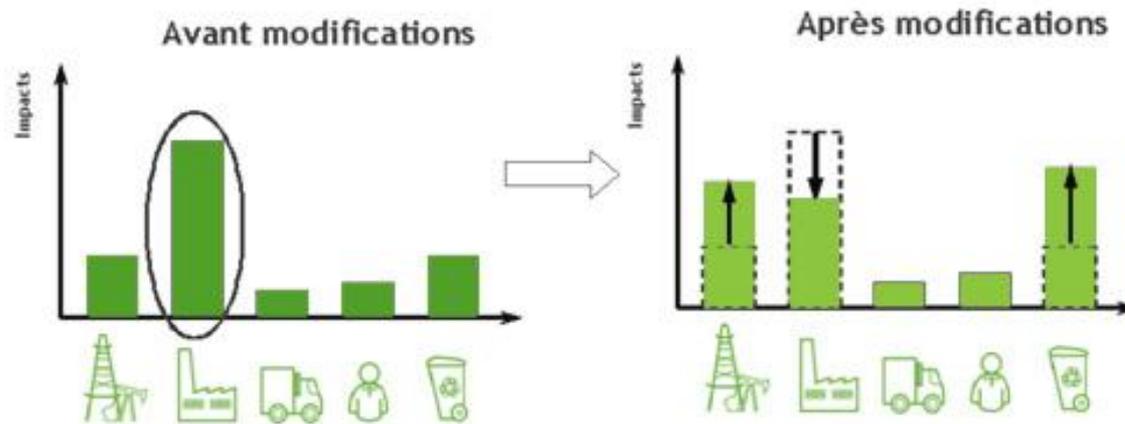


Approche **multicritère** prise en compte
sur tout le **cycle de vie** du produit / du procédé

Démarche faisant l'objet d'une **normalisation** (ISO 14040 et 14044)

Spécificités de l'ACV

Identifier les points sensibles et les voies d'amélioration, en évitant ou en arbitrando les déplacements de pollution

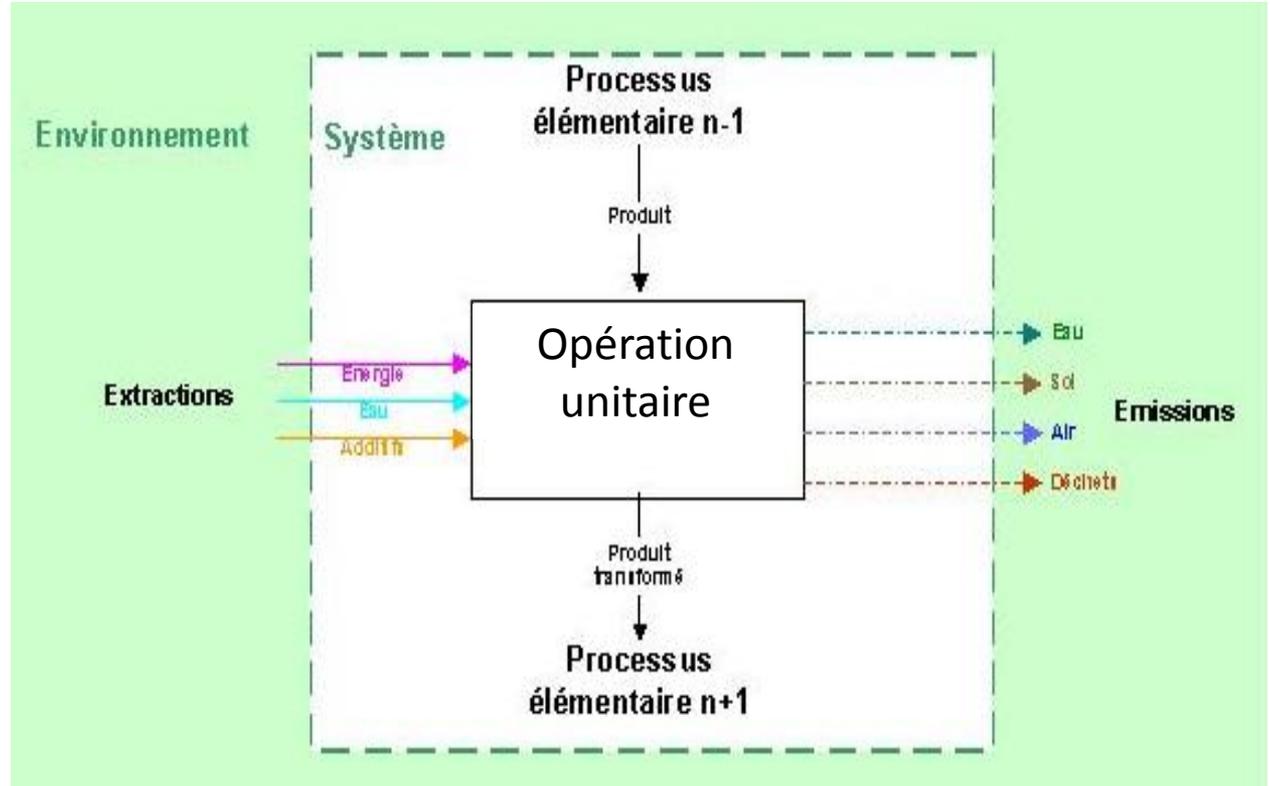


- . Communication environnementale
- . Outil d'aide à la conception (éco-conception)

Analyse de cycle de vie, ACV

Pour chaque opération unitaire:

Bilan matière



Inventaire des émissions et extractions => collecte de données (industriels, expé spécifiques, logiciels, ...)

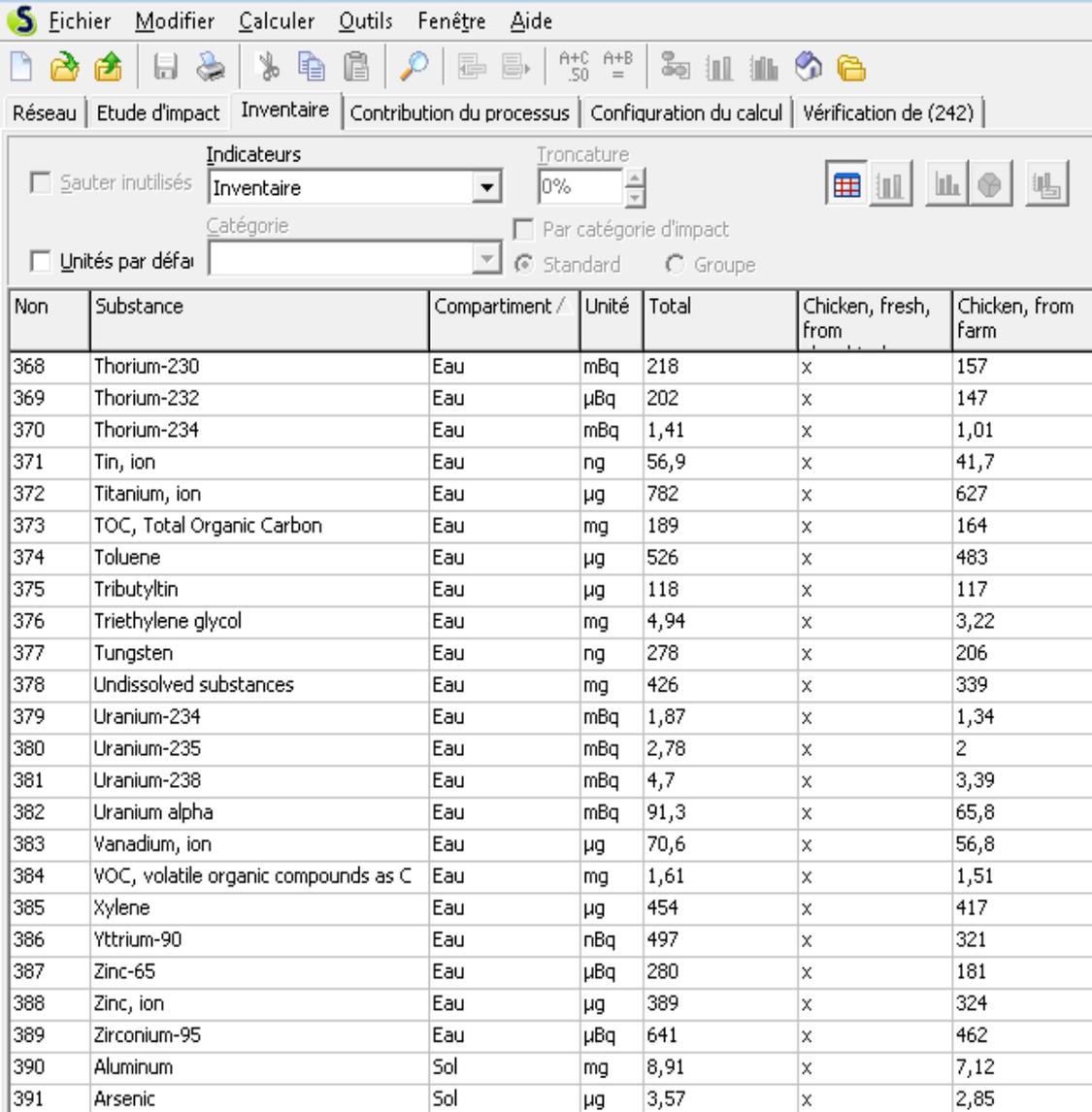
Analyse de cycle de vie, ACV

Pour chaque opération unitaire:

Bilan
matière

Décomposition
en flux
élémentaires
et agrégation

Base de
données
(Eco Invent, ESU,
Deam, APME,
...ELCD)

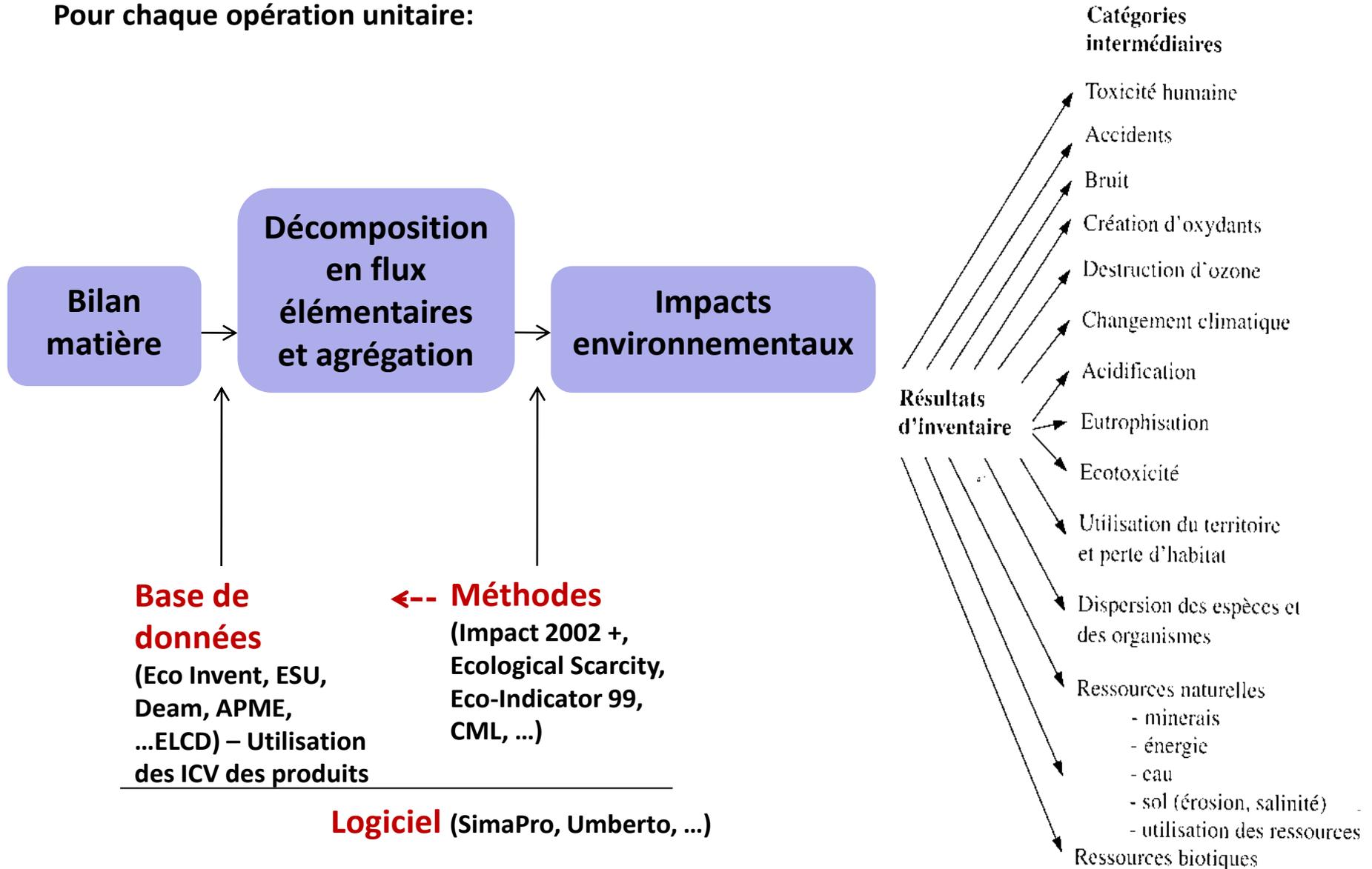


Indicateurs: Inventaire
Troncature: 0%
Catégorie:
Unités par défaut:
Par catégorie d'impact:
Standard
Groupe

Non	Substance	Compartiment /	Unité	Total	Chicken, fresh, from	Chicken, from farm
368	Thorium-230	Eau	mBq	218	x	157
369	Thorium-232	Eau	µBq	202	x	147
370	Thorium-234	Eau	mBq	1,41	x	1,01
371	Tin, ion	Eau	ng	56,9	x	41,7
372	Titanium, ion	Eau	µg	782	x	627
373	TOC, Total Organic Carbon	Eau	mg	189	x	164
374	Toluene	Eau	µg	526	x	483
375	Tributyltin	Eau	µg	118	x	117
376	Triethylene glycol	Eau	mg	4,94	x	3,22
377	Tungsten	Eau	ng	278	x	206
378	Undissolved substances	Eau	mg	426	x	339
379	Uranium-234	Eau	mBq	1,87	x	1,34
380	Uranium-235	Eau	mBq	2,78	x	2
381	Uranium-238	Eau	mBq	4,7	x	3,39
382	Uranium alpha	Eau	mBq	91,3	x	65,8
383	Vanadium, ion	Eau	µg	70,6	x	56,8
384	VOC, volatile organic compounds as C	Eau	mg	1,61	x	1,51
385	Xylene	Eau	µg	454	x	417
386	Yttrium-90	Eau	nBq	497	x	321
387	Zinc-65	Eau	µBq	280	x	181
388	Zinc, ion	Eau	µg	389	x	324
389	Zirconium-95	Eau	µBq	641	x	462
390	Aluminum	Sol	mg	8,91	x	7,12
391	Arsenic	Sol	µg	3,57	x	2,85

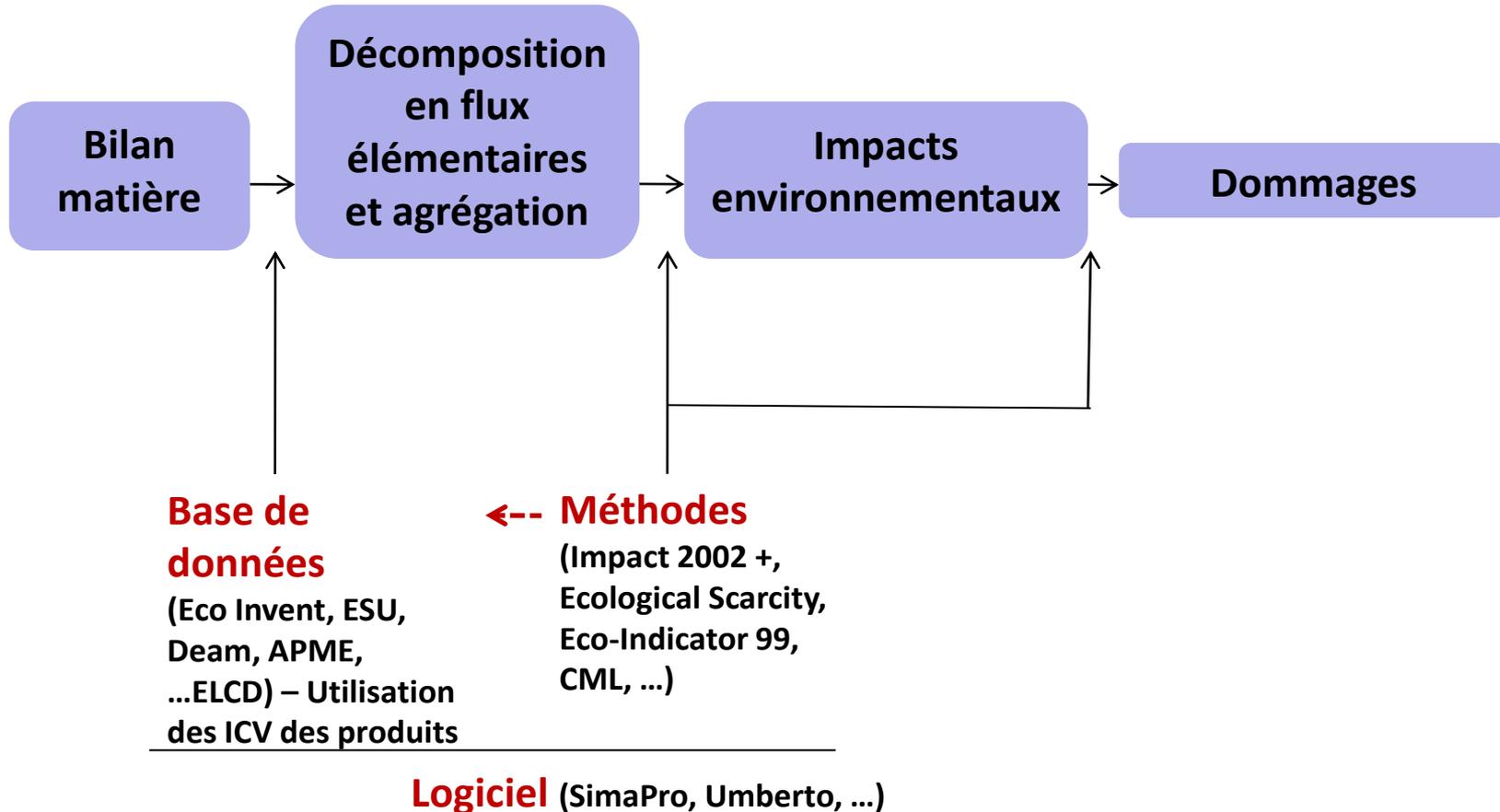
Analyse de cycle de vie, ACV

Pour chaque opération unitaire:

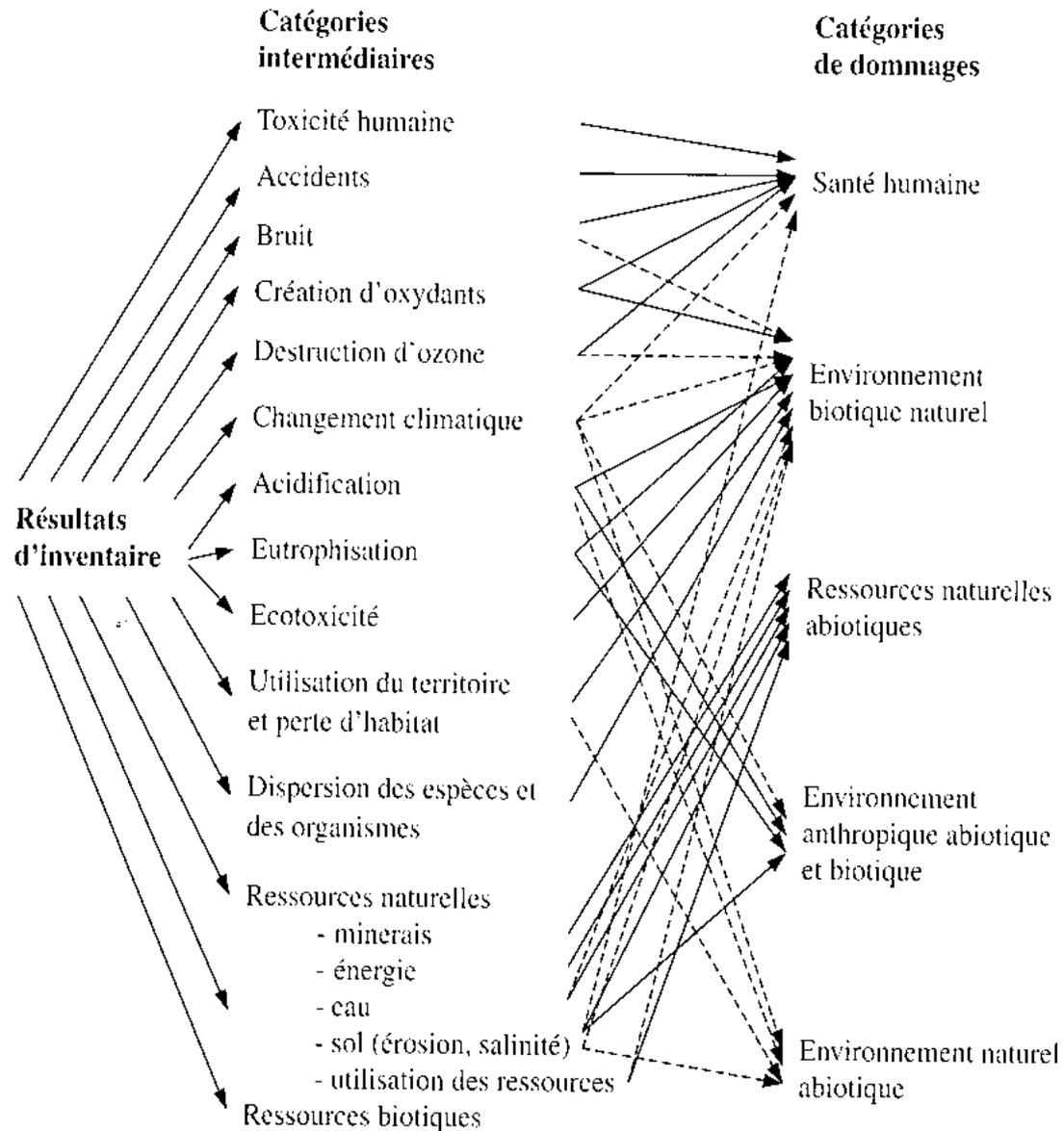


Analyse de cycle de vie, ACV

Pour chaque opération unitaire:



Impacts environnementaux et dommages



Définition des procédés d'étude

Systeme étudié

Lait -entrée usine

Prétraitement – stockage - standardisation

Crème

Séparation micelles / protéines du lactosérum

Micelles de caséine
(Transformation fromagère)

Concentration + purification protéines du lactosérum (UF+OI)

Voie membrane

Concentrés protéiques

Voie chromatographie

Précipitation sélective
+ Séparation par membrane
+ Concentration/ Diafiltration
+ séchage

Chromatographie échange d'ions
+ Concentration/ diafiltration
+ séchage
Novasep Process

Fractions enrichies de β -Lg et α -La

Fractions enrichies de β -Lg et α -La

Pur β -Lg > 95 %
Rdt β -Lg > 75 %

Pur α -La >> 70 % ($\alpha/\beta > 15$)
Rdt α -La > 80 %

Pur β -Lg > 95 % Pur α -La > 70 %

ACV du procédé : champs de l'étude

Périmètre

- Inclus : opérations unitaires / équipements / nettoyages / transport
- Exclus : locaux de production : entretien, éclairage...

Hypothèses

- Durée de vie du système : 20 ans
- 2 sites : Usine de transformation fromagère / unité de purification des protéines distantes de 100 km
- Périmètre géographique : France (cf. mix énergétique de la production d'électricité)

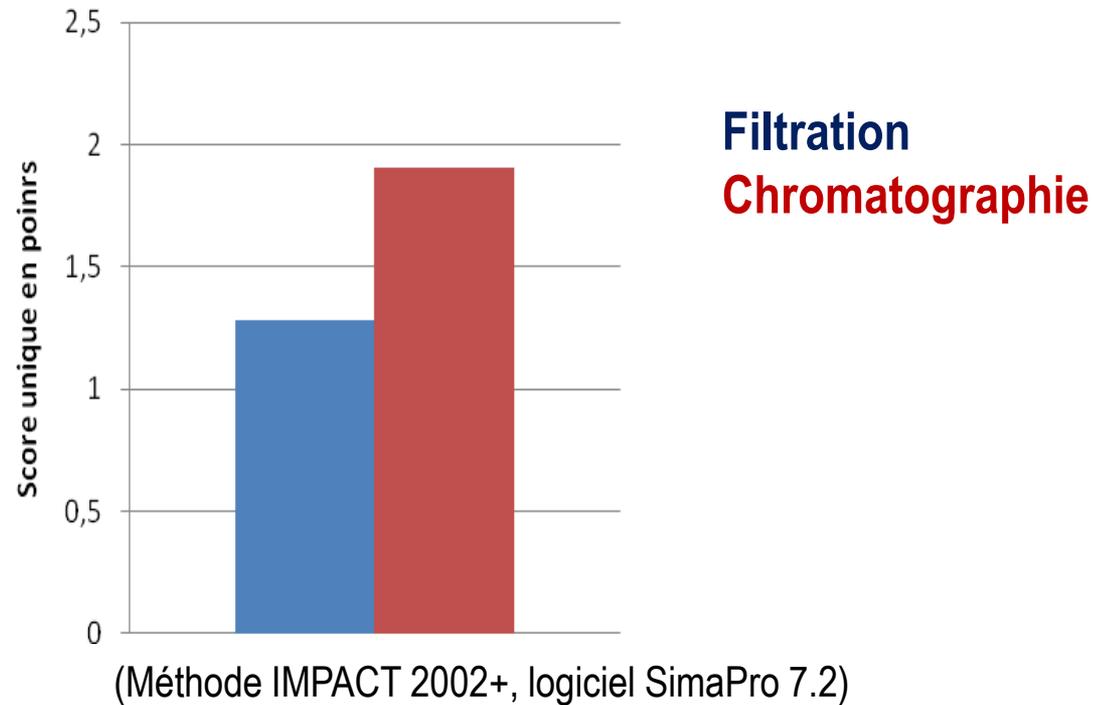
Unité fonctionnelle

- Traitement de 583 000 L de lait produisant 5 co-produits :
 - Crème crue refroidie, rétentat enrichi en micelles de caséines refroidi (=> fromagerie), lactose
 - 2 fractions de protéines : α -lactalbumine et β -lactoglobuline

Règles d'allocation

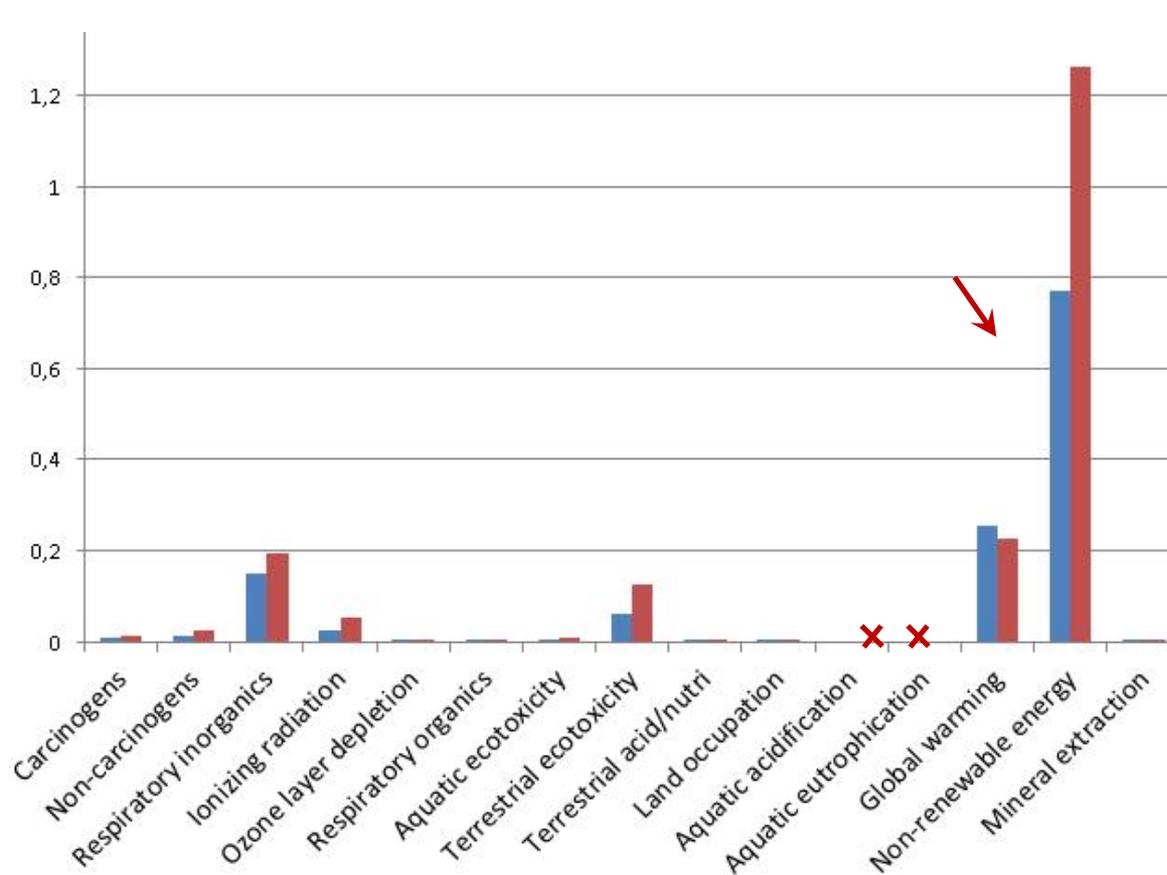
- Evaluation d'un procédé sans règles d'allocation entre ses différents co-produits

ACV des procédés à membrane et chromatographie



Normalisation des impacts environnementaux / charge env. annuelle d'un européen moyen pour ces mêmes catégories d'impact

ACV des procédés à membrane et chromatographie



Filtration

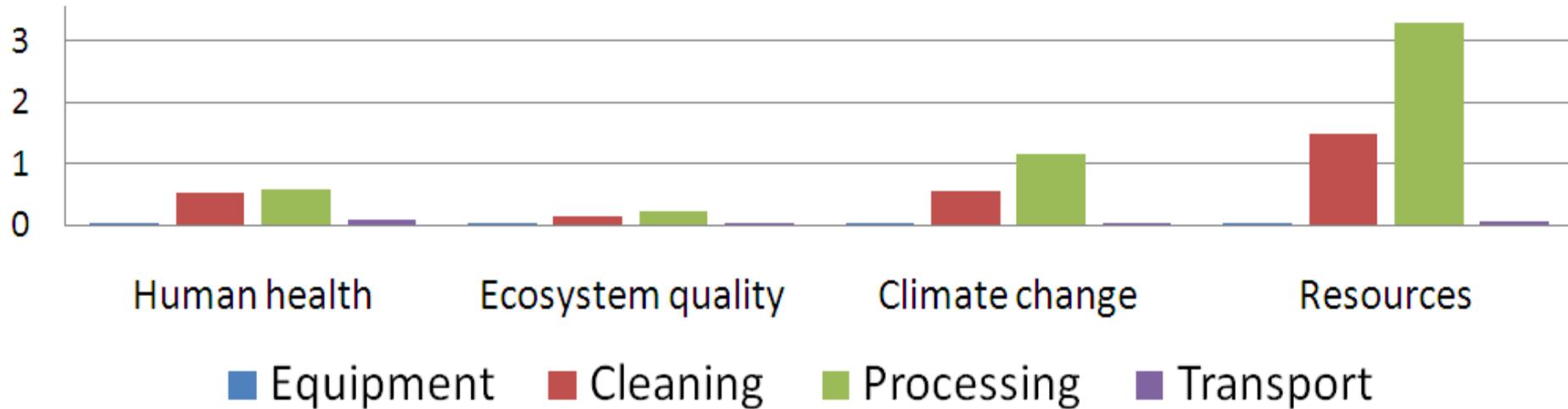
Chromatographie

Impacts des nombreux traitements thermiques, chauffage des solutions de nettoyage, fonctionnement des pompes ...

Chromatographie (Pertes de DCO)

(Méthode IMPACT 2002+, SimaPro 7.2)

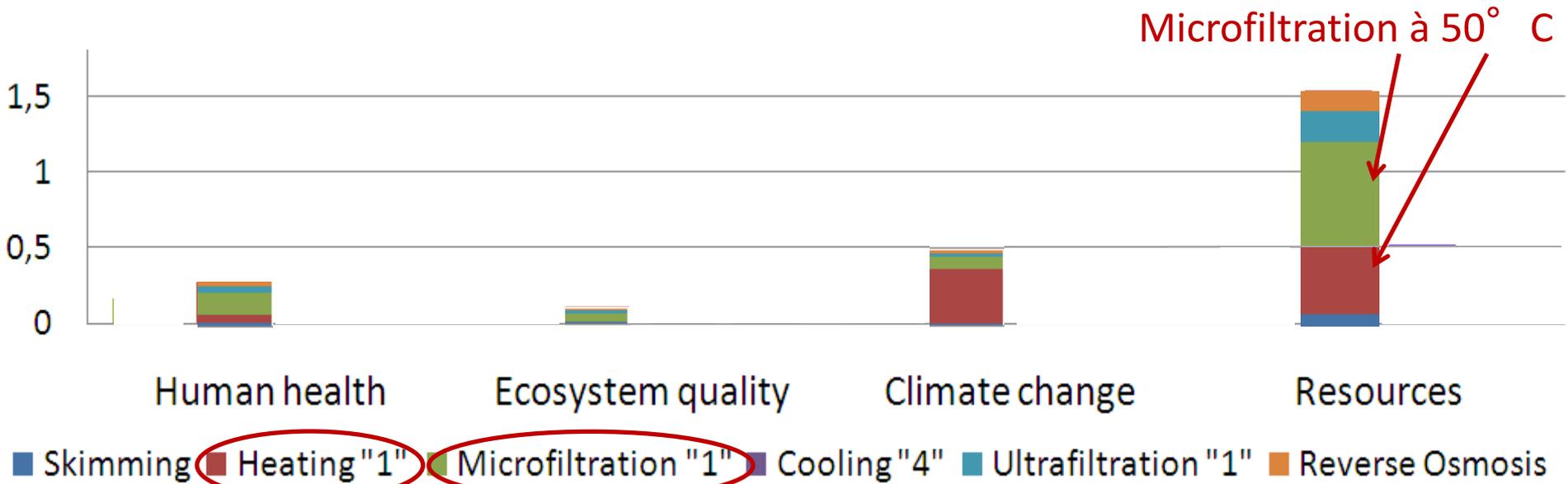
ACV du procédé à membrane (4 sous-systèmes)



Domages normalisés d'après la méthode IMPACT 2002+

→ Epuisement des ressources par les sous-systèmes « transformation » et « nettoyage » : consommation d'énergies non renouvelables

ACV du procédé à membrane (sous-système « transformation »)



Dommmages normalisés d'après la méthode IMPACT 2002+

→ Epuisement des ressources par les opérations unitaires consommatrices d'électricité et/ou de gaz.

Conclusions

Séparations à membranes = techniques adaptées, prometteuses pour le fractionnement des protéines

1- maintien de l'intégrité des protéines

2- « respectueuses » de l'environnement

impact environnemental < celui de la chromatographie

impact largement « améliorable » (filtration à froid, nettoyage des opérations à membranes, ...)

=> Travaux spécifiques dans le domaine des séparations à membranes

- Modes de conduite des séparations (faible consommation énergétique)
 - Production à froid; conditions limitant le colmatage; ...
- Nettoyage/désinfection des installations
 - Choix des détergents adaptés; Diminution du nombre de séquences; Optimisation nettoyage / production; ...

Eco-conception des procédés de transformation en industrie laitière

= réduire consommation énergétique, perte de matière première

Remerciements

aux partenaires du projet  **Ecoprom (2007-2010)**



Merci de votre attention !

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA