



HAL
open science

Eco-conception des procédés agro-alimentaires Approches et nouvelles opportunités

Geneviève Gésan-Guiziou

► To cite this version:

Geneviève Gésan-Guiziou. Eco-conception des procédés agro-alimentaires Approches et nouvelles opportunités. SIA 2023: Une alimentation saine et durable pour tous, Feb 2023, Paris, France. hal-04015696

HAL Id: hal-04015696

<https://hal.inrae.fr/hal-04015696>

Submitted on 6 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



INRAE
au sia
les rencontres

Eco-conception des procédés agro-alimentaires

Approches et nouvelles opportunités

Geneviève Gésan-Guiziou

UMR 1253 Science et Technologie du Lait et de l'œuf INRAE – Institut Agro Rennes

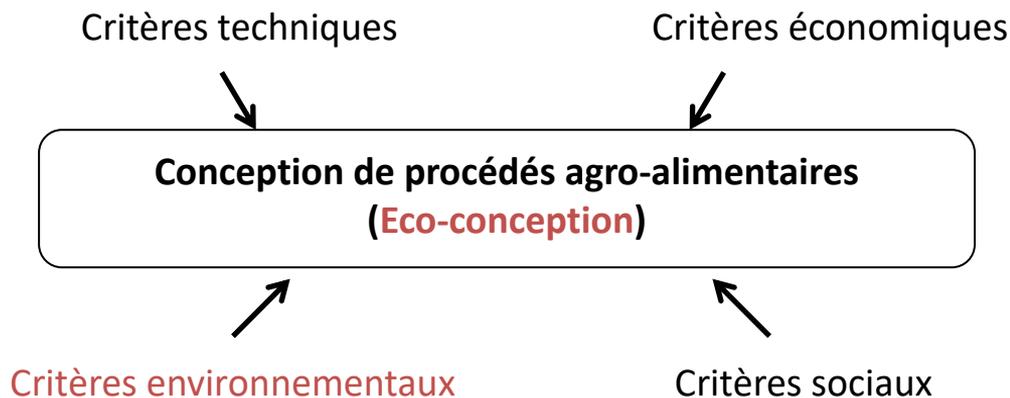
Jeudi 2 Mars 2023 / de 14h à 15h30

INRAE x SIA2023





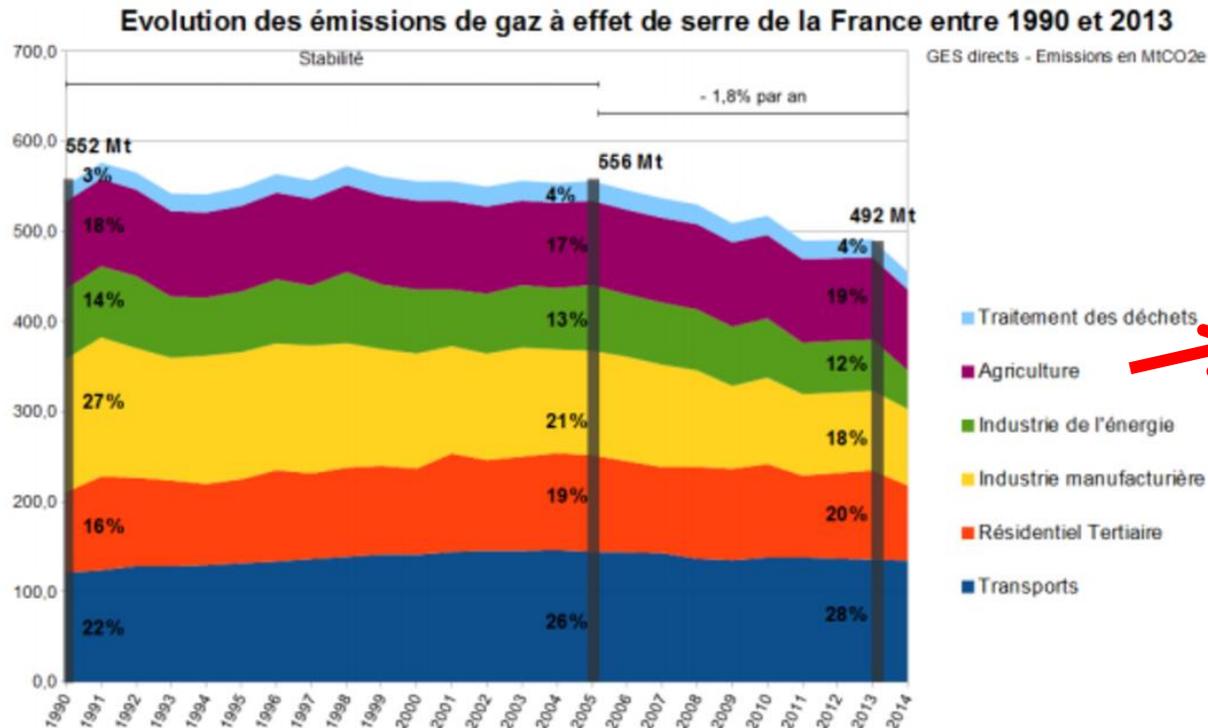
Qu'est ce que l'éco-conception ?



Intégration du paramètre « **environnement** »
dans la conception ou la re-conception d'un procédé



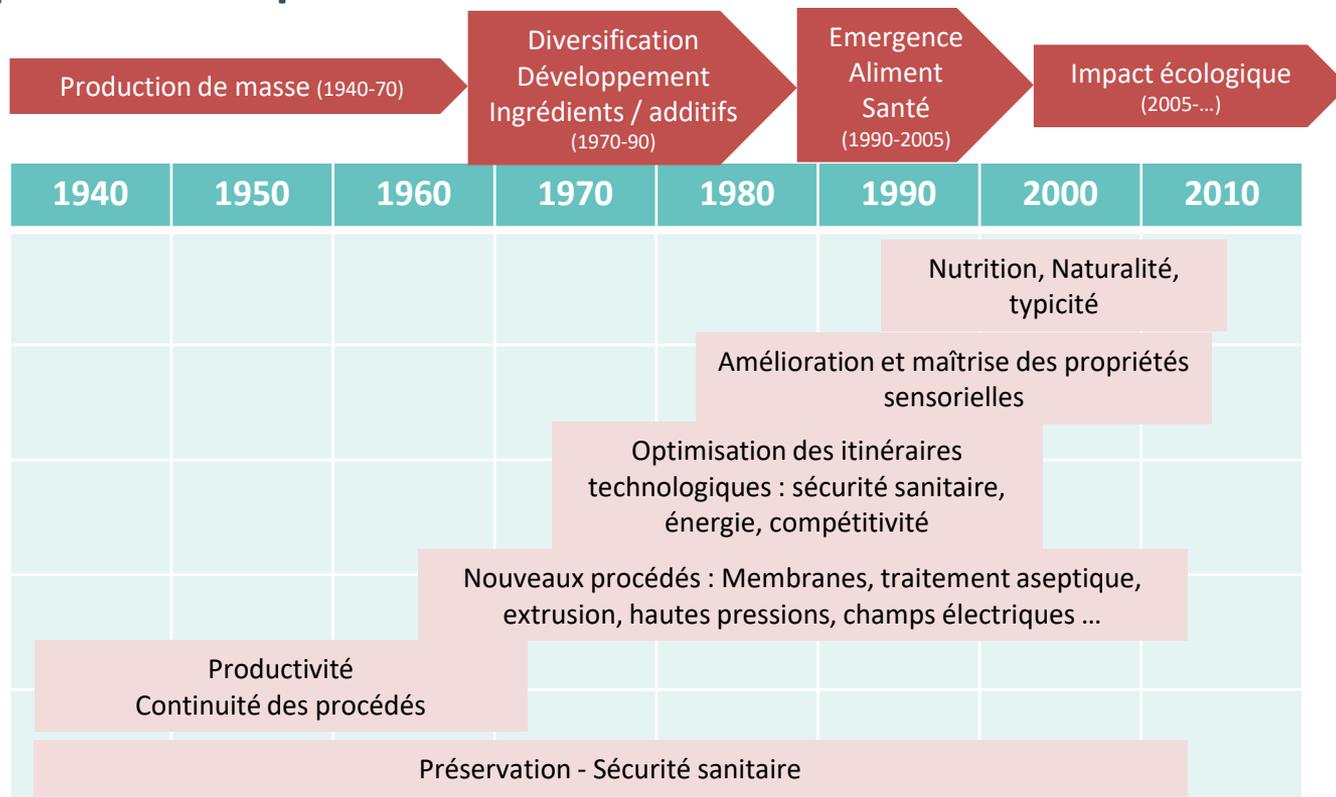
Des efforts particuliers à faire sur les étapes de transformation (COP 21 Paris)



■ Traitement des déchets → -12 % pour les 10 prochaines années et -50% d'ici 2050
■ Agriculture
■ Industrie de l'énergie
■ Industrie manufacturière → -24 % pour les 10 prochaines années et -75 % d'ici 2050
■ Résidentiel Tertiaire
■ Transports

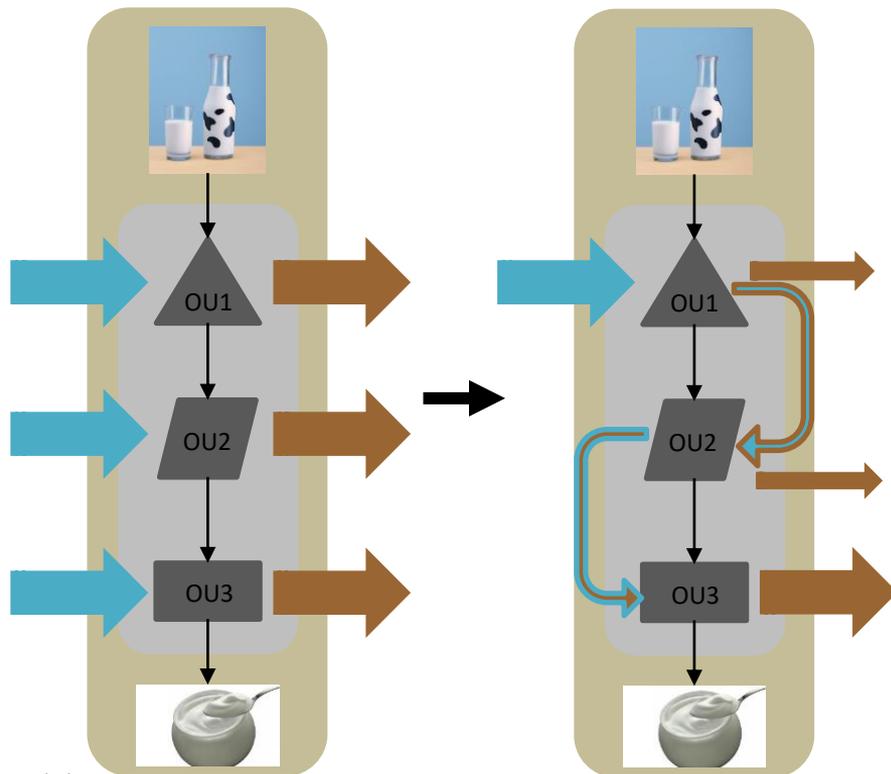


Une prise en compte « récente » des critères environnementaux





Stratégie 1 : Minimisation des ressources & intrants ('bon sens')



OU : Opération unitaire



- Diminution des intrants
 - Changement de technologies
 - Modifications de conditions opératoires
 - Ré-utilisation / redistribution des flux en utilisant des méthodes de conception spécifiques (ex: Pinch)
- Diminution des coûts (driver = économie)



- Actions uniques sur les consommations d'eau et d'énergie
- Non-prise en compte de modifications de caractéristiques des produits
- Pas de recherche d'optimum
- Innovation faible, mais gains (éco-envi) non négligeables



Stratégie 1 : Exemples

- Ventilation des haloirs de fromagerie

EuropeanTruefood (2006-2010); Picque et al., IDJ (2009)

- 1- La ventilation séquentielle préconisée est basée sur le contrôle de la température de la cave
- 2- Économie sur la consommation électrique ~ 50-60 % de la consommation liée à la ventilation (2% de la consommation électrique de l'usine) sans affecter la qualité des fromages affinés

- Gestion des nettoyages de stérilisateur

Industrial project, Alvarez et al. IDJ (2010)

- 1- Le nettoyage-en-place est basé sur l'utilisation rationnelle de capteurs et traceurs et sur le traitement adapté des données recueillies lors du nettoyage d'un stérilisateur de crème dessert
- 2- Les temps de nettoyage et les volumes d'effluents ont été presque divisés par 2, sans altérer l'efficacité du nettoyage



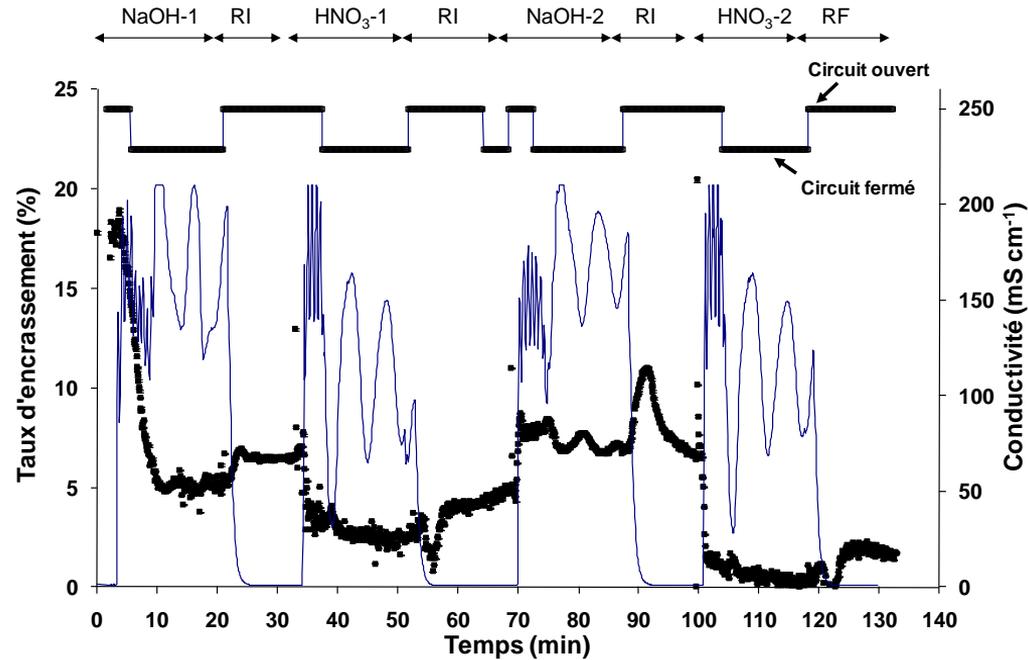
Volume cave ~ 1300 m³
Fromages affinés ~ 20 000





Exemple stérilisateur crème Chocolat

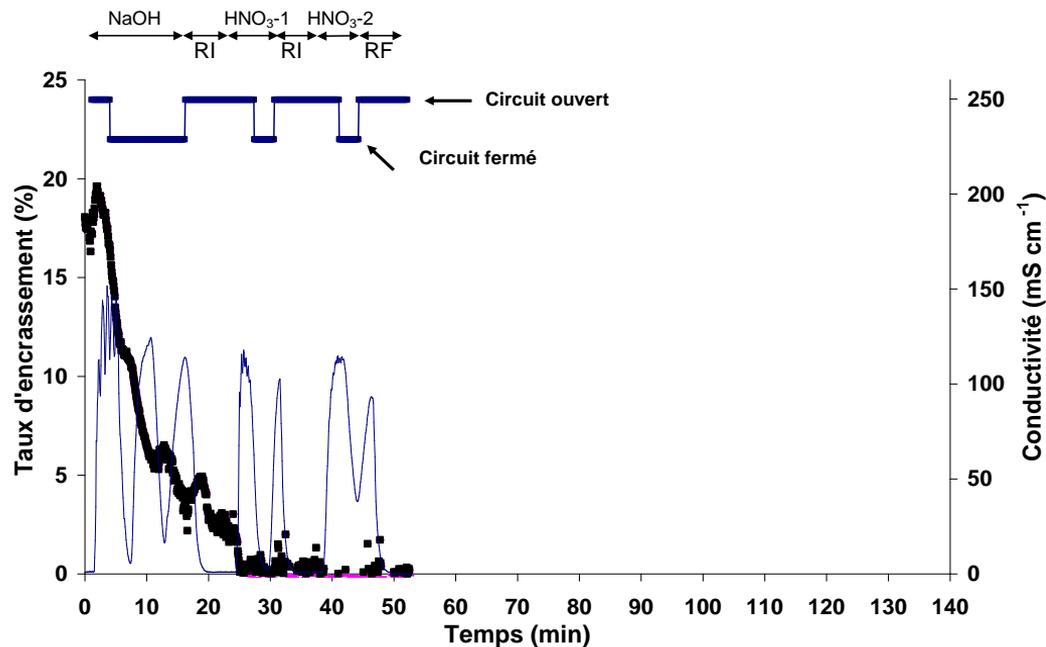
Situation initiale





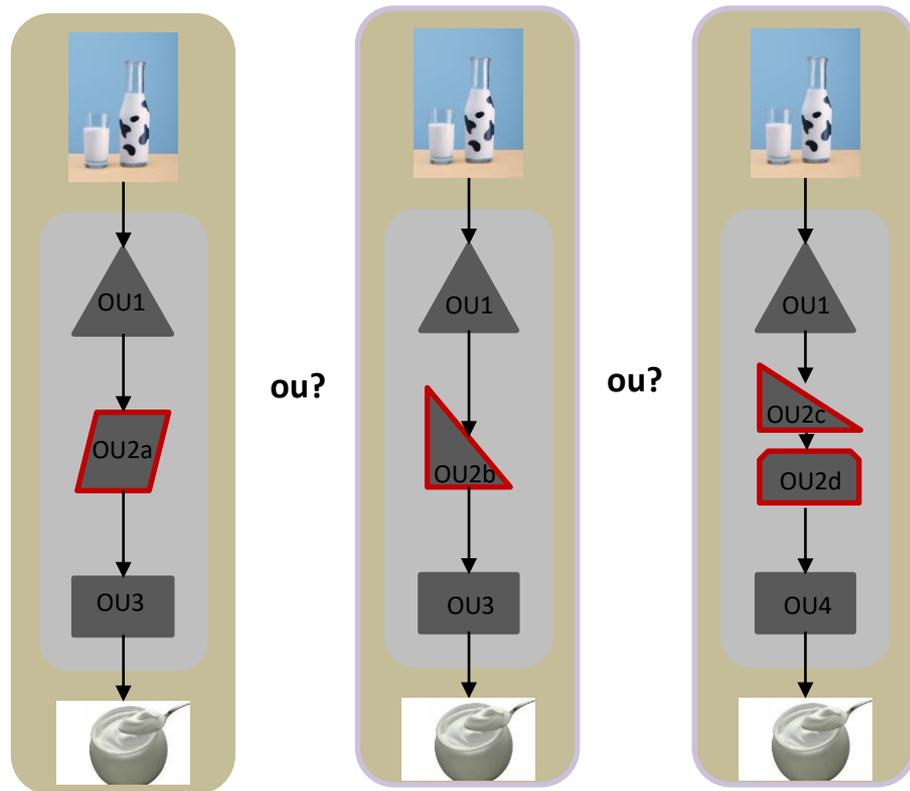
Exemple stérilisateur crème Chocolat

Situation revisitée





Stratégie 2 : Evaluation des procédés par ACV



Analyse de cycle de vie, ACV



- Simple et applicable
- Identifications des opérations les plus « pénalisantes »

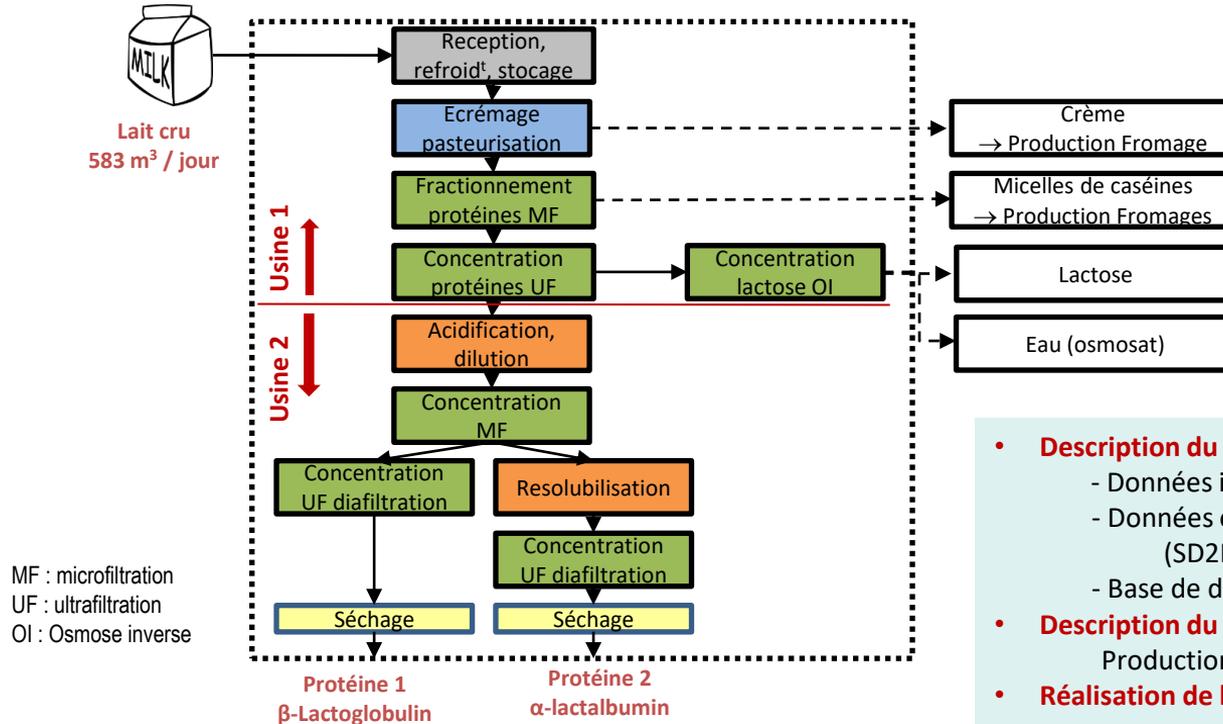


- Complexe quand le produit est affecté (Unité fonctionnelle non constante)
- Pas de proposition de solutions d'améliorations
- Pas de recherche d'optimum

OU : Opération unitaire



Stratégie 2 : Procédé de fractionnement de protéines laitières

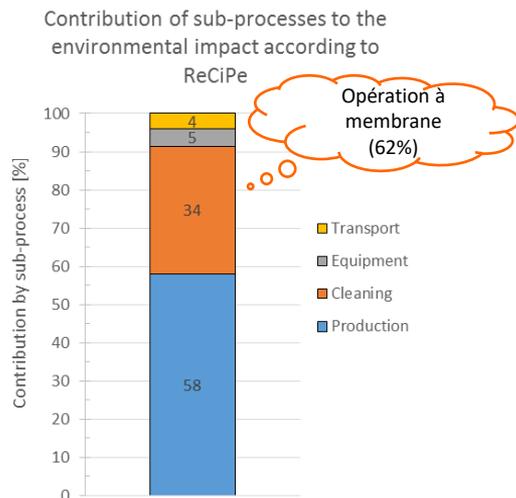


- **Description du procédé → Données**
 - Données industrielles
 - Données expérimentales + logiciel de séchage (SD2P, Schuck et al. 2009)
 - Base de données : Ecoinvent 3.0
- **Description du procédé → 4 Etapes**
Production, nettoyage, équipement, transport
- **Réalisation de l'ACV**: Méthode ReCiPe + SimaPro 8.0



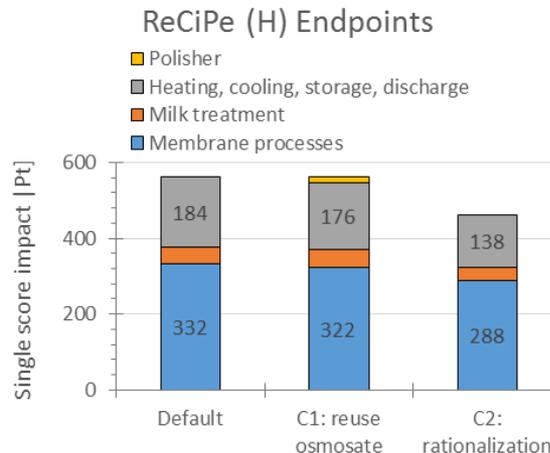
Stratégie 2 : Procédé de fractionnement de protéines laitières

Résultats



Les étapes de production (≈ 60 %) et nettoyage (≈ 30 %) sont les plus « pénalisantes » d'un point de vue environnemental

Comparaison de stratégies de nettoyage

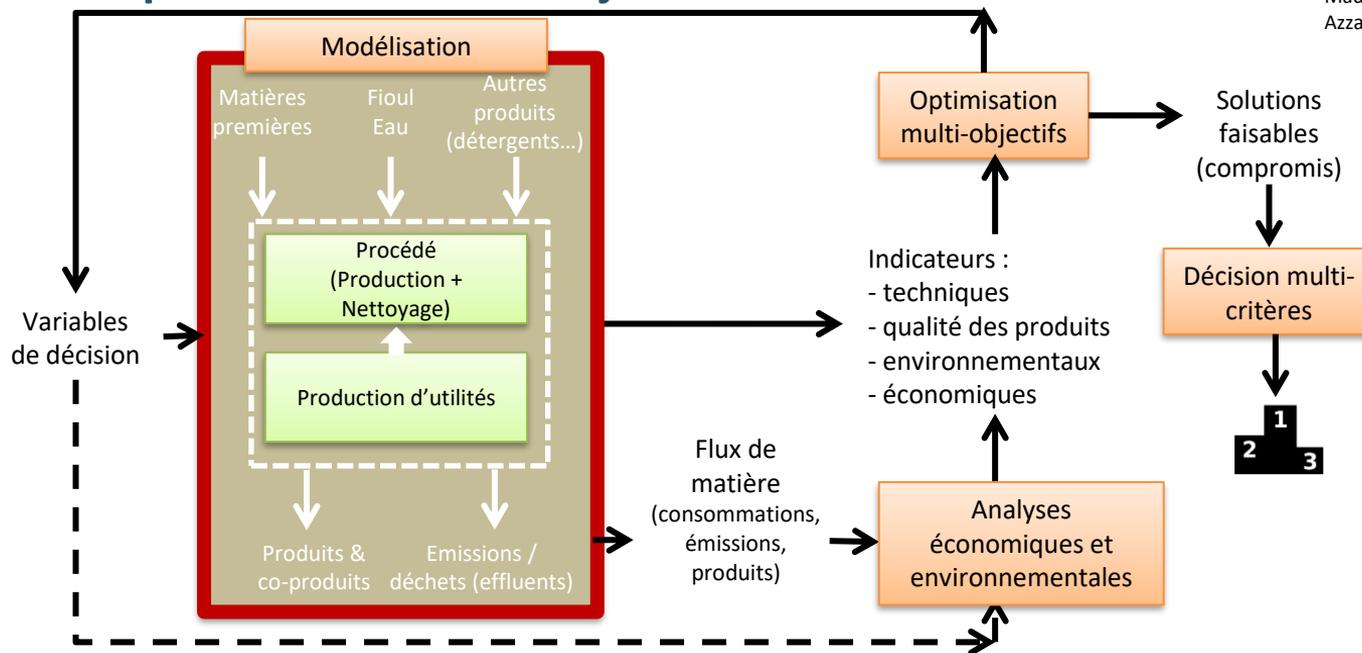


- C1: Ré-utilisation de l'eau à partir du procédé de concentration de lactose
→ réduction de la consommation d'eau
→ Mais besoin d'un « polisher »
- C2: Rationalisation des étapes de nettoyage (moins de renouvellement des solutions de soude, réduction des durées de nettoyage, ...)
→ réduction des consommations d'eau, d'énergie et produits chimiques



Stratégie 3 : Optimisation multi-objectifs

Madoumier et al., FBP, 2020
Azzaro-Pantel et al. FBP, 2022



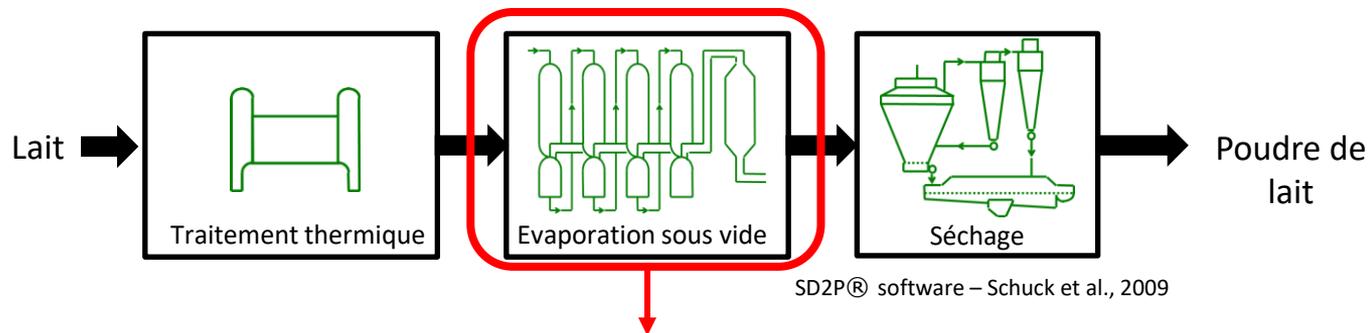
Optimisation simultanée d'objectifs
contradictoires



Manque de modèles phénoménologiques des procédés
→ Adaptation des simulateurs de procédés
→ Intégration de connaissances experts
→ analyse statistique



Stratégie 3 : Evaporation de lait / simulateur



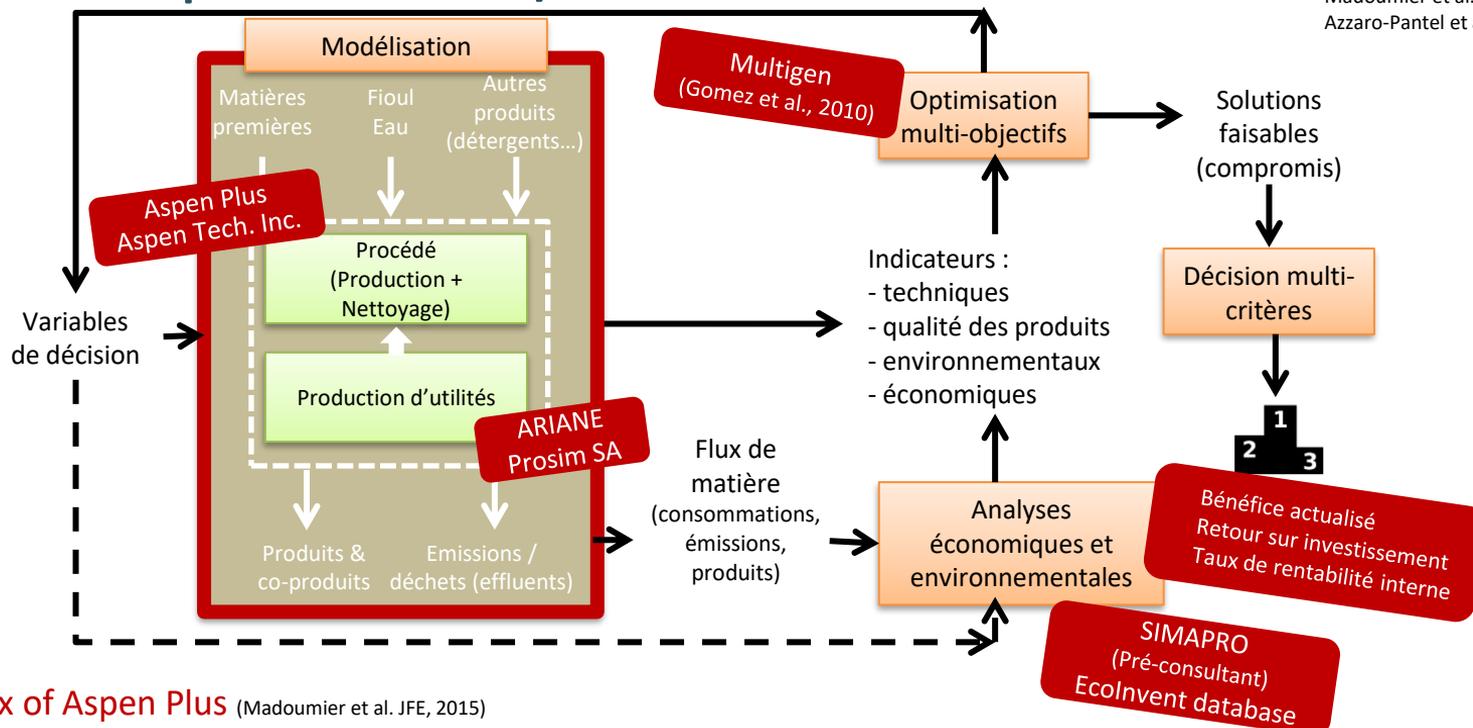
- ❑ > 50% de la consommation énergétique du procédé de concentration / séchage du lait (Jebson, 1991)
- ❑ Plusieurs options de conception de l'évaporateur : nombre d'effets, turbine de production de vapeur, ...
- ❑ Aucune approche holistique de conception d'un évaporateur

- **Utilisation d'un simulateur de procédé « adapté » pour**
 - Concevoir l'évaporateur (nombre d'effets)
 - Choisir la source d'énergie primaire nécessaire pour la production de vapeur



Stratégie 3 : Evaporation de lait / simulateur

Madoumier et al., FBP, 2020
Azzaro-Pantel et al. FBP, 2022



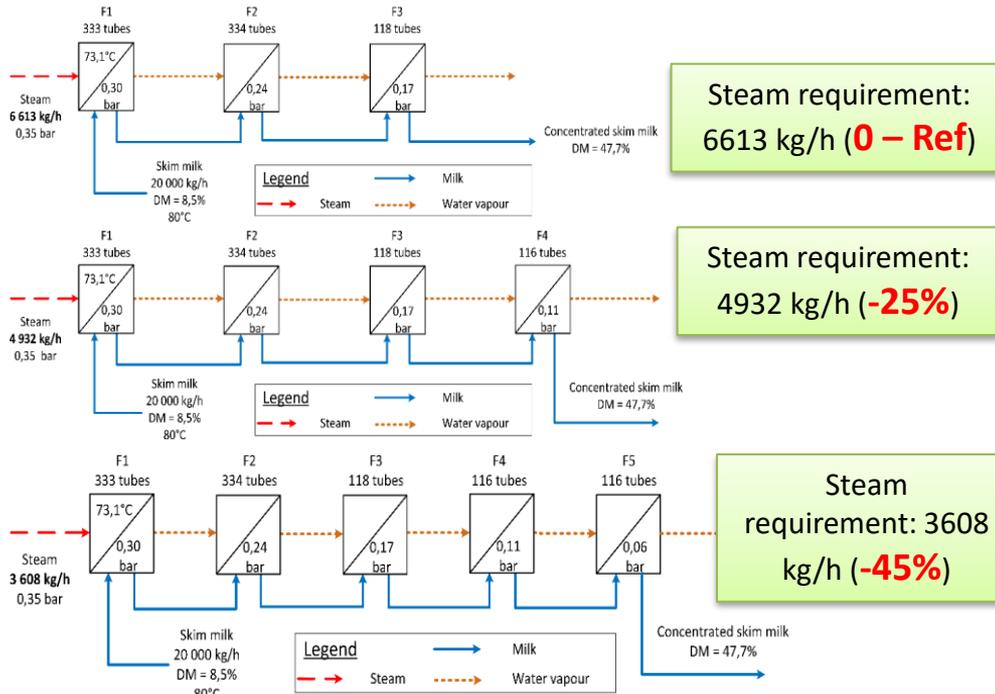
Choix of Aspen Plus (Madoumier et al. JFE, 2015)

- Couplage facile avec des algorithmes d'optimisation
- Intégration possible de données/corrélations/ modèles dans le software par les utilisateurs



Stratégie 3 : Evaporation de lait / simulateur

Résultats : nombre d'effets



Paramètres du procédé
Evaporateur film tombant
20 t/h of de lait écrémé 50 % Extrait Sec du concentré
Séquences de NEP constantes
Energie primaire d'énergie = gaz
Variables dans la conception
Nombre d'effets([3 ; 4 ; 5])

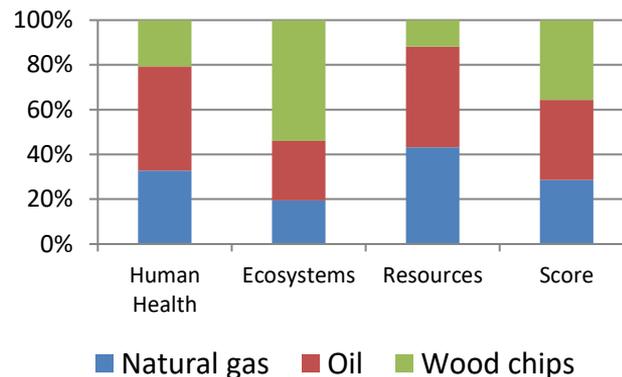


Stratégie 3 : Evaporation de lait / simulateur

Résultats : choix de la source d'énergie primaire

Indicateurs environnementaux

ReCiPe



Indicateurs économiques

	Bénéfice Actualisé (+) (M€)	Retour sur investissement (-) (an)	Taux de rentabilité interne (+) (%)
Gaz naturel (reference)	8,26	3,6	47
Fioul	9,34 (+13%)	3,4 (-7%)	51 (+9%)
Plaquettes de bois	9,54 (+16%)	4,0 (+9%)	42 (-10%)



Stratégie 3 : Evaporation de lait / simulateur

Résultats : choix de la source d'énergie primaire

Analyse multi-critères (M-TOPSIS)

	Combustible		
	Gaz naturel	Fioul	Plaquettes de bois
Bénéfice actualisé, Score unique ReCiPe	1	3	2
3 indicateurs économiques, 3 scores ReCiPe	2	3	1



Conclusions

Eco-conception de procédés alimentaires
Émergence < 20 ans

3 approches

1/ Minimisation des ressources / intrants

2/ Evaluation des procédés par ACV

3/ Optimisation multi-objectifs



Vision holistique combinant modélisation, simulation et optimisation

Développer une approche systémique basée sur le couplage entre

- des outils de modélisation des procédés,
- les logiciels d'évaluation environnementale (ex ACV) et économique,
- des méthodes d'optimisation multi-objectif et d'aide à la décision

➤ Merci pour votre attention



INRAE x SIA2023

