

CAUSERIE FROMAGÈRE

13 décembre 2022

De 14h00 à 15h30

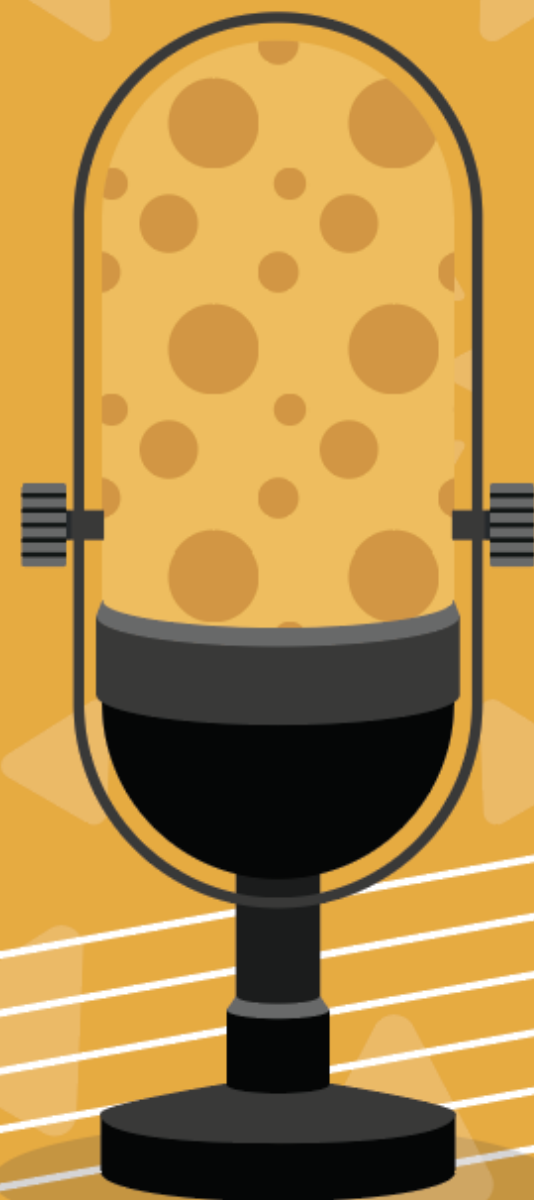
Mettre en œuvre l'éco-efficience dans l'industrie laitière

Par Catherine Houssard , Analyste au CIRAIG -UQÀM / Polytechnique Mtl

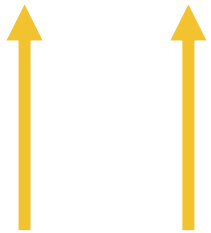
CIRAIG

Centre international de référence sur l'analyse
du cycle de vie et la transition durable

CEFRQ



CONSIGNE



Laissez votre micro fermé lors de la diffusion
Vous pouvez laisser votre caméra ouverte



Posez vos questions ici



Levez votre main ici

Le CIRAIG

Centre international de référence sur l'analyse du cycle de vie et la transition durable

Centre d'expertise et de recherche

Formation

Recherche

Transfert
multidisciplinaire

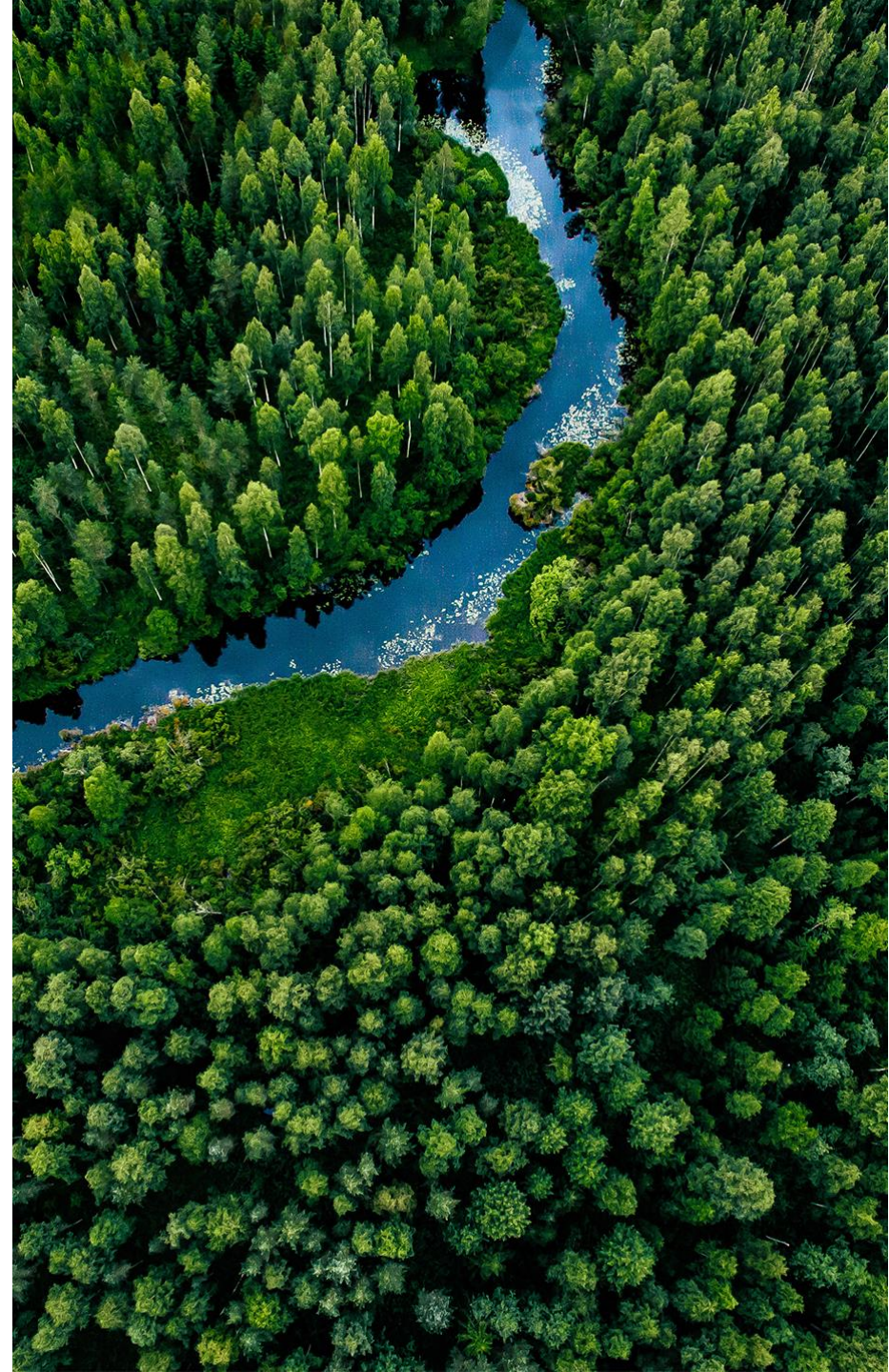
Communication

affilié à 4 universités



UQÀM EPFL Hes-so

CIRAIG



Leader de la gestion du cycle de vie depuis 2001



Élaborer et mettre en œuvre les métriques pour la transition durable

Réputation et crédibilité

- 500+ projets de recherche
- \$10M+ contrats industriels
- 150+ clients et collaborateurs
- 200+ publications scientifiques
- 500+ articles scientifiques
- Collaboration internationales UN, ISO, WBCSD, WEF, etc.
- Reconnu pour sa recherche fondamentale et appliquée

Recherche de pointe et multi-disciplinarité

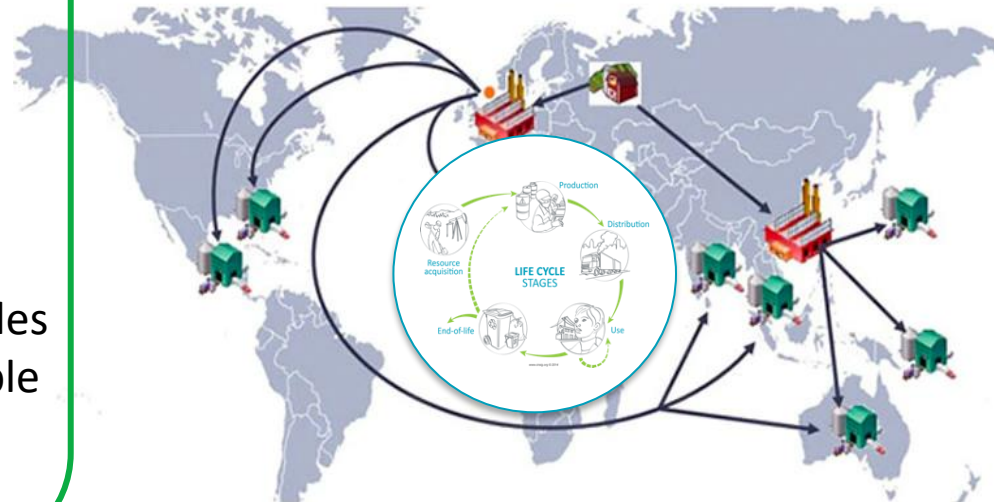
- Recherche de pointe en ACV
- 60+ collaborations internationales
- 30+ secteurs d'activités
- 10+ Postdocs
- 90+ PhDs
- 80+ M.Sc.

Une expertise de pointe pour informer la prise de décision

PÔLES D'EXPERTISE

- Énergie
- Carboneutralité
- Économie Circulaire
- Agri-Agro
- Outils
- Infrastructures durables
- Consommation durable
- Social

- Efficacité opérationnelle
- Positionnement stratégique
- Gestion risques et résilience



MESURER

- ✓ Analyse environnementale du cycle de vie
- ✓ Analyse sociale du cycle de vie
- ✓ Analyse du coût du cycle de vie
- ✓ Éco-efficience
- ✓ Bilan GES d'entreprises
- ✓ Empreintes carbone et eau

SUPPORTER LA DÉCISION

- ✓ Outils de support à la RSE
- ✓ Stratégies d'économie circulaire
- ✓ Éco-conception et production durable
- ✓ Approvisionnement responsable
- ✓ Communication responsable
- ✓ Politiques publiques

Des partenariats solides pour accélérer la transition



Agenda

Mettre en œuvre l'éco-efficacité dans l'industrie laitière

1

L'éco-efficacité un outil incontournable
Contexte, concept et méthodologie

Période de questions

2

De la théorie à la pratique
Application dans l'industrie laitière

Période de questions

3

Perspectives d'avenir
Vers une évaluation plus systémique du système laitier

Période de questions

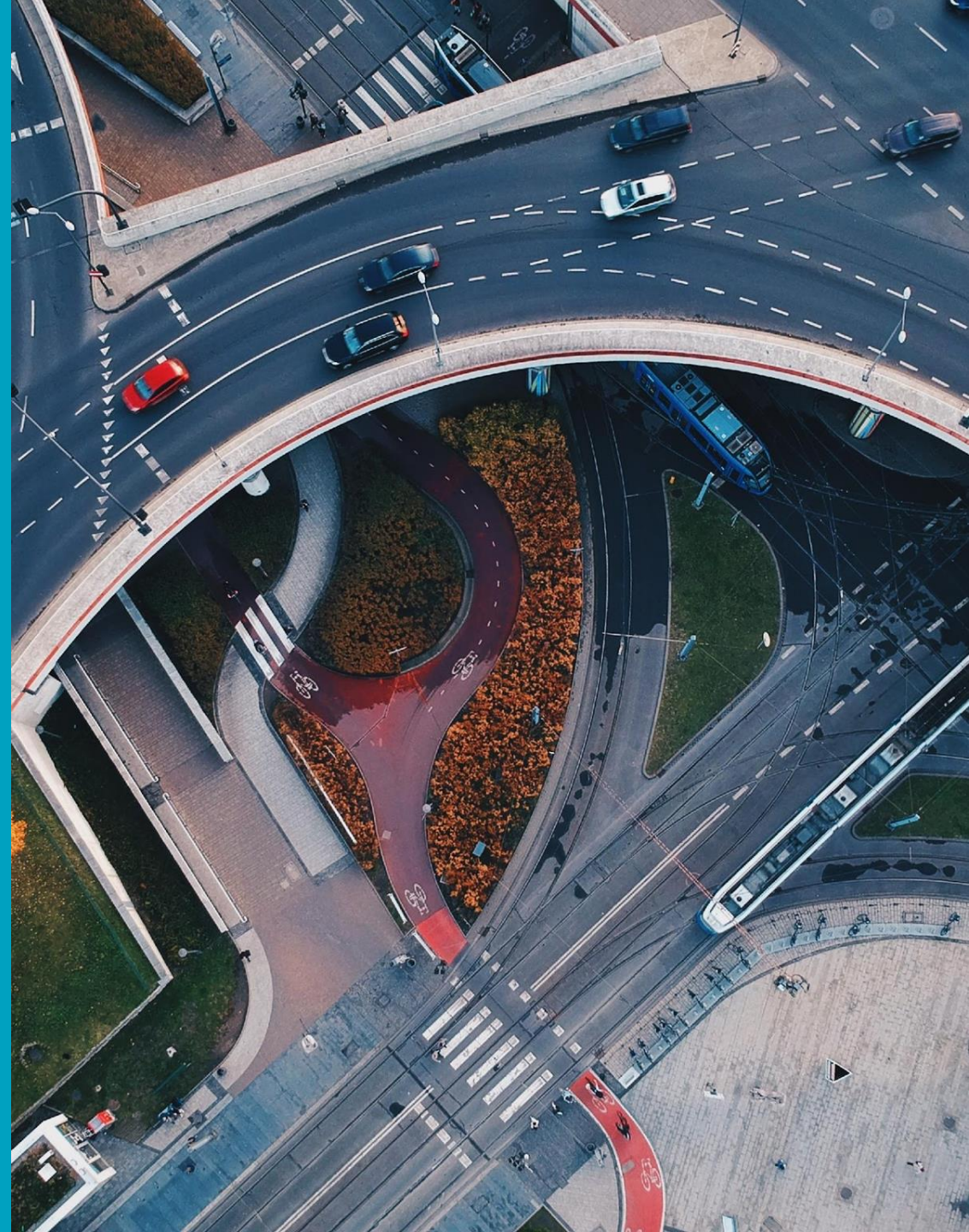




L'éco-efficiency, un outil incontournable

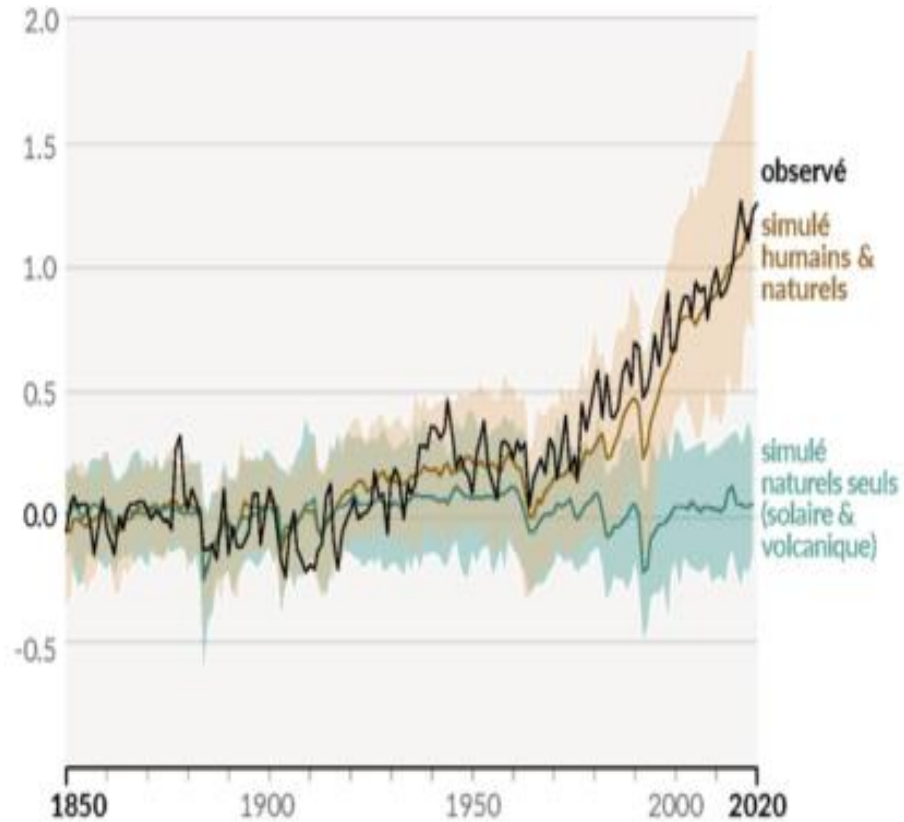
Contexte, concept et méthodologie

CIRAIG



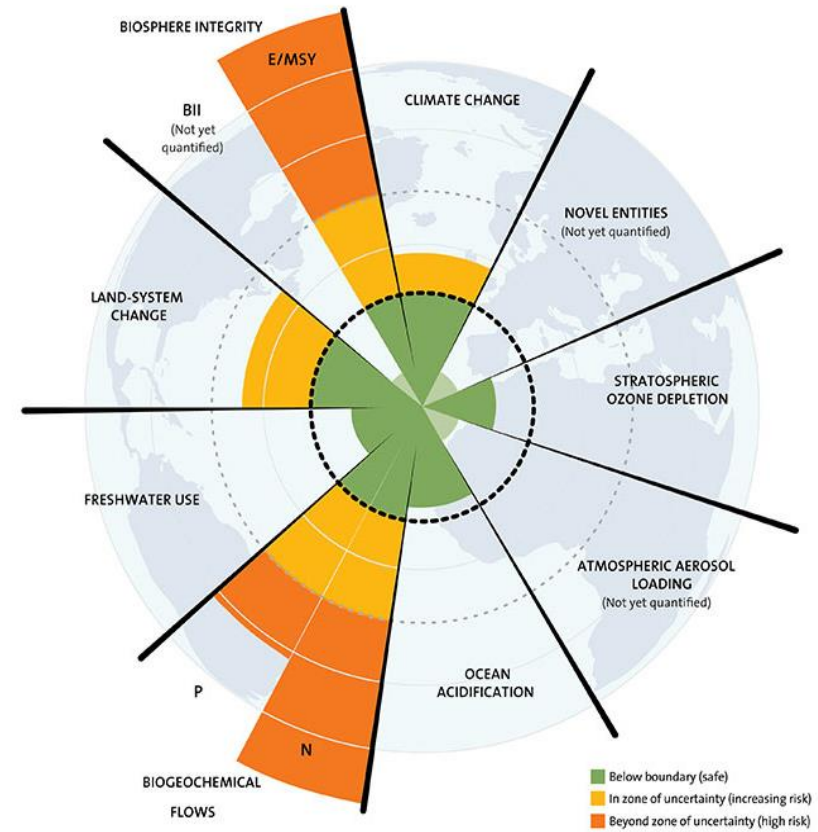
Crise climatique, crise de la biodiversité, crise...

Le réchauffement climatique s'accélère



Source: GIEC, 2022

Dépassement de plusieurs limites planétaires



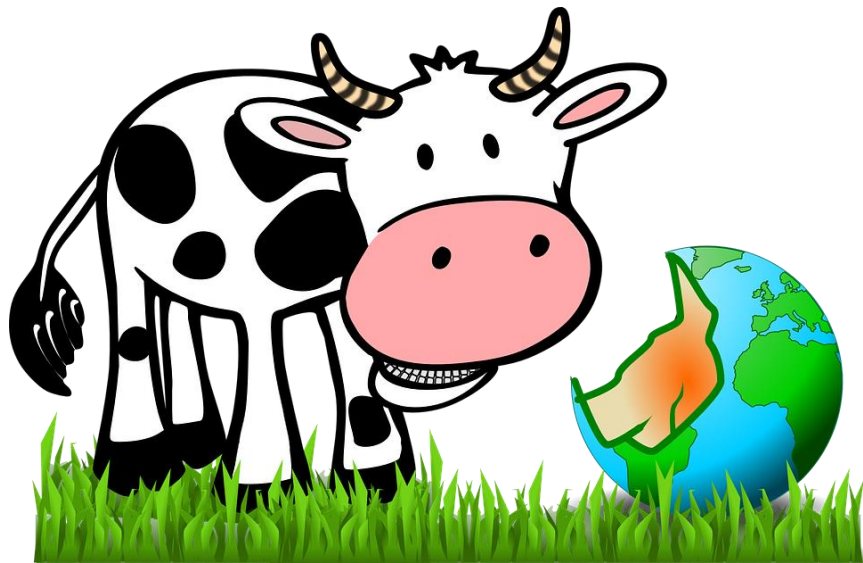
Source: Steffen et al. 2015

Les industries laitière et de la viande montrées du doigt !

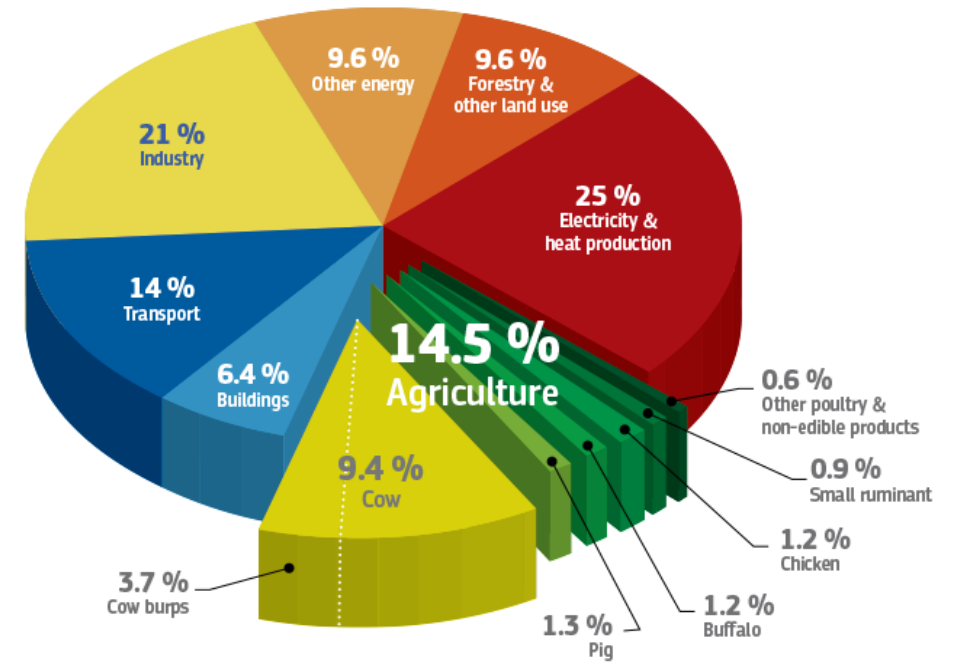


14.5 %
des émissions
mondiales de GES

(FAO, 2013)



Greenhouse gas emissions by economic sector



(Commission Européenne, 2022)

Ça chauffe dans la marmite !

Consommateurs

Forte demande pour des produits laitiers durables

Économie

- Accords de libres échanges
 - Inflation
- Manque de main d'oeuvre



Investisseurs

Critères ESG
Fonds ESG 4x plus performants

Réglementation

- Pour l'instant peu contraignante au Canada
- Mais exemples : Californie, Pays-Bas...

Faire partie de la solution plutôt que du problème



- Réduire les émissions de GES
- Éviter d'émettre des GES
- Séquestrer du carbone



Autres engagements

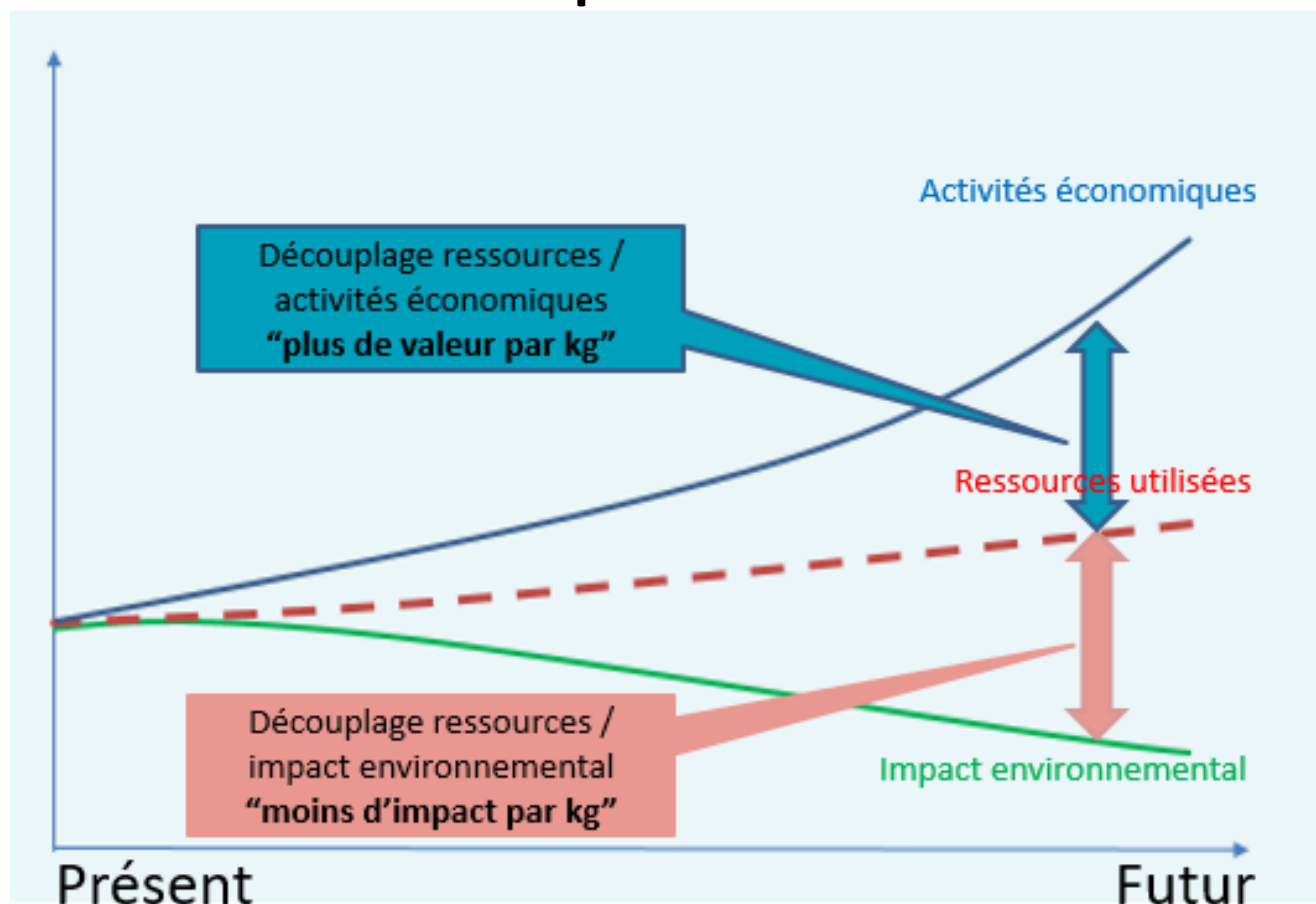
- Eau
- Santé des sols
- Biodiversité

Pour réduire les émissions de GES il faudra inclure toute la chaîne de valeur

Le concept d'éco-efficience pour mettre en œuvre des solutions dans l'industrie



“Produire plus avec moins”



(WBCSD, 2000)

La mesure d'éco-efficience à ses origines

$$EE = \frac{\text{INDICATEUR DE VALEUR}}{\text{INDICATEUR ENVIRONNEMENTAL}}$$



Valeur : coût, bénéfice, ...
(\$)



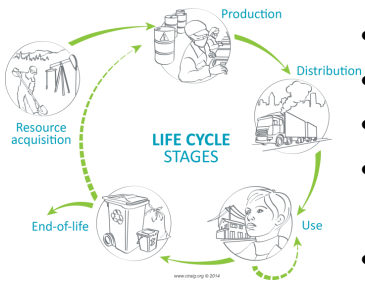
Impact environmental:
énergie (kWh), eau (l),
GES (kg CO₂-eq), ...

mais plus que de simples ratios...

Différentes déclinaisons possibles de la mesure d'éco-efficience

Indicateurs environnementaux (IE)

Basés sur ISO 14 040 & 14 044



- Changement climatique
- Empreinte eau
- Qualité des écosystèmes
- Épuisement des ressources
- etc...

Indicateurs de valeur (V)

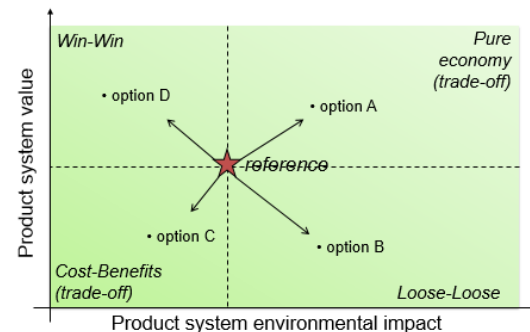
- Productivité
- Coût du cycle de vie
- Valeur monétaire
- Valeur fonctionnelle

Score d'éco-efficience

➤ Ratios

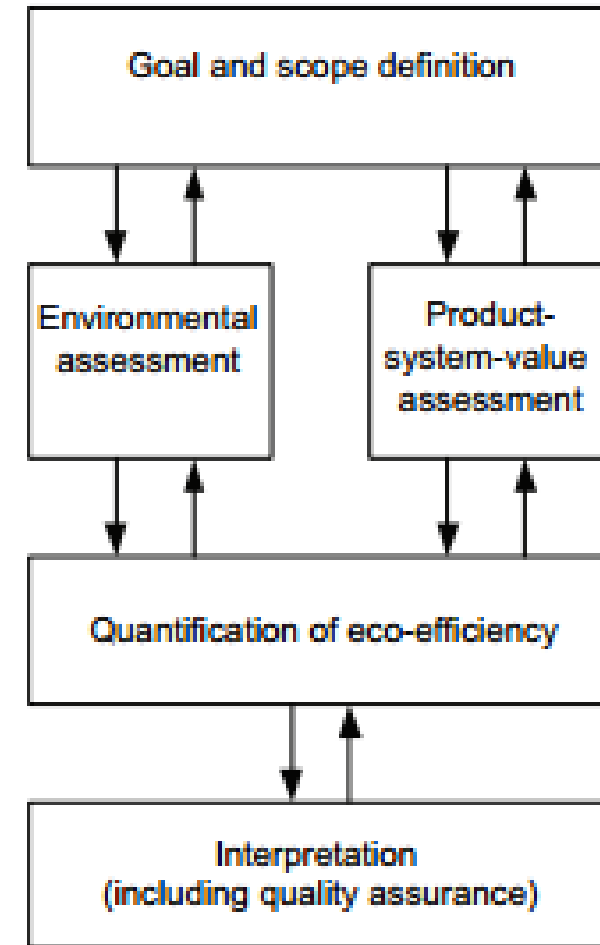
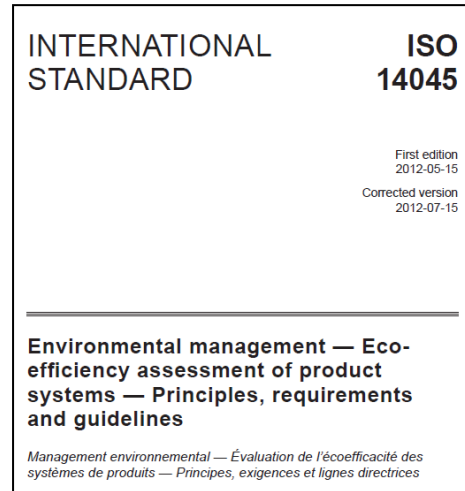
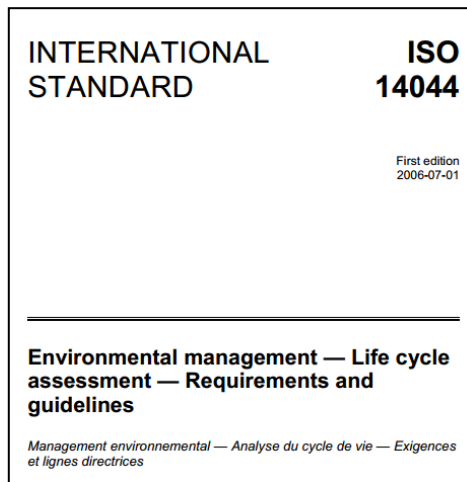
- $EE = \text{VALEUR (V)} / \text{IMPACT ENV. (IE)}$
- $EE = \text{IMPACT ENV. (IE)} / \text{VALEUR (V)}$
- $EE = \text{COUT (V)} / \text{IMPACT ENV. (IE)}$
- $X \text{ FACTOR} = EE_a / Ee_b$
- $EE = \alpha EI + \beta V$

➤ Profil d'éco-efficience



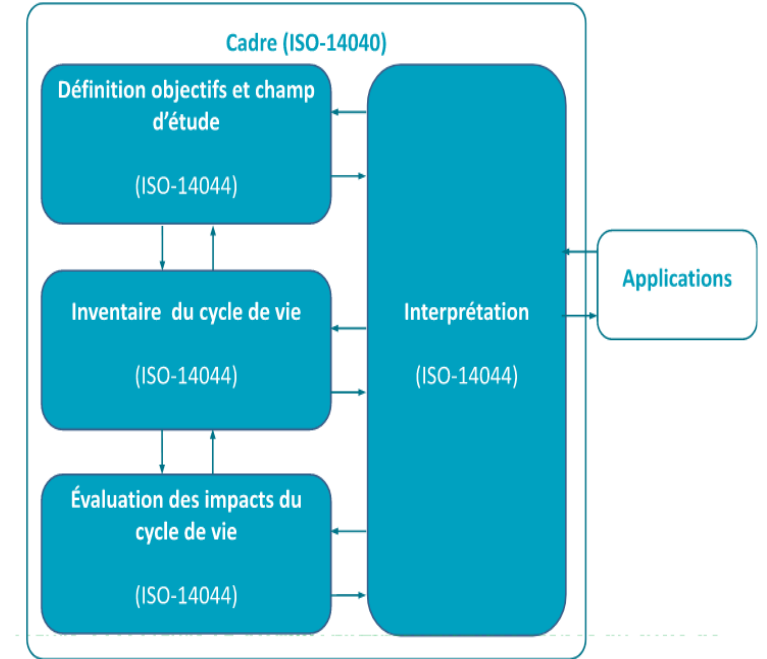
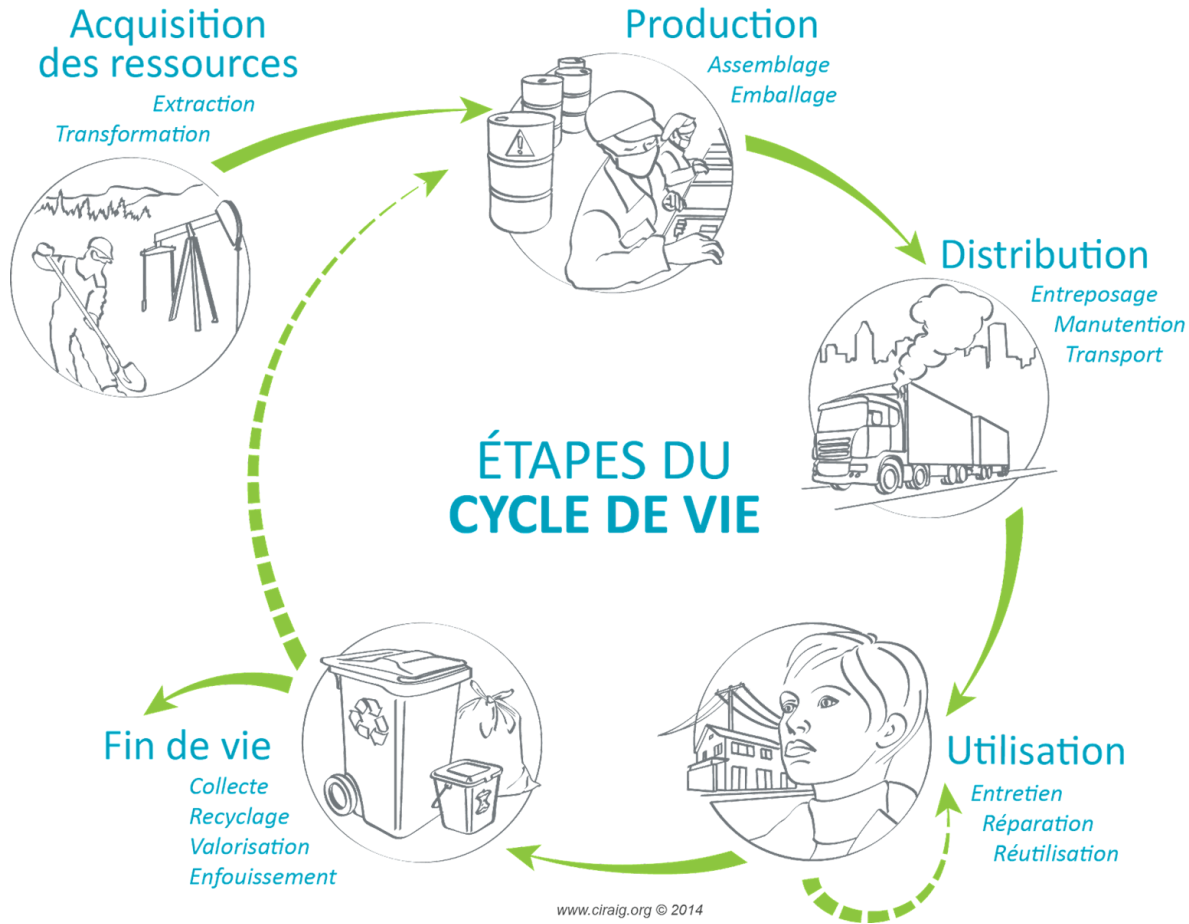
*permet
d'évaluer les
compromis
pour la prise
de décision*

Une méthode normalisée : ISO 14 045



ISO (2012)

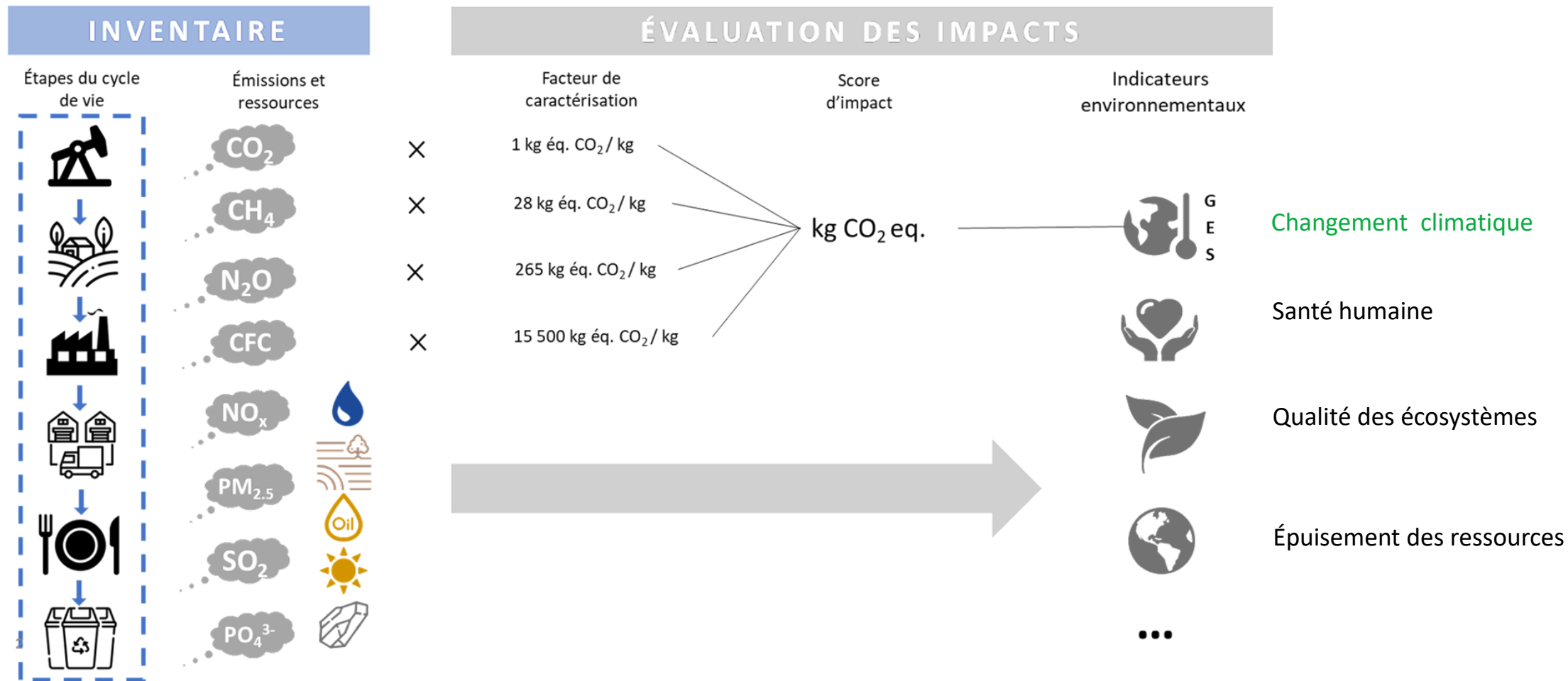
L'approche cycle de vie



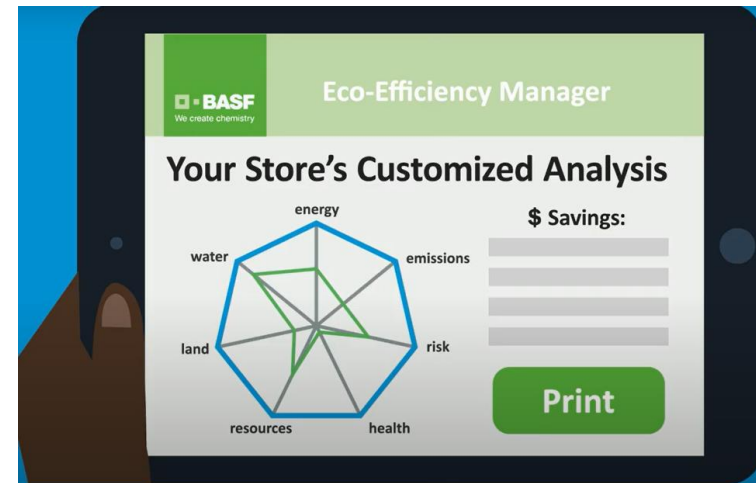
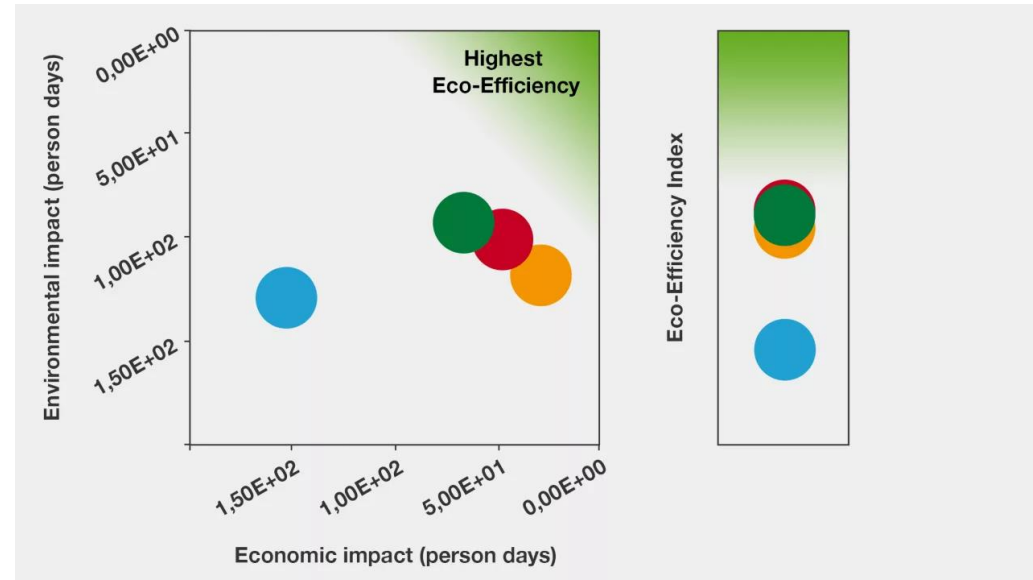
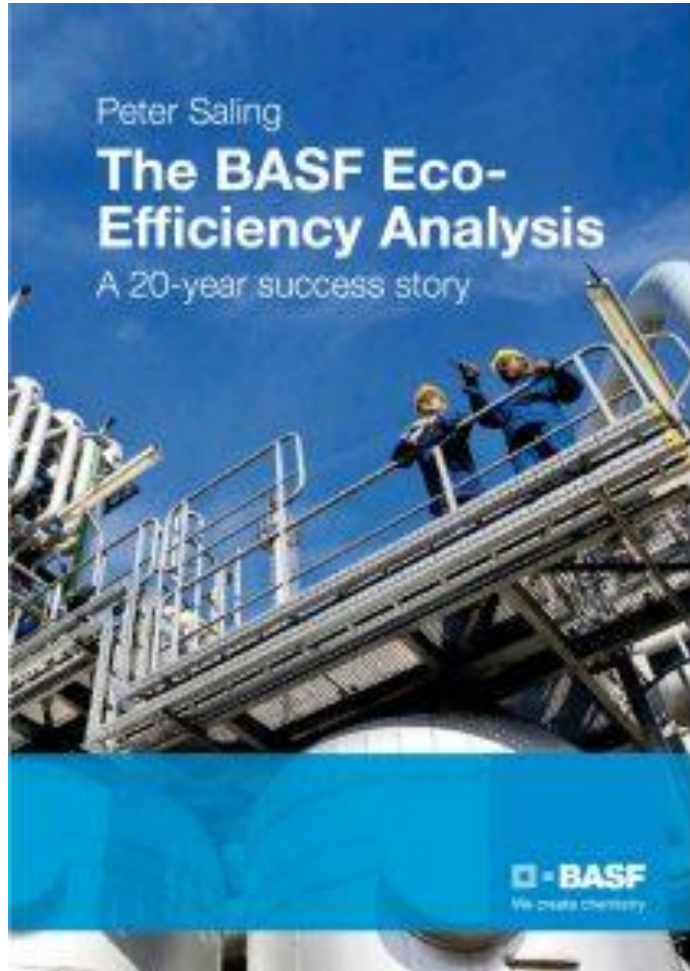
ISO (2006)

Une méthode scientifique robuste pour éviter les déplacements d'impact

Exemple pour l'évaluation d'impact sur les changements climatiques



D'un principe de gestion à un outil de mesure de performance pour l'entreprise et pour leurs clients !



Messages clés

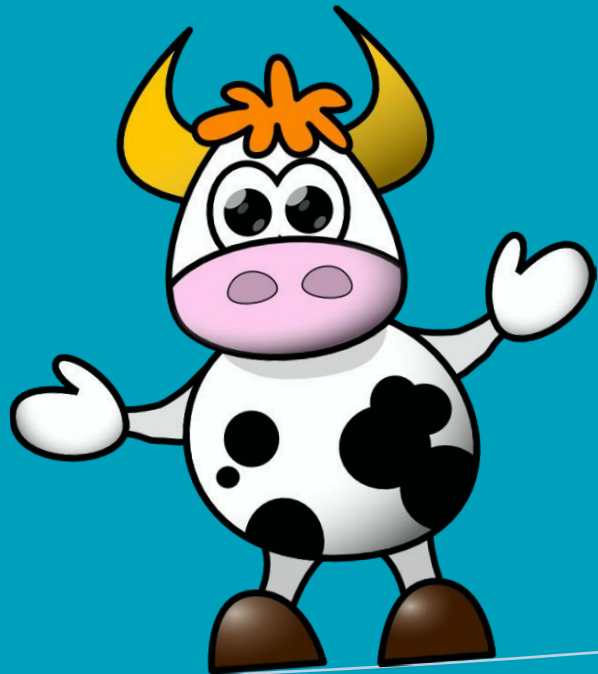
L'éco-efficiency, un outil incontournable



- La **réduction des émissions de GES** dans l'industrie laitière pour participer à l'atteinte des cibles de carboneutralité à l'horizon 2050 **n'est pas une option**
- Les **producteurs laitiers** ont un potentiel de réduction intéressants mais les **transformateurs** également
- Les industriels laitiers ont besoin d'outils pour **mesurer et mettre en œuvre des solutions intégrées au cœur des opérations**
- L'éco-efficiency est un **outil de mesure et d'aide à la décision formidable** pour y arriver :
 - **Approche cycle de vie** : pour éviter les déplacements d'impacts
 - **Arrimage des coûts et des impacts environnementaux** avec la perspective cycle de vie

L'éco-efficiency : un moyen d'évaluer les meilleurs compromis pour maximiser la création de valeur durable

QUESTIONS?





De la théorie à la pratique

Applications dans l'industrie laitière

CIRAIG



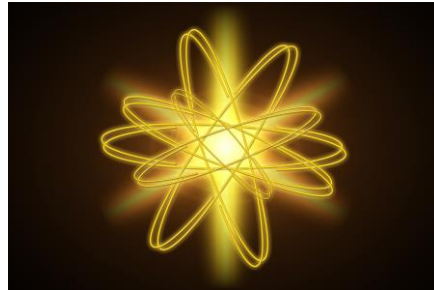
Crédit photo : MAPAQ

Les principaux enjeux environnementaux des transformateurs laitiers : la gestion des flux de matière et d'énergie



La matière première

- Le lait
- Les ingrédients laitiers



L'énergie

- Procédés thermiques
- Procédés baromembranaires
- Réfrigération
- Transport



L'eau

- Consommation
- Eaux usées
- Eaux blanches



Les sous-produits

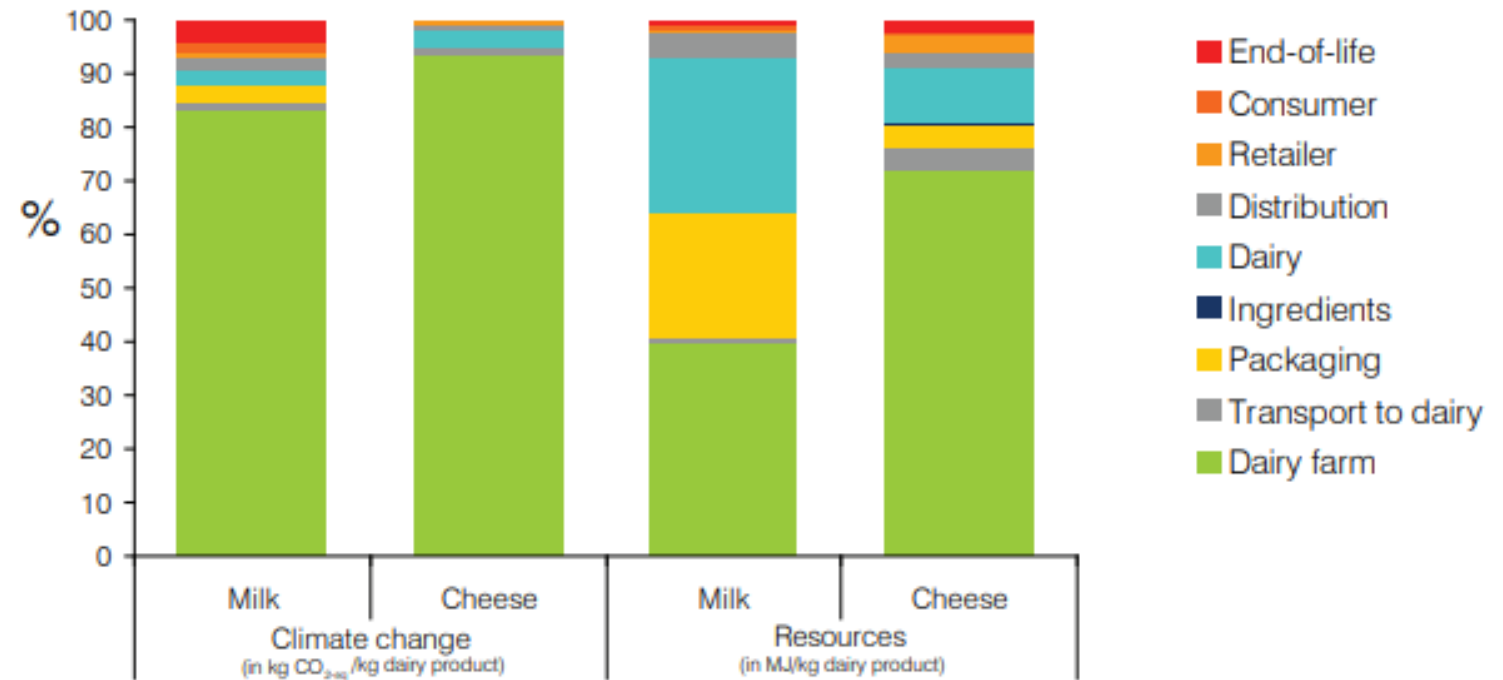
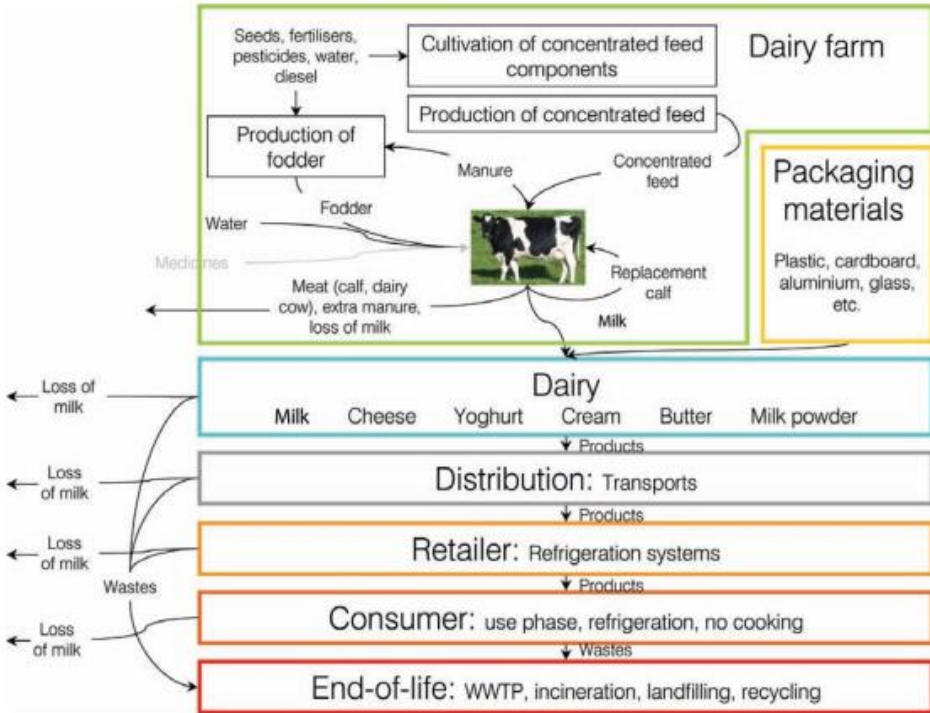
- Lactosérum
- Perméat de lactosérum
- Babeurre
- Liqueur mère de lactose
- ...

*Bien gérer les flux pour allier performance environnementale et économique
Plusieurs champs d'action pour mettre en œuvre l'éco-efficiency*

Contribution des différentes étapes du cycle de vie aux impacts sur les changements climatiques et les ressources



Exemple d'analyse du cycle de vie pour la production d'1 kg de lait de consommation et 1 kg de fromage



Source : IDF (2006)

L'impact environnemental des produits laitiers est corrélée à l'intrant lait

par kg de produit fini		Intrant de lait	1 kg	≈1 kg	8 kg	10 kg
Catégorie d'impact	Unité	Lait de	Yogourt		Fromage	Beurre
		consommation	régulier			
Changement climatique	kg CO2 eq.	1.53	2.72	7.95	15.75	
Potentiel d'acidification	kg SO2 eq.	0.01	0.02	0.08	0.26	
Eutrophisation (eau douce)	kg PO4 eq.	4.41E-03	3.60E-03	1.91E-02	6.57E-02	
Utilisation des terres	Kg C deficit	53.50	64.40	244.00	336.00	
Rarification de l'eau	l H2O eq.	2.21	3.86	10.40	11.80	

Source : adapté de Üçtuğ (2019)

Optimiser l'utilisation du lait cru et de ses constituants est clé

Application à la production de fromage cheddar



Comparaison de 3 scénarios de valorisation du lait cru

Scenario 1 :
Procédé conventionnel

Scenario 2 :
Standardisation du lait
de fromagerie par
ajout d'une unité d'UF

Scenario 3 :
Valorisation du
lactosérum sous forme
de WPC80

UF + OI + UF

*Quel scénario est le plus éco-efficient ?
(classer les scénarios dans l'ordre du plus au moins éco-efficient)*

Travaux de la chaire de recherche industrielle CRSNG-Novalait en efficacité des procédés de transformation du lait dirigée par le professeur Yves Pouliot



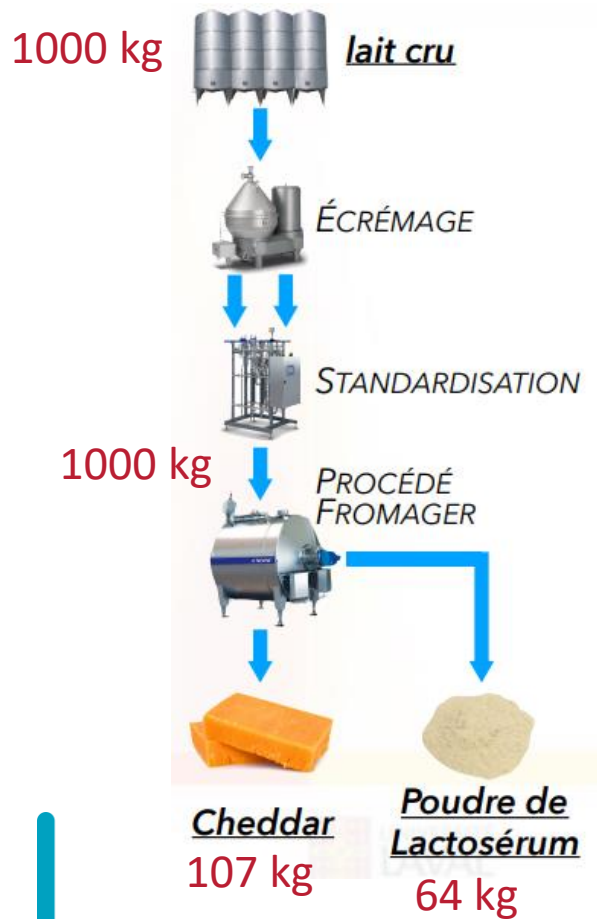
Novalait



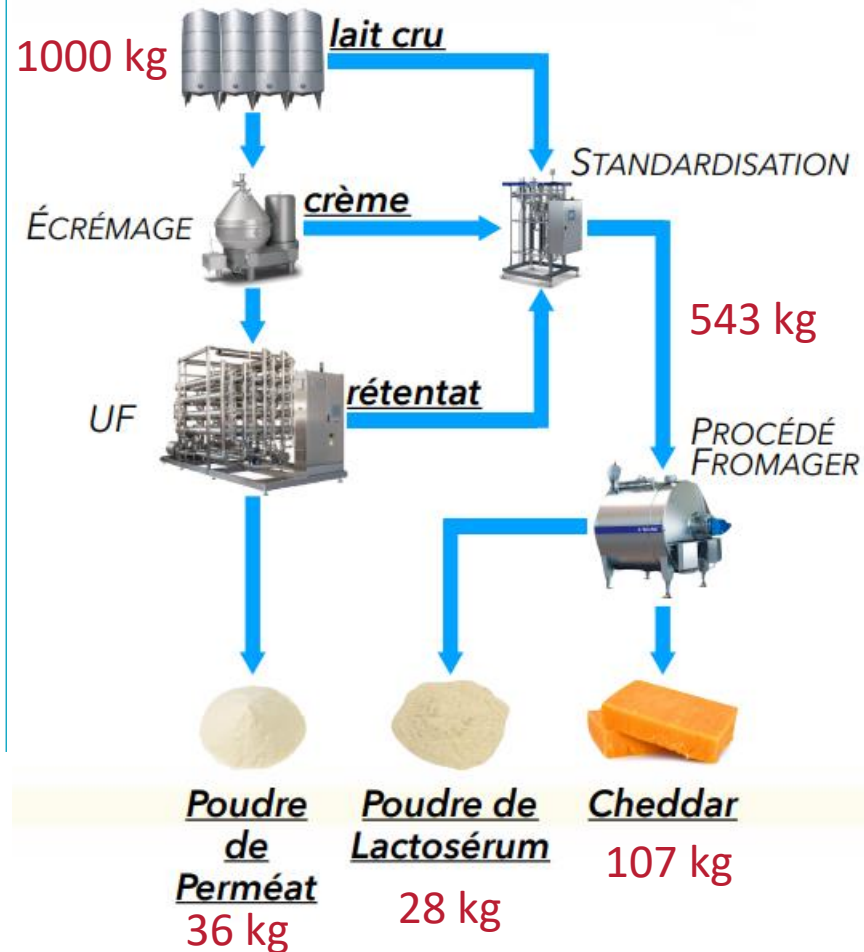
Description des 3 scénarios de production de cheddar : pour plus de valorisation des constituants du lait



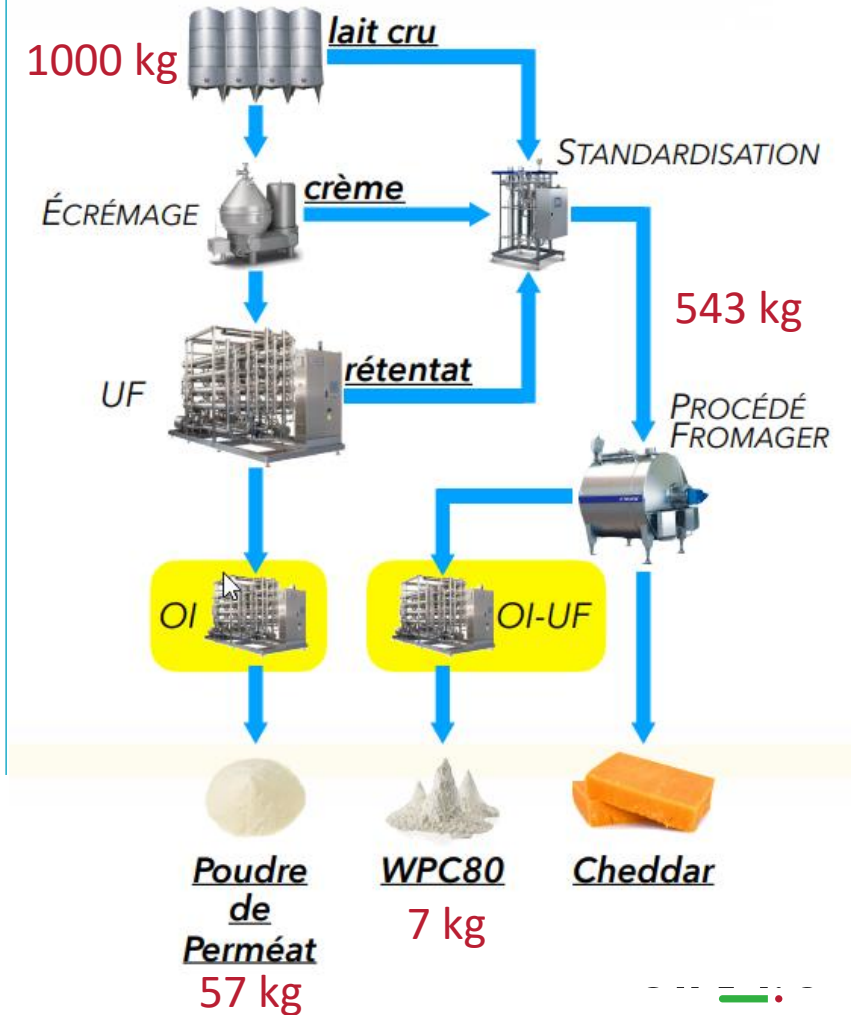
Scénario 1



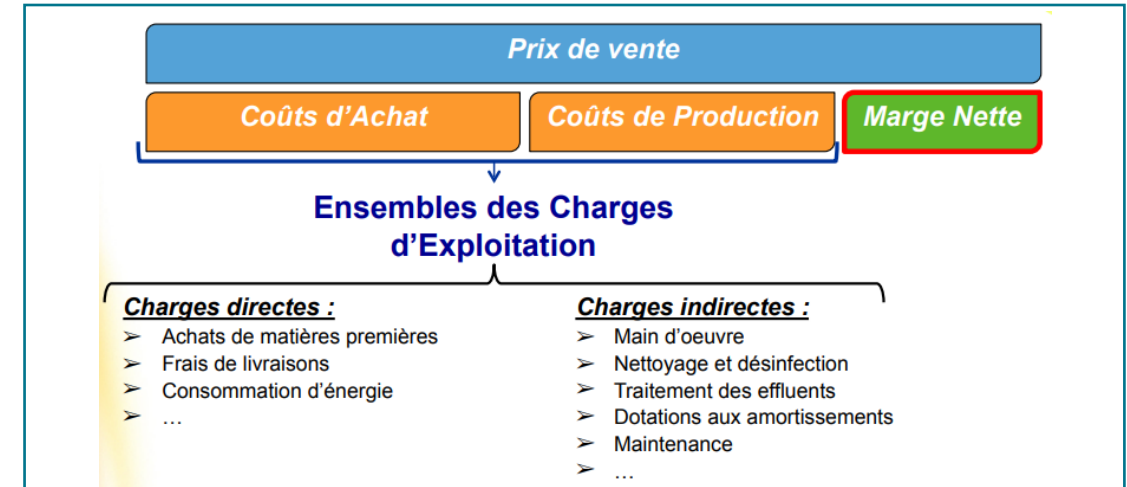
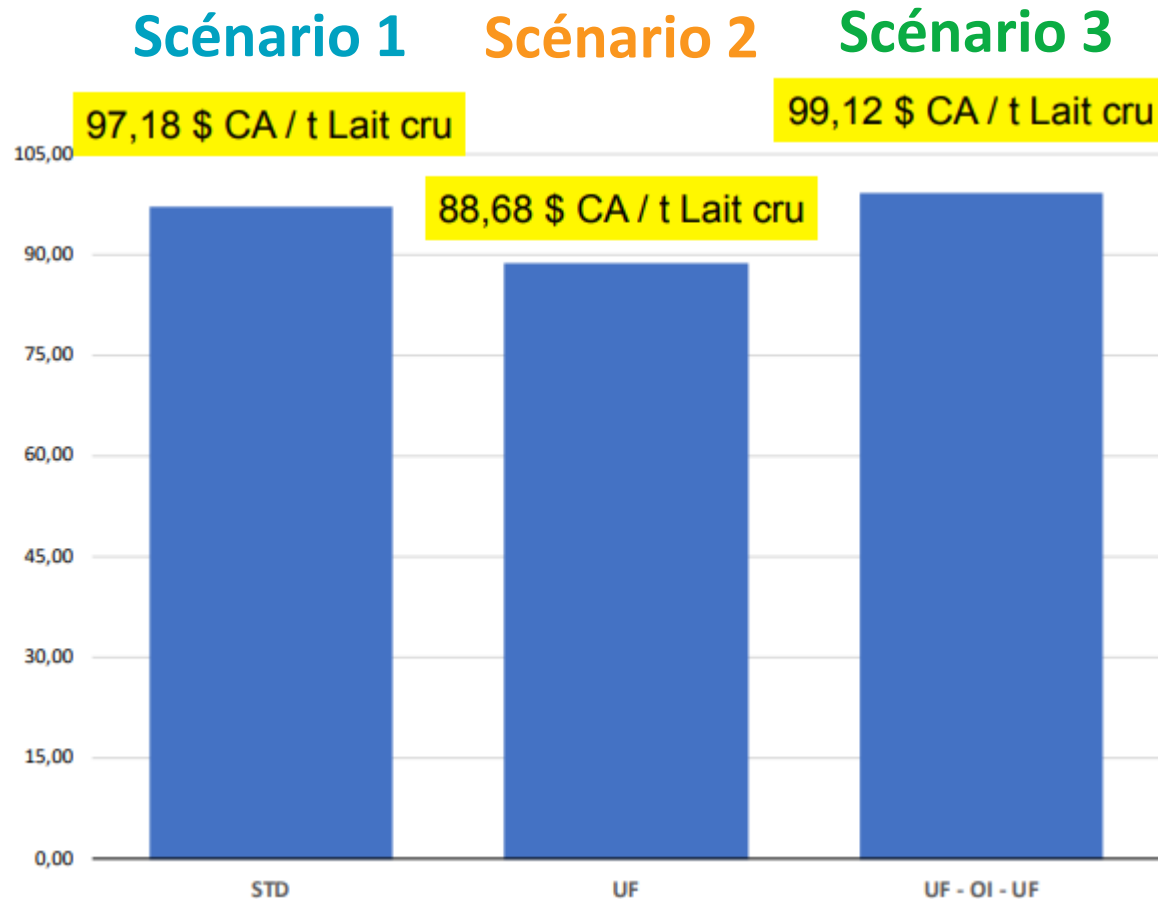
Scénario 2



Scénario 3



Évaluation de la valeur économique des trois scénarios



Scénario 2 vs 1

- Rendement identique
1 t de lait cru => 107 kg de fromage
- Augmentation de la conso. énergétique (UF)
- Augmentation de la conso. de gaz naturel (séchage poudre de perméat)
- Augmentation du volume d'eaux usées

Scénario 3 vs 2 et 1

- Rendement identique
1 t de lait cru => 107 kg de fromage
- Augmentation de la fréquence de remplacement des membranes
- Diminution de la conso. de gaz naturel (séchage)
- Augmentation du volume d'eaux usées
- Augmentation des recettes



mais dépend des prix du marché! CIRAIG

Source : adapté de Benoit et Pouliot (Forum Novalait 2018)

Évaluation de l'éco-efficience relative (en %) des 3 scénarios

Indicateur de valeur

- Marge nette par tonne de lait cru transformé

Indicateurs environnementaux

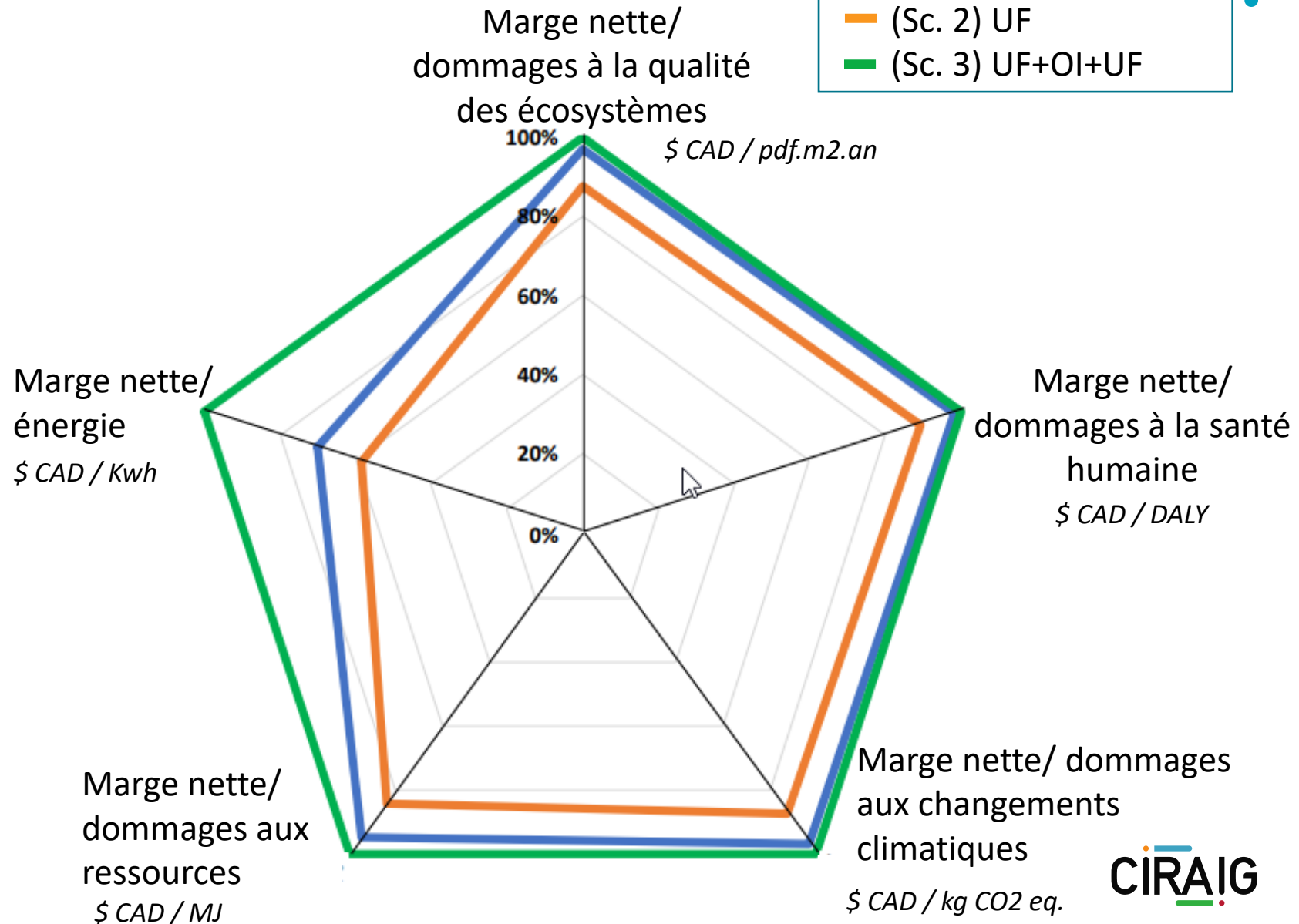
- Changement climatique
- Qualité des écosystèmes
- Santé humaine
- Ressources

Scores d'éco-efficience

$$IEE = \frac{\text{Marge nette}}{\text{Impacts environnementaux}}$$

Source : adapté de Benoit et Pouliot
(Forum Novalait 2018)

- (Sc. 1) Conventionnel
- (Sc. 2) UF
- (Sc. 3) UF+OI+UF



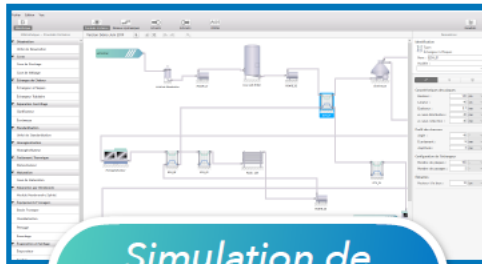
Opérationnalisation dans un outil au service de l'industrie



Simulait

Novalait

Logiciel d'évaluation de l'éco-efficacité des procédés de transformation des produits laitiers.



Simulation de procédés

Impacts Environnementaux

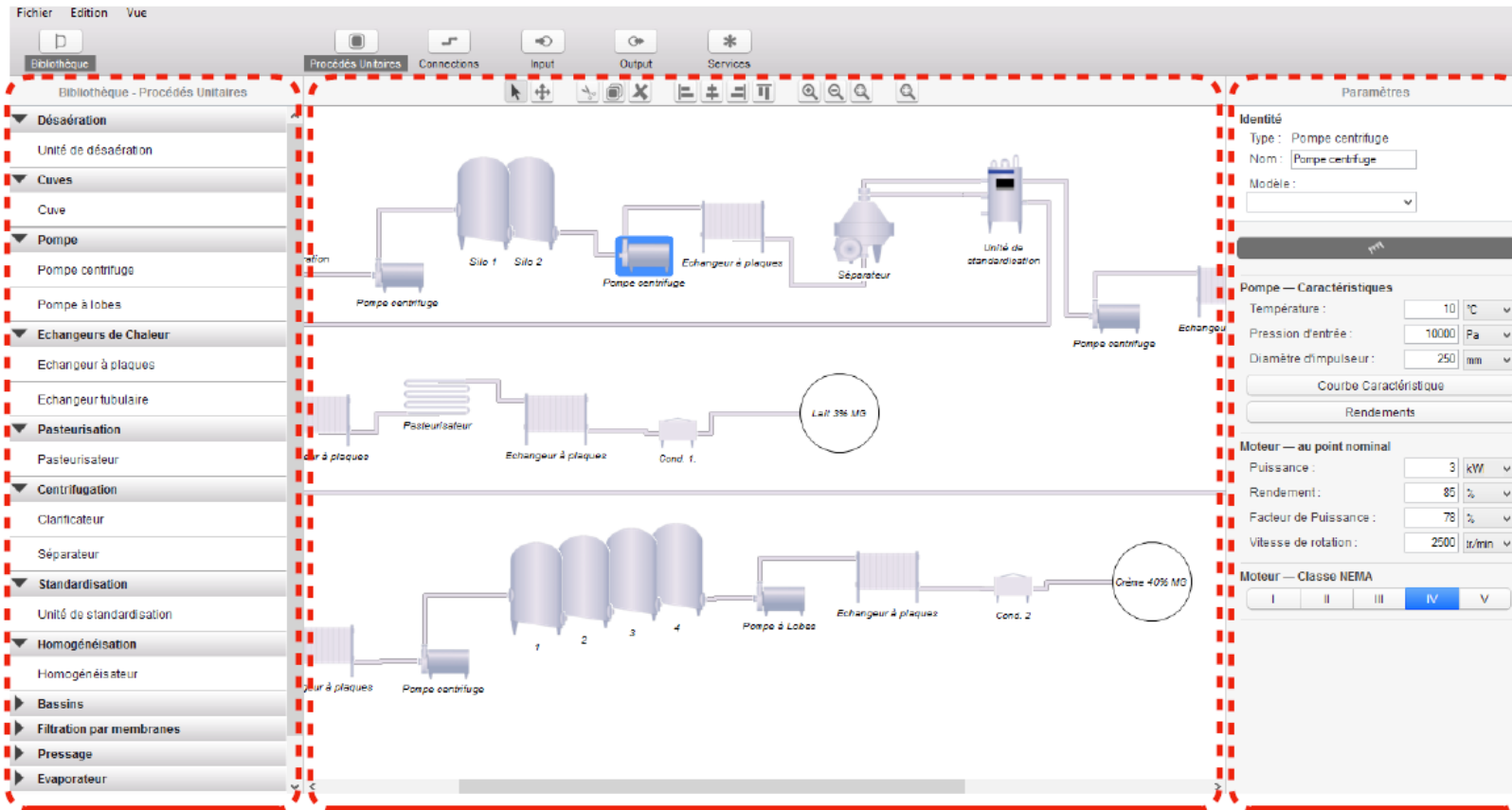
Valeur économique

Indicateurs d'éco-efficacité

Projet en phase de maturation technologique en vue de sa commercialisation

Logiciel de simulation de procédés

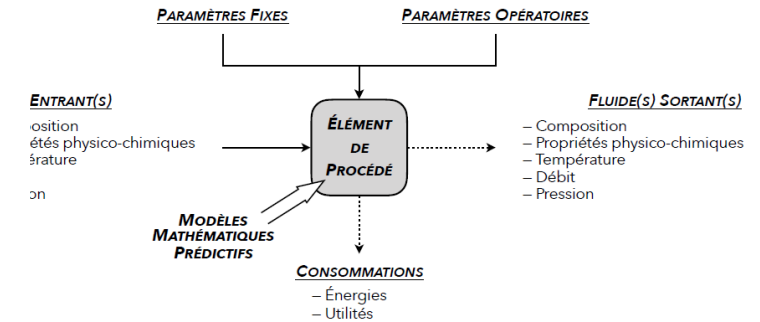
Contenant une bibliothèque de procédés unitaires spécifiques à la transformation laitière



Bibliothèques d'éléments de procédés.

Espace de modélisation.

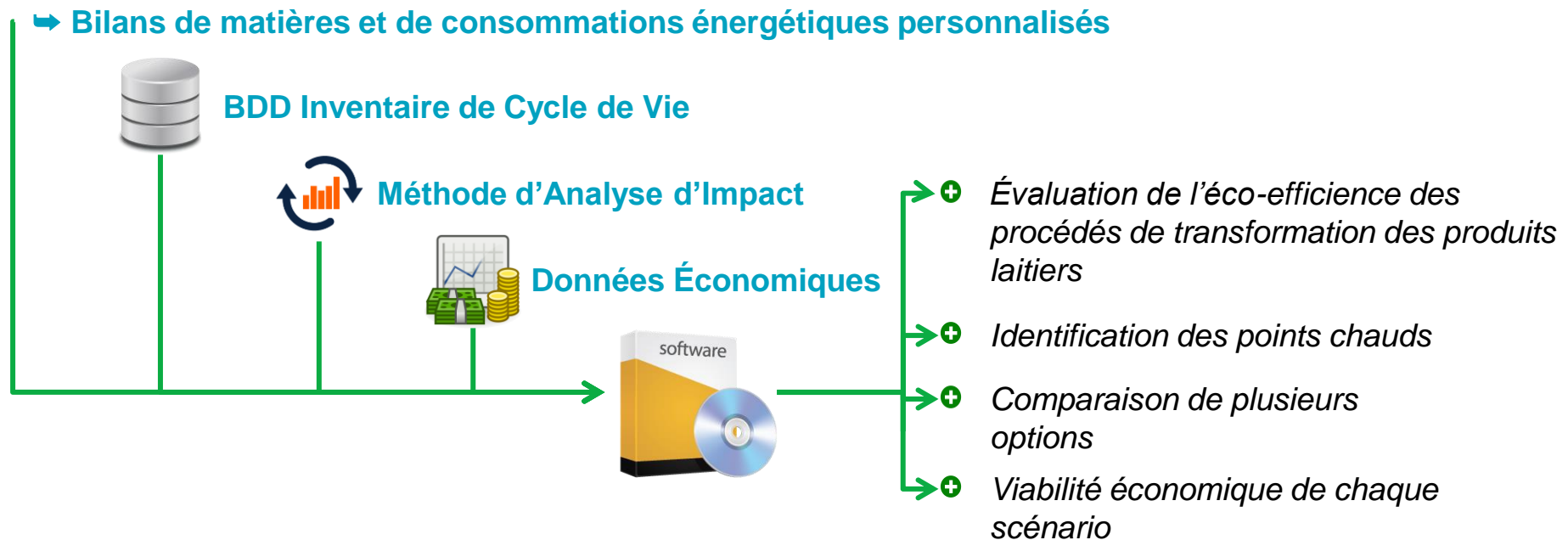
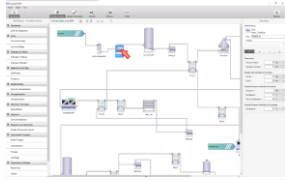
Panneau de paramétrages.



Source : Benoit et Pouliot (2018)

Un produit sur mesure pour faciliter la prise de décision et l'implantation de la démarche d'éco-efficience dans l'industrie laitière

Simulation de procédés



Source : Benoit et Pouliot (2018)

De la théorie à la pratique

Les messages clés



- De **nombreux champs d'actions** sont possibles pour améliorer l'éco-efficience de l'industrie laitière
- L'optimisation de **l'utilisation de la matière première et la valorisation de ses constituants dans des co-produits** est clé
- Les outils de mesure d'éco-efficience permettent de **comparer des scénarios afin de choisir les meilleures solutions technologiques**
- Bien que la mesure d'éco-efficience nécessite pour l'instant de **l'expertise en analyse du cycle de vie**, le **développement d'outils informatisés** facilitera son opérationnalisation

QUESTIONS?





Perspectives d'avenir

Vers une évaluation plus systémique du système laitier pour la création de valeur durable



Optimiser l'utilisation des constituants du lait : le cas du yogourt grec



POLYTECHNIQUE MONTRÉAL
affiliée à l'Université de Montréal

L'éco-efficience revisitée pour améliorer la durabilité de l'industrie laitière :
Étude de cas sur l'utilisation optimale des constituants du lait dans la production du yogourt grec
au Québec

CATHERINE HOUSSARD
Département de Mathématiques et Génie Industriel

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de *Philosophie Doctor*
Génie industriel
Décembre 2019

© Catherine Houssard, 2019.



Supplementary materials for

Comparative Life Cycle Assessment of Five Greek Yogurt Production Systems: A Perspective beyond the Plant Boundaries

Catherine Houssard^{1*}, Dominique Maxime¹, Scott Benoit², Yves Pouliot² and Manuele Margni¹



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Cleaner Production

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jclepro



Allocation is not enough! A system boundaries expansion approach to account for production and consumption synergies: The environmental footprint of Greek yogurt

Catherine Houssard ^{a,*}, Dominique Maxime ^a, Yves Pouliot ^b, Manuele Margni ^a



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Journal of Cleaner Production

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jclepro



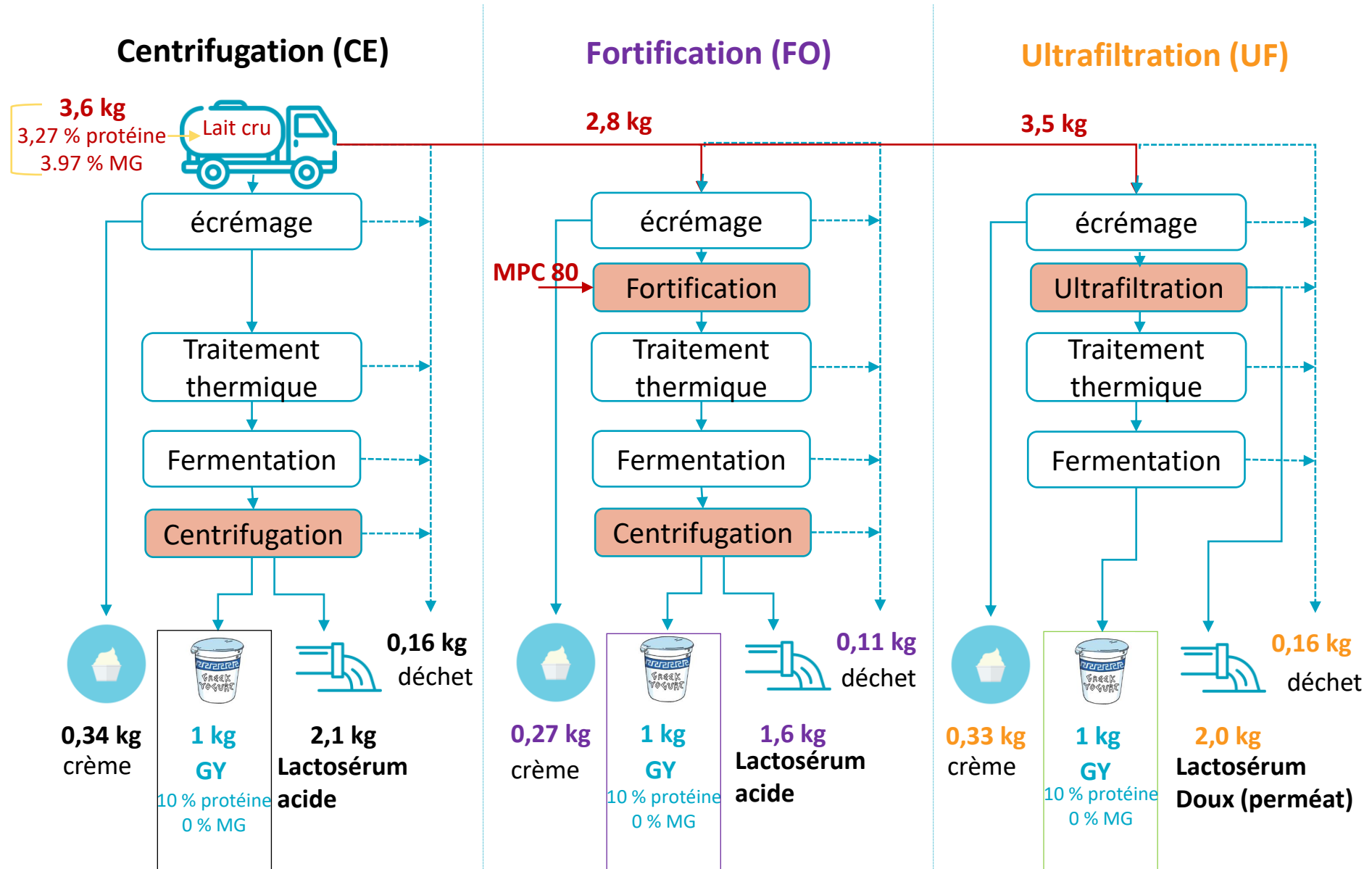
Measuring shared value creation with eco-efficiency: Development of a multidimensional value framework for the dairy industry

Catherine Houssard ^{a,c,*}, Jean-Pierre Revéret ^c, Dominique Maxime ^a, Yves Pouliot ^b, Manuele Margni ^a

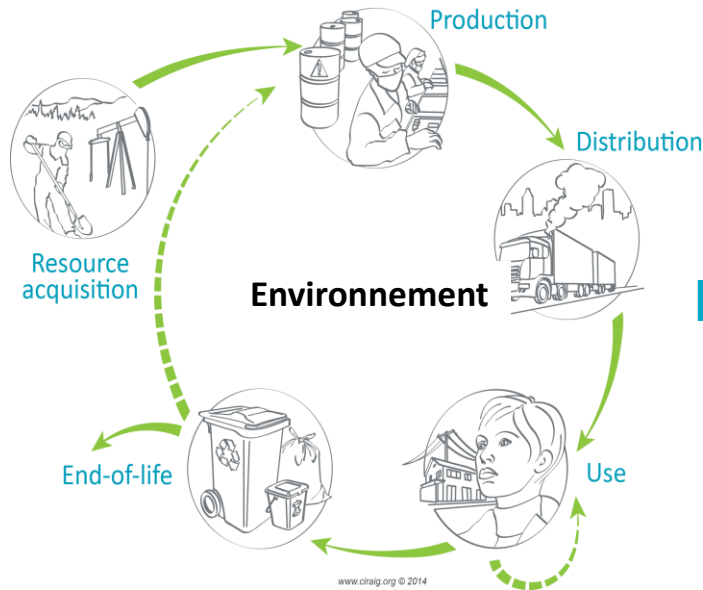


Quelle est la façon la plus éco-efficente de produire du yogourt grec ?

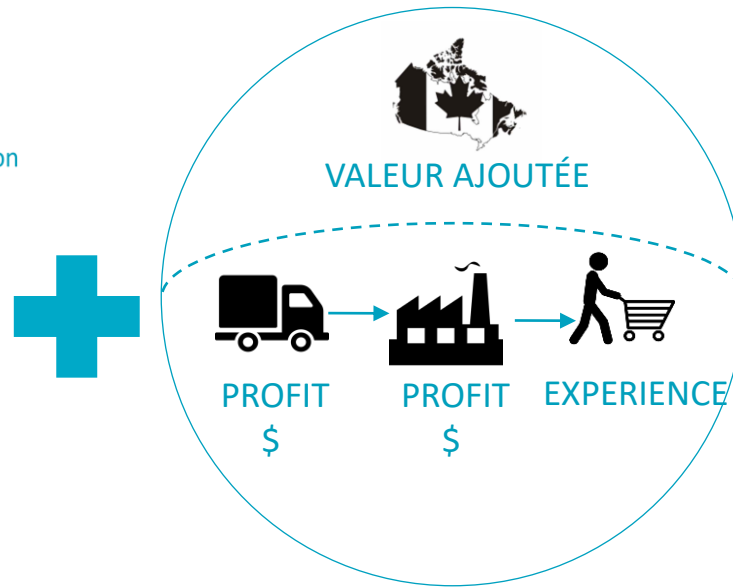
Comparaison de trois technologies



Quelle est la façon la plus éco-efficente de produire du yogourt grec avec une vision systémique ?



Réduire les impacts environnementaux



Créer de la valeur partagée

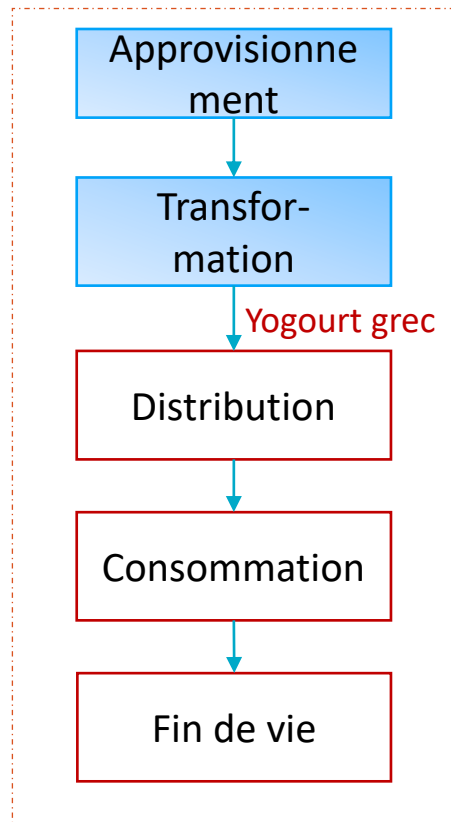
- Financière
- Fonctionnelle
- Socio – économique



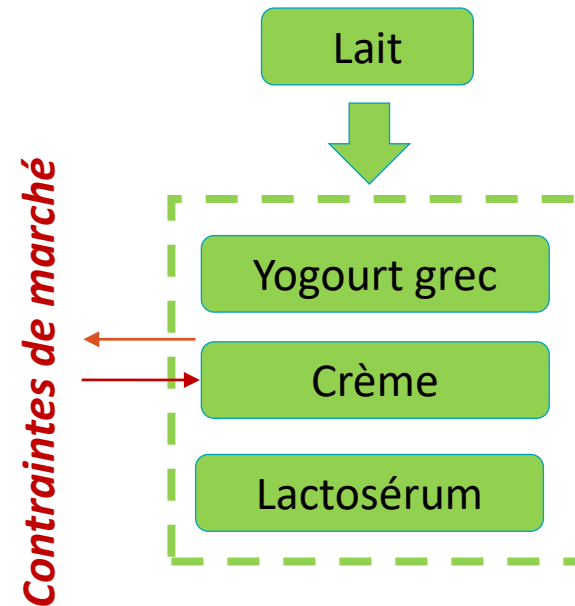
Contribution de l'industrie laitière à la durabilité globale

L'approche systémique

Cycle de vie complet du yogourt grec



Systeme de produits



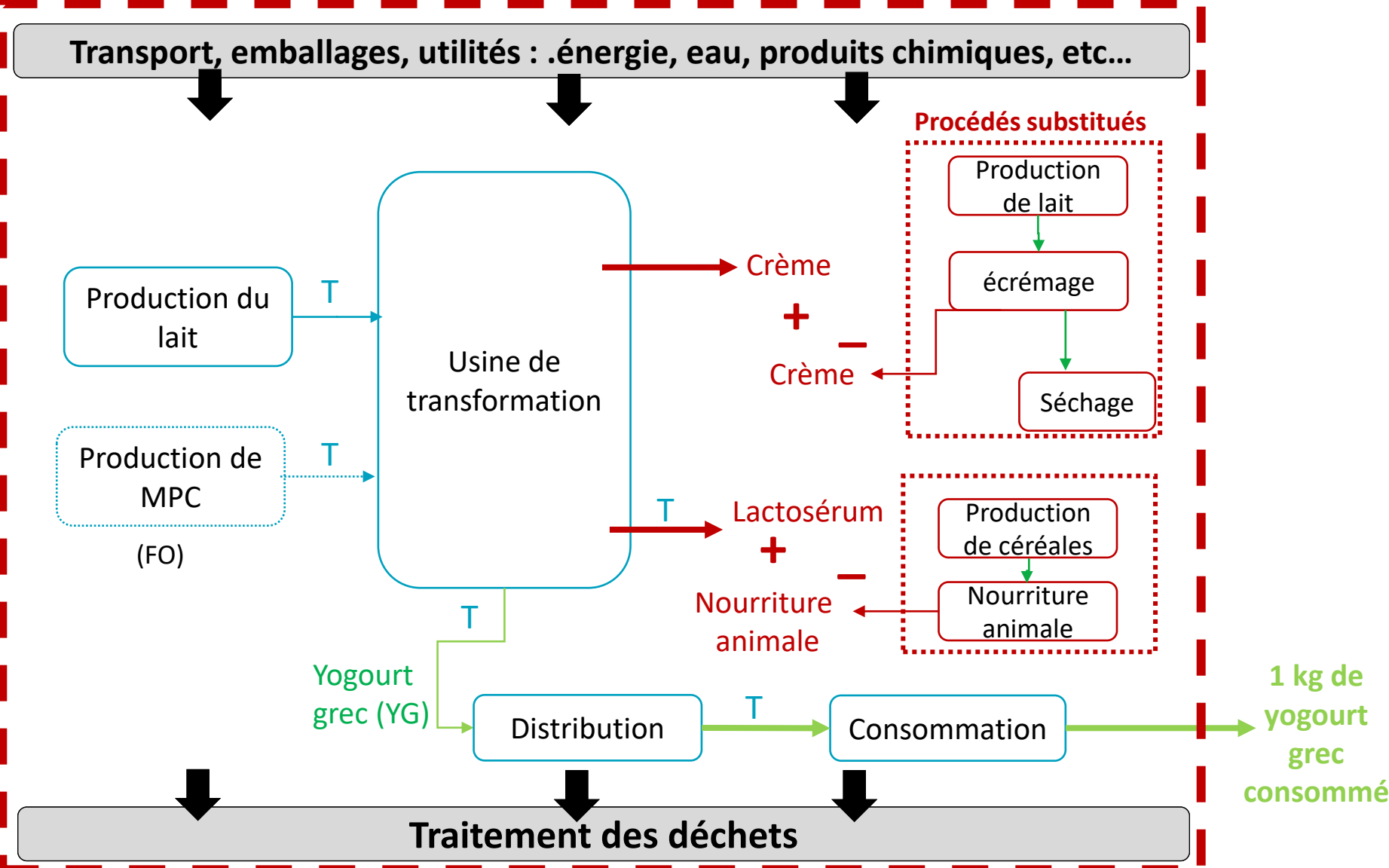
Analyse multicritère



Modélisation de la multifonctionnalité d'un système de produits par extension de frontières



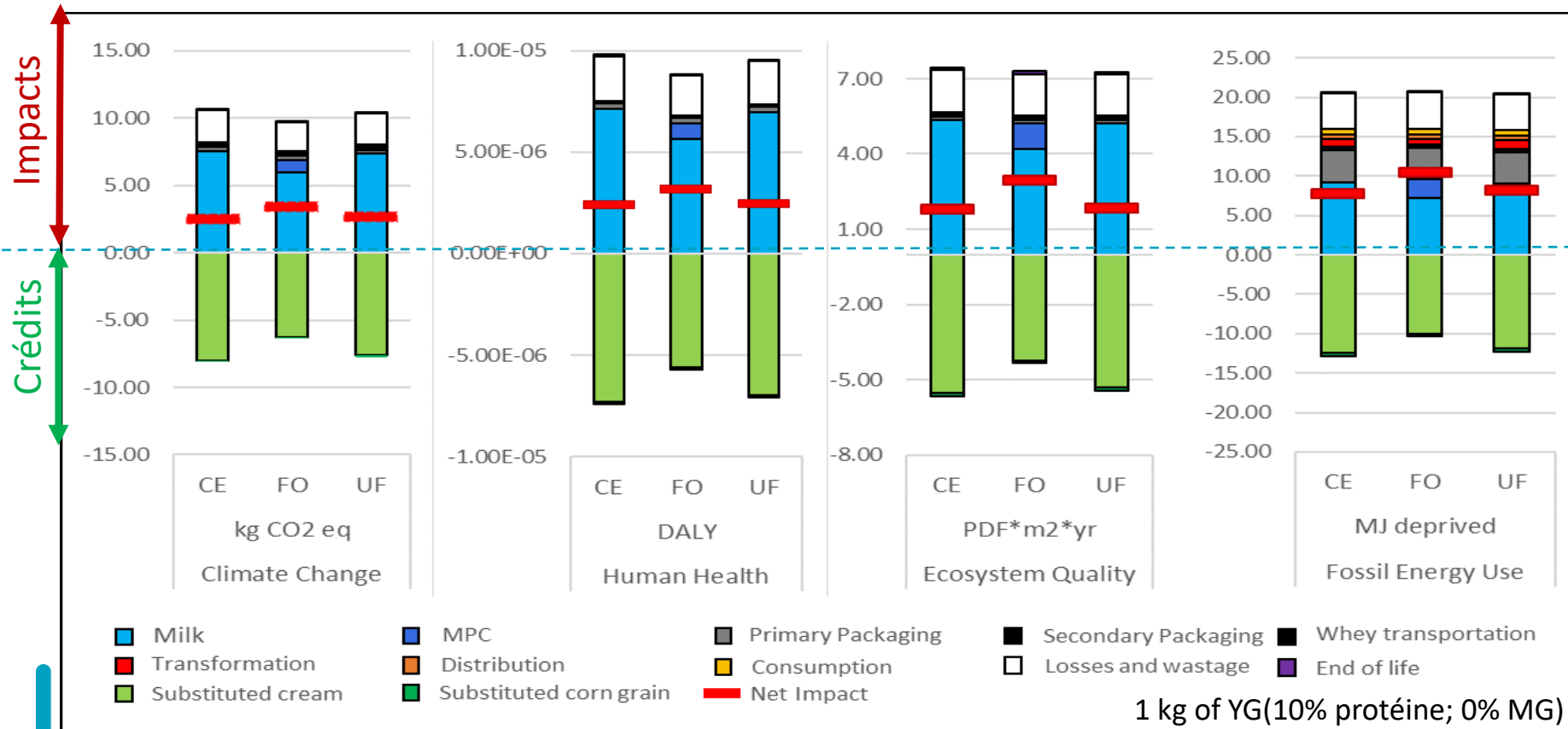
Frontières du système



Résultats pour les impacts environnementaux

(kg)	Lait	Crème	Lactosérum
CE	3.6	0.34	2.1
FO	2.8	0.27	1.6
UF	3.5	0.33	2.0

CE: Centrifugation; FO: fortification; UF: Ultrafiltration



- Le crédit obtenu pour la crème compense l'impact du lait
- Le lactosérum influence peu les résultats

La production de yogourt grec sans importation de concentrés protéiques, produit en même temps de la crème sur le territoire canadien et permet donc de réduire les surplus structurels

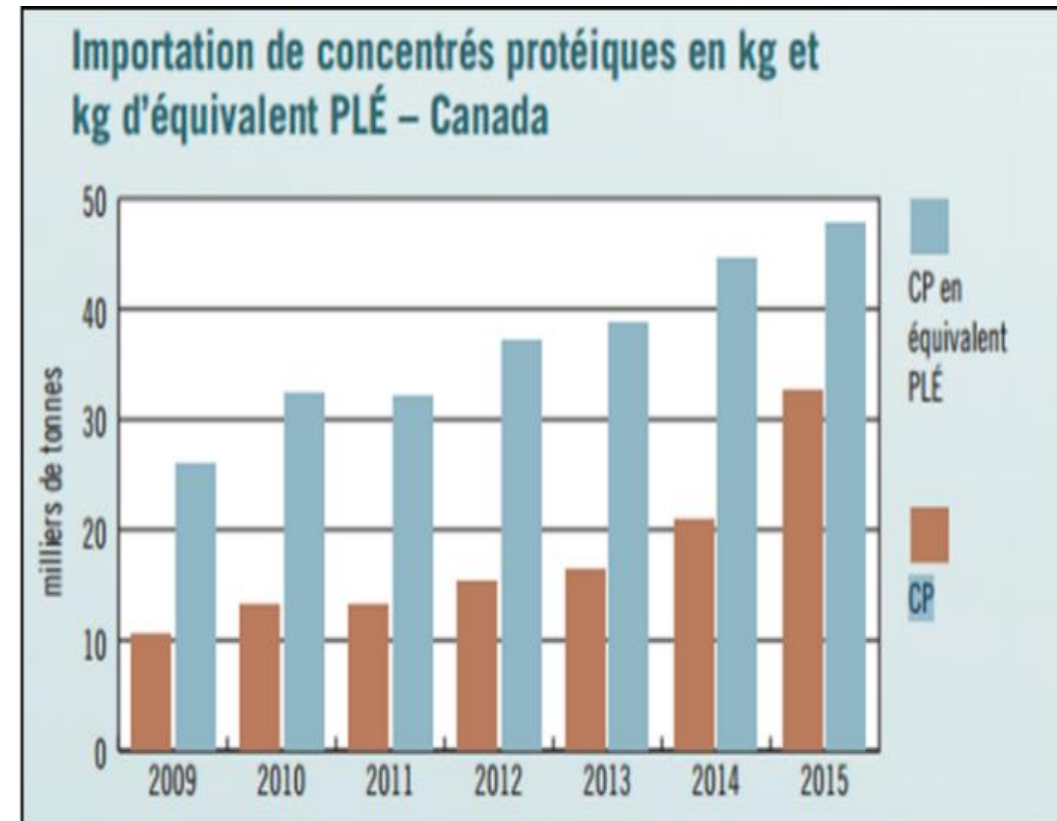
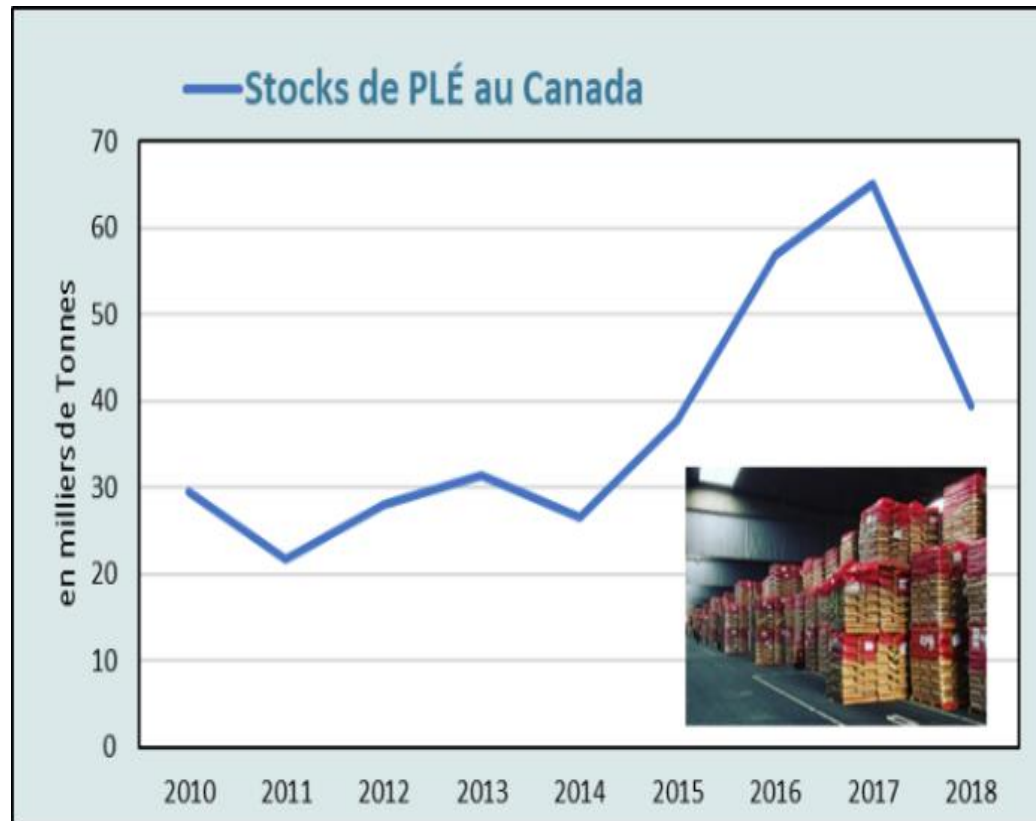


Figure 2.2: Évolution des surplus structurels (PLÉ) et des importations de concentrés protéiques (CP) au Canada d'après Statistique Canada (2018) et les PLQ (2016)

Profil d'éco-efficience de 11 scénarios de yogourt grec

Perspective transformateur

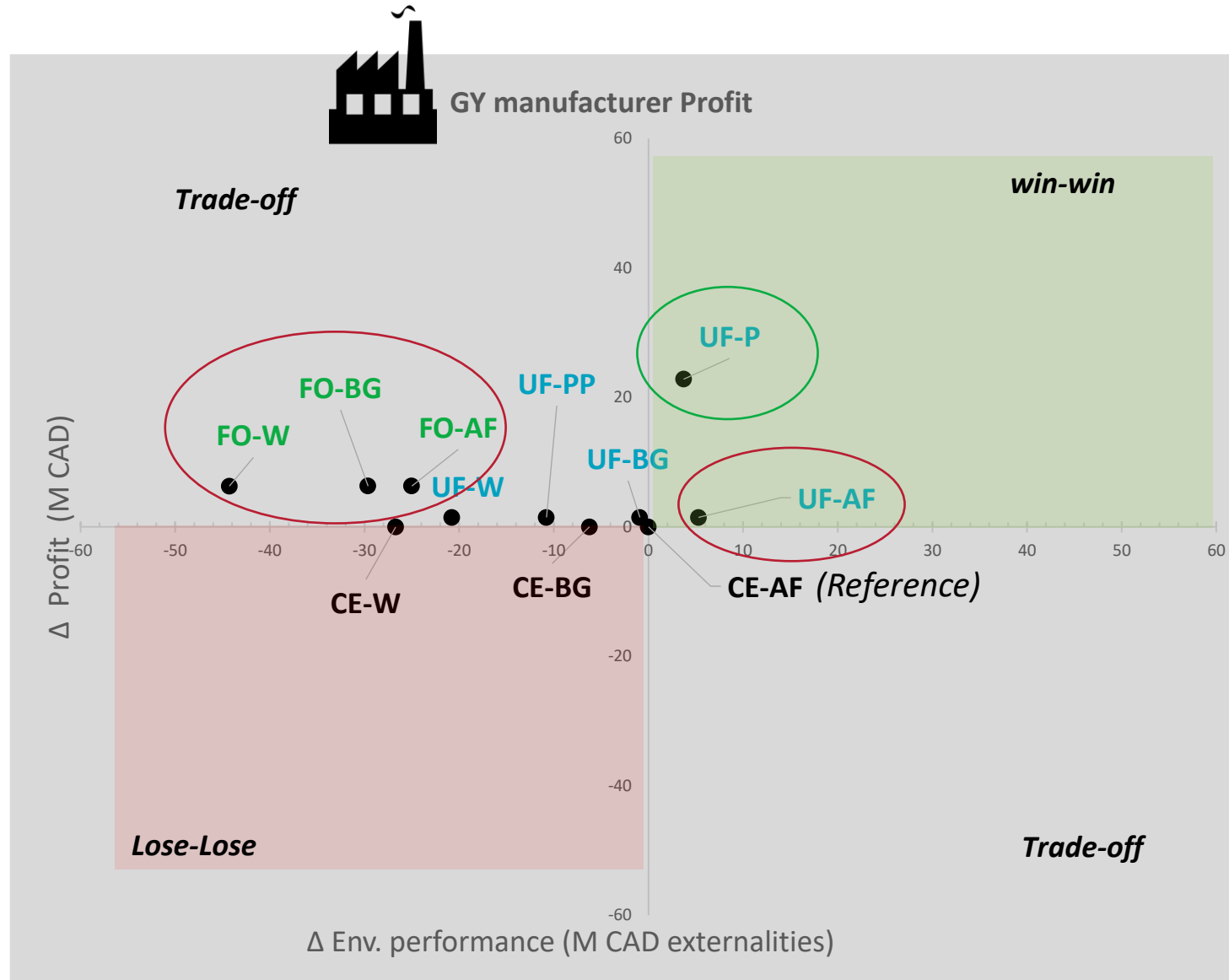


Technologies

CE: Centrifugation
FO: fortification
UF: Ultrafiltration

Voies de valorisation du lactosérum

AF: Nourriture animale
BG: Biogaz
PP: Poudre de perméat
P: Concentré de perméat
W: Déchet



UF-P
Solution
la plus éco-
efficente

FO
bon profit pour le
transformateur
mais compromis
sur la performance
environnementale

Différence entre la création de valeur économique individuelle et territoriale

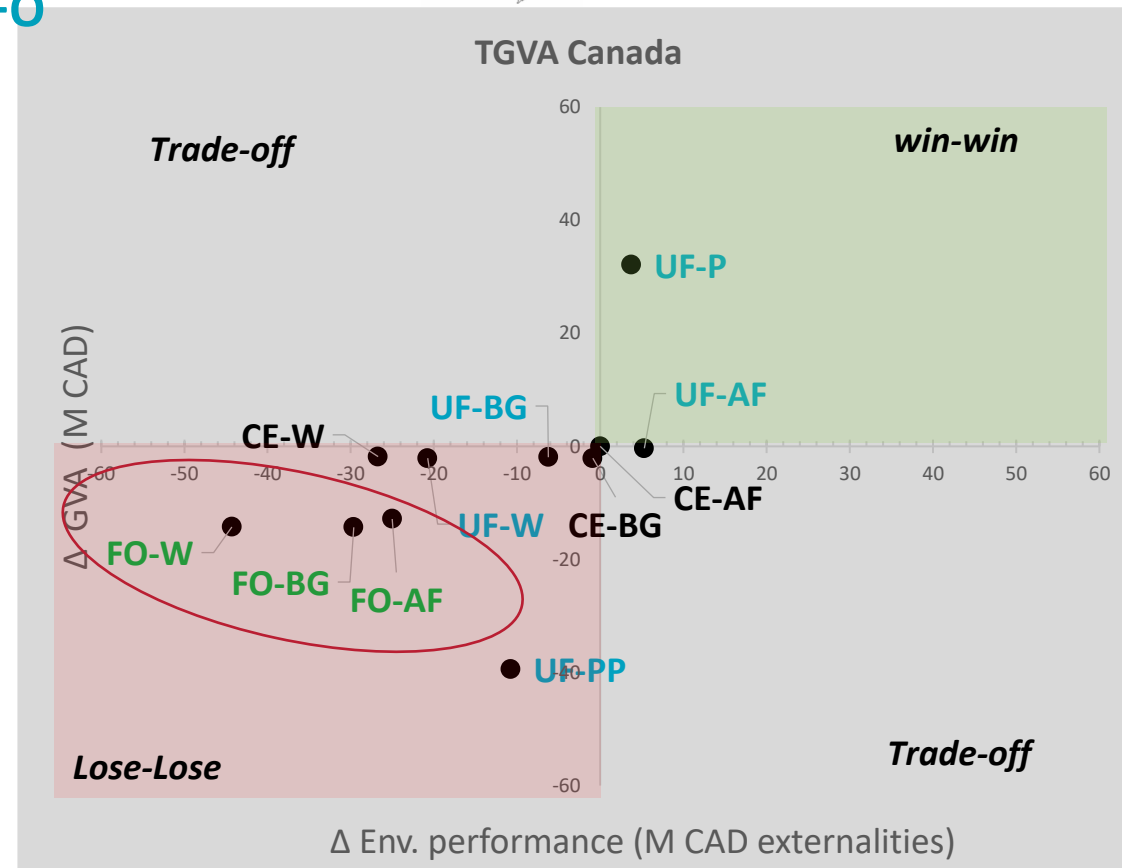
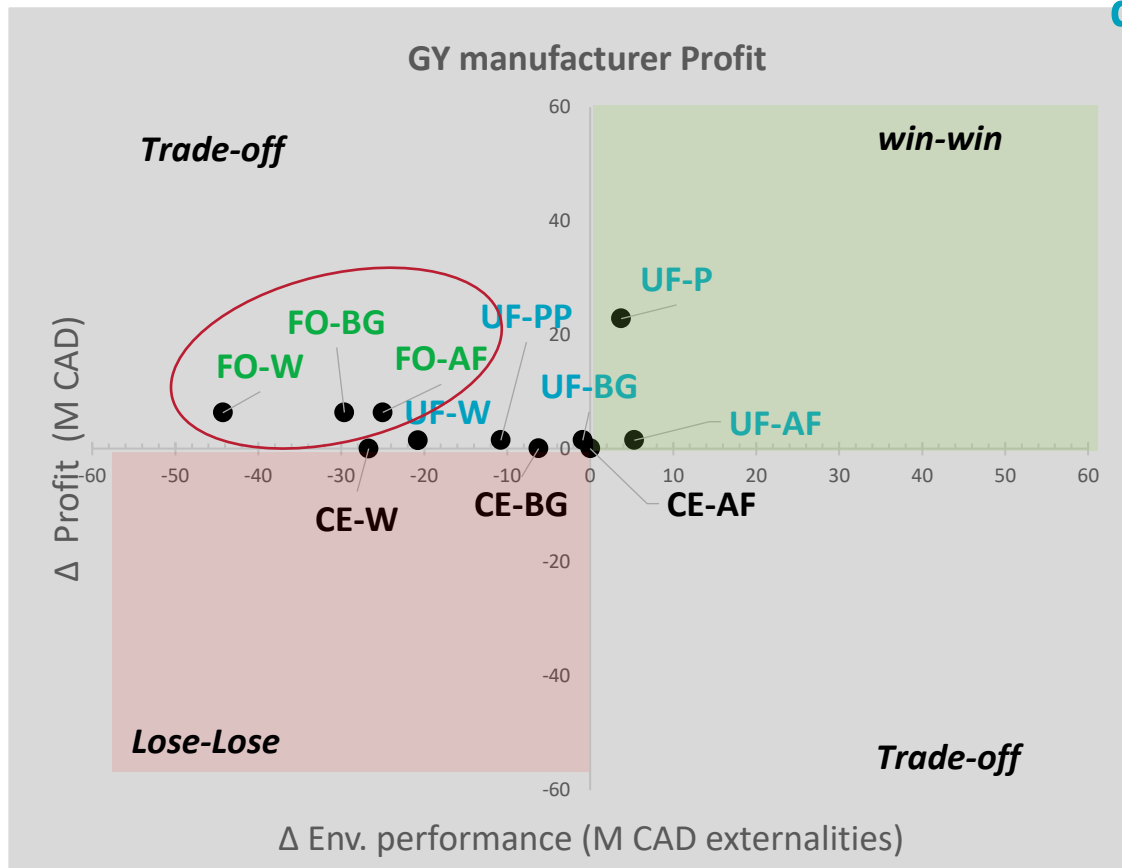


Transformateur

UF et CE sont plus éco-efficients que FO

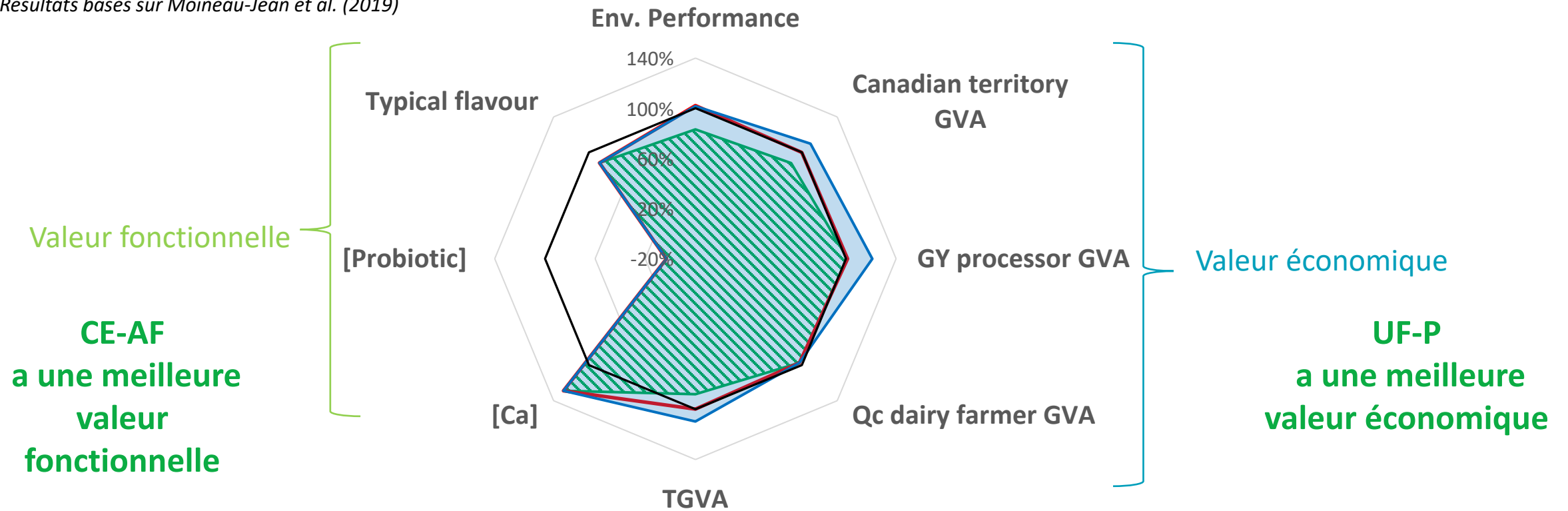


Territoire



Des compromis à faire entre les différentes dimensions de la valeur

Résultats basés sur Moineau-Jean et al. (2019)



Messages clés

- Dans une perspective de création de valeur durable, une **évaluation plus systémique** de l'éco-efficience remet en question la perspective individuelle
- Il vaut mieux aborder l'éco-efficience avec une perspective de « **symbiose industrielle** » qu'analyser la performance produit par produit
- **La valeur** d'un système de produits est **multicritère** : profit et environnement ne sont pas les seuls critères à considérer en éco-efficience, il faut aussi penser à la **valeur fonctionnelle** (nutritionnelle) du produit.
- Est-ce que valoriser les sous-produits de l'industrie laitière dans l'alimentation animale est durable ? **Économie circulaire ou gaspillage de ressources ?**

Une approche holistique est nécessaire pour assurer la durabilité de l'industrie laitière



Merci! Questions?

ciraig.org

Contacts clés



Catherine Houssard, agente de recherche
catherine.houssard@polymtl.ca

Manuele Margni, professeur
Manuele.margni@polymtl.ca

Sara Russo-Garrido, directrice exécutive
sara.russo-garrido@polymtl.ca



CIRAIG



CAUSERIE FROMAGÈRE

17 janvier 2023

De 10h30-12h00

Les moules en fabrication fromagère, lequel sera le mieux adapté au fromage à produire ?

Séverine PIERRET, représentante service export, Servi Doryl
Christian Grandvoinet, représentant de Servi Doryl au Canada

CEFRQ



SERVI DORYL
CHEESE WHEELS EXPORT



CAUSERIE FROMAGÈRE

21 février 2023

De 10h30-12h00

Emmorageage, flores et leviers technologiques

**Julien GADBIN-DHERBÉCOURT, expert en ferments et technologies
laitières chez LALLEMAND SPECIALTY CULTURES.**

**François Desroches, représentant technico-commercial en Amérique
du Nord chez LALLEMAND SPECIALTY CULTURES**

CEFR



LALLEMAND

