

L' Analyse de cycle de vie et l'éco-conception au service de l'amélioration des performances environnementales des procédés

Daniel Froelich, Philippe Osset, François Thueux, Murielle Rabiller-Baudry, Didier Beudon, Lionel Tregret, Christian Buson, David Auffret, Geneviève Gésan-Guiziou

▶ **To cite this version:**

Daniel Froelich, Philippe Osset, François Thueux, Murielle Rabiller-Baudry, Didier Beudon, et al.. L' Analyse de cycle de vie et l'éco-conception au service de l'amélioration des performances environnementales des procédés. 13. Journées Sciences du Muscle et Technologies des Viandes, Oct 2010, Clermont-Ferrand, France. , Viandes et Produits Carnés, pp.73-80, 2010, Viandes et Produits Carnés. hal-01454262

HAL Id: hal-01454262
https://hal.science/hal-01454262

Submitted on 4 Jun 2020

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.

ARTS – Association de Recherche pour la Technologie et les Sciences









L'ANALYSE DE CYCLE DE VIE ET L'ECO-CONCEPTION AU SERVICE DE L'AMELIORATION DES PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES DES PROCEDES

Sophie Omont - ARTS

Daniel Froelich, Philippe Osset, François Thueux, Murielle Rabiller-Baudry, Didier Beudon, Lionel Tregret, Christian Buson, David Auffret, Geneviève Gesan-Guiziou

JSMTV 19-20 Octobre 2010

- Contexte

  Enjeux

- Démarche d'Eco-conception

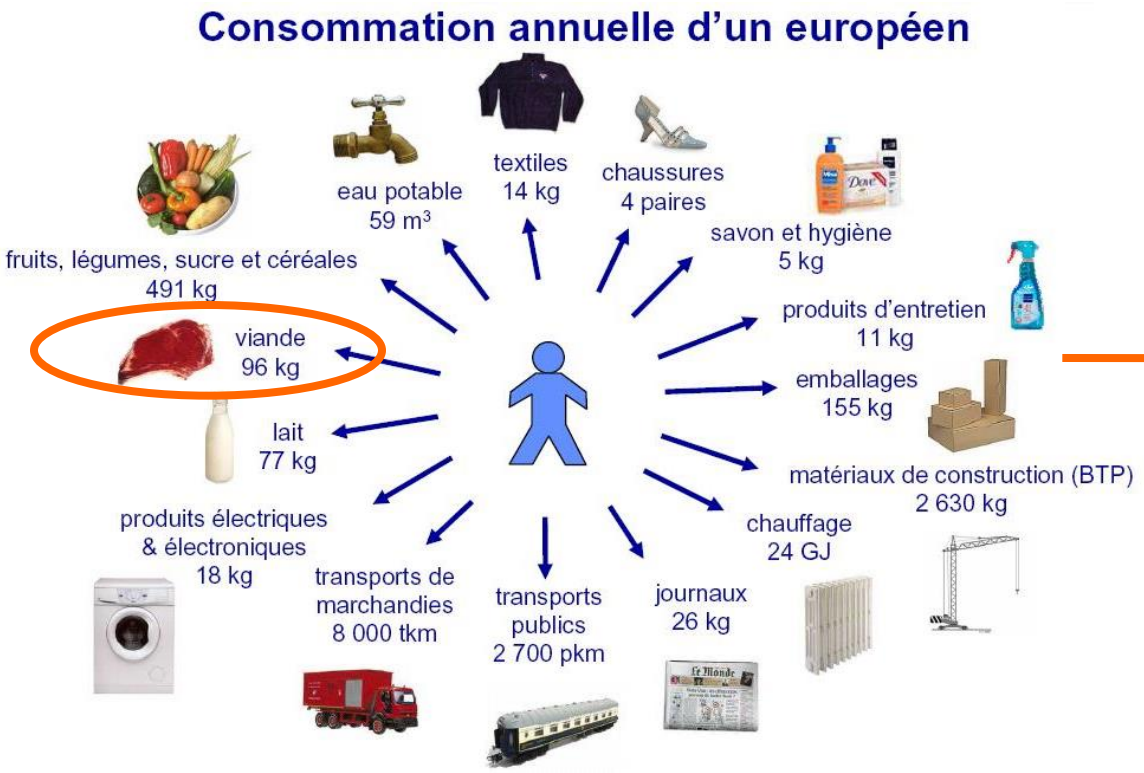
  Intégration de contraintes environnementales en conception

  Evaluation environnementale des procédés

- Exemple d'application

Enjeux : généralités

Pression croissante de l'homme sur l'environnement



Source : ADEME

↗ Extractions et émissions dans l'environnement

Extractions :

- Epuisement des ressources : Energies fossiles, eau douce, minerais…

Emissions :

- Pollutions générant des impacts : Changement climatique, eutrophisation ...

Enjeux : généralités

France : Affichage environnemental des produits de grande consommation

LOI n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, Titre VI - Chapitre 1 - Article 228, modifie le code de la consommation

Site Internet dédié : http://affichage-environnemental.afnor.org/

Enjeux : généralités

Affichage environnemental

→ **Expérimentation** à partir de juillet 2011

→ **Sensibilisation** des consommateurs + **Critère de décision**.

→ **Cycle de vie du couple produit/emballage :** transformation industrielle prise en compte

→ **Méthode de calcul unique et multicritère :** pour les produits d'une même catégorie

→ **Format d'affichage unique :** pour toutes les catégories de produits

→ **Travaux** réalisés dans le cadre de la plateforme ADEME-AFNOR

Enjeux : généralité

Europe : Politique Intégrée des Produits (COM (2003) 302 final) :

→ Favoriser le développement de produits plus respectueux de l'environnement tout au long de leur cycle de vie



Cycle de vie

Source : ADEME

Enjeux : filière viande

✓ 1ère phase : Etude EIPRO (Environmental Impact of PROducts)

→ **Objet :** Identification des produits contribuant le plus à l'impact environnemental de la consommation des européens.

→ **Résultats :** 3 catégories de produits génèrent de 70 à 80% de l'impact

- **Alimentation, boisson** : de 20 à 30%, dont principalement la **viande** et les produits laitiers
- **Transport :** de 15 à 35%
- **Logement** : de 20 à 35 %

Enjeux : filière viande

✓ **2nde phase : Etude IMPRO (environmental IMprovement of PROducts)**

→ **Objet :** Identification des voies d'améliorations

→ **Résultats IMPRO-meat and dairy :** 3 options proposées, estimation d'une réduction de 20% des impacts si elles sont simultanément mises en œuvre.

- **Pratiques des ménages :** réduire le gaspillage et les transports.
- **Pratiques agricoles :** réduire l'utilisation d'eau, les émissions dans l'air et l'utilisation des surfaces.
- **Economies d'énergies :** ferme, **IAA**, commerces, appareils ménagers

Enjeux : filière viande

Impact environnemental de la filière viande

✓ Rapport de recherche :

Environmental Impacts of Food Production & Consumption, DEFRA, 2006*

→ **Objet :** collecte des informations disponibles sur les impacts environnementaux générés lors du cycle de vie des produits alimentaires consommés au Royaume-Uni (RU) ; identification de l'influence des différents modes de production, d'approvisionnement ou de distribution sur ces impacts.

→ **Méthode :** synthèse et analyse bibliographique, menée sur un ensemble d'évaluations environnementales de produits alimentaires.

* Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Flynn A., Mylan, J. (2006) *Environmental Impacts of Food Production & Consumption: A report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs.* Manchester Business School. Defra, London.

Enjeux : filière viande

✓ Résultats sur les produits carnés

→ Peu d'ACV vont au-delà de la production agricole

→ D'après les résultats de celles qui prennent en compte tout leur cycle de vie, l'étape agricole est la principale source d'impact.

D'après : Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Flynn A., Mylan, J. (2006) *Environmental Impacts of Food Production & Consumption: A report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs.* Manchester Business School. Defra, London.

Enjeux : filière viande

→ Consommation d'énergie primaire durant tout le cycle de vie d'1 kg de bœuf, évaluée d'après différentes sources bibliographiques :

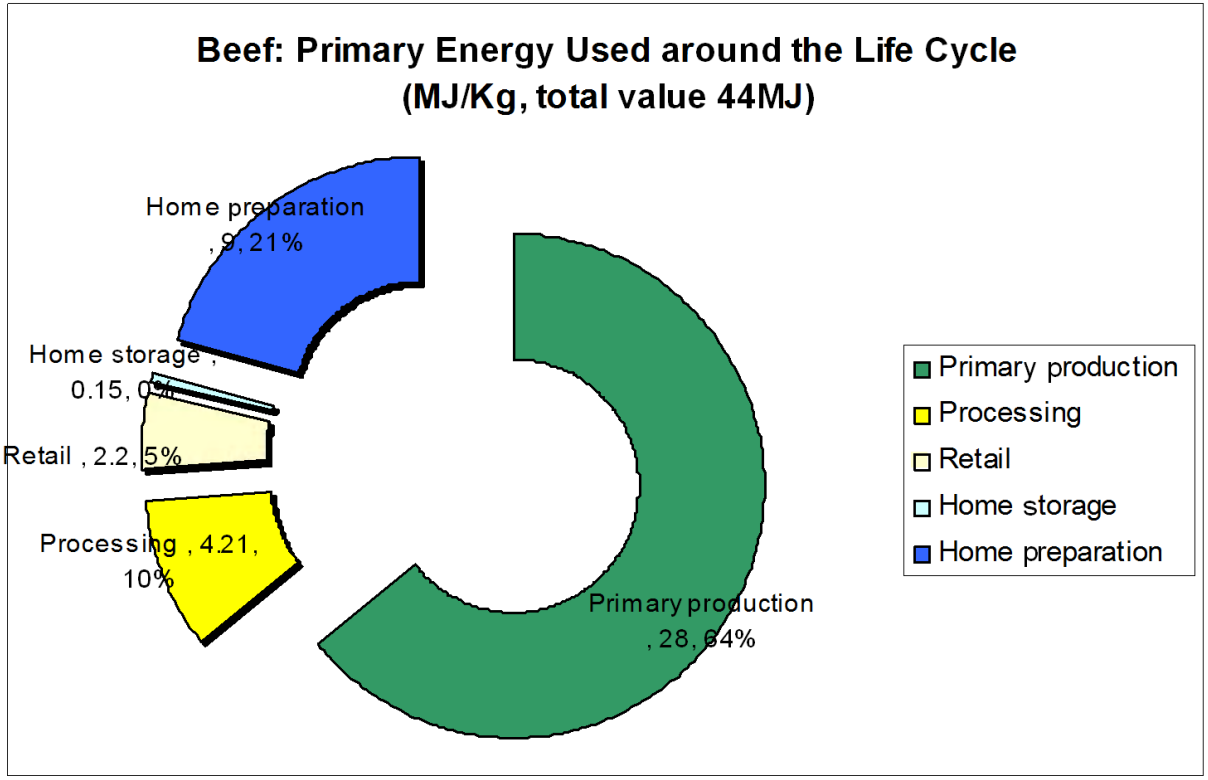


Figure 24: Primary energy used around the life cycle of beef

Data: various sources

Source : Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Flynn A., Mylan, J. (2006) *Environmental Impacts of Food Production & Consumption: A report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs.* Manchester Business School. Defra, London.

Enjeux : filière viande

CONCLUSION :

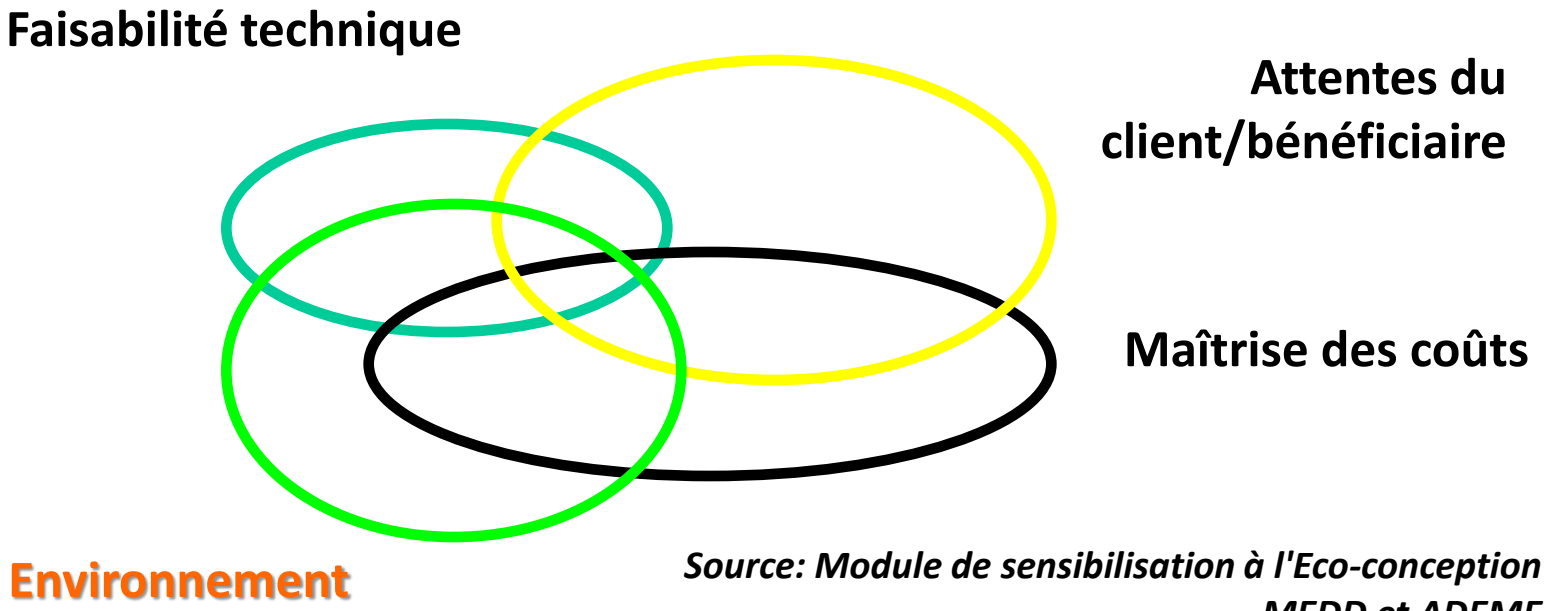
→ L'**impact environnemental** de l'**alimentation**, dont les **produits carnés**, est **significatif**. La **production agricole** est **prépondérante**. La **part relative** des **différentes étapes** du cycle de vie des produits carnés **varie** en fonction de **multiples facteurs** (type de viande, procédés mis en œuvres, type d'emballage, distances parcourues, modes de conservation et de préparation…) et de la **catégorie d'impact** évaluée.

→ Nécessité d'**agir** à **tous les niveaux du cycle de vie des produits carnés** dont : **les procédés de transformation**

Eco-conception

→ Répondre aux besoins tout en réduisant l'impact environnemental du cycle de vie des produits et services développés à ces fins.

→ **L'environnement** : une dimension parmi d'autres



Source: Module de sensibilisation à l'Eco-conception MEDD et ADEME

Point focal sur les niveaux d'éco-conception

Niveau	Niveau de modification du produit	Exemple de la voiture	Niveau de prise de décision
Niveau 1	Amélioration du produit	Pots catalytiques, substitution de substances dangereuses (ex : Pb)…	Concepteurs
Niveau 2	Reconception du produit	Allègement de la voiture, aérodynamisme, moteurs hybrides…	Concepteurs
Niveau 3	Innovation fonctionnelle du produit	Utilisation partagée de la voiture, création de parcs communs, location d'un service au km…	Direction de l'entreprise. Conditions sociologiques favorables
Niveau 4	Innovation des systèmes de produits	Modes de transport alternatifs, transports en commun, PDU[40]…	Etat, UE

Tableau 5. Illustration, par l'exemple de la voiture, des différents niveaux d'éco-conception.

[40] Plan de Déplacement Urbain.

Source : *Intégration de l'éco-conception dans les PME. Proposition d'une méthode d'appropriation de savoir-faire pour la conception environnementale des produits*, Stéphane Le Pochat, 2005, mémoire de thèse doctorale.

5 Règles de l'éco-conception

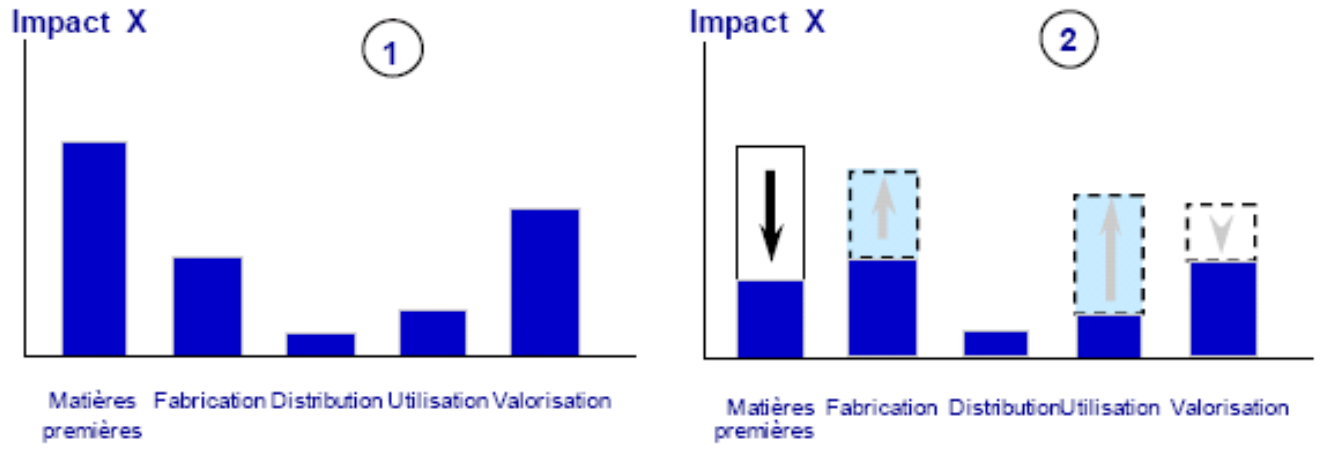
- → Penser approche globale
- → Réfléchir à l'éco-conception le plus en amont possible
- → Eco-concevoir en prenant en compte la stratégie de l'entreprise
- → Impliquer l'ensemble des acteurs agissant sur le cycle de vie du produit
- → Adapter et/ou développer des méthodes et outils

Penser approche globale

→ Multicritère

→ Cycle de vie

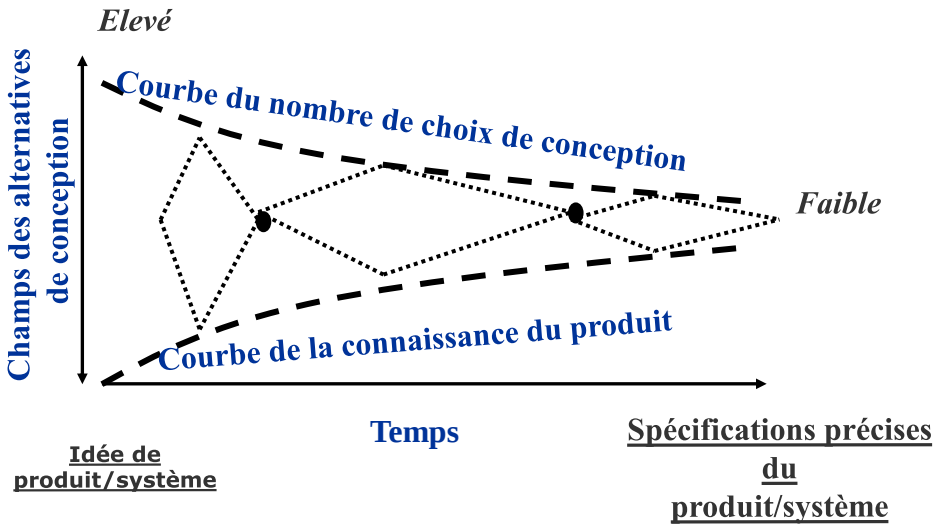
Permet d'éviter les transferts de pollution

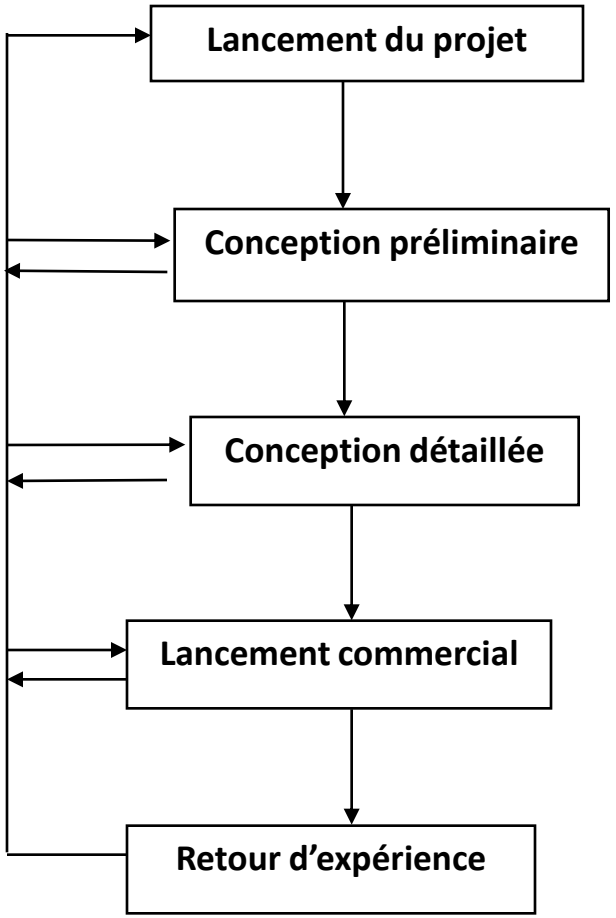


Source : ADEME 2005

Réfléchir à l'éco-conception le plus en amont possible

→ Agir le plus amont dans le processus de conception offre le plus de latitude





Adapter et/ou développer des méthodes et outils

→ **Norme ISO 14062 :** Guide et accompagne les entreprises pour prendre en compte l'environnement dès la phase de conception

→ Pas de méthode spécifique en éco-conception

→ Adaptation à la culture de l'entreprise

→ Ex d'outils : Guides, Check listes …

Eco-conception

Eco-concevoir en prenant en compte la stratégie de l'entreprise

→ Identifier les voies d'amélioration compatibles avec la stratégie de l'entreprise

Impliquer les acteurs agissant sur le cycle de vie du produit

→ **Participation de plusieurs disciplines de l'entreprise :** marketing, achats, R&D, qualité, production…

→ **Implication de nombreux acteurs externes,** impliqués tout au long du cycle de vie (clients , fournisseurs…)

Analyse de Cycle de vie

Méthode d'évaluation environnementale la plus complète et reconnue :

→ **Approche cycle de vie et multicritère**

→ **Méthode normée :** ISO 14040 : 2006 : principes et cadre ;
ISO 14044 : 2006 : exigences et lignes directrices.

Analyse de Cycle de vie

→ **Définition :** Permet d'évaluer les impacts environnementaux que génère un produit, procédé ou service dans le cadre d'une **fonction** particulière, tout au long de son cycle de vie.

→ **Applications :** éco-conception ; comparaison de performances environnementales ; communication.

→ **4 phases :**

1- Définition des objectifs et du champ de l'étude ;

2-Réalisation de l'inventaire des émissions et extractions ;

3-Evaluation de l'impact ;

4- Interprétation.

1- Définition des objectifs et du champ de l'étude :

→ Définition des objectifs :

- Pour quelle application?
- Auprès de quel public?
- Avec quels acteurs?

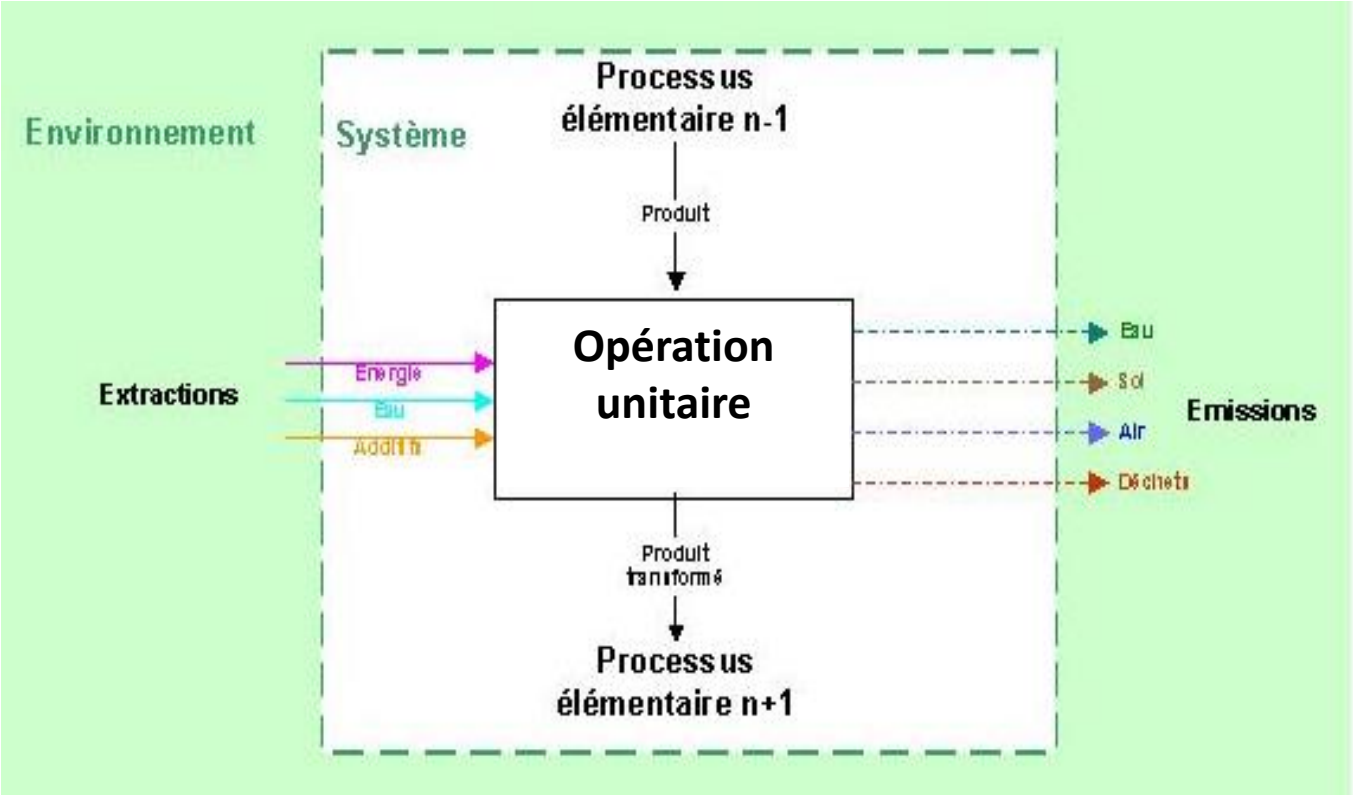
→ Définition du champ de l'étude :

- Détermination du système étudié, de ses limites, de son Unité Fonctionnelle (UF), d'un scénario de référence et d'alternatives.
- Choix d'une méthode d'évaluation des impacts environnementaux.

2- Réalisation de l'inventaire des émissions et extractions :

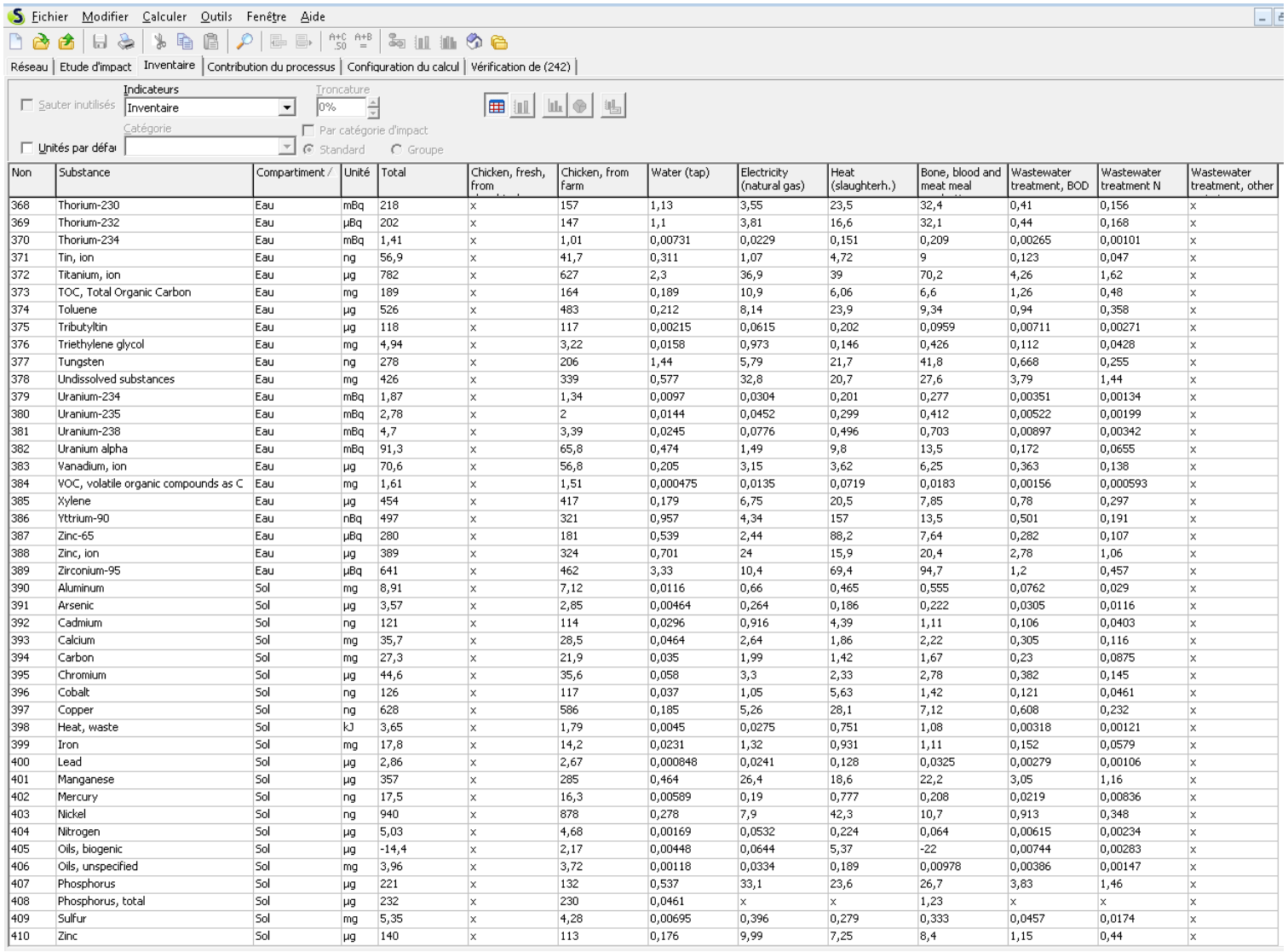
→ **Collecte de données :** Flux maîtrisés. Ex : conso électriques, …

→ **Inventaire des émissions et extractions :** Flux élémentaires



Analyse de Cycle de Vie

Exemple d'inventaire des émissions et extractions :



Fichier Modifier Calculer Outils Fenêtre Aide

Réseau | Etude d'impact | Inventaire | Contribution du processus | Configuration du calcul | Vérification de (242)

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

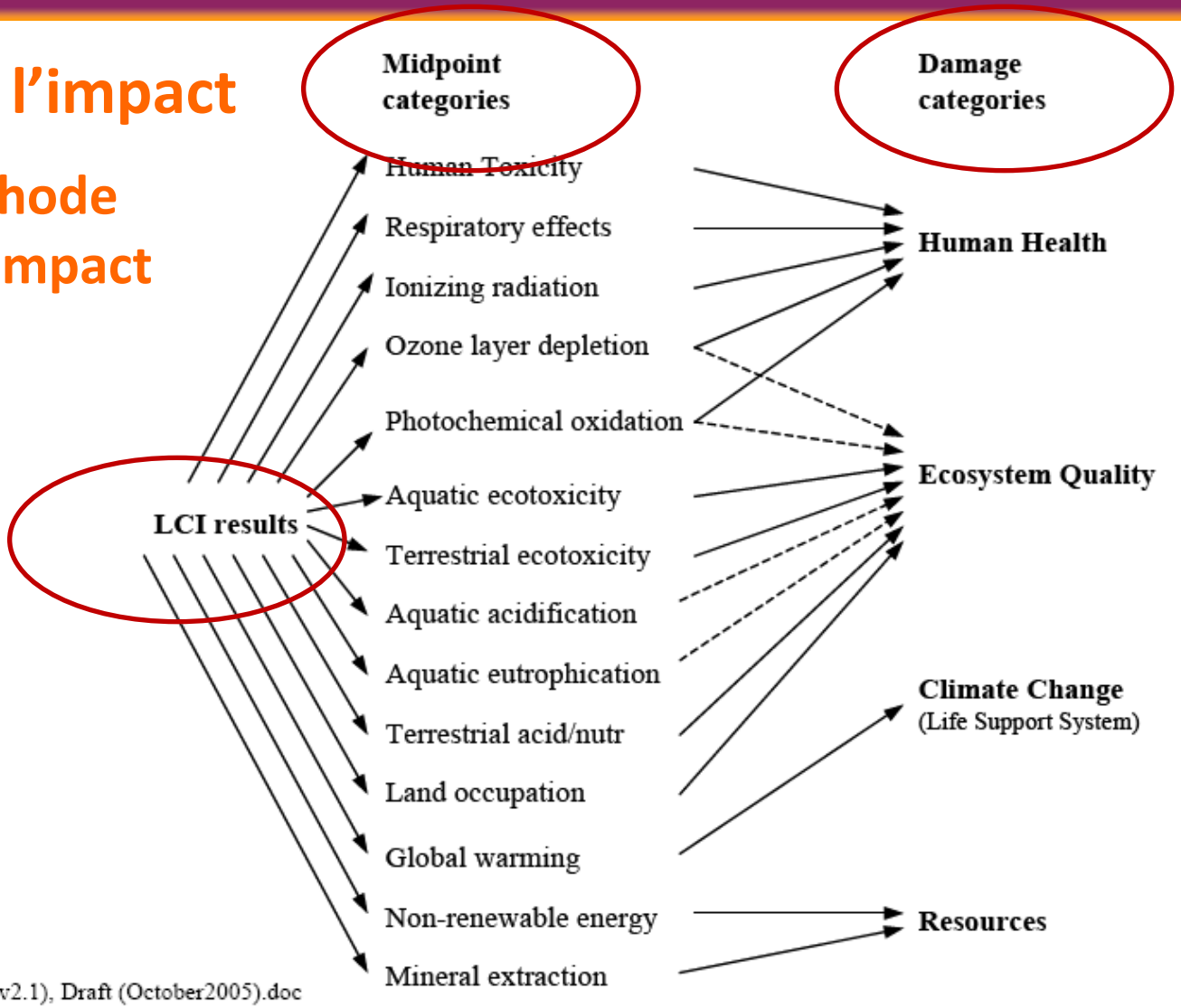
Non	Substance	Compartiment	Unité	Total	Chicken, fresh, from	Chicken, from farm	Water (tap)	Electricity (natural gas)	Heat (slaughterh.)	Bone, blood and meat meal	Wastewater treatment, BOD	Wastewater treatment N	Wastewater treatment, other
368	Thorium-230	Eau	mBq	218	x	157	1,13	3,55	23,5	32,4	0,41	0,156	x
369	Thorium-232	Eau	µBq	202	x	147	1,1	3,81	16,6	32,1	0,44	0,168	x
370	Thorium-234	Eau	mBq	1,41	x	1,01	0,00731	0,0229	0,151	0,209	0,00265	0,00101	x
371	Tin, ion	Eau	ng	56,9	x	41,7	0,311	1,07	4,72	9	0,123	0,047	x
372	Titanium, ion	Eau	µg	782	x	627	2,3	36,9	39	70,2	4,26	1,62	x
373	TOC, Total Organic Carbon	Eau	mg	189	x	164	0,189	10,9	6,06	6,6	1,26	0,48	x
374	Toluene	Eau	µg	526	x	483	0,212	8,14	23,9	9,34	0,94	0,358	x
375	Tributyltin	Eau	µg	118	x	117	0,00215	0,0615	0,202	0,0959	0,00711	0,00271	x
376	Triethylene glycol	Eau	mg	4,94	x	3,22	0,0158	0,973	0,146	0,426	0,112	0,0428	x
377	Tungsten	Eau	ng	278	x	206	1,44	5,79	21,7	41,8	0,668	0,255	x
378	Undissolved substances	Eau	mg	426	x	339	0,577	32,8	20,7	27,6	3,79	1,44	x
379	Uranium-234	Eau	mBq	1,87	x	1,34	0,0097	0,0304	0,201	0,277	0,00351	0,00134	x
380	Uranium-235	Eau	mBq	2,78	x	2	0,0144	0,0452	0,299	0,412	0,00522	0,00199	x
381	Uranium-238	Eau	mBq	4,7	x	3,39	0,0245	0,0776	0,496	0,703	0,00897	0,00342	x
382	Uranium alpha	Eau	mBq	91,3	x	65,8	0,474	1,49	9,8	13,5	0,172	0,0655	x
383	Vanadium, ion	Eau	µg	70,6	x	56,8	0,205	3,15	3,62	6,25	0,363	0,138	x
384	VOC, volatile organic compounds as C	Eau	mg	1,61	x	1,51	0,000475	0,0135	0,0719	0,0183	0,00156	0,000593	x
385	Xylene	Eau	µg	454	x	417	0,179	6,75	20,5	7,85	0,78	0,297	x
386	Yttrium-90	Eau	nBq	497	x	321	0,957	4,34	157	13,5	0,501	0,191	x
387	Zinc-65	Eau	µBq	280	x	181	0,539	2,44	88,2	7,64	0,282	0,107	x
388	Zinc, ion	Eau	µg	389	x	324	0,701	24	15,9	20,4	2,78	1,06	x
389	Zirconium-95	Eau	µBq	641	x	462	3,33	10,4	69,4	94,7	1,2	0,457	x
390	Aluminum	Sol	mg	8,91	x	7,12	0,0116	0,66	0,465	0,555	0,0762	0,029	x
391	Arsenic	Sol	µg	3,57	x	2,85	0,00464	0,264	0,186	0,222	0,0305	0,0116	x
392	Cadmium	Sol	ng	121	x	114	0,0296	0,916	4,39	1,11	0,106	0,0403	x
393	Calcium	Sol	mg	35,7	x	28,5	0,0464	2,64	1,86	2,22	0,305	0,116	x
394	Carbon	Sol	mg	27,3	x	21,9	0,035	1,99	1,42	1,67	0,23	0,0875	x
395	Chromium	Sol	µg	44,6	x	35,6	0,058	3,3	2,33	2,78	0,382	0,145	x
396	Cobalt	Sol	ng	126	x	117	0,037	1,05	5,63	1,42	0,121	0,0461	x
397	Copper	Sol	ng	628	x	586	0,185	5,26	28,1	7,12	0,608	0,232	x
398	Heat, waste	Sol	kJ	3,65	x	1,79	0,0045	0,0275	0,751	1,08	0,00318	0,00121	x
399	Iron	Sol	mg	17,8	x	14,2	0,0231	1,32	0,931	1,11	0,152	0,0579	x
400	Lead	Sol	µg	2,86	x	2,67	0,000848	0,0241	0,128	0,0325	0,00279	0,00106	x
401	Manganese	Sol	µg	357	x	285	0,464	26,4	18,6	22,2	3,05	1,16	x
402	Mercury	Sol	ng	17,5	x	16,3	0,00589	0,19	0,777	0,208	0,0219	0,00836	x
403	Nickel	Sol	ng	940	x	878	0,278	7,9	42,3	10,7	0,913	0,348	x
404	Nitrogen	Sol	µg	5,03	x	4,68	0,00169	0,0532	0,224	0,064	0,00615	0,00234	x
405	Oils, biogenic	Sol	µg	-14,4	x	2,17	0,00448	0,0644	5,37	-22	0,00744	0,00283	x
406	Oils, unspecified	Sol	mg	3,96	x	3,72	0,00118	0,0334	0,189	0,00978	0,00386	0,00147	x
407	Phosphorus	Sol	µg	221	x	132	0,537	33,1	23,6	26,7	3,83	1,46	x
408	Phosphorus, total	Sol	µg	232	x	230	0,0461	x	x	1,23	x	x	x
409	Sulfur	Sol	mg	5,35	x	4,28	0,00695	0,396	0,279	0,333	0,0457	0,0174	x
410	Zinc	Sol	µg	140	x	113	0,176	9,99	7,25	8,4	1,15	0,44	x

Figure : Exemple d'Inventaire de Cycle de Vie (ICV) réalisé par le logiciel SIMAPRO à partir du module « Chicken, fresh, from slaughterhouse » de la base de données LCA food DK.

3- Evaluation de l'impact

→ Exemple de méthode d'évaluation de l'impact

IMPACT 2002+



Source : IMPACT2002+ UserGuide (for v2.1), Draft (October2005).doc

Figure 2-3.1: Overall scheme of the IMPACT 2002+ framework, linking LCI results via the midpoint categories to damage categories, based on Jolliet et al. (2003a)

Interprétation des résultats

→ Doit être menée conformément aux objectifs et au champ de l'étude

→ Doit permettre d'identifier les enjeux environnementaux de l'étude et les actions à mener prioritairement

Exemple d'application

ECO-conception de PROcédés à Membranes

→ Cascade d'opérations à membrane permettant d'extraire 2 protéines (α-lactalbumine et β-lactoglobuline) à propriétés ciblées, à partir du lait

→ Secteur agro-alimentaire

Soutien financier de l'Agence Nationale de la Recherche, Projet ECOPROM

→ Projet ANR-06-PNRA-015 - 01/2007-01/2011

Consortium :

→ Laboratoires de recherche : filtration membranaire/éco-conception

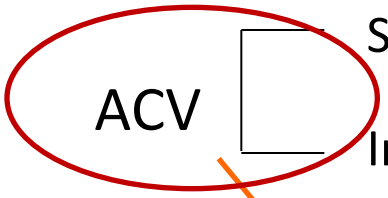
→ Bureau d'études et de recherche en environnement

→ Cabinet de consultants

→ Equipementier d'installations de filtration

→ Groupe industriel du secteur agro-alimentaire

Exemple d'application : Objectifs



Sources d'impacts

Impacts

Stratégie de l'entreprise

Préconisations d'éco-conception

Objectif

Développer une démarche pour l'éco-conception des procédés à membranes en industrie laitière

ACV : Système

Production du lait

Transport

Lait

Frontières du système

Transformation du lait

Transport

Purification par procédés membranaires & séchage

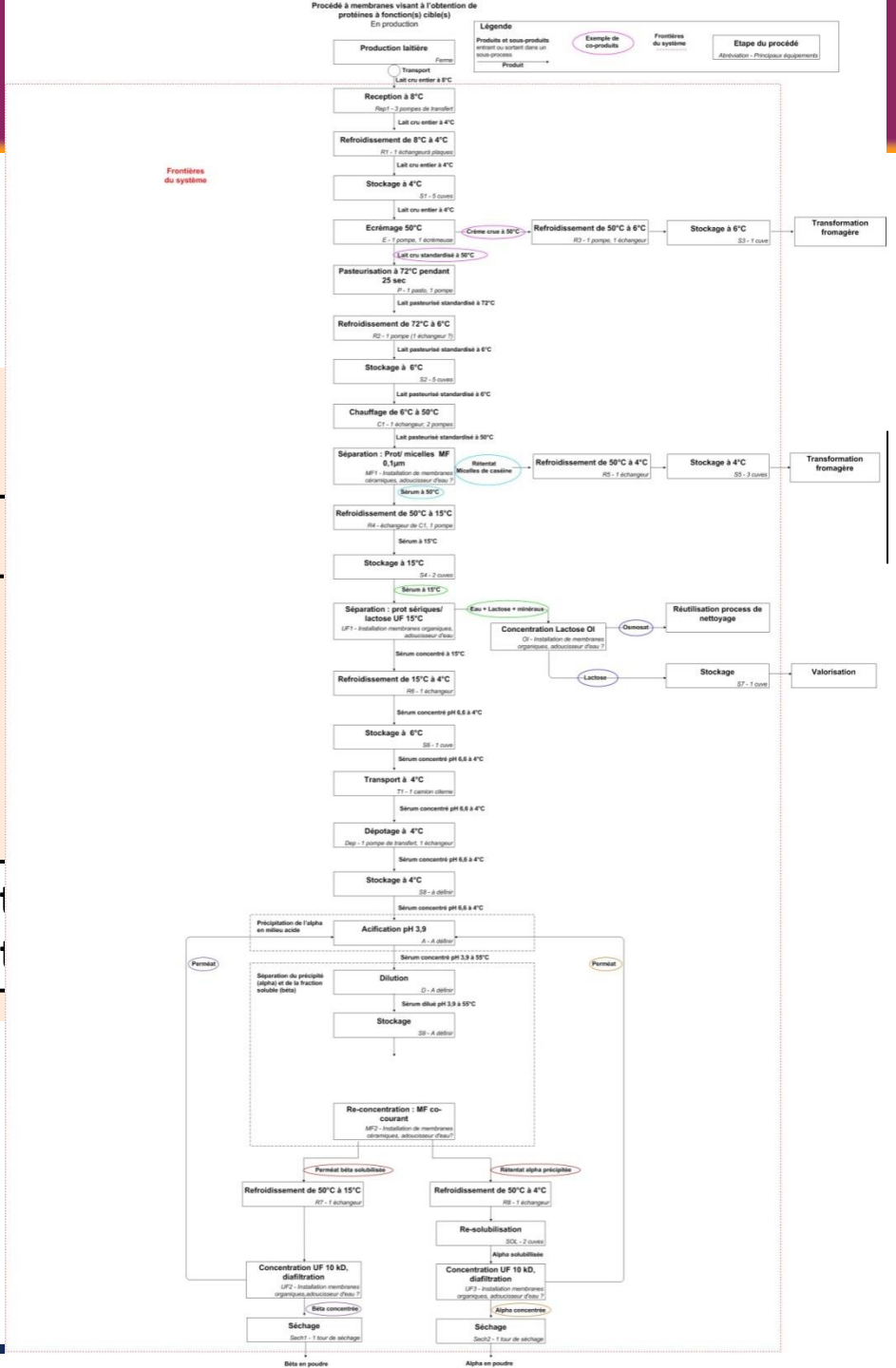
Traitement effluent

Poudre d'α-lactalbumine

Poudre de β-lactoglobumine

Commercialisation, consommation…

Commercialisation, consommation…



ACV : Champ 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)

ACV : Champ de l'étude

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 : Inventaire

Inventaire

→ Collecte de données spécifiques : flux maîtrisés calculés au niveau de chaque opération unitaire

4 sous-systèmes

→ Transformation

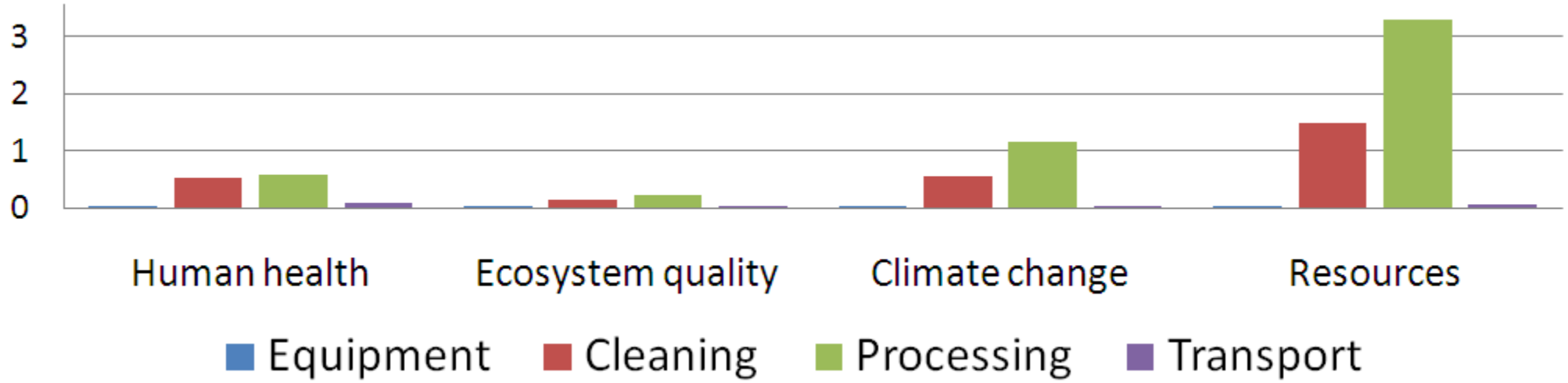
→ Nettoyage

→ Equipements

→ Transport

ACV : Résultats et discussion

Système



Dommages normalisés d'après la méthode IMPACT 2002+

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

ACV : Résultats et discussion

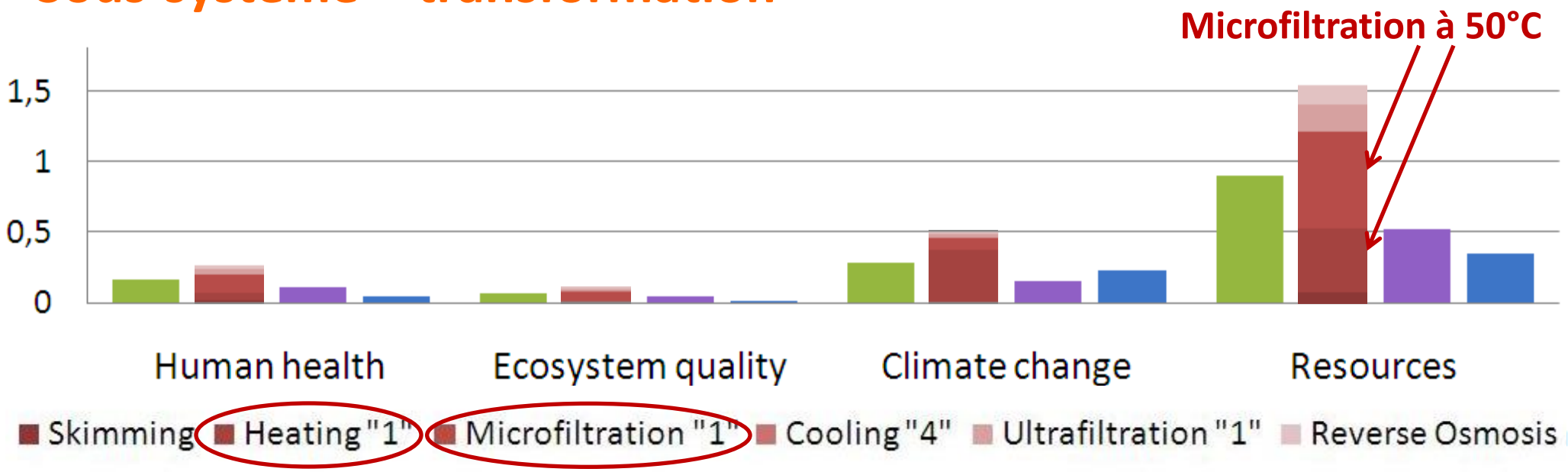
Sous-système « transformation » : 4 fonctions

Fonctions	Opération unitaires
1- Maîtrise de la qualité microbiologique des produits	Pasteurisation et succession de refroidissements
2- Transformation du lait pour la fabrication des co-produits	MF à 50°C, UF à 15°C, OI à 15°C, Ecrémage
3- Purification et concentration de 2 fractions protéiques : α et β	Acidification, MF à 50°C, solubilisation et 2 UF à 15°C
4- Formation de poudre de protéines α et β	2 Séchages

MF : Microfiltration. **UF :** Ultrafiltration. **OI :** Osmose Inverse.

ACV : Résultats et discussion

Sous-système « transformation »

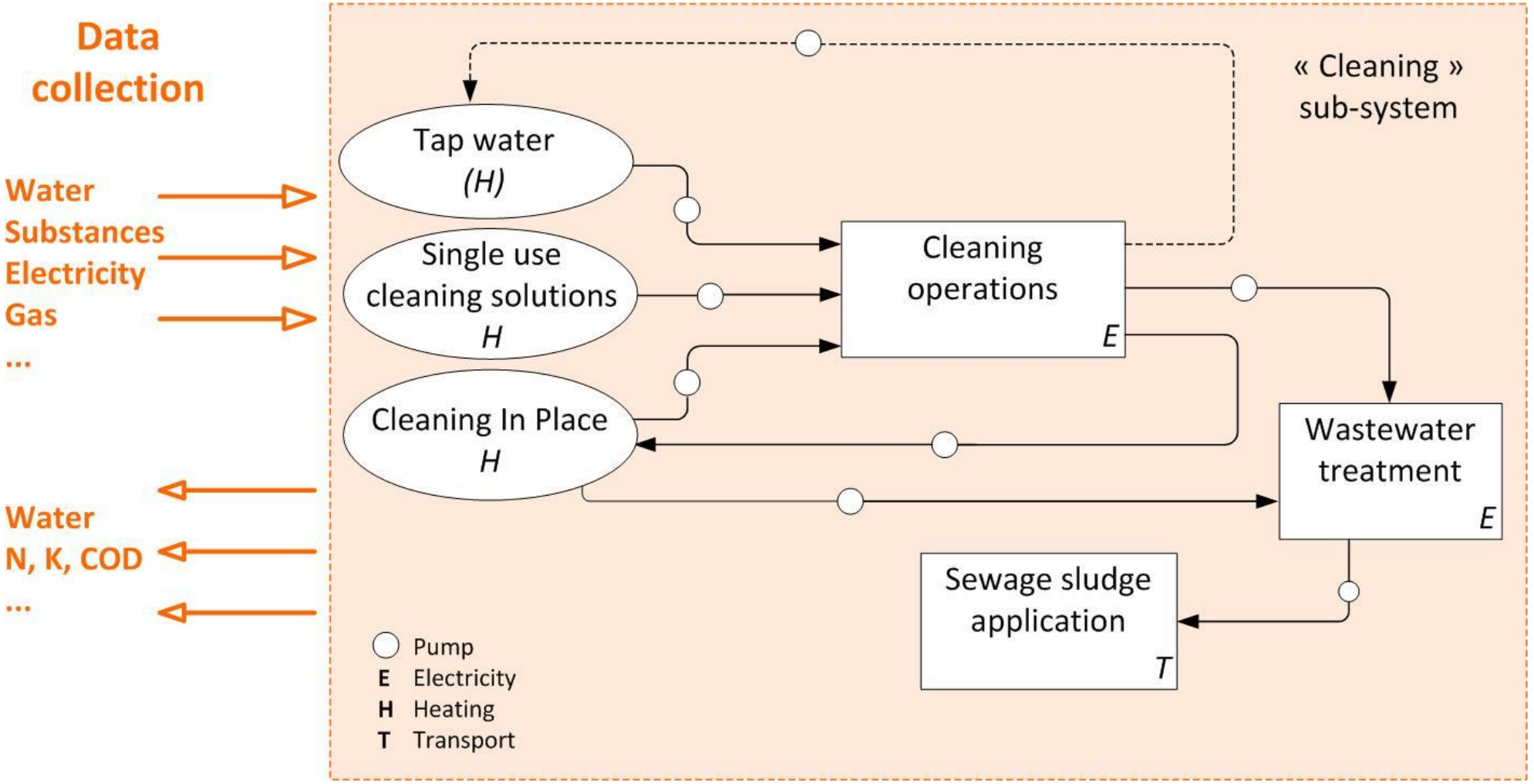


Dommages normalisés d'après la méthode IMPACT 2002+

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

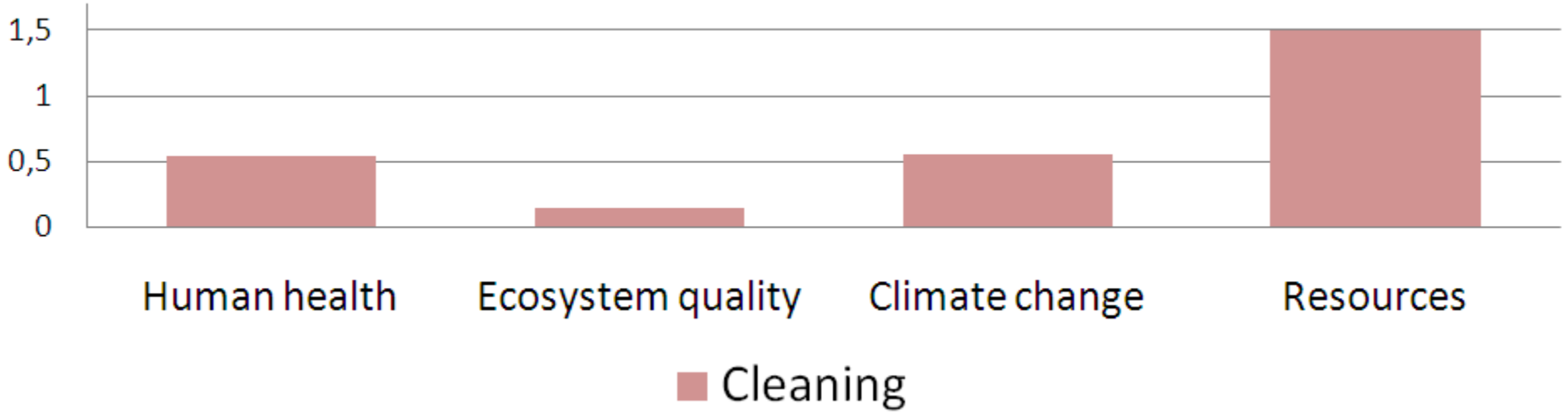
ACV : Résultats et discussion

Sous-système « nettoyage »



ACV : Résultats et discussion

Sous-système « nettoyage »



Dommages normalisés d'après la méthode IMPACT 2002+

→ Epuisement des ressources : principalement électricité consommée pour le traitement des effluents, mais aussi chauffage et production des solutions à usage unique : nettoyages membranaires prépondérants

→ Sous-estimation de l'impact des nettoyages car non-prise en compte de l'impact environnemental des prélèvements d'eau douce sur l'environnement par les méthodes d'ACV

ACV : Conclusions

Identification des leviers d'amélioration

2 sous-systèmes prépondérants

Transformation

Nettoyages

Economies de ressources

→ Energie

→ Eau

→ Substances

→ Lait (cf. données bibliographiques)

ACV : Conclusions

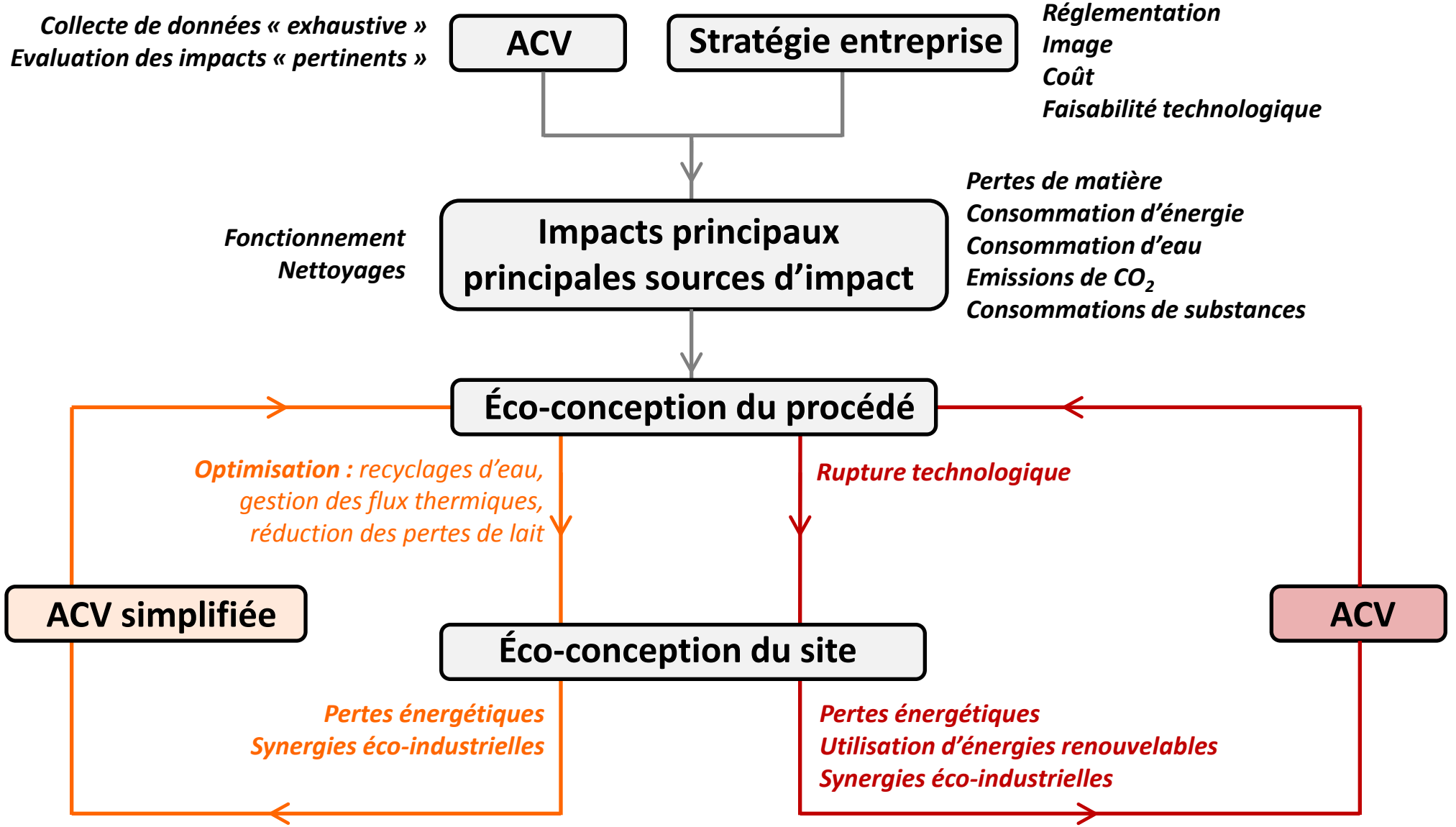
Voies d'améliorations en cours d'analyse

→ **Remplacement MF à 50°C par MF à froid :** modifications de process nécessaires

→ **Comparaison avec autre technologie :** chromatographie avec redimensionnement de l'opération unitaire avale

→ **Mise en place de recyclages d'eau pour les nettoyages :** avec développement d'un indicateur de consommations d'eau

De l'ACV à l'éco-conception



Merci de votre attention