



Rapport final

# Modélisation des impacts environnementaux du cycle de vie de modèle économique émergent : Cas de l'économie de fonctionnalité

## Revue de littérature

---

Sylvain Cordier, PhD.

Léontine du Reau, M.Env.

Pr. Ben Amor, Ing. PhD.



# Sommaire

---

- I. Introduction
- II. Méthode
- III. Résultats de la revue de littérature
  - 1. Études de cas de comparaisons
  - 2. Résumé des paramètres importants
  - 3. Défis et limites de modélisation
  - 4. Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS
- IV. Limites de la revue de littérature

# I. Introduction – Objectif & Définition

**Objectif principal du projet:** Mettre en avant l'état de l'art des études scientifiques en analyse du cycle de vie (ACV) et économie de la fonctionnalité (EF)

## Sous-objectifs:

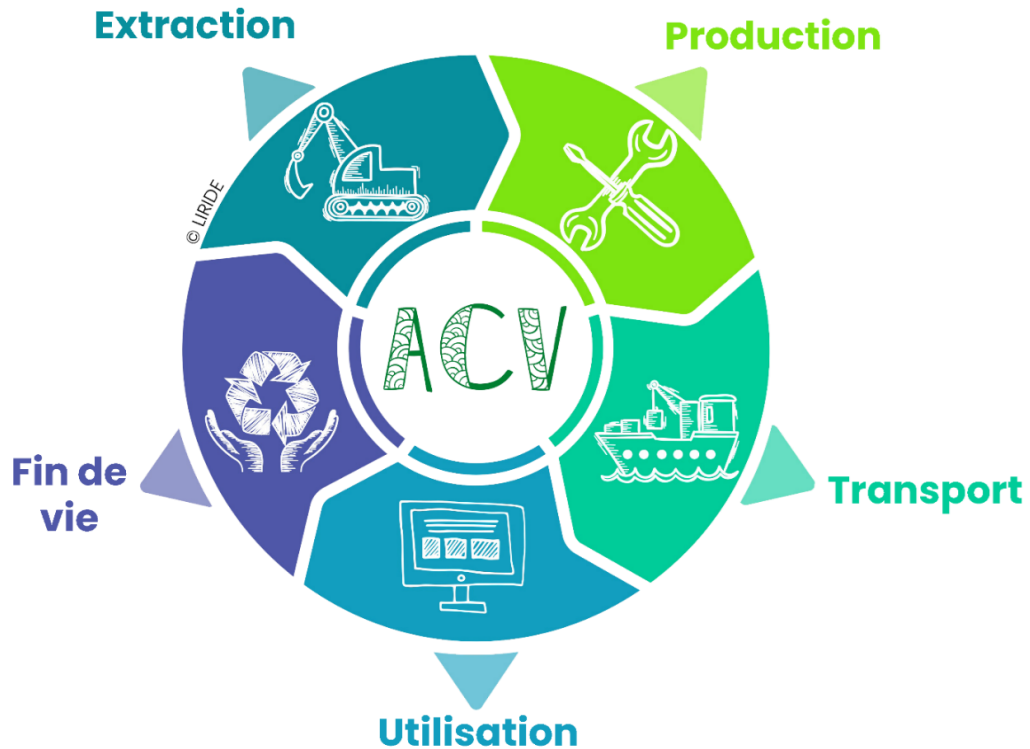
1. Identifier les paramètres clefs d'une analyse de cycle de vie de cas d'EF.
2. Montrer les lacunes des modélisations en ACV de l'EF.



# I. Introduction - ACV

## Définition:

L'approche cycle de vie vise la prise en compte des impacts environnementaux d'un produit ou un service tout au long de son cycle de vie (du berceau au tombeau ou du berceau au berceau).  
*Définitions adaptées de ISO 14040 (2006)*



Elle permet la quantification des impacts environnementaux comme:

- *Changements climatiques*
- *Dommmages sur les écosystèmes*
- *L'utilisation des ressources*
- *Dommmages sur la santé humaine*

# I. Introduction – Objectif & Définition

## Définition:

L'ADEME définit, en 2017, l'économie de la fonctionnalité en ces termes :

« L'économie de la fonctionnalité consiste à fournir aux entreprises, individus ou territoires, des solutions intégrées de services et de biens reposant sur la vente d'une performance d'usage ou d'un usage, et non sur la simple vente de biens. Ces solutions doivent permettre une moindre consommation des ressources naturelles dans une perspective d'économie circulaire, un accroissement du bien-être des personnes et un développement économique. » (ADEME, 2017)



# I. Introduction - Exemples

## Exemple de Michelin:

Ne plus vendre les pneus et intégrer **une prise en charge de l'ensemble du cycle de vie** chez le client utilisateur (ex: ajuster le gonflage qui a une incidence sur la consommation, conseil de conduite pour les chauffeurs, recréuse et remanufacture les pneus, prend en charge la fin de vie.) (Vaileanu-Paun & Boutillier, 2012; MICHELIN® FLEET SOLUTIONS™, s. d.)

Le client ne paie plus les pneus, mais le kilomètre parcouru.



# I. Introduction - Exemples

Exemple de Dumont énergie:

Développement d'un nouveau modèle en économie de la fonctionnalité: fournir un confort thermique, de façon plus globale, avec de la coopération.

Le client n'achète plus une chaudière, mais paie un service de confort thermique adapté à ses besoins et optimisé. (*Génie climatique pour professionnels ou particuliers*, 2019)



Créateurs de solutions énergétiques



# I. Introduction - Exemples

## Exemple de Decathlon:

Aller au-delà de la location avec des services de location par activités dont les conditions évoluent en fonction de l'usage. Ex: Une planche de surf qui va être un modèle différent à chaque étape du développement sportif du client.

L'objectif est de répondre à la mission de l'entreprise de rendre le sport accessible à tous, de diminuer l'impact de ses produits, de favoriser l'écoconception, l'entretien ainsi qu'une meilleure gestion en fin de vie des produits.

Le client n'achète plus des articles de sports, ni ne loue uniquement un type de biens, mais paie un service de mise à disposition d'articles de sports adaptés à ses besoins évolutifs selon sa pratique de l'activité et les saisons.

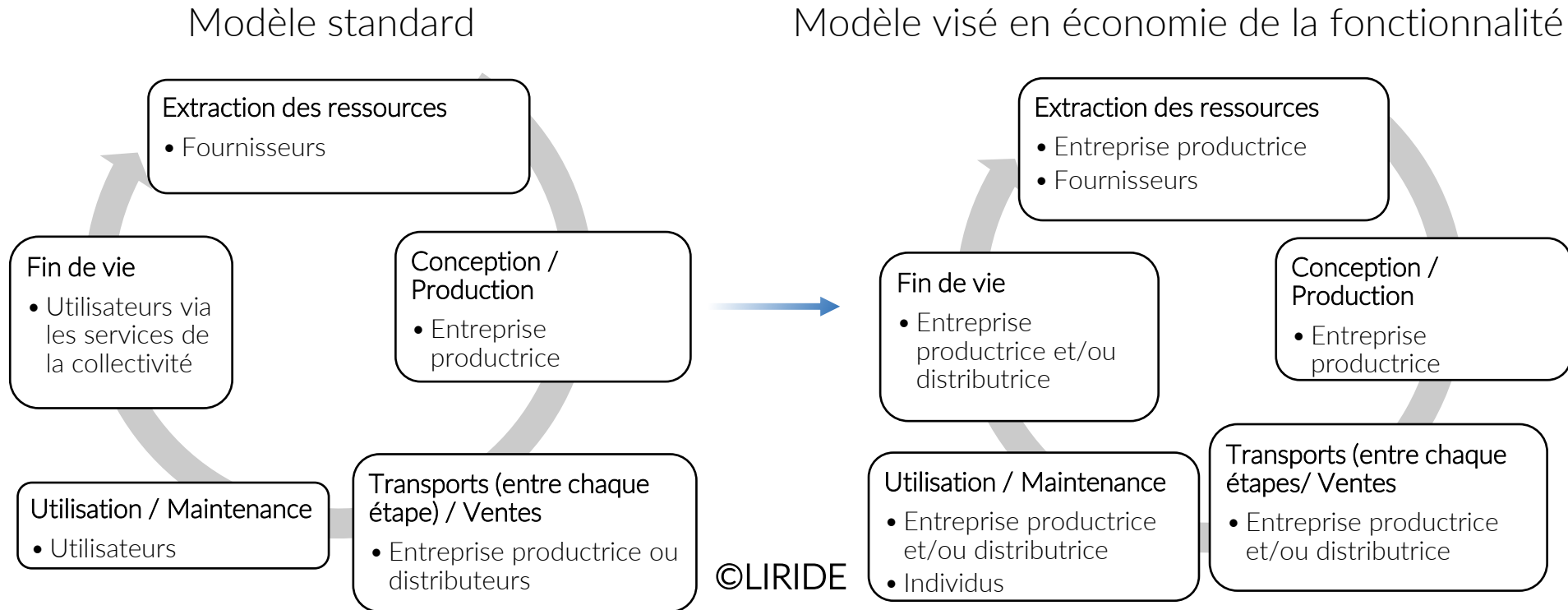




# I. Introduction

L'économie de la fonctionnalité vient influencer, théoriquement, plusieurs aspects du cycle de vie d'un produit. Notamment l'entité responsable de chaque étape du cycle de vie

Ainsi, si l'on prend un cycle de vie d'un produit vendu (ex: une machine à laver)



©LIRIDE

# I. Introduction

Dans une optique de cycle de vie, l'économie de la fonctionnalité viendrait donc influencer plusieurs aspects de chaque étape, créant de nouvelles avenues de réduction des impacts, mais également de nouveaux défis.

**1: Extraction des matières premières / approvisionnement:** dans certains cas, l'EF pourrait améliorer l'approvisionnement en pièces et matières recyclées puisque l'entreprise, en optimisant la fin de vie, peut développer des solutions de recyclage.

**2: Production:** L'entreprise en EF aura tendance à utiliser plus de stratégie d'écoconception (durabilité des matériaux et composants, optimisation de la réparabilité, diminution de la consommation d'énergie et d'intrant pour les phases de consommation, optimisation de la FdV).

**3:Transport:** Les phases de transport sont potentiellement plus nombreuses (si les équipements sont déplacés entre des contrats de service). Mais elles restent sous la responsabilité de l'entreprise et peuvent être optimisées.

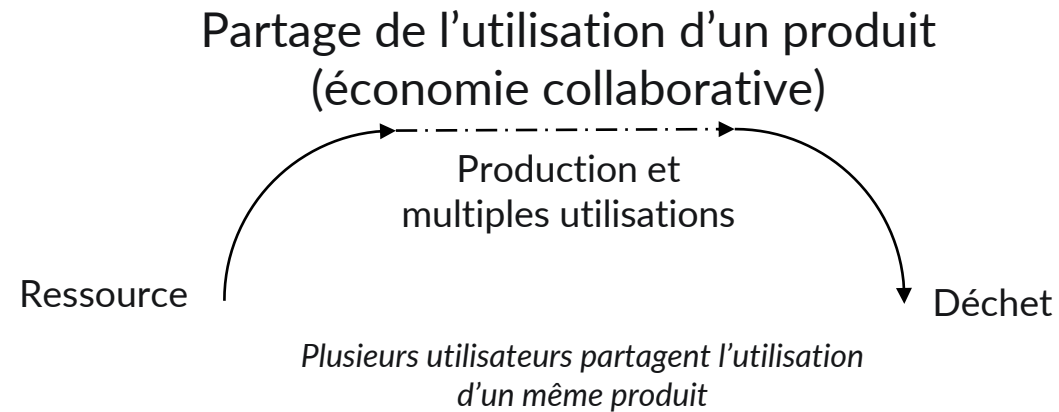
**4: Utilisation / maintenance:** l'utilisation va être optimisée, et la maintenance également, puisque l'entreprise reste propriétaire du bien tout au long du cycle de vie et va s'assurer d'une utilisation optimale.

**5: Fin de vie:** L'entreprise peut optimiser les phases de fin de vie, de démantèlement, et de récupération des matériaux.

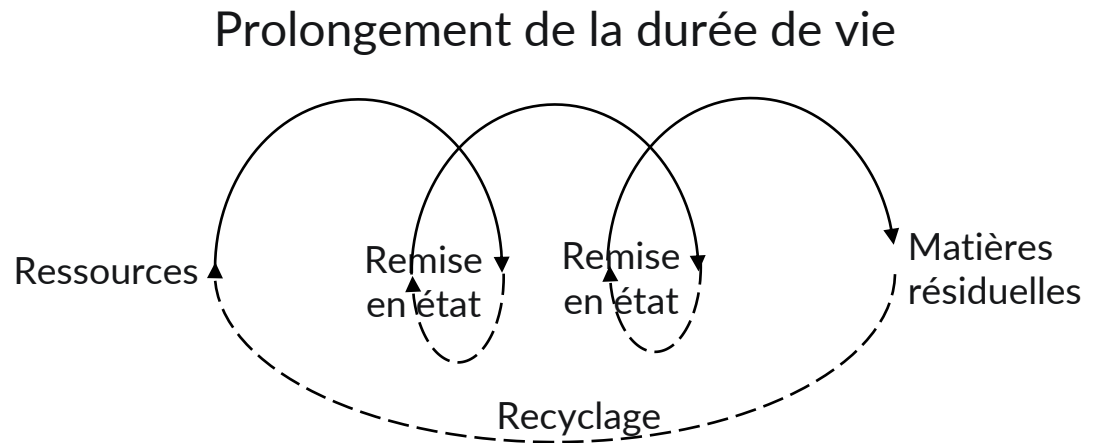


# I. Introduction

Dans une optique de cycle de vie, l'économie de la fonctionnalité viendrait donc influencer plusieurs aspects de chaque étape, créant de nouvelles avenues de réduction des impacts, mais également de nouveaux défis.



Remy Le Moigne, 2014



Remy Le Moigne, 2018



# I. Introduction

Dans la présente étude, des modèles complémentaires à celui d'économie de la fonctionnalité ont été explorés :

Concepts	Retenus dans le cadre de l'étude	Exclus dans le cadre de l'étude	Justification
Économie de la fonctionnalité	X		Modèle initiale
Location	X		Présente des impacts sur le cycle de vie qui se rapprochent de l'économie de la fonctionnalité
Partage : entreprise mettant à disposition ou facilitant la mise à disposition pour les particuliers	X		Le partage va faire augmenter l'intensité des usages du bien mais ne va pas forcément influencer les mécanismes de maintenance, l'éco-conception ou la gestion de la fin de vie, sauf si celui-ci est encadré par une entreprise.
Partage : économie d'égal à égal ( <i>peer-to-peer economy</i> )		X	Les conditions du cycle de vie ne sont pas les mêmes et n'entraînent pas un processus d'écoconception ou un contrôle de l'entretien / réparation.
Système Produit/Service	X		Les systèmes produits services peuvent être semblables à des modèles d'économie de la fonctionnalité si et seulement si les paramètres du service ne sont pas la seule distinction avec un modèle classique. En effet, pour être comparable à de l'économie de la fonctionnalité, le SPS doit venir modifier les étapes du cycle de vie ainsi que la conception du produit en lui-même, en plus de l'associer à une forme de service complémentaire (Scheepens <i>et al.</i> , 2016).

# Sommaire

---

- I. Introduction
- II. **Méthode**
- III. Résultats de la revue de littérature
  - 1. Études de cas de comparaisons
  - 2. Résumé des paramètres importants
  - 3. Défis et limites de modélisation
  - 4. Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS
- IV. Limites de la revue de littérature



## II. Méthode

Principaux mots clés :

« économie circulaire », « économie du partage », « économie de la fonctionnalité », « système produit-service (*product service system - PSS*) », et « analyse du cycle de vie »

Bases de données :

Science Direct, Scopus et Google Scholar

Sélection :

Titre > abstract > résultats et méthode

Revue de littérature, méthodes, et cas d'étude

Articles jugés pertinents :

23 (dont 3 revues de littérature, 1 méta-analyse)



# Sommaire

---

- I. Introduction
- II. Méthode
- III. Résultats de la revue de littérature
  - 1. Études de cas de comparaisons**
  - 2. Résumé des paramètres importants
  - 3. Défis et limites de modélisation
  - 4. Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS
- IV. Limites de la revue de littérature

# III. 1 – Études de cas – 1) Buandries (Suède)

Objectif: Comparer une buanderie partagée aux buanderies privées pour le linge domestique.

Unité fonctionnelle: Laver et sécher 1 kg de vêtements.

## Scénarios des buanderies:

- a. Privée
- b. Partagée semi-professionnelle
- c. Partagée professionnelle

\*Hypothèse pour considérer les émissions liées à l'utilisation du bâtiment: Les émissions d'un bâtiment sont tirées de rapports suédois sur l'efficacité énergétique au m<sup>2</sup> des bâtiments.

Principaux paramètres:		
m <sup>2</sup> / Laveuse+sécheuse	Cycles Lavage+séchage	kg chargés / cycle
a) 1	a) 2 000	a) 3
b) 5	b) 22 000	b) 3.6
c) 5	c) 35 000	c) 6





# III. 1 – Études de cas – 1) Buandries (Suède)

**Objectif:** Comparer une buanderie partagée aux buandries privées pour le linge domestique.

**Unité fonctionnelle:** Laver et sécher 1 kg de vêtements.

## Scénarios des buandries:

- a. Privée
- b. Partagée semi-professionnelle
- c. Partagée professionnelle

**\*Hypothèse pour considérer les émissions liées à l'utilisation du bâtiment:** Les émissions d'un bâtiment sont tirées de rapports suédois sur l'efficacité énergétique au m<sup>2</sup> des bâtiments.

Les émissions allouées au bâtiment sont plus importantes pour le scénario a), puis le b), puis le c) car d'après les paramètres, le m<sup>2</sup> alloué au kg de vêtements lavé et séché est le suivant:

$$\mathbf{a) 1.67E-04 > b) 6.31E-05 > c) 2.38E-05 \text{ m}^2/\text{kg}}$$



# III. 1 – Études de cas – 1) Buandries (Suède)

Objectif: Comparer une buanderie partagée aux buandries privées pour le linge domestique.

Unité fonctionnelle: Laver et sécher 1 kg de vêtements.

## Scénarios des buandries:

- a. Privée
- b. Partagée semi-professionnelle
- c. Partagée professionnelle

Facteurs d'émissions alloués au bâtiment par m<sup>2</sup>/kg

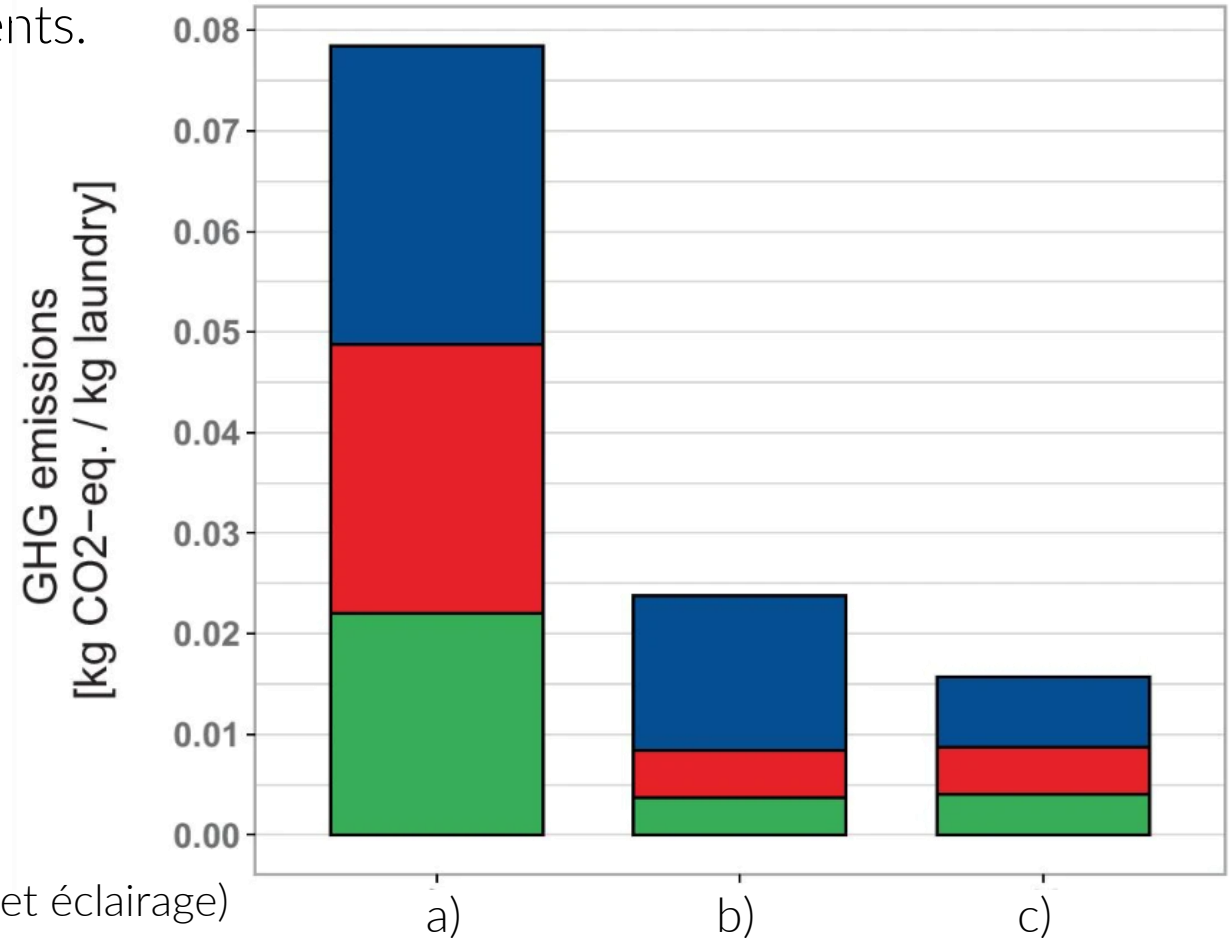
- a) 1.67E-04
- b) 6.31E-05
- c) 2.38E-05



LIRIDE

Bien d'équipement :

- Bâtiment (chauffage et éclairage)
- Sèche-linge
- Lave-linge



Klint et Peters (2021)

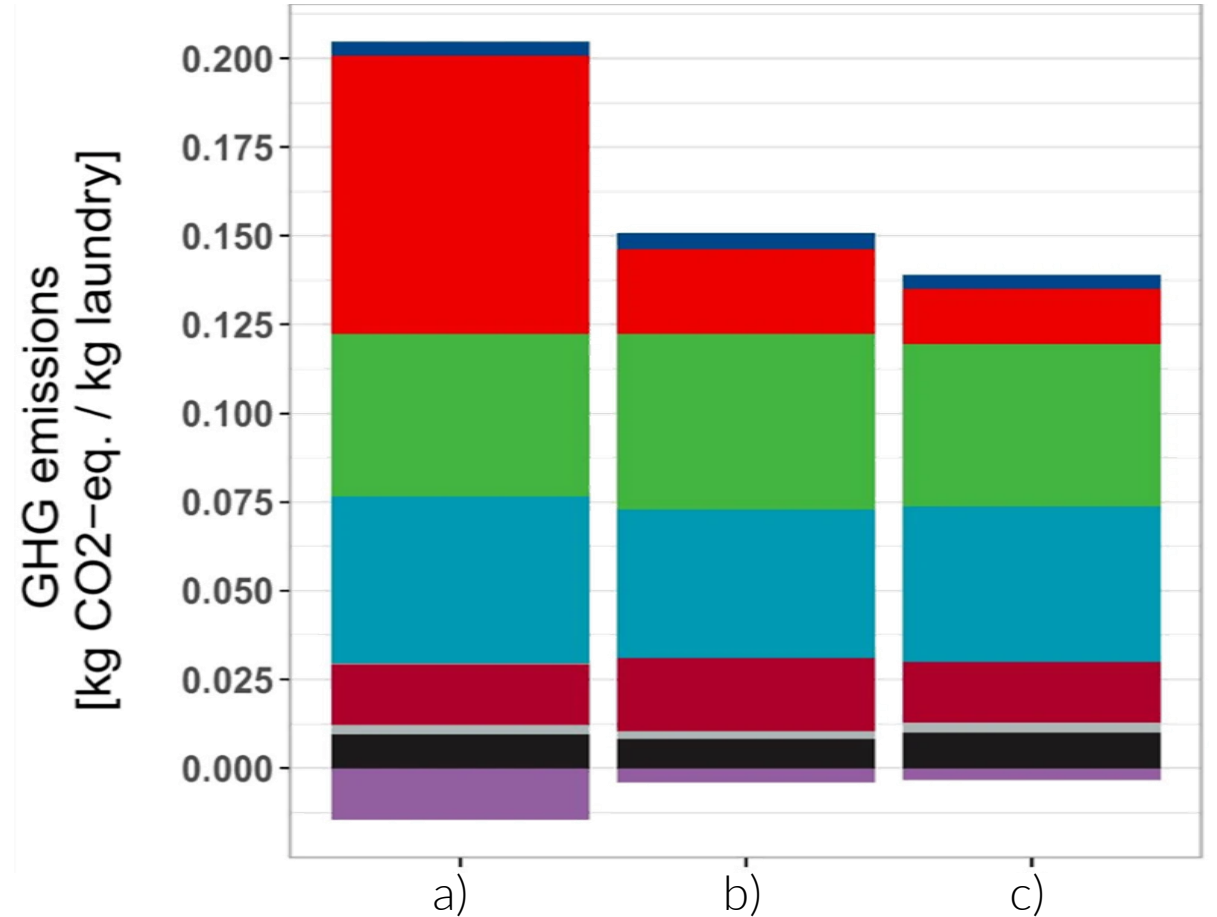
# III. 1 – Études de cas – 1) Buandries (Suède)

Objectif: Comparer une buanderie partagée aux buandries privées pour le linge domestique.

Unité fonctionnelle: Laver et sécher 1 kg de vêtements.

## Scénarios des buandries:

- a. Privée
- b. Partagée semi-professionnelle
- c. Partagée professionnelle



Klint et Peters (2021)



### III. 1 – Études de cas – 1) Buandries (Suède)

Objectif: Comparer une buanderie partagée aux buandries privées pour le linge domestique.

Unité fonctionnelle: Laver et sécher 1 kg de vêtements.

Scénarios des buandries	Acidification de l'eau [Mole de H+ eq.]	Eutrophisation de l'eau douce [kg P eq.]	Raréfaction de l'eau [m <sup>3</sup> equiv.]	Utilisation des ressources [MJ]
a) Privée	<u>7.43E-04</u>	<u>8.58E-05</u>	0.150	<u>6.28</u>
b) Partagée ½ pro.	6.72E-04	4.96E-05	<u>0.153</u>	5.50
c) Partagée pro.	6.40E-04	5.02E-05	0.140	5.55

**Interprétation:** Le scénario privé impacte le plus sur presque toutes les catégories.



# III. 1 – Études de cas – 1) Buandries (Suède)

**Limite** : Nombre d'appartements pour un groupe de laveuse – sècheuse partagées ?

- Considérer le nombre d'appartements dans le bâtiment permet de déterminer la différence de surface utilisée entre le bâtiment privé et le bâtiment partagé.

Dans le scénario privé (a), le groupe laveuse – sècheuse occupe 1 m<sup>2</sup>.

Dans les scénarios partagés (b et c) le groupe laveuse – sècheuse occupe 5 m<sup>2</sup>.

- A partir de 6 appartements, qui partagent un groupe de laveuse – sècheuse, il y a un gain de surface grâce aux scénarios partagés.

Quels seraient les impacts par rapport à ce gain de surface ?



# III. 1 – Études de cas – 2) Tronçonneuse électrique (Suède)

Objectif: Comparer la location et la vente d'une tronçonneuse électrique avec batterie.

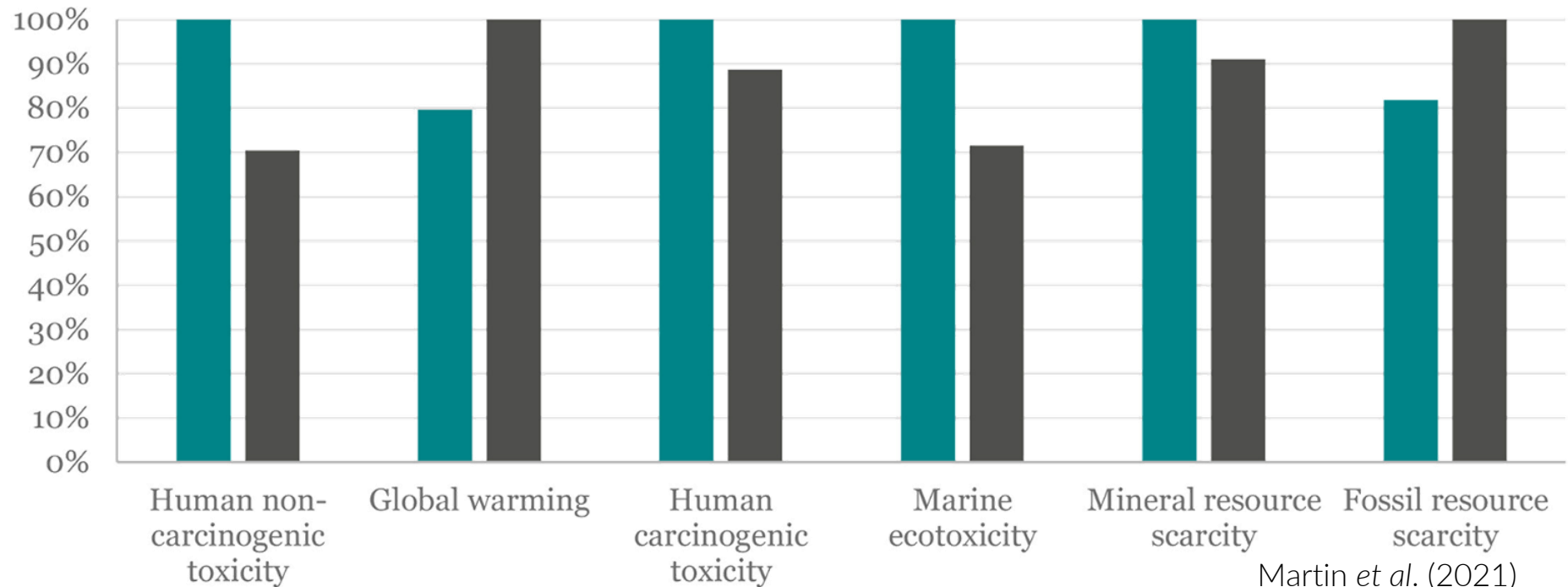
## Scénarios - Tronçonneuses:

- a. Location - Série Pro. 535LiX
- b. Vente - Entrée de gamme 120i

## Principaux paramètres:

Produit / usage différent	Durée de vie
a) 1/20	a) 4 ans
b) 20/20	b) 10 ans

- a) 535iXP
- b) 120i



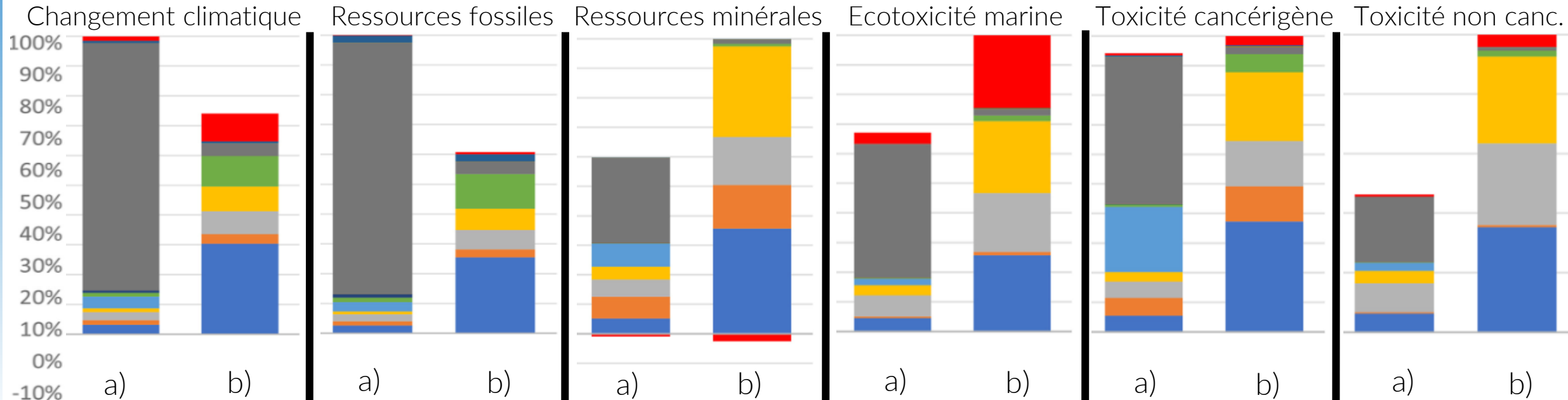
Martin et al. (2021)

# III. 1 – Études de cas – 2) Tronçonneuse électrique (Suède)

Objectif: Comparer la location et la vente d'une tronçonneuse électrique avec batterie.

Unité fonctionnelle: Faire 20 élagages de 45 mins par an.

**Scénarios - Tronçonneuses:**  
 a. Location - Série Pro. 535LiX  
 b. Vente - Entrée de gamme 120i



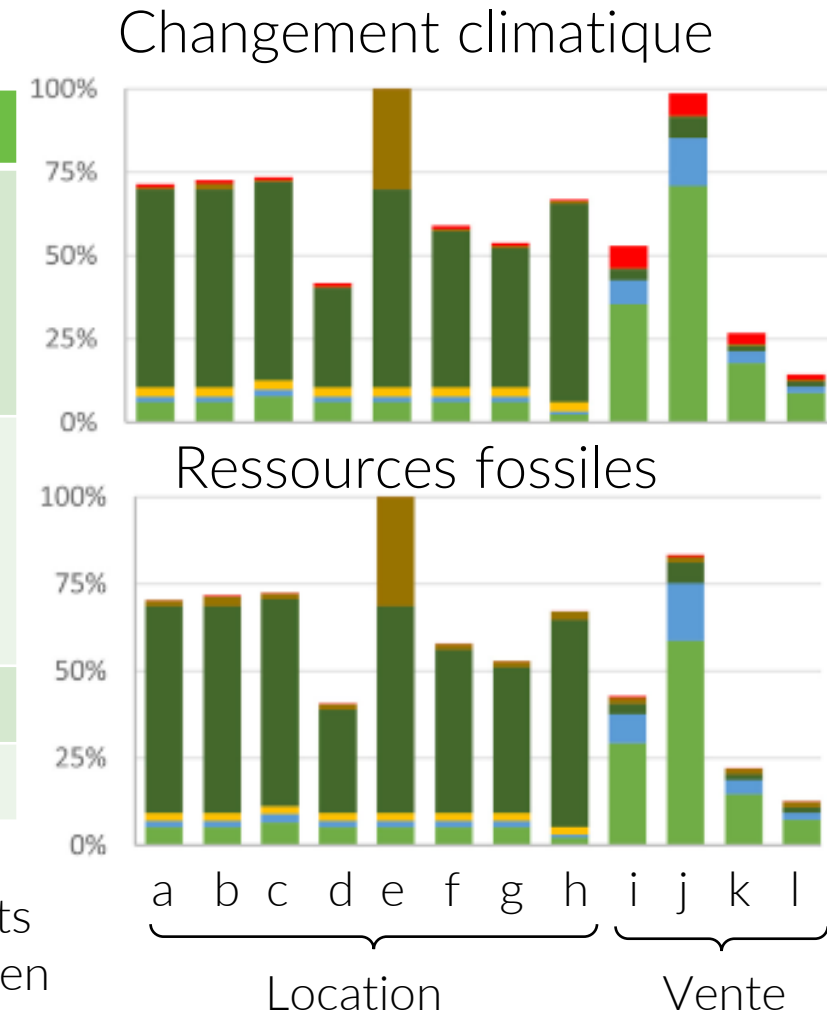
- Produit
- Chaîne
- Batterie
- Chargeur
- Infra. Loc.
- Sécurité
- Casier dépôt
- Application mobile
- Transport usagers
- Electricité
- Entretien
- Déchets

# III. 1 – Études de cas – 2) Tronçonneuse électrique (Suède)

Objectif: Comparer la location et la vente d'une tronçonneuse électrique avec batterie.

Unité fonctionnelle: Faire 20 élagages de 45 mins par an.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Transport (km)	30	30	30	15	30	30	30	30				
Voiture	V	V	V	V	V	70%	70%	V				
Bus						30%						
Livraison							30%					
Entretien de												
Chaîne	1	0.5	1	1	1	1	1	1				
Moteur								0.25				
Distance (km)	0	0	0	0	15	0	0	0				
Ventes									20	20	10	5
Durée de vie	4	4	3	4	4	4	4	8	10	5	10	10



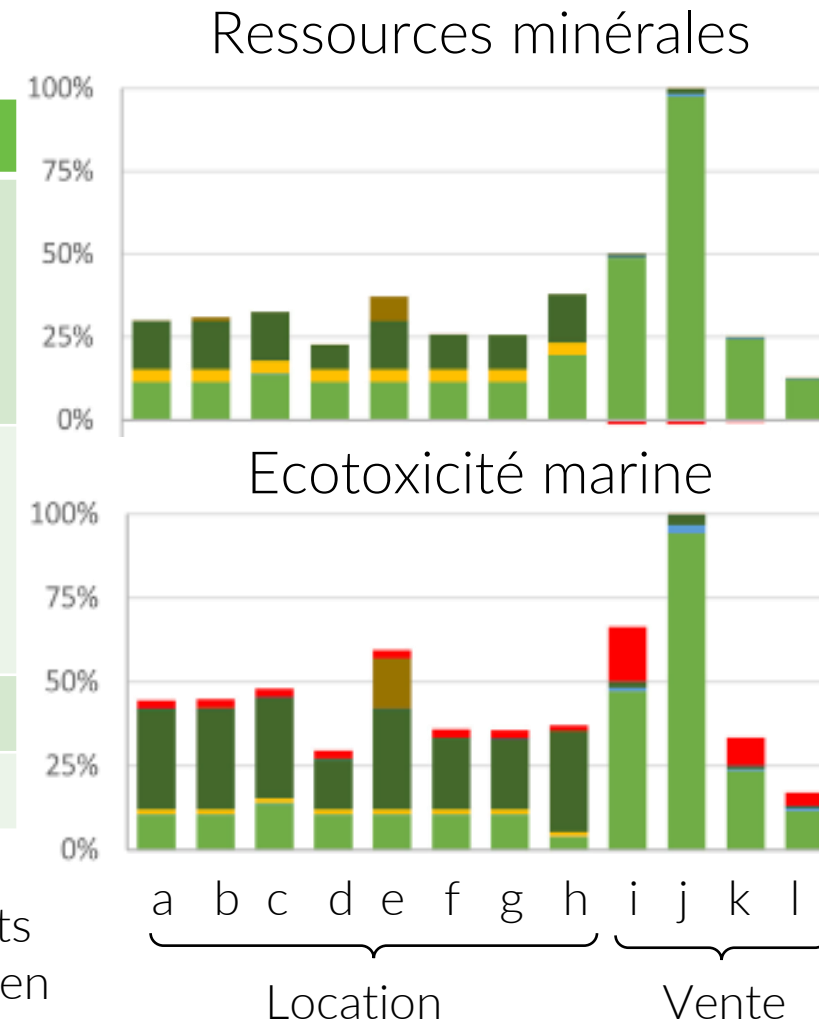


# III. 1 – Études de cas – 2) Tronçonneuse électrique (Suède)

Objectif: Comparer la location et la vente d'une tronçonneuse électrique avec batterie.

Unité fonctionnelle: Faire 20 élagages de 45 mins par an.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Transport (km)	30	30	30	15	30	30	30	30				
Voiture	V	V	V	V	V	70%	70%	V				
Bus						30%						
Livraison							30%					
Entretien de												
Chaîne	1	0.5	1	1	1	1	1	1				
Moteur								0.25				
Distance (km)	0	0	0	0	15	0	0	0				
Ventes									20	20	10	5
Durée de vie	4	4	3	4	4	4	4	8	10	5	10	10



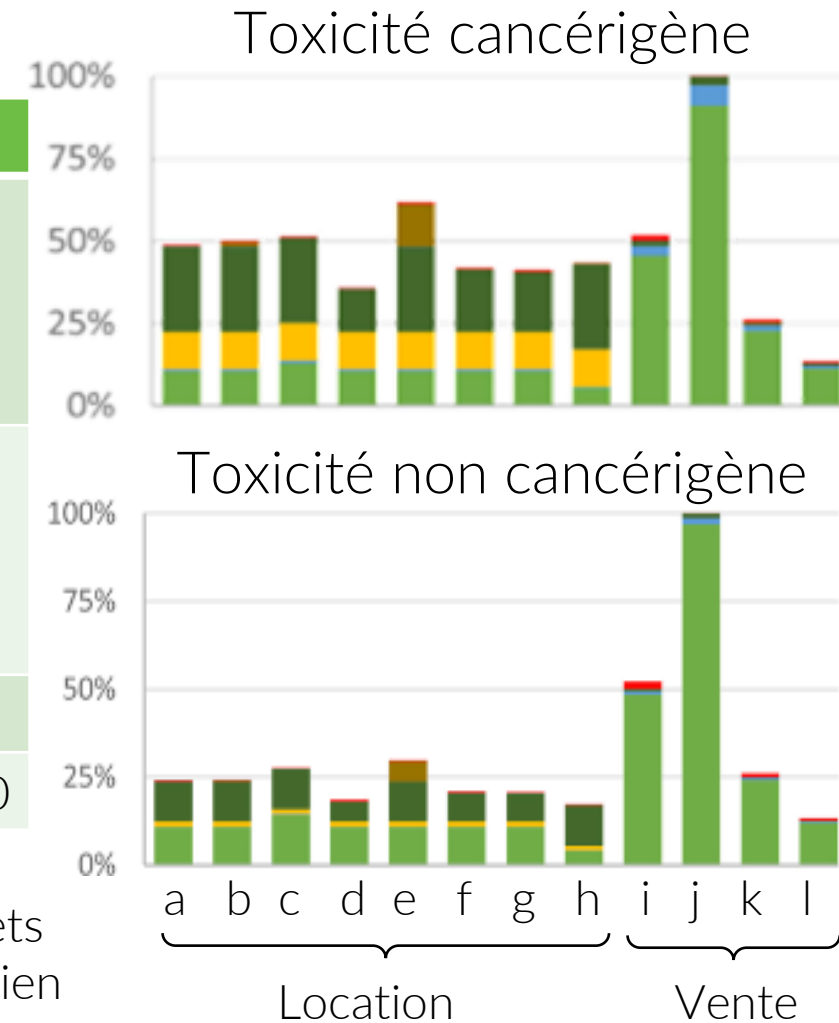
- Transport usagers
- Déchets
- Appli. et infrastructure
- Entretien
- Accessoires
- Electricité
- Produit

# III. 1 – Études de cas – 2) Tronçonneuse électrique (Suède)

Objectif: Comparer la location et la vente d'une tronçonneuse électrique avec batterie.

Unité fonctionnelle: Faire 20 élagages de 45 mins par an.

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Transport (km)	30	30	30	15	30	30	30	30				
Voiture	V	V	V	V	V	70%	70%	V				
Bus						30%						
Livraison							30%					
Entretien de												
Chaîne	1	0.5	1	1	1	1	1	1				
Moteur								0.25				
Distance (km)	0	0	0	0	15	0	0	0				
Ventes									20	20	10	5
Durée de vie	4	4	3	4	4	4	4	8	10	5	10	10



# III. 1 – Études de cas – 3) Purificateur d'eau domestique (Corée)

**Objectif:** Comparer un service de location à la vente traditionnelle d'un purificateur d'eau.

**Unité fonctionnelle:** Fournir 10 L d'eau potable chaude/froide par jour pendant de 1998 à 2013.

## Scénarios des purificateurs:

- a. Vente
- b. Location
- c. Location (comportement du consommateur)

**\*Hypothèse du scénario c:** Le modèle de location offre plus la possibilité de rencontrer les clients en personne et de modifier leur comportement.  
=> -40% d'électricité si extinction du purificateur pendant les heures non utilisées (nuit)

## Principaux paramètres:

Conso. (kWh/mois)	Durée de vie (année)	Entretien
a) 47.9 et 33.10 (pour la dernière année)	a) 7 (selon la garantie des composants)	a) Changement filtre
b) 47.9 et 38.40 (pour les 5 dernières années)	b) 5	b) Changement filtre plus fréquent, service de nettoyage, analyse qualité d'eau, et transport du service
c) 28.74 et 23.04 (pour les 5 dernières années)		



# III. 1 – Études de cas – 3) Purificateur d'eau domestique (Corée)

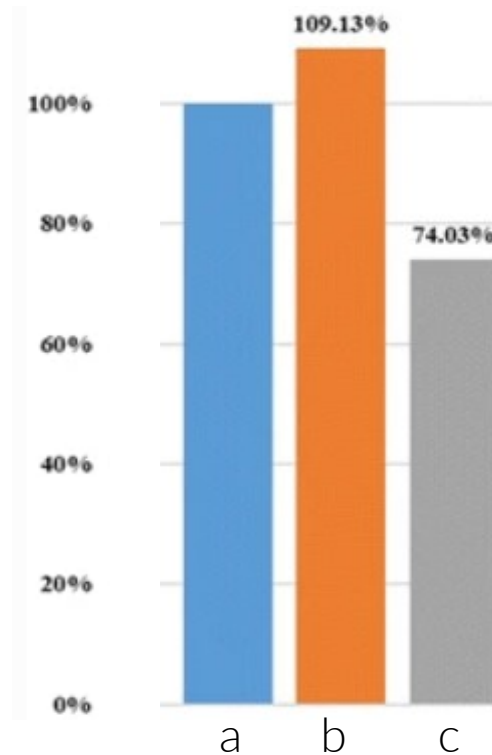
Objectif: Comparer un service de location à la vente traditionnelle d'un purificateur d'eau.

Unité fonctionnelle: Fournir 10 L d'eau potable chaude/froide par jour pendant de 1998 à 2013.

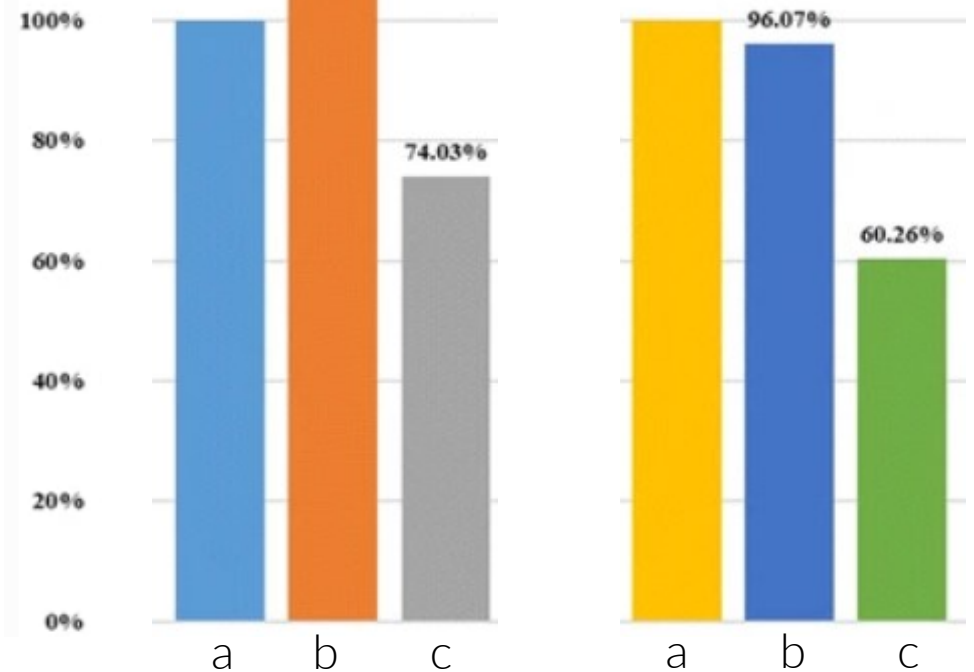
## Scénarios des purificateurs:

- a. Vente
- b. Location
- c. Location (comportement du consommateur)

Epuisement des ressources abiotiques



Changement climatique



Yoon-Young Chun et Kun-Mo Lee (2017)



# III. 1 – Études de cas – 4) Vélos (France)

**Objectif:** Comparer les approches SPS à la conception par rapport aux produits vendus.

**Unité fonctionnelle:** 20 000 utilisateurs en ville (Lyon) pour 2 trajets par jour de 15 minutes chaque pendant 12 ans.

Paramètres clefs reflétant la qualité du service	Unités	Velo'v
Durée de mise à disposition sur le marché (tsp)	années	12
Durée de vie technique du vélo (tlt)	années	1
Temps moyen pour chaque utilisation (tu)	minutes	15
Nombre d'utilisations pendant la période de prestation de services (nu)		8760
Temps moyen passé en maintenance (tm)	minutes	30
Pourcentage moyen de produits soumis à la maintenance après chaque utilisation ( $\alpha$ )	%	5
Durée moyenne d'inutilisation des vélos par an (ts)	semaines	41
Nombre total d'utilisateurs (U)		20000
Nombre total de vélos sur le système à un moment donné (N)		2125



# III. 1 – Études de cas – 4) Vélos (France)

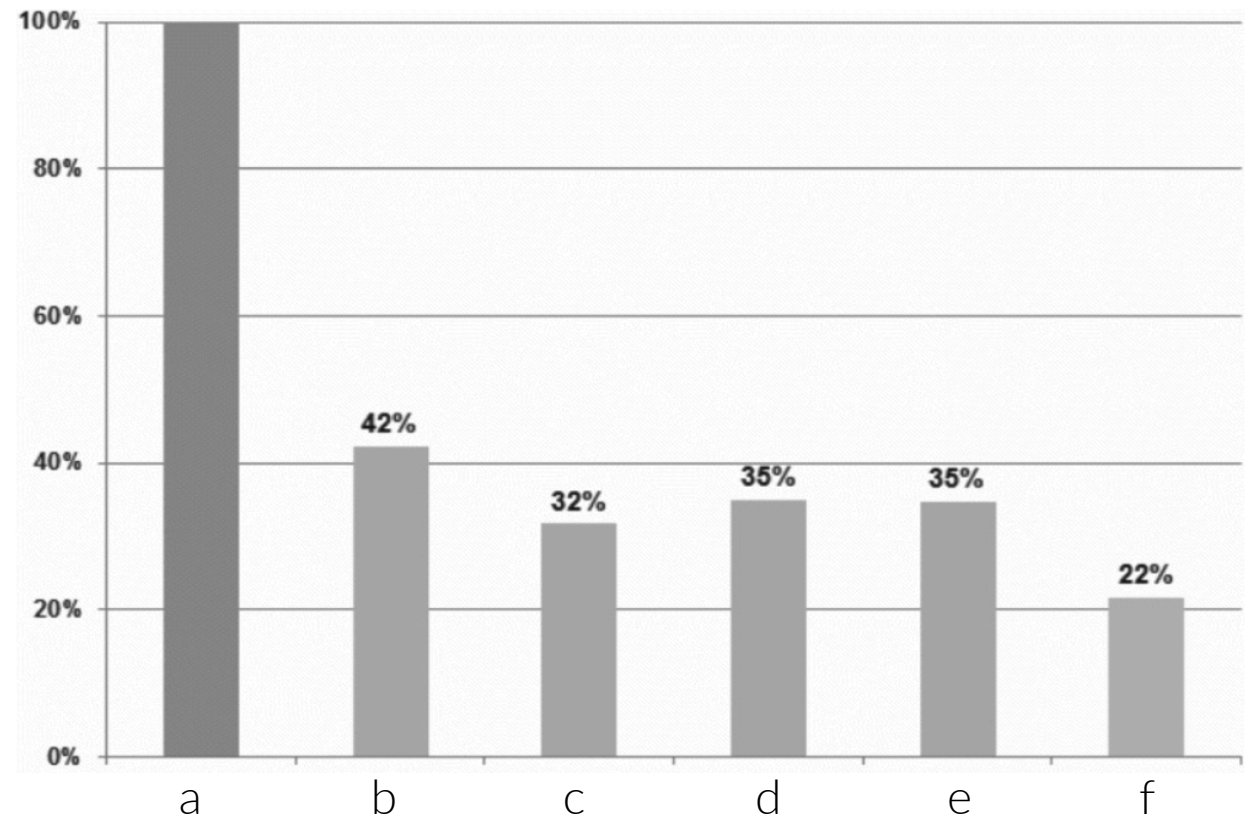
**Objectif:** Comparer les approches SPS à la conception par rapport aux produits vendus.

**Unité fonctionnelle:** 20 000 utilisateurs en ville (Lyon) pour 2 trajets par jour de 15 minutes chaque pendant 12 ans.

## Scénarios des Vélos:

- a. Privé
- b. Partagé - Velo'v durée de vie 1 an
- c. Partagé - Velo'v durée de vie 3 ans
- d. Partagé - Redistribution des vélos aux stations critiques à des heures critiques.
- e. Partagé - Maintenance accrue
- f. Partagé - Combinaison de c), d), et e)

Score unique (Eco-indicator 99)



# Sommaire

---

- I. Introduction
- II. Méthode
- III. Résultats de la revue de littérature
  - 1. Études de cas de comparaisons
  - 2. Résumé des paramètres importants**
  - 3. Défis et limites de modélisation
  - 4. Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS
- IV. Limites de la revue de littérature



## III. 2 – Résumé des paramètres importants

- Différence entre la gamme des produits vendus et loués
- Mix énergétique
- Logistique comme:
  - Le transport des utilisateurs (distance et mode)
  - Le transport du service fréquent pour l'entretien
  - La livraison suite à la large acceptation des services de location
- L'infrastructure de location
- L'entretien
- Comportement des consommateurs, et les utilisateurs hybrides qui pourraient faire de la location en plus de posséder un produit différent de celui de la location
- La fréquence d'utilisation
- Les performances du produit du SPS
- La durée de vie des produits





## III. 2 – Résumé des paramètres importants

---

Les systèmes de produits services sont associés à des risques de déplacement d'impact bien qu'ils aient des potentiels d'amélioration élevés.

---

Pour une méta-analyse, la collecte et l'utilisation de données empiriques, en particulier de données relatives aux risques telles que le transport, le nombre d'utilisations, la durée de vie du produit et les substitutions de produits, font cruellement défaut (Koide *et al.* 2022).



# Sommaire

---

- I. Introduction
- II. Méthode
- III. Résultats de la revue de littérature
  - 1. Études de cas de comparaisons
  - 2. Résumé des paramètres importants
  - 3. Défis et limites de modélisation**
  - 4. Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS
- IV. Limites de la revue de littérature



# III. 3 – Défis – Unité fonctionnelle et comportement



Il est avancé que, pour les services publics de transport, l'UF doit être définie de manière large pour appréhender les changements de comportement des usagers.

Ex d'UF insuffisante: « un passager-kilomètre d'une voiture VS d'un train »

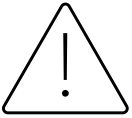
- Elle n'inclut pas les aspects comportementaux comme la distance parcourue par an pour chacun des deux modes de transport. Cela ne permet pas de considérer les effets de rebond de changement de comportement lorsqu'on passe d'un mode de transport à un autre.

Ex d'UF plus large: « *comportement moyen en matière de transport au cours d'une année* » (Goedkoop *et al.*, 1999).

- Cela évitera de négliger les différences de performance telles que celles impliquées par l'effet de rebond (Weidema *et al.*, 2009, p. 22).



### III. 3 – Défis – Unité fonctionnelle et sous-fonctions



Les SPS peuvent combiner des éléments **tangibles (produits)** et **intangibles (service)**, donc des **sous-fonctions** qui ne peuvent être séparées.

Ex: Lavage à domicile VS. blanchisserie (Haapala *et al.* 2008)

- La blanchisserie a plus de fonctions qu'une laveuse: lavage, séchage, emballage et transport du linge.

Ex d'UF insuffisante : « *le volume annuel de vêtements devant être lavés par 240 ménages* »

- L'UF doit être complétée par une description de ces sous-fonctions et ce n'est que lorsque les sous-fonctions sont équivalentes dans les systèmes comparés qu'elles peuvent être exclues de l'évaluation.



## III. 3 – Limites

### Modélisation de fin de vie:

- Les systèmes produit/service rendent le producteur responsable du produit utilisé, et donc de sa fin de vie. Peu d'études ont discuté ou explicité la modélisation de la remise à neuf et de la fin de vie.
- Pour les études qui abordent la fin de vie (Monticelli et Costamagna 2022, Kerdlap *et al.* 2021, Yoon-Young Chun et Kun-Mo Lee 2017), la différence d'impact entre le produit loué et le produit acheté n'est pas visible ou mineure.

### Données:

- L'évaluation des services émergents est difficile car les données manquent.
- Cela nécessite de faire beaucoup de scénarios exploratoires.
- Besoin de méthode pour anticiper les impacts et préférences des consommateurs.

### Analyse des incertitudes:

- Les analyses d'incertitudes manquent



# Sommaire

---

- I. Introduction
- II. Méthode
- III. Résultats de la revue de littérature
  - 1. Études de cas de comparaisons
  - 2. Résumé des paramètres importants
  - 3. Défis et limites de modélisation
  - 4. Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS**
- IV. Limites de la revue de littérature



# III. 4 – Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS

**Besoin:** Développement de cadre pour considérer les préoccupations environnementales (ACV) et la satisfaction du client (QFD) le plus tôt possible dans le développement et la création du SPS.

Exemple de cadre:

Phases	Outils
1. Identification des besoins du consommateur	Analyse de Marché, et consultation d'experts
2. Traduction des besoins du client en paramètres d'état	Enquête 1
3. Hiérarchisation des paramètres d'état	Enquête 2, processus de hiérarchie analytique floue
4. Définition des caractéristiques du produit/service	Consultation d'experts
5. Hiérarchisation des caractéristiques du produit/service	Outil de déploiement de la fonction qualité (QFD)
6. Définition des solutions de SPS	Consultation d'experts
7. Evaluation de la faisabilité des solutions	Modélisation du cycle de vie simplifié (SLCM)

Traduit de Haber et Fagnoli (2021)

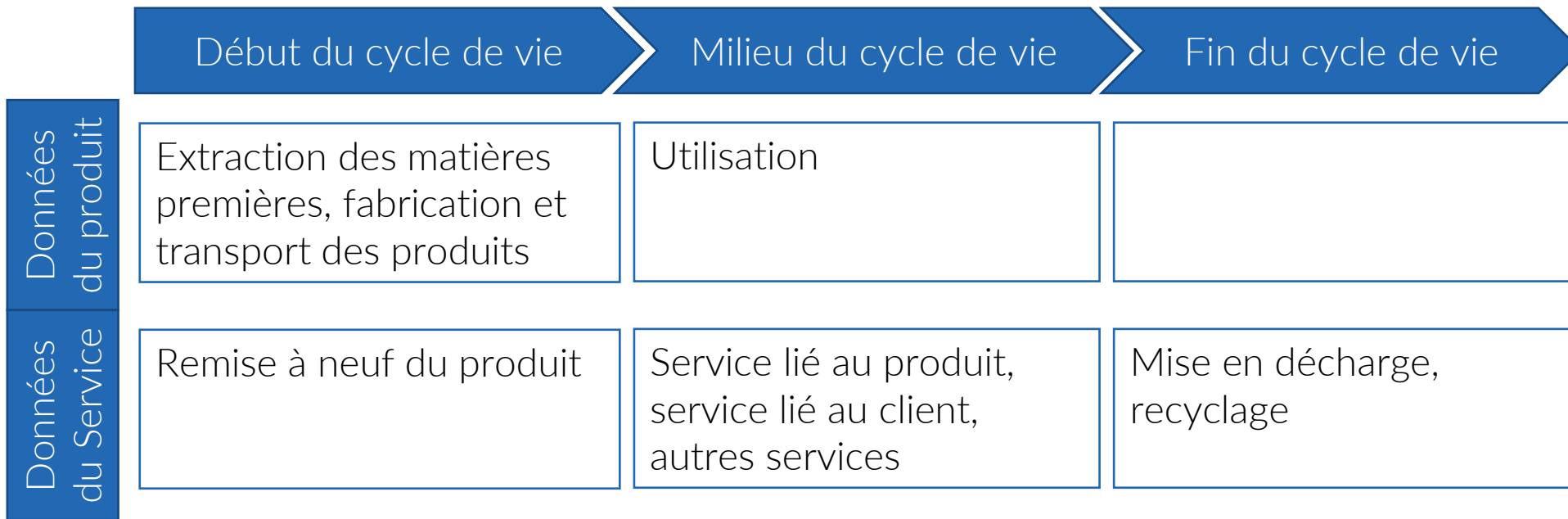
D'autres auteurs considèrent l'ACV et les aspects sociétaux tels que la satisfaction du client (outil QFD) pour identifier les paramètres de conception prioritaires et les besoins du consommateur (Neramballi *et al.* 2020, Fagnoli *et al.* 2012). Fagnoli *et al.* (2018) rajoutent les coûts.

# III. 4 – Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS

**Besoin:** Développement de cadre pour l'architecture des données de l'inventaire du cycle de vie.

Corti *et al.* (2016) proposent une architecture de référence pour montrer comment les informations sur les services et les produits contribuent à la collecte de données dans les différentes phases du cycle de vie du SPS.

Ensuite, une liste de contrôle détaillée des catégories d'informations pour chaque phase est fournie.



Architecture de référence pour la mise en œuvre de l'inventaire du cycle de vie (ICV) (Corti *et al.* 2016).



## III. 4 – Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS

**Besoin:** Lignes directrices pour appliquer l'ACV.

Les revues de littératures présentent des lignes directrices.

Par exemple:

- Le moment idéal pour effectuer une ACV pour un maximum d'impacts est au stade précoce de la conception du produit.
- Besoin de la construction de la plate-forme pour réaliser l'intégration des données de données au sein des entreprises.
- Des études de cas plus précises et pratiques peuvent être utilisées pour analyser des processus de fabrication plus micro et ciblés.

(Chen et Huang 2019)

- L'unité fonctionnelle doit être définie de manière suffisamment large pour saisir les comportements des utilisateurs.

(Dal Lago *et al.* 2017)

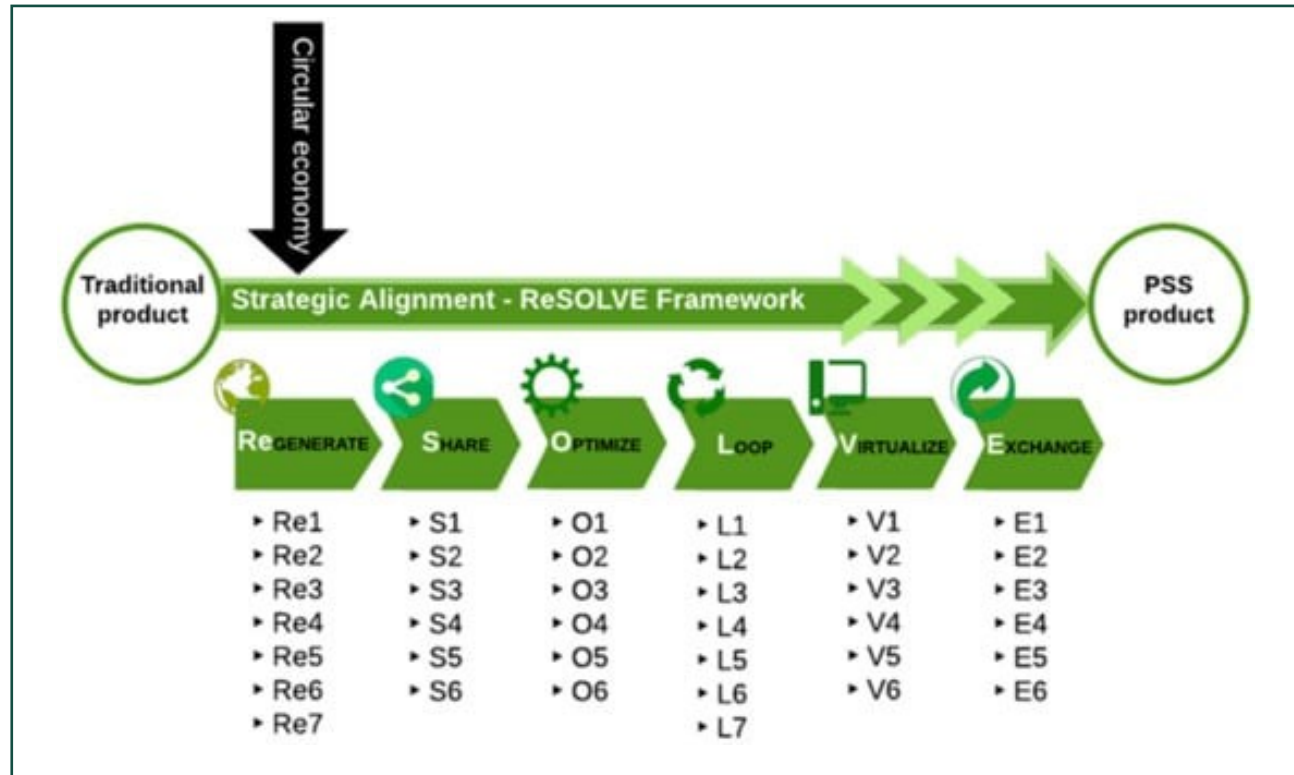


# III. 4 – Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS

Besoin: Construction de modèle.

Kohlbeck *et al.* (2023) proposent de faire l'ACV du produit possédé pour connaître les impacts. Des stratégies permettant la transition vers un SPS sont ensuite proposées. Ces stratégies sont codées et classées selon le cadre ReSOLVE. Le cadre ReSOLVE organise les lignes directrices de l'économie circulaire en 6 dimensions :

- régénération,
- partage,
- optimisation,
- boucle,
- virtualisation,
- échange.



## III. 4 – Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS

**Besoin:** Construction de modèle pour analyser et optimiser les services d'un point de vue environnemental

Guyon *et al.* (2021) ont hiérarchisé 8 paramètres du système en fonction de leur influence sur 4 indicateurs d'impact environnemental.

Parmi ces paramètres figurent le taux d'utilisation des véhicules, le trajet type représentatif de l'utilisation réelle du service, le modèle de véhicule électrique utilisé dans le cadre du service et le mix électrique utilisé pour recharger les véhicules. Avec 8 paramètres à deux niveaux, il faudrait  $2^8$  simulations (soit 256 tests) pour chacun des 4 indicateurs environnementaux.

Les auteurs ont donc utilisé le plan d'expériences de Taguchi (Roy, 2001), qui réduit le nombre de simulations à 32.



# III. 4 – Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS

## Interprétation:

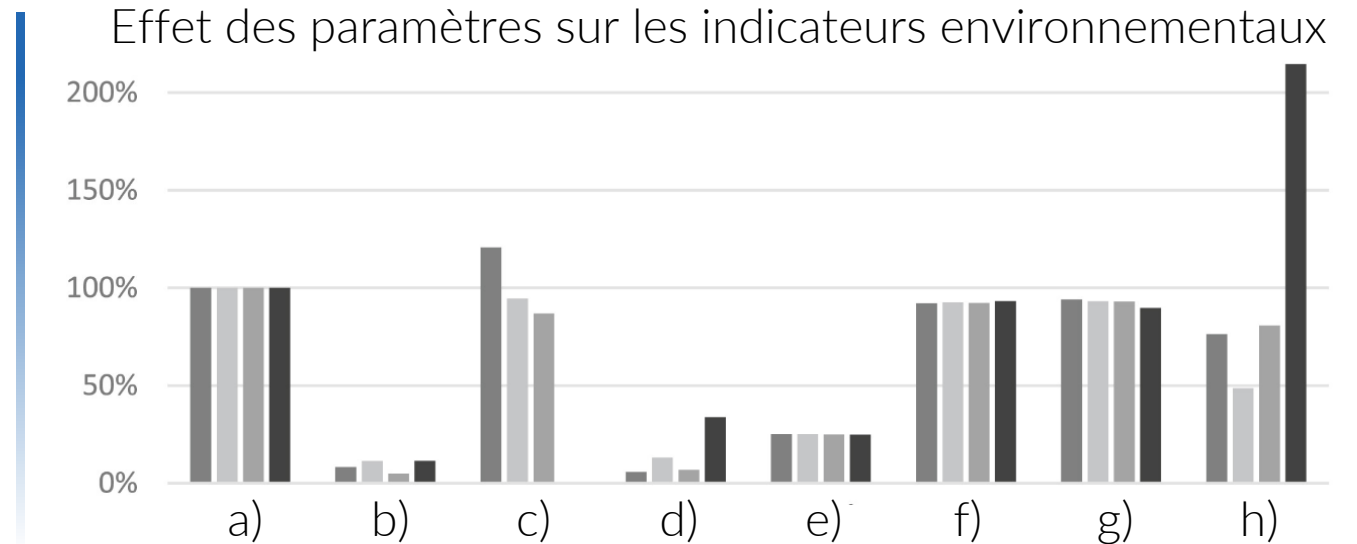
Le mix électrique a une influence majeure sur 2/4 indicateurs.

Le modèle de véhicule utilisé est de loin le paramètre le plus

Les paramètres taux d'utilisation et type de déplacement ont des effets significatifs sur les 4 indicateurs.

## Paramètres:

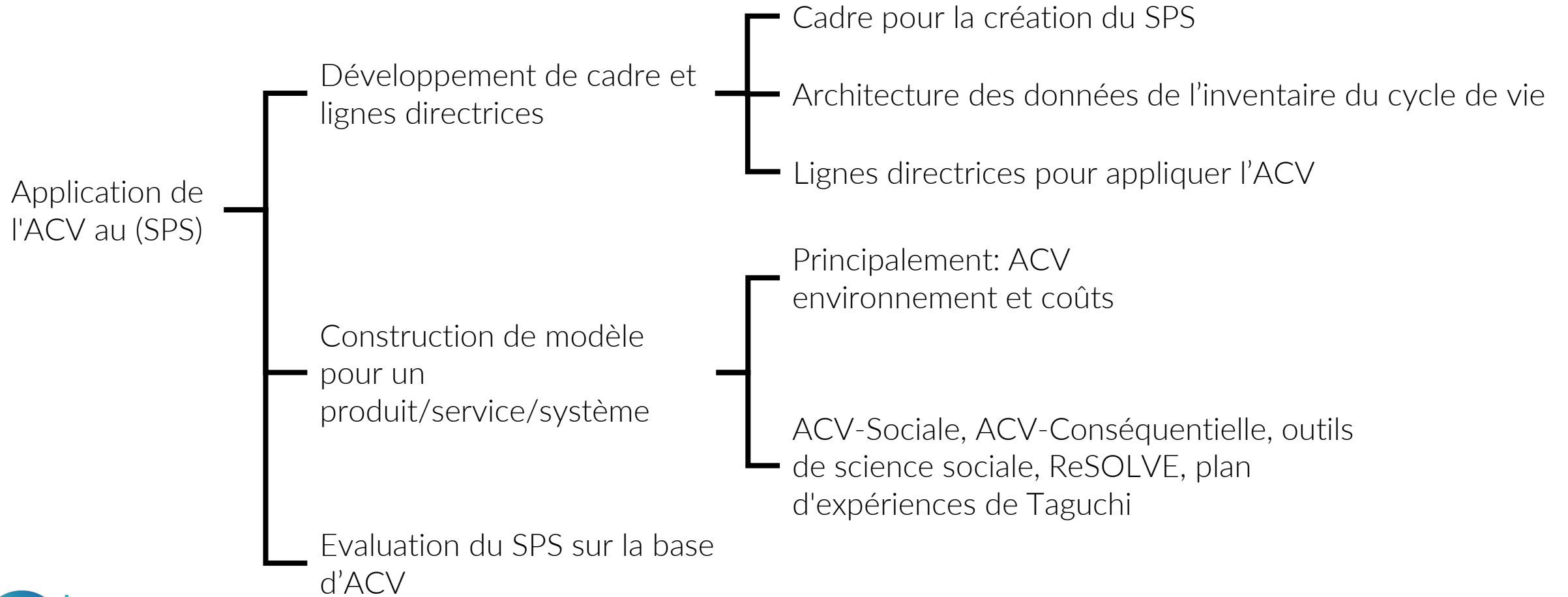
- a) Allocation de la production et de la fin de vie
- b) Consommation électrique
- c) Mix électrique
- d) Type de maintenance
- e) Distance maximale du véhicule
- f) Déplacement urbain ou périurbain
- g) Taux utilisation/service
- h) Modèle du véhicule



- Changement climatique
- Oxydation photochimique
- Eutrophisation
- Épuisement des ressources abiotiques



# III. 4 – Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS - Résumé



# Sommaire

---

- I. Introduction
- II. Méthode
- III. Résultats de la revue de littérature
  - 1. Études de cas de comparaisons
  - 2. Résumé des paramètres importants
  - 3. Défis et limites de modélisation
  - 4. Méthodologies de l'intégration de l'ACV aux SPS
- IV. Limites de la revue de littérature



## IV. Limites de la revue de littérature

Dans la présente étude, 1 modèle complémentaire ci-dessous n'a pas été exploré:

Concepts	Retenus dans le cadre de l'étude	Exclus dans le cadre de l'étude	Justification
Économie de la fonctionnalité	X		Modèle initiale
Location	X		Présente des impacts sur le cycle de vie qui se rapprochent de l'économie de la fonctionnalité
Partage : entreprise mettant à disposition ou facilitant la mise à disposition pour les particuliers	X		Le partage va faire augmenter l'intensité des usages du bien mais ne va pas forcément influencer les mécanismes de maintenance, l'éco-conception ou la gestion de la fin de vie, sauf si celui-ci est encadré par une entreprise.
Partage : économie d'égal à égal ( <i>peer-to-peer economy</i> )		X	Les conditions du cycle de vie ne sont pas les mêmes et n'entraînent pas un processus d'écoconception ou un contrôle de l'entretien / réparation.
Système Produit/Service	X		Les systèmes produits services peuvent être semblables à des modèles d'économie de la fonctionnalité si et seulement si les paramètres du service ne sont pas la seule distinction avec un modèle classique. En effet, pour être comparable à de l'économie de la fonctionnalité, le SPS doit venir modifier les étapes du cycle de vie ainsi que la conception du produit en lui-même, en plus de l'associer à une forme de service complémentaire (Scheepens <i>et al.</i> , 2016).



Rapport final

# Modélisation des impacts environnementaux du cycle de vie de modèle économique émergent : Cas de l'économie de fonctionnalité

## Revue de littérature

---

Sylvain Cordier, PhD.

Léontine du Reau, M.Env.

Pr. Ben Amor, Ing. PhD.

