



Vers une réutilisation durable des équipements techniques dans les immeubles de bureaux

Un cadre pour évaluer les indicateurs de performance environnementale, sociale et financière de la réutilisation des équipements techniques, en tenant compte de leur condition et des travaux de remise en état nécessaires

Sébastien LOREAU

Université catholique de Louvain



Vers une réutilisation durable des équipements techniques dans les immeubles de bureaux:

Un cadre pour évaluer les indicateurs de performance environnementale, sociale et financière de la réutilisation des équipements techniques, en tenant compte de leur condition et des travaux de remise en état nécessaires

Sébastien Loreau

Université catholique de Louvain

14 November 2025



PRÉSENTATION DE L'ORATEUR

Sébastien Loreau

Ingénieur Architecte et Chercheur en Technique de Construction Circulaires

--

- Diplômé de **l'Université libre de Bruxelles (ULB)** en **2010**
- Plus de **10 ans d'expérience** dans **les techniques et la construction durable** en **Belgique** et en **Nouvelle-Zélande**
- **Doctorat de l'UCLouvain (2025)** sur l'application des **principes de l'économie circulaire aux techniques**
- Allie **expertise pratique** et **recherche innovante** pour un **design plus durable** et le **réemploi**



OBJECTIFS DE LA PRÉSENTATION

- Démontrer que la **durabilité du réemploi est fortement dépendante du contexte**
- Présenter un nouveau **cadre et un outil permettant de prendre des décisions précoces, spécifiques au projet**, concernant le réemploi des techniques de bâtiment
- Démontrer comment le **cadre et l'outil fournissent des informations basées sur les données pour soutenir un design circulaire et durable**



PLAN DE L'EXPOSÉ

- I. Introduction & Contexte
- II. Écart de recherche & Objectifs
- III. Aperçu du cadre
- IV. Aperçu de l'outil
- V. Études de cas
- VI. Principales conclusions & Paramètres critiques
- VII. Contributions & Limites
- VIII. Travaux futurs
- IX. Conclusion & Points clés à retenir



Motivation : Pourquoi la circularité est importante dans la construction



Réutilisation : Une clé de l'économie circulaire



toute opération de récupération par laquelle des matériaux de déchets sont retransformés en produits, matériaux ou substances, que ce soit pour l'usage d'origine ou à d'autres fins.

Le défi : La réutilisation des techniques est peu explorée



Opalis. (2023). Opalis business directory [Online database]. Opalis.
Retrieved January 1, 2023 from <https://opalis.eu/en/>

Sébastien Loreau
Slide 4/37

Quelles sont les installations techniques ?



Exemple: Pompe à chaleur

14x
différents
matériaux
bruts

98%
proviennent
de l'extérieur
de l'UE

Importance de prendre en compte les conditions spécifiques au projet



Remplacement de pièce



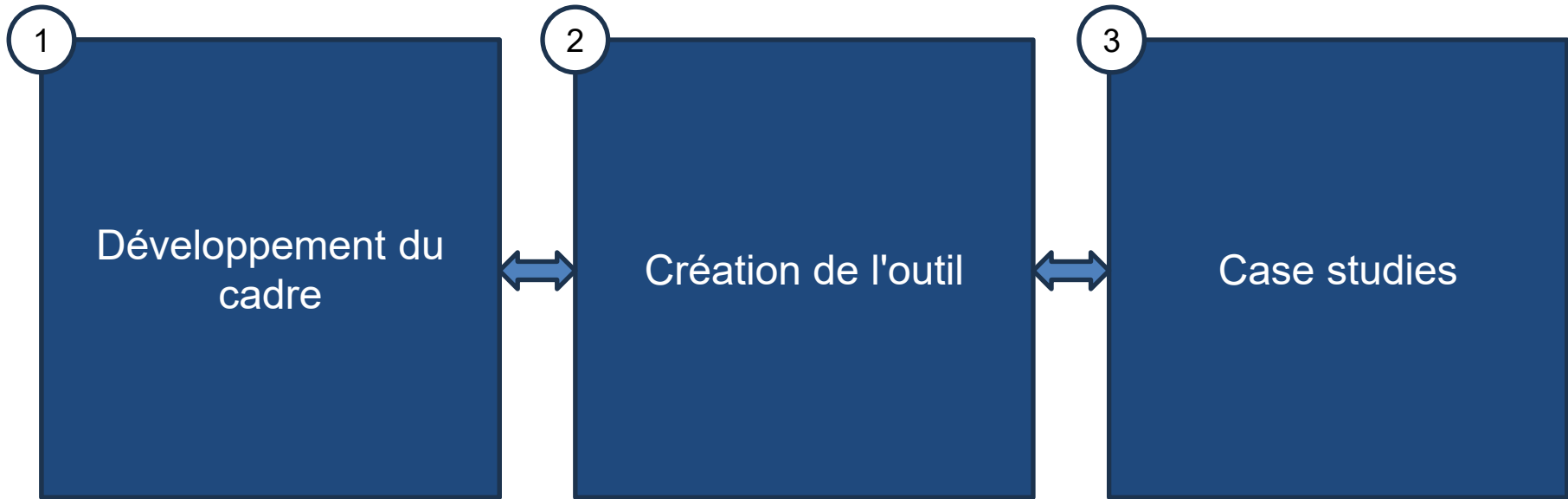
Traitement des rayures

	A	B
Bénéfice environnemental	?	?
Bénéfice social	?	?
Bénéfice financier	?	?

Objectif principal de la recherche

Développement et validation d'un cadre pratique et d'un outil pour le réemploi durable des produits d'installations de bâtiment dans des conditions spécifiques à chaque projet, en soutien à l'économie circulaire.

Une approche méthodologique mixte



Développement du cadre

1

Développement du
cadre

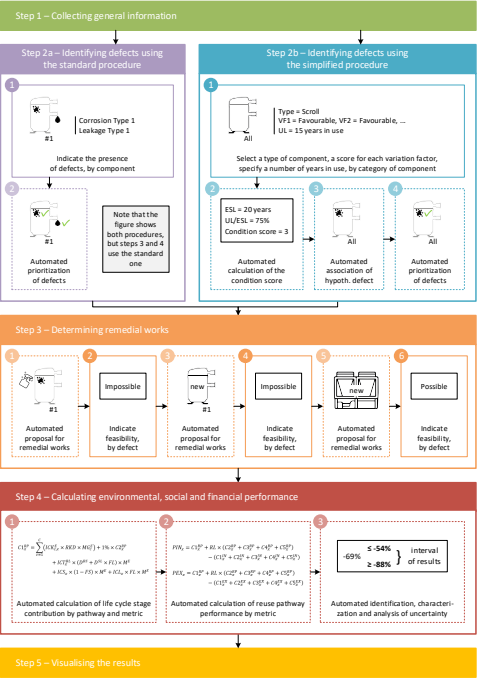
2

Création de l'outil

3

Case studies

Structure de base du cadre

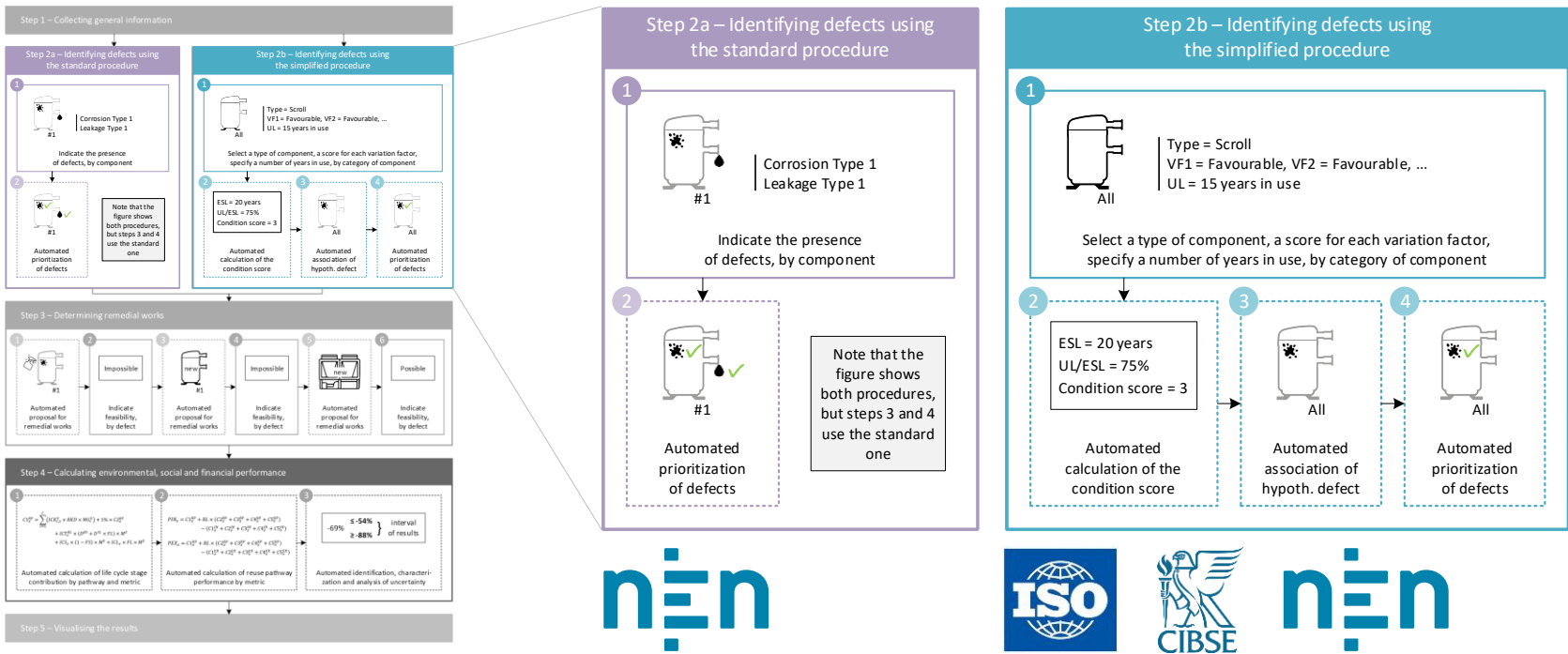


Évaluation de l'état

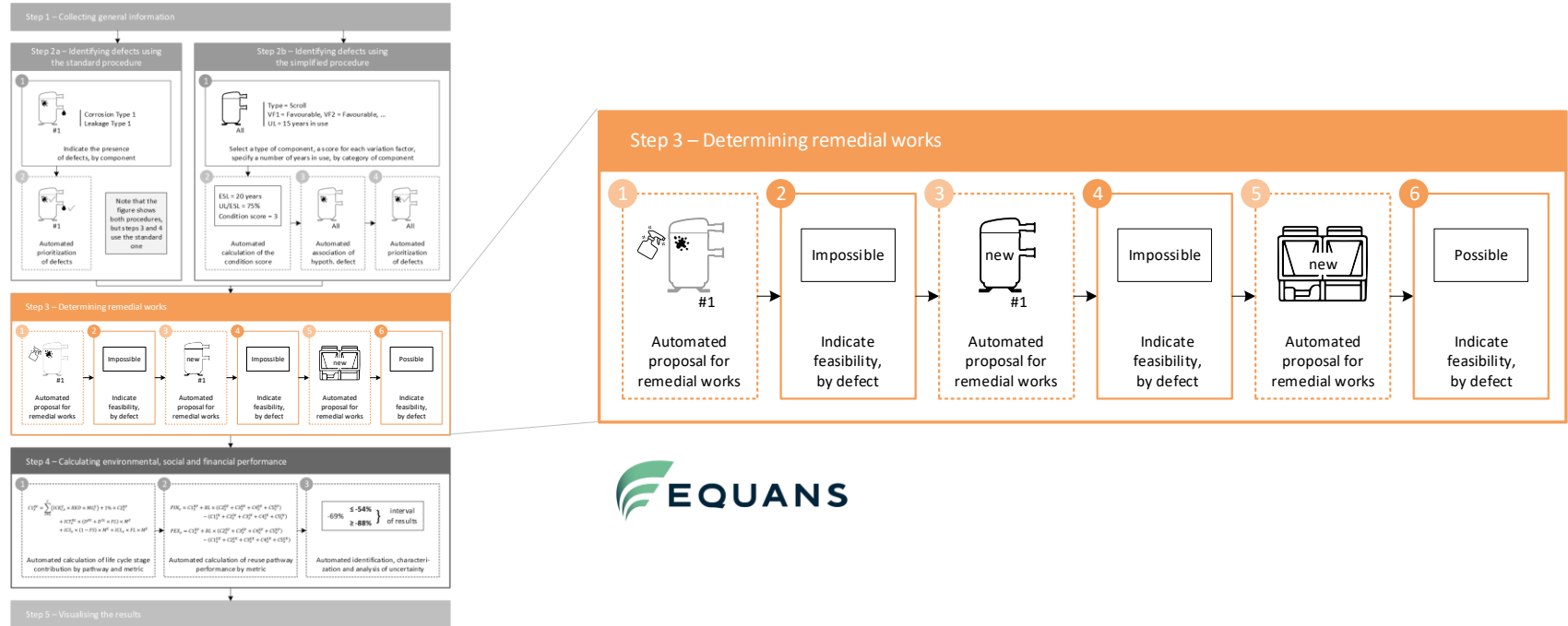
Évaluation des travaux de remise en état

Évaluation du cycle de vie

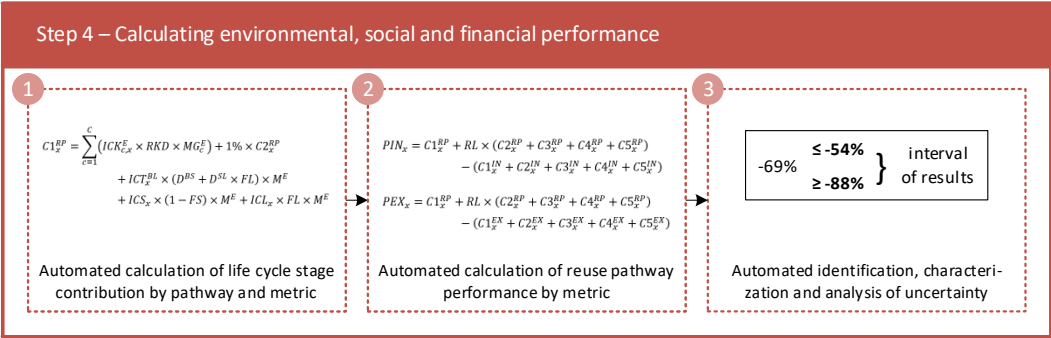
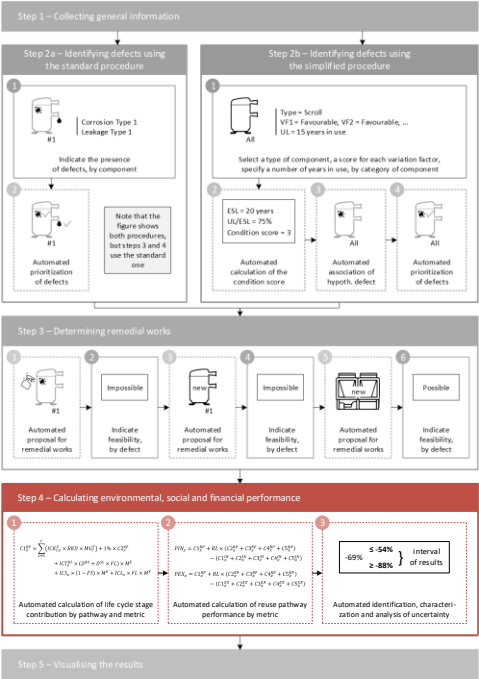
Détails du cadre – Identification des défauts



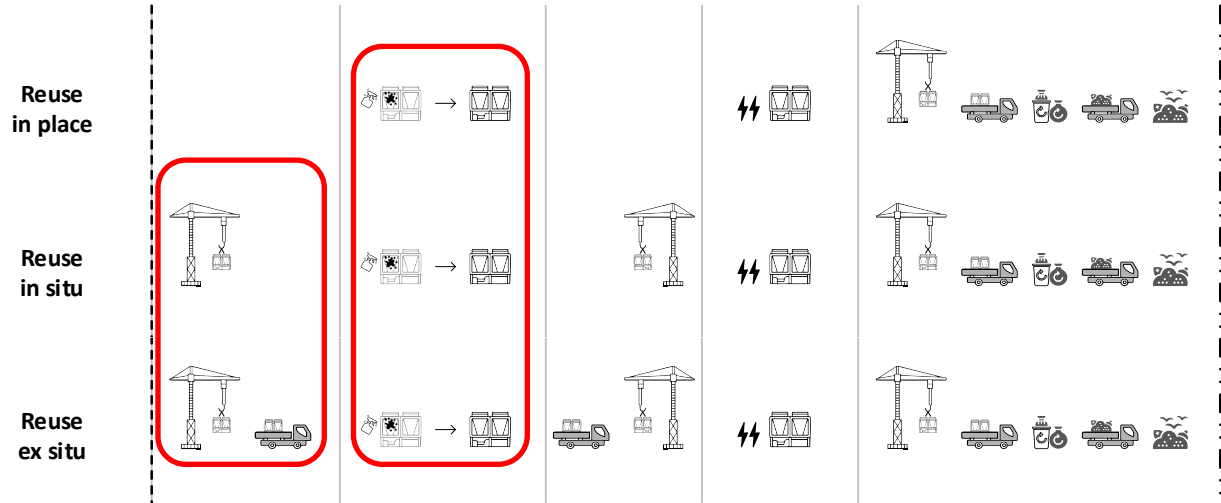
Détails du cadre – Détermination des travaux de remise en état



Détails du cadre – Calcul des performances

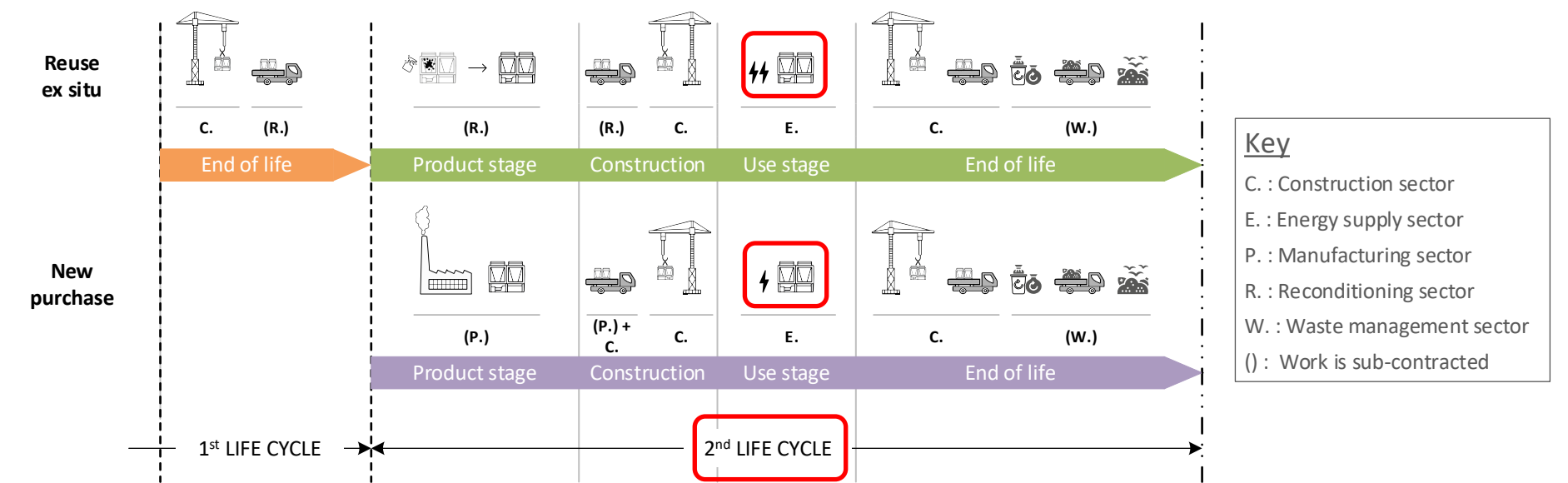


Détails du cadre – Calcul des performances



Metric	Unit
Global warming potential	kg CO ₂ eq.
Primary energy use	MJ, net calorific value
Freshwater use	m ³
Contribution to economic development	CE med risk hours
Goods produced by forced labour	GFL med risk hours
Migration flows	MF med risk hours
Private costs	Currency unit

Détails du cadre – Calcul des performances



Création de l'outil

1

Développement du
cadre

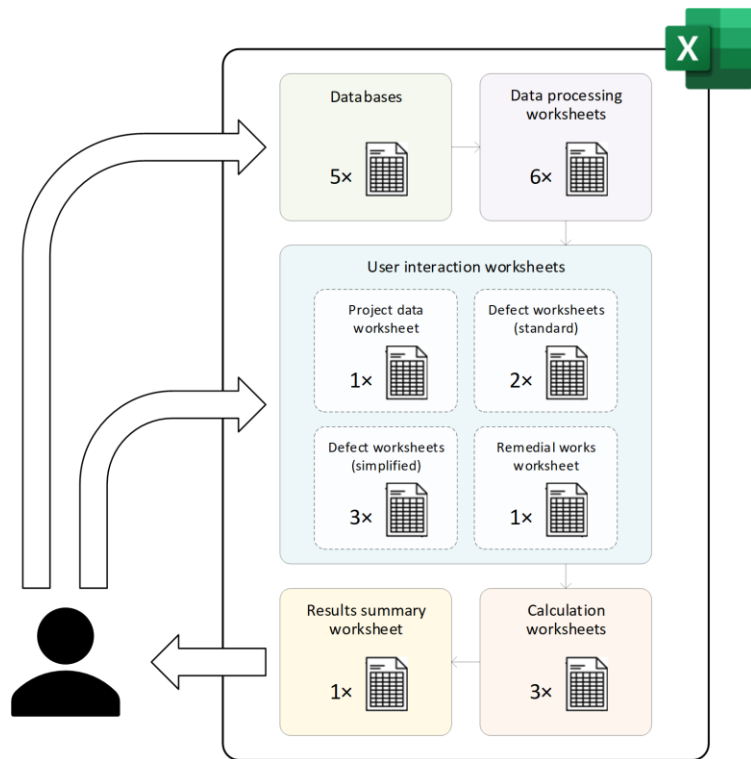
2

Création de l'outil

3

Case studies

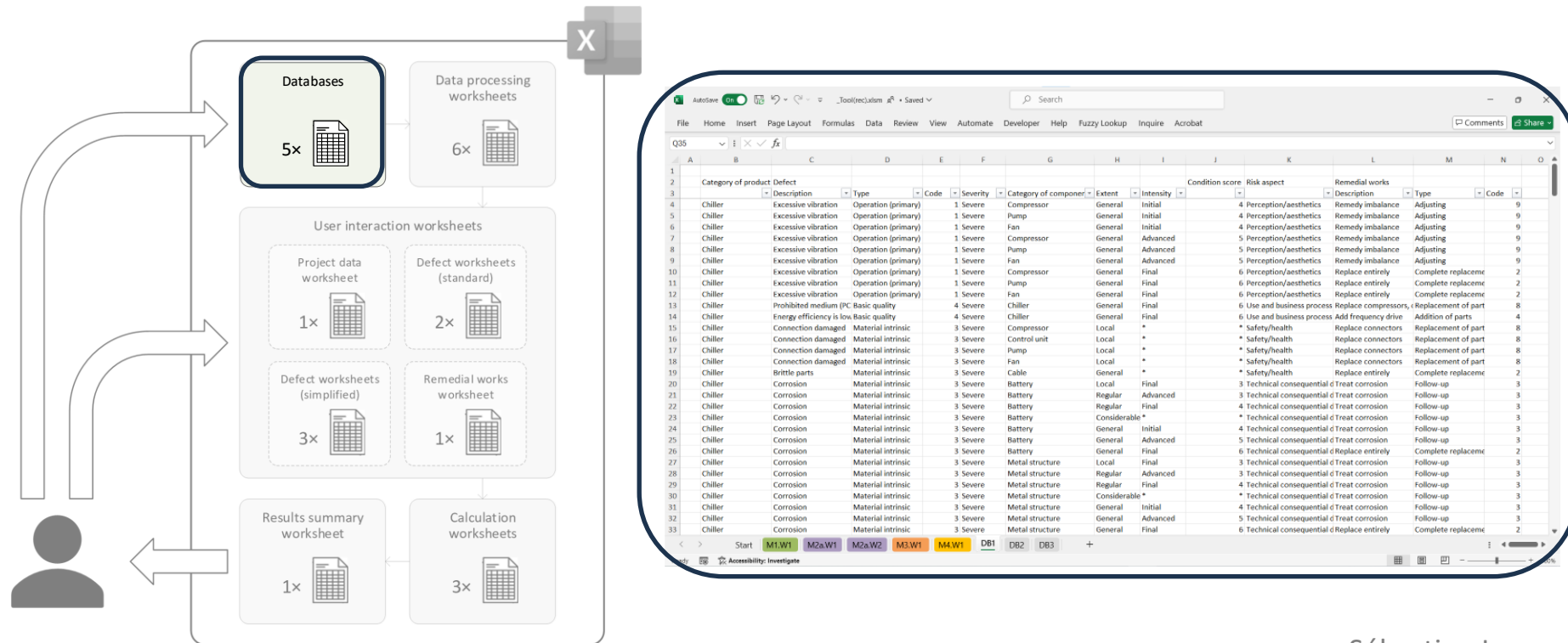
Description de l'outil



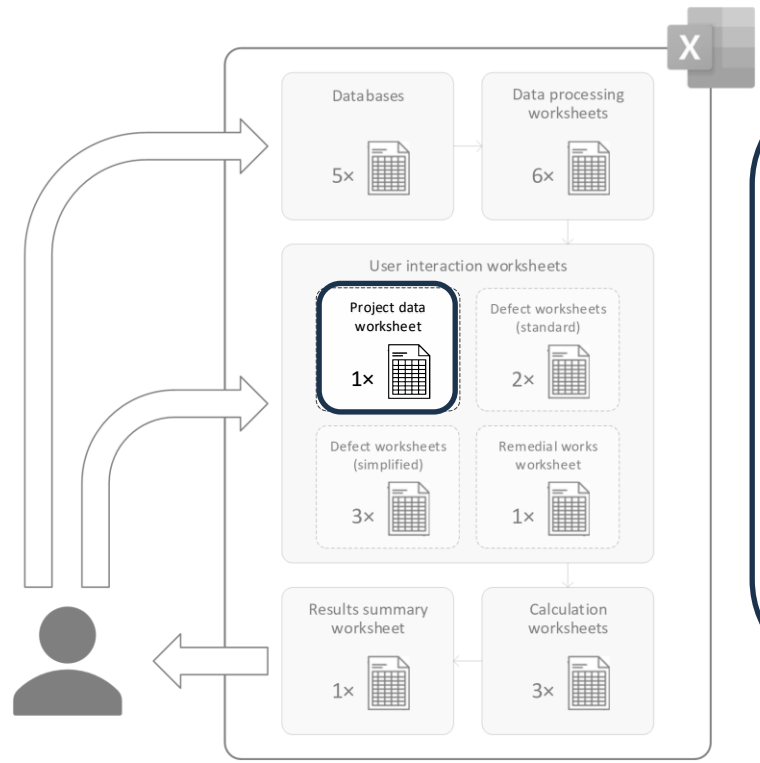
Exigences

- Saisie simple et guidée
- Lié à des bases de données standardisées
- Calcul automatique des performances
- Comparaisons visuelles claires
- Lay-out conviviale et facile à utiliser

Description de l'outil

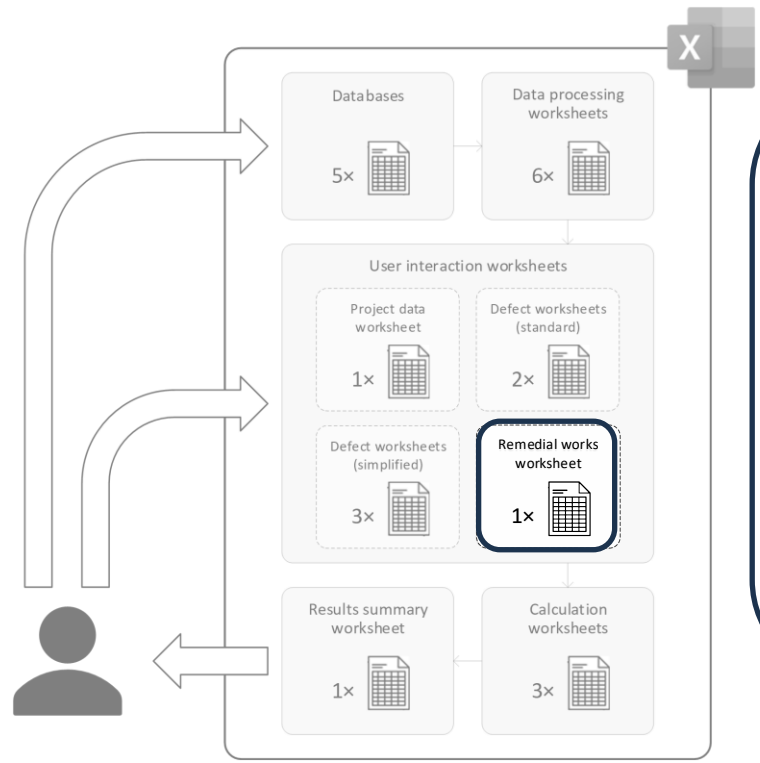


Description de l'outil



Variable	Description	Value	User note
Product category	Category of product	Chiller	Product information
Product subcategory	Subcategory of product	1000 iW	
Installation country	Country of installation	Belgium	
Product name	Name of product	X	
Procedure	Procedure for determining remedial works	Simplified	Assessment preferences
Uncertainty	Uncertainty in life cycle assessment parameters	10%	
M*E=	Mass of the existing product, in kg;	7873	Existing product details
MQ*E=	Mass of refrigerant of the existing product, in kg; and	401	
Refrigerant E	Nature of refrigerant of the existing product	R22	
M*R=	Mass of the reconditioned product, in kg;	7515	Reconditioned product details
MQ*R=	Mass of refrigerant of the reconditioned product, in kg;	364	
Refrigerant R	Nature of refrigerant of the reconditioned product	R134a	
RL=	Ratio of the reconditioned product's lifespan to that of a new product; and	0.75	
RP=	Ratio of the reconditioned product's input power to that of a new product;	1.05	
M*N=	Mass of the new product, in kg;	7157	
MQ*N=	Mass of refrigerant of the new product, in kg;	364	
Refrigerant N	Nature of refrigerant of the new product	R134a	
P=	Input power of the new product, in kW of the chosen energy vector;	254	
Manufact. country	Country of manufacture	China	

Description de l'outil



Name of component	Defect	Remedial works for selected defect	Feasibility 1	Remedial works considering feasibility 1	Feasibility 2	Remedial works considering feasibility 2
Compressor #1	3- Corrosion-T1	3- Treat corrosion	Impossible	2- Replace entirely	Easy	
Compressor #1	1- Leaking media (refrigerant)	5- Replace joints				
Fan system #1	5- Scratches-T1	5- Treat scratch	Risk of damage			
Fan #1	4- No replacement parts	5- Prepare a stock of repl. parts	Possible			

Components where defects occur and nature of defect

First proposal for remedial works and feasibility assessment

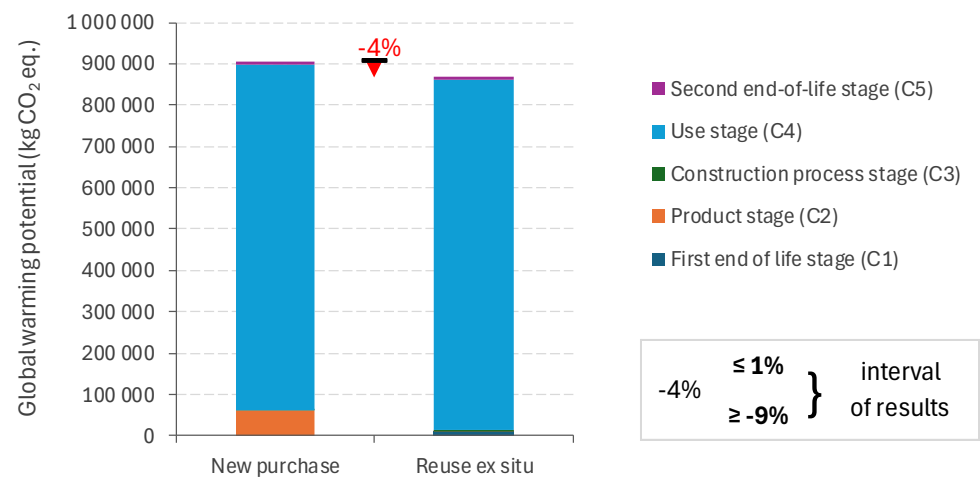
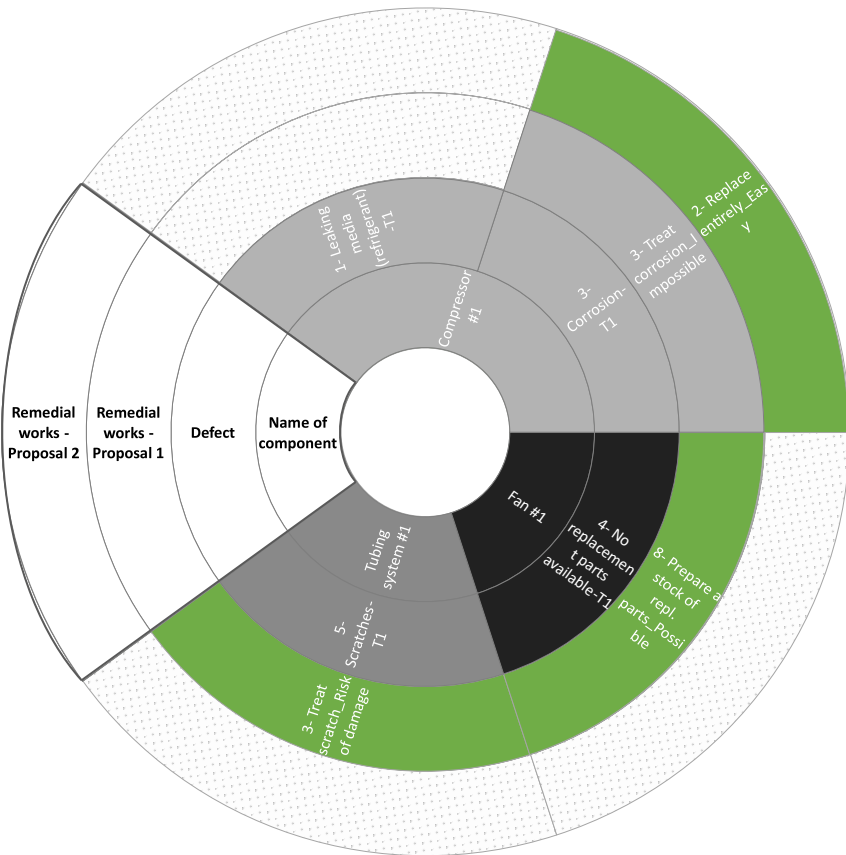
Second proposal for remedial works and feasibility assessment

Third proposal for remedial works

Description de l'outil



Comment l'outil soutient la prise de décision



Case studies

1

Développement du
cadre

2

Création de l'outil

3

Case studies

Case studies

	Système mécanique	Système de ventilation	Electrical system
Remploi sur site			Case study 2 Luminaire
Remploi in situ		Case study 3 Conduit d'air	
Remploi ex situ	Case study 1 Refroidisseur		

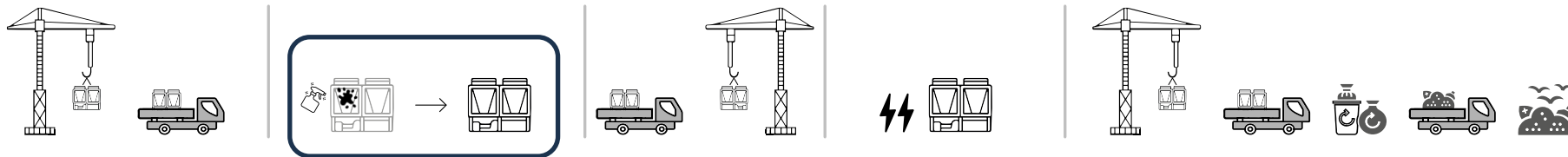
eco●invent



SPON'S

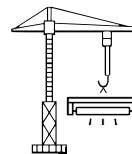
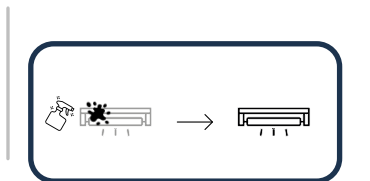


Case study 1: Réemploi ex situ – refroidisseur air-eau



Défauts	Travaux de réparation	Paramètres importants
• Fluide interdit (R12) • Vibrations excessives du ventilateur #1 • ayures de surface sur le système de tuyauterie #1	• Remplacement des compresseurs, de l'unité de contrôle et du fluide frigorigène(R134a) • Remplacement du ventilateur #1 • Traitement de surface du système de tuyauterie #1	• Ratio de durée de vie = 1 • Ratio de puissance absorbée = 1.1

Case study 2: Réemploi sur site – Luminaire encastré



Défauts

Pièces obsolètes (tubes fluorescents)

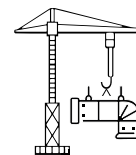
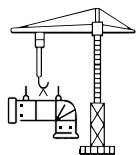
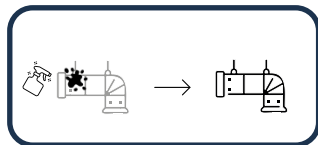
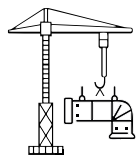
Travaux de réparation

Remplacement des sources lumineuses par des LED, des nouveaux composants électriques et du câblage interne

Paramètres importants

- Ratio de durée de vie = 0.75
- Ratio de puissance absorbée = 1.05

Case study 3: Réemploi in situ – Conduit d'air circulaire



Défauts

- Fissures ou trous importants
- Rayures de surface
- Contamination

Travaux de réparation

- Revêtement complet des surfaces internes
- Nettoyage technique standard

Paramètres importants

- Ratio de durée de vie = 0.75
- Ratio de puissance absorbée = 1

Principales conclusions : résultats comparatifs, compromis

Case study 1: Réemploi ex situ – refroidisseur air-eau

Case study 2: Réemploi sur site – Luminaire encastré

Case study 3: Réemploi in situ – Conduit d’air circulaire

Environmental performance	Global warming potential (GWP)	Reuse adds	8% compared to new purchase	i.e.,	71 957 kg CO ₂ eq.	Reuse saves	6% compared to replacement	i.e.,	10 kg CO ₂ eq.	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	0.3 kg CO ₂ eq.
	Primary energy use (PEU)	Reuse adds	7% compared to new purchase	i.e.,	2 313 234 MJ, net calorific value	Reuse adds	1% compared to replacement	i.e.,	63 MJ, net calorific value	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	23 MJ, net calorific value
	Freshwater use (FWU)	Reuse adds	10% compared to new purchase	i.e.,	23 515 m ³	Reuse saves	53% compared to replacement	i.e.,	97 m ³	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	0.002 m ³
Social performance	Contribution to economic dev (CE)	Reuse saves	11% compared to new purchase	i.e.,	8 086 CE med risk hours	Reuse saves	53% compared to replacement	i.e.,	27 CE med risk hours	Reuse adds	4% compared to replacement	i.e.,	1 CE med risk hours
	Goods produced by forced labour (FL)	Reuse saves	10% compared to new purchase	i.e.,	568 GFL med risk hours	Reuse saves	43% compared to replacement	i.e.,	2 GFL med risk hours	Reuse adds	9% compared to replacement	i.e.,	0.1 GFL med risk hours
	Migration flows (MF)	Reuse saves	10% compared to new purchase	i.e.,	32 633 MF med risk hours	Reuse saves	14% compared to replacement	i.e.,	18 MF med risk hours	Reuse adds	6% compared to replacement	i.e.,	4 MF med risk hours
Financial performance	Private costs (PC)	Reuse saves	7% compared to new purchase	i.e.,	75 517 EUR (2024)	Reuse saves	21% compared to replacement	i.e.,	86 EUR (2024)	Reuse adds	84% compared to replacement	i.e.,	52 EUR (2024)

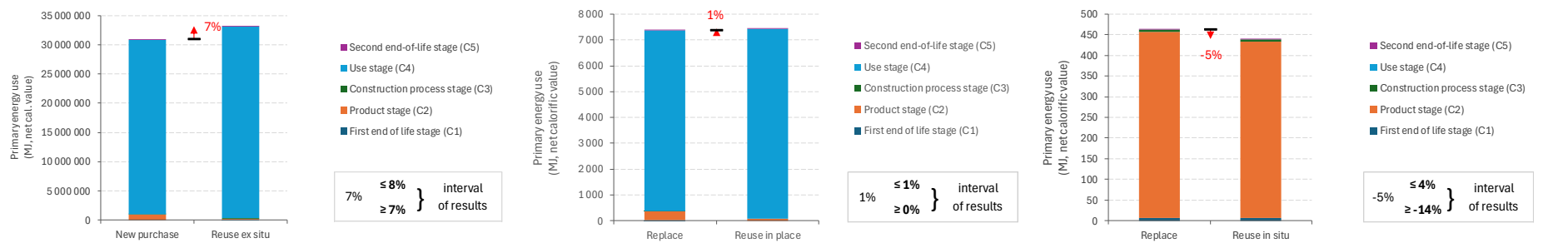
Performance environnementale : consommation d'énergie primaire

Case study 1:
Réemploi ex situ – refroidisseur air-eau

Case study 2:
Réemploi sur site – Luminaire encastré

Case study 3:
Réemploi in situ – Conduit d'air circulaire

Environmental performance	Global warming potential (GWP)	Reuse adds	8% compared to new purchase	i.e.,	71 957 kg CO ₂ eq.	Reuse saves	6% compared to replacement	i.e.,	10 kg CO ₂ eq.	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	0.3 kg CO ₂ eq.
	Primary energy use (PEU)	Reuse adds	7% compared to new purchase	i.e.,	2 313 234 MJ, net calorific value	Reuse adds	1% compared to replacement	i.e.,	63 MJ, net calorific value	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	23 MJ, net calorific value
	Freshwater use (FWU)	Reuse adds	10% compared to new purchase	i.e.,	23 515 m ³	Reuse saves	53% compared to replacement	i.e.,	97 m ³	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	0.002 m ³
Social performance	Contribution to economic dev (CE)	Reuse saves	11% compared to new purchase	i.e.,	8 086 CE med risk hours	Reuse saves	53% compared to replacement	i.e.,	27 CE med risk hours	Reuse adds	4% compared to replacement	i.e.,	1 CE med risk hours
	Goods produced by forced labour (FL)	Reuse saves	10% compared to new purchase	i.e.,	568 GFL med risk hours	Reuse saves	43% compared to replacement	i.e.,	2 GFL med risk hours	Reuse adds	9% compared to replacement	i.e.,	0.1 GFL med risk hours
	Migration flows (MF)	Reuse saves	10% compared to new purchase	i.e.,	32 633 MF med risk hours	Reuse saves	14% compared to replacement	i.e.,	18 MF med risk hours	Reuse adds	6% compared to replacement	i.e.,	4 MF med risk hours
Financial performance	Private costs (PC)	Reuse saves	7% compared to new purchase	i.e.,	75 517 EUR (2024)	Reuse saves	21% compared to replacement	i.e.,	86 EUR (2024)	Reuse adds	84% compared to replacement	i.e.,	52 EUR (2024)



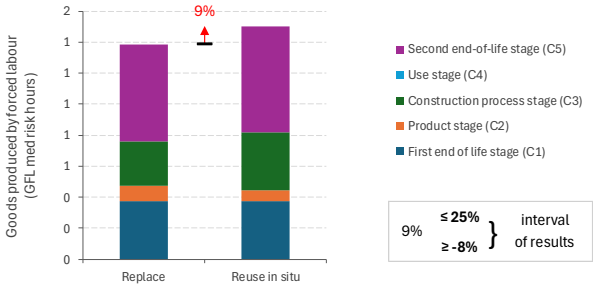
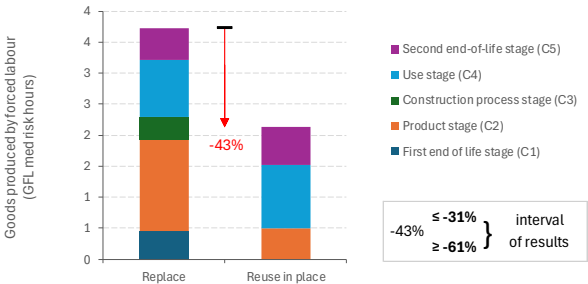
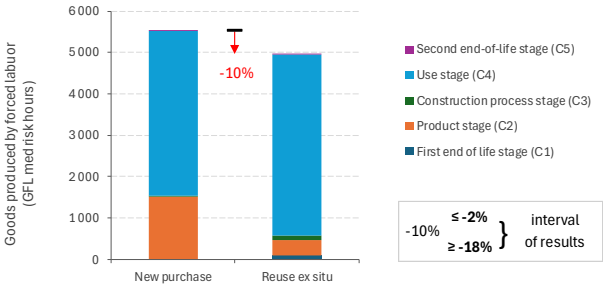
Performance sociale : biens produits par le travail forcé

Case study 1:
Réemploi ex situ – refroidisseur air-eau

Case study 2:
Réemploi sur site – Luminaire encastré

Case study 3:
Réemploi in situ – Conduit d'air circulaire

Environmental performance	Global warming potential (GWP)	Reuse adds	8% compared to new purchase	i.e.,	71 957 kg CO ₂ eq.	Reuse saves	6% compared to replacement	i.e.,	10 kg CO ₂ eq.	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	0.3 kg CO ₂ eq.
	Primary energy use (PEU)	Reuse adds	7% compared to new purchase	i.e.,	2 313 234 MJ, net calorific value	Reuse adds	1% compared to replacement	i.e.,	63 MJ, net calorific value	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	23 MJ, net calorific value
	Freshwater use (FWU)	Reuse adds	10% compared to new purchase	i.e.,	23 515 m ³	Reuse saves	53% compared to replacement	i.e.,	97 m ³	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	0.002 m ³
Social performance	Contribution to economic dev (CE)	Reuse saves	11% compared to new purchase	i.e.,	8 086 CE med risk hours	Reuse saves	53% compared to replacement	i.e.,	27 CE med risk hours	Reuse adds	4% compared to replacement	i.e.,	1 CE med risk hours
	Goods produced by forced labour (FL)	Reuse saves	10% compared to new purchase	i.e.,	568 GFL med risk hours	Reuse saves	43% compared to replacement	i.e.,	2 GFL med risk hours	Reuse adds	9% compared to replacement	i.e.,	0.1 GFL med risk hours
	Migration flows (MF)	Reuse saves	10% compared to new purchase	i.e.,	32 633 MF med risk hours	Reuse saves	14% compared to replacement	i.e.,	18 MF med risk hours	Reuse adds	6% compared to replacement	i.e.,	4 MF med risk hours
Financial performance	Private costs (PC)	Reuse saves	7% compared to new purchase	i.e.,	75 517 EUR (2024)	Reuse saves	21% compared to replacement	i.e.,	86 EUR (2024)	Reuse adds	84% compared to replacement	i.e.,	52 EUR (2024)



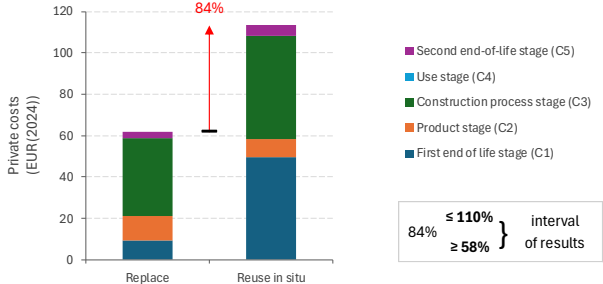
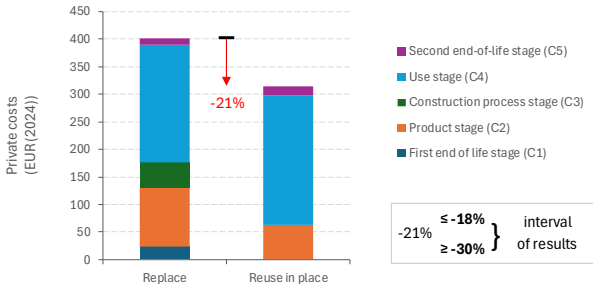
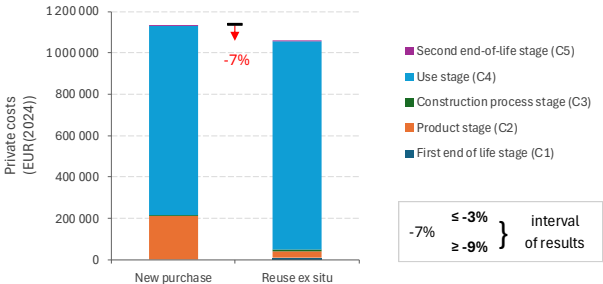
Performance financière : coûts privés

Case study 1:
Réemploi ex situ – refroidisseur air-eau

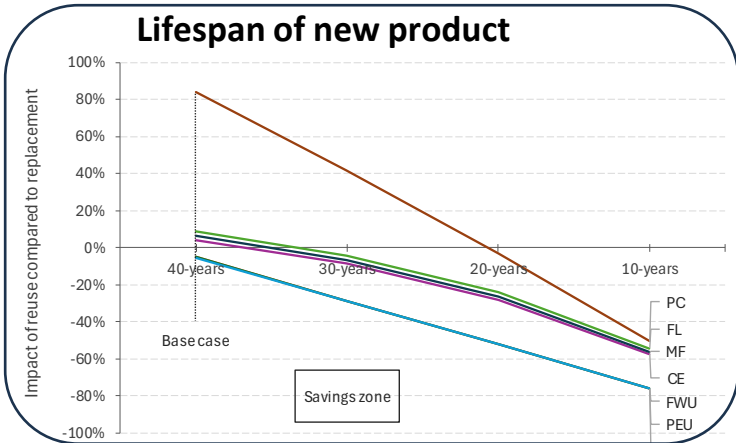
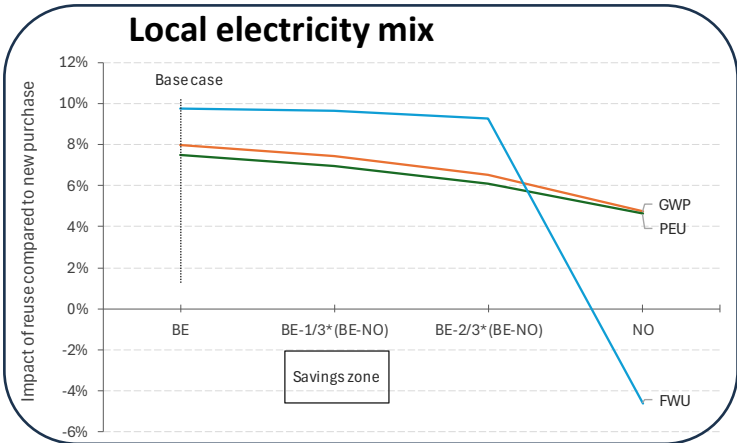
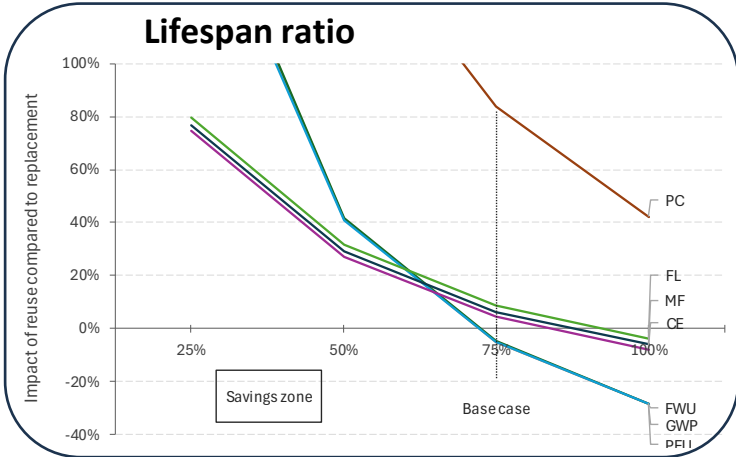
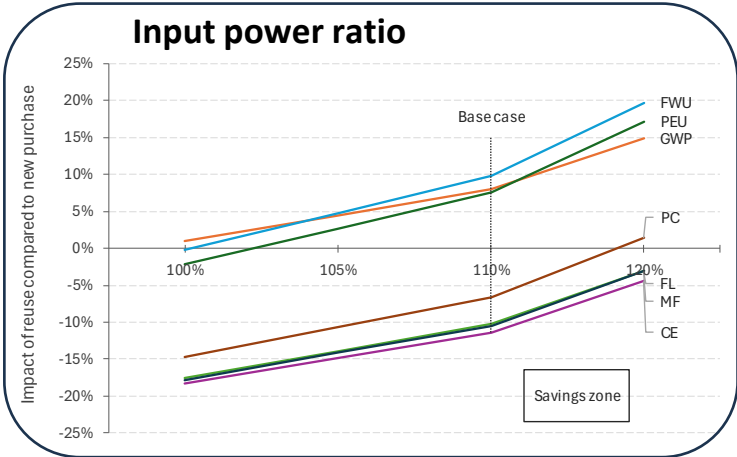
Case study 2:
Réemploi sur site – Luminaire encastré

Case study 3:
Réemploi in situ – Conduit d'air circulaire

Environmental performance	Global warming potential (GWP)	Reuse adds	8% compared to new purchase	i.e.,	71 957 kg CO ₂ eq.	Reuse saves	6% compared to replacement	i.e.,	10 kg CO ₂ eq.	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	0.3 kg CO ₂ eq.
	Primary energy use (PEU)	Reuse adds	7% compared to new purchase	i.e.,	2 313 234 MJ, net calorific value	Reuse adds	1% compared to replacement	i.e.,	63 MJ, net calorific value	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	23 MJ, net calorific value
	Freshwater use (FWU)	Reuse adds	10% compared to new purchase	i.e.,	23 515 m ³	Reuse saves	53% compared to replacement	i.e.,	97 m ³	Reuse saves	5% compared to replacement	i.e.,	0.002 m ³
Social performance	Contribution to economic dev (CE)	Reuse saves	11% compared to new purchase	i.e.,	8 086 CE med risk hours	Reuse saves	53% compared to replacement	i.e.,	27 CE med risk hours	Reuse adds	4% compared to replacement	i.e.,	1 CE med risk hours
	Goods produced by forced labour (FL)	Reuse saves	10% compared to new purchase	i.e.,	568 GFL med risk hours	Reuse saves	43% compared to replacement	i.e.,	2 GFL med risk hours	Reuse adds	9% compared to replacement	i.e.,	0.1 GFL med risk hours
	Migration flows (MF)	Reuse saves	10% compared to new purchase	i.e.,	32 633 MF med risk hours	Reuse saves	14% compared to replacement	i.e.,	18 MF med risk hours	Reuse adds	6% compared to replacement	i.e.,	4 MF med risk hours
Financial performance	Private costs (PC)	Reuse saves	7% compared to new purchase	i.e.,	75 517 EUR (2024)	Reuse saves	21% compared to replacement	i.e.,	86 EUR (2024)	Reuse adds	84% compared to replacement	i.e.,	52 EUR (2024)



Quatre paramètres critiques



Key

GWP : Global warming potential

PEU : Primary energy use

FWU : Freshwater use

CE : Contribution to economic development

FL : Goods produced by forced labour

MF : Migration flows

PC : Private costs

NO : Norway

BE : Belgium

Ce que le cadre apporte au domaine



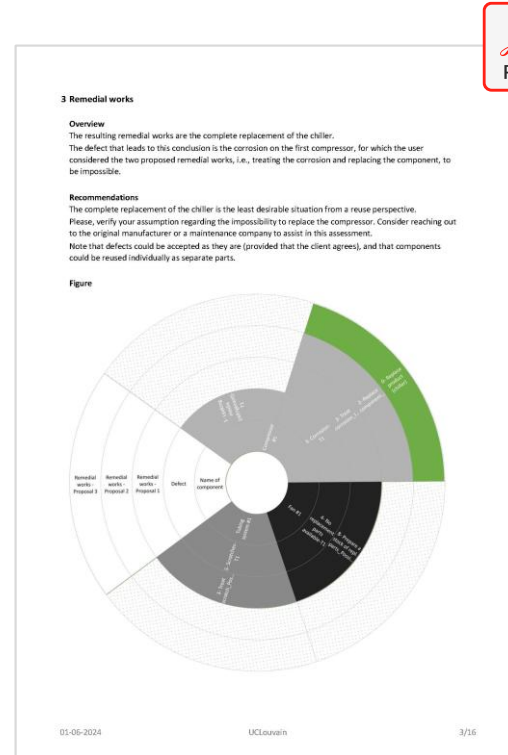
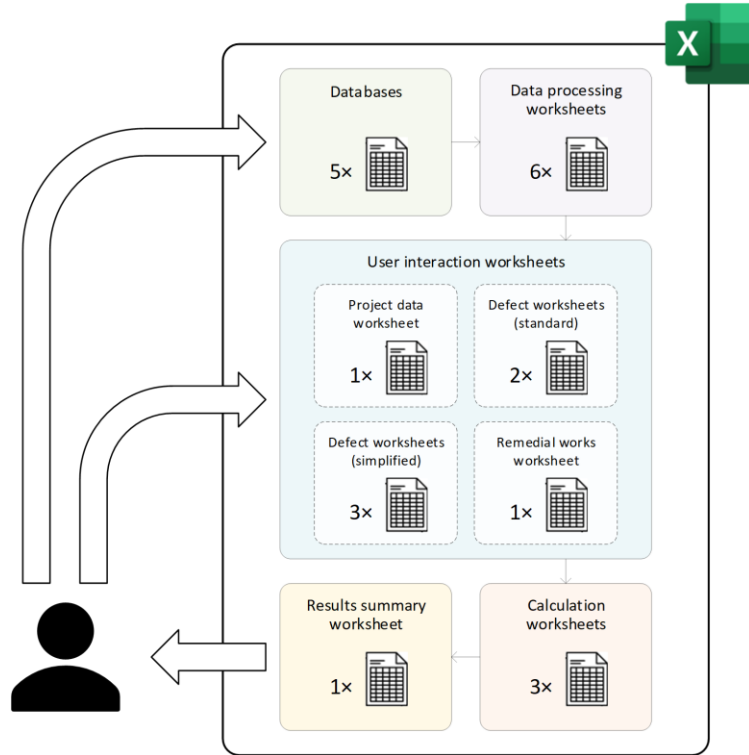
Remplacement de pièce



Traitement des rayures

	A	B
Bénéfice environnemental	-8%	+2%
Bénéfice social	+10%	+20%
Bénéfice financier	+7%	+17%

Comment l'outil comble le fossé entre la théorie et la pratique



Limitations

1

Relatif au cadre

1. Automatisation partielle des étapes d'évaluation de l'état et des travaux correctifs
2. Gammes limitées d'indicateurs d'impact environnemental et social
3. Méthode simpliste d'analyse de l'incertitude

2

Relatif à l'outil

1. Scalabilité limitée dans la version actuelle basée sur Excel
2. Pas d'analyse de sensibilité intégrée
3. Utilisabilité de l'outil non testée par les praticiens

3

Relatif au case study

1. Dépend de données d'entrée subjectives ou incomplètes
2. Peu de parcours et de scénarios de défaut étudiés
3. Limité à trois produits
4. Pas de validation inter-contextes

Travaux futurs

1

Relatif au cadre

1. Automatiser l'évaluation de l'état et des travaux correctifs (ex. apprentissage automatique)
2. Élargir les indicateurs (ex. EN 15804, UNEP S-LCA)
3. Utiliser l'ACV dynamique et l'incertitude probabiliste

2

Relatif à l'outil

1. Migrer vers des plateformes évolutives (ex. Python)
2. Ajouter une feuille de calcul pour les tests de scénarios
3. Simplifier l'interface utilisateur grâce aux retours et aux tests des praticiens

3

Relatif au case study

1. Collecter des données réelles sur les sites de reconditionnement
2. Tester davantage de parcours de réutilisation et de scénarios de défaut
3. Inclure de nouveaux types de produits
4. Appliquer dans des contextes variés

Conclusion et points clés

La durabilité de la réutilisation dépend fortement du contexte

Le cadre et l'outil développés permettent de prendre tôt des décisions spécifiques au projet concernant le réemploi des techniques du bâtiment

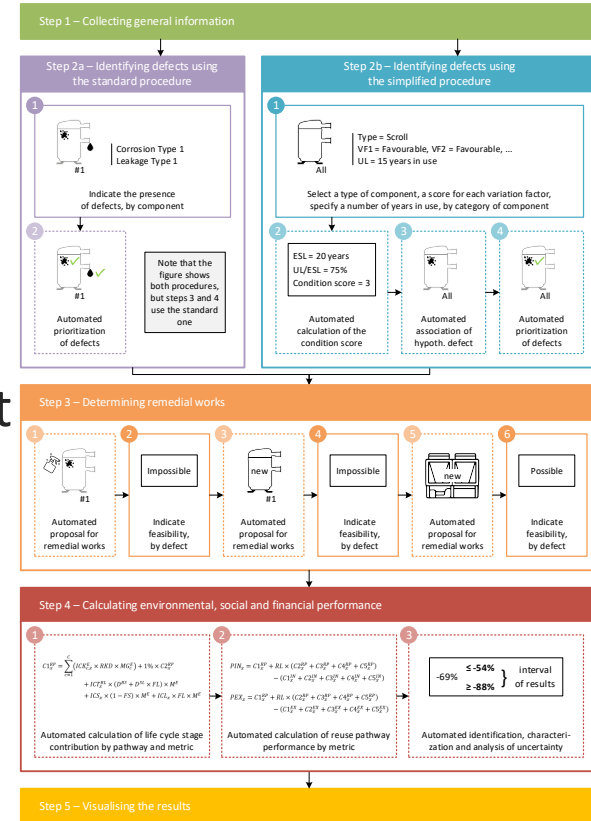
Les résultats soutiennent la conception circulaire grâce à des informations claires et basées sur les données sur le réemploi.

Sébastien Loreau

sebastien.loreau@uclouvain.be



Merci
Questions?



CONTACT

Sébastien Loreau

Research associate

+32 483 49 56 96

sebastien.loreau@uclouvain.be

Université catholique de Louvain

<https://www.uclouvain.be/en/research-institutes/lab/>

