



Thème #Santé



Lauren Durivault



Valentina Calixto



François Cluzel



Benoît Dabouis

Les membres du pôle A Recherche Amont et Formation de l'alliance CIRCULAR-IT :



Les membres experts du Comité d'Orientation et d'Evaluation :



Enjeux environnementaux du secteur de la santé

Secteur de la santé :
8% des émissions de
GES nationales

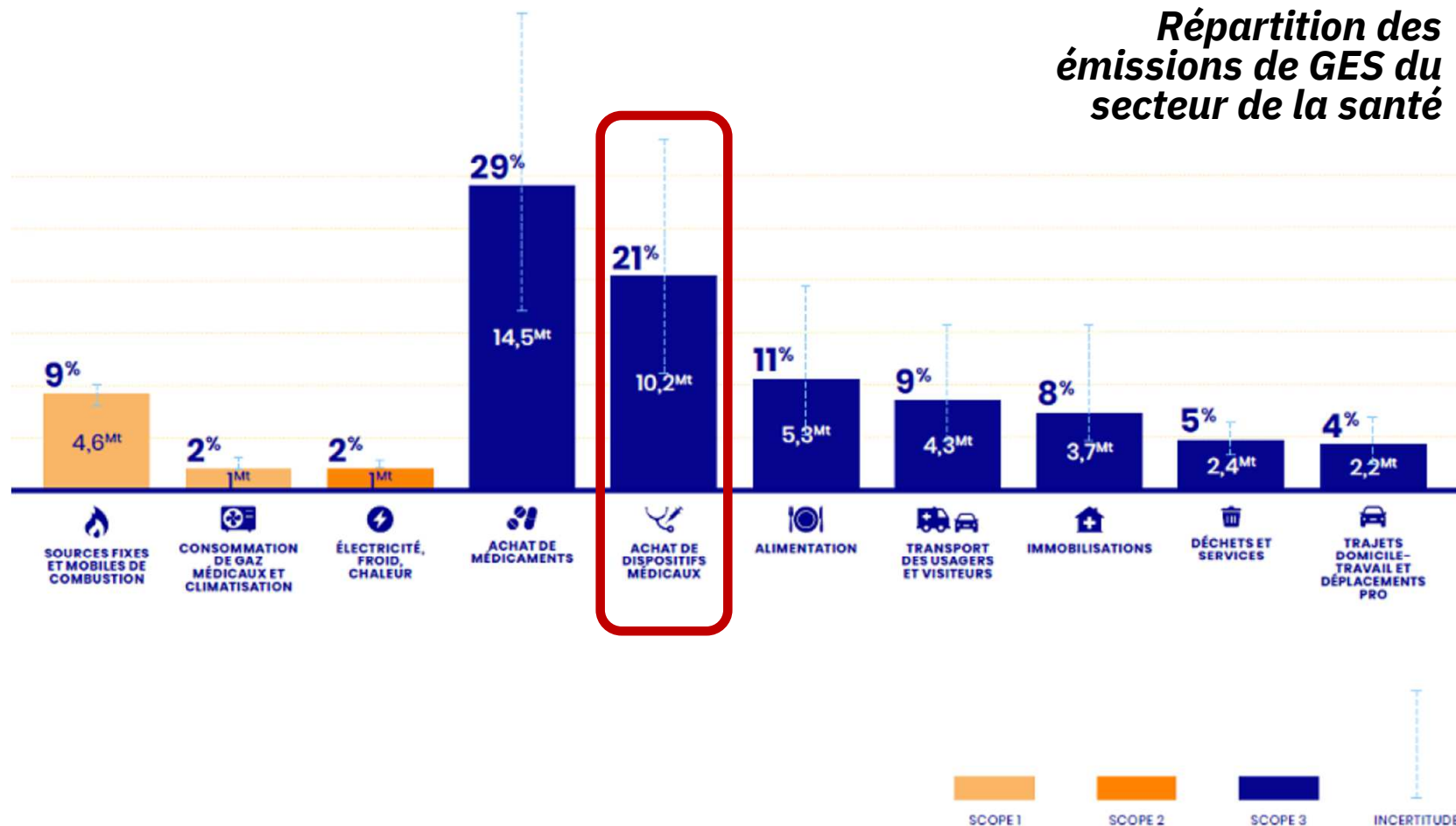
Une **prise de
conscience** récente
mais massive

Des **spécificités et
contraintes
réglementaires** fortes

Nécessité de raisonner
à « **iso-qualité de
soin** »

**Economie circulaire et
éco-conception**
reconnues comme des
réponses adaptées

Répartition des émissions de GES du secteur de la santé



Source : Shift Project, 2025



Dispositifs médicaux

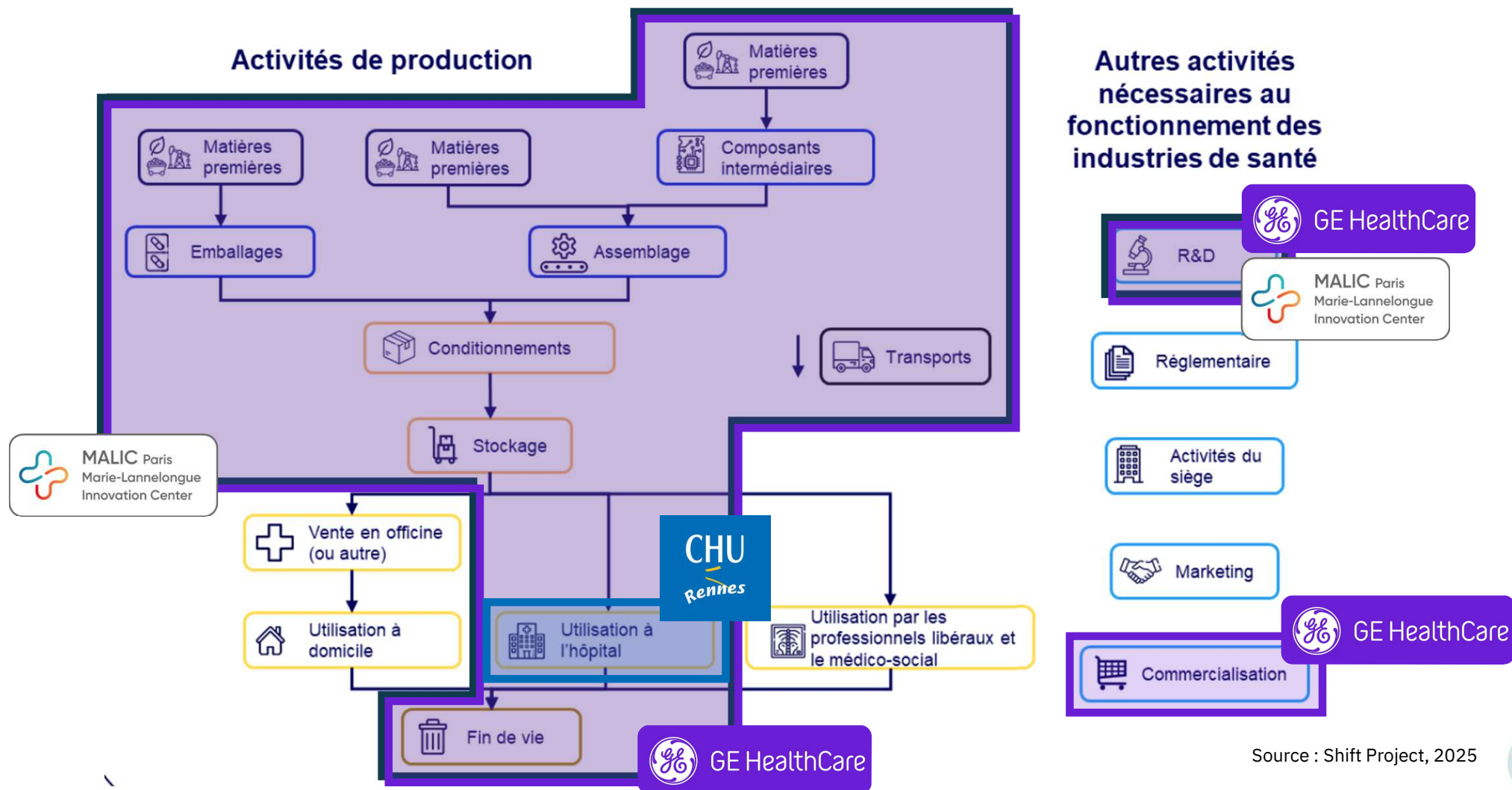
« Tout instrument, appareil, équipement, matière, produit, à l'exception des produits d'origine humaine, ou autre article utilisé seul ou en association, y compris les accessoires et logiciels nécessaires au bon fonctionnement de celui-ci, destiné par le fabricant à être utilisé chez l'homme à des fins médicales et dont l'action principale voulue n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques ni par métabolisme, mais dont la fonction peut être assistée par de tels moyens. »

Source : Code de la santé publique (article L.5211-1)



Source : Shift Project, 2025

Chaine de valeur des industries de santé



Data-driven circularity assessment of a medical system OEM



Lauren Durivault
CIFRE PhD Student at
GE HealthCare and LGI



Supervisors



Bernard Yannou
Professeur à CS
Titulaire du Pôle A



Michael Saidani
Chercheur à CS et
Luxembourg Institute of
Science and Technology



Ghada Bouillass
Maitre de Conférences à CS
Titulaire-adjointe du Pôle A

GE HealthCare est un Fabricant d'Équipement d'Origine (FEO) de systèmes médicaux

Activité principale:
la production et vente de systèmes de radiologie médicale

GEHC met en place des stratégies d'Economie Circulaire:

- Proposition de contrats de maintenance et de réparation
- Programmes de rachat des systèmes pour remise à niveau et reconditionnement
- Récupération de pièces détachées réutilisables
- Amélioration de la fiabilité via des maintenances opportunistes
- Implémentation d'un indicateur de circularité pour mesurer les flux de la supply chain [1]



Mammography Machine
GEHC Senographe Pristina™

Computer Tomography Scanner
GEHC Revolution™ Maxima



Divers acteurs impactant la stratégie de l'entreprise

ACTEURS

INTERNES

Décisionnaires
opérationnels

Leaders
ESG

EXTERNES

Institutions
réglementaires

Clients

Concurrents

Exercent des pressions qui
poussent au développement
d'initiatives de durabilité
environnementale [2]



[2] Krasikov, P., Legner, C., & Faculty of Business and Economics (HEC) University of Lausanne. (2023). Introducing a Data Perspective to Sustainability: How Companies Develop Data Sourcing Practices for Sustainability Initiatives. Communications of the Association for Information Systems, 53, 162–188.
<https://doi.org/10.17705/1CAIS.05307>

Divers acteurs impactant la stratégie de l'entreprise

ACTEURS

INTERNES

Décisionnaires
opérationnels

Développement d'**outils** pour
aider la **prise de décision**
tout au long du cycle de vie du produit



Leaders
ESG

Production de **rapports non financier**
ou **extra financier**



Institutions
réglementaires

Répondre à des
règlementations obligatoires
CSRD, DPP, RoHS, REACH, WEEE



Clients

Répondre aux **appels d'offres** des clients



Concurrents

Obtenir des **certifications** pour se
démarrer du marché
ISO, SBTi, SASB



EXTERNES

Divers acteurs impactant la stratégie de l'entreprise



Développement **d'outils** pour
aider la **prise de décision**
tout au long du cycle de vie du produit



Production de **rapports non financier**
ou **extra financier**



Répondre à des
règlementations obligatoires
CSRD, DPP, RoHS, REACH, WEEE



Répondre aux **appels d'offres** des clients



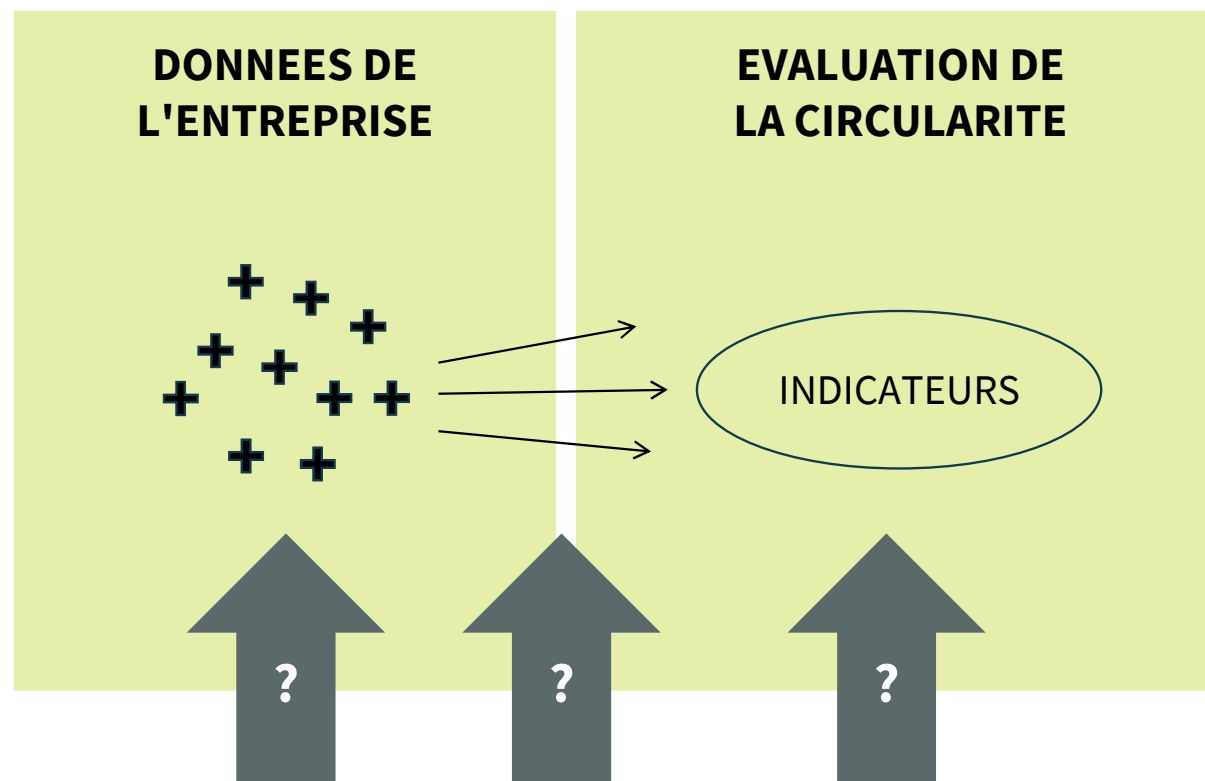
Obtenir des **certifications** pour se
démarrer du marché
ISO, SBTi, SASB



Représentent un besoin
considérable **d'indicateurs**
notamment **d'Economie**
Circulaire...

... nécessitant la **collecte** de
nombreuses données

Problématique(s)



Quelles sont les **données** dont nous avons besoin ?

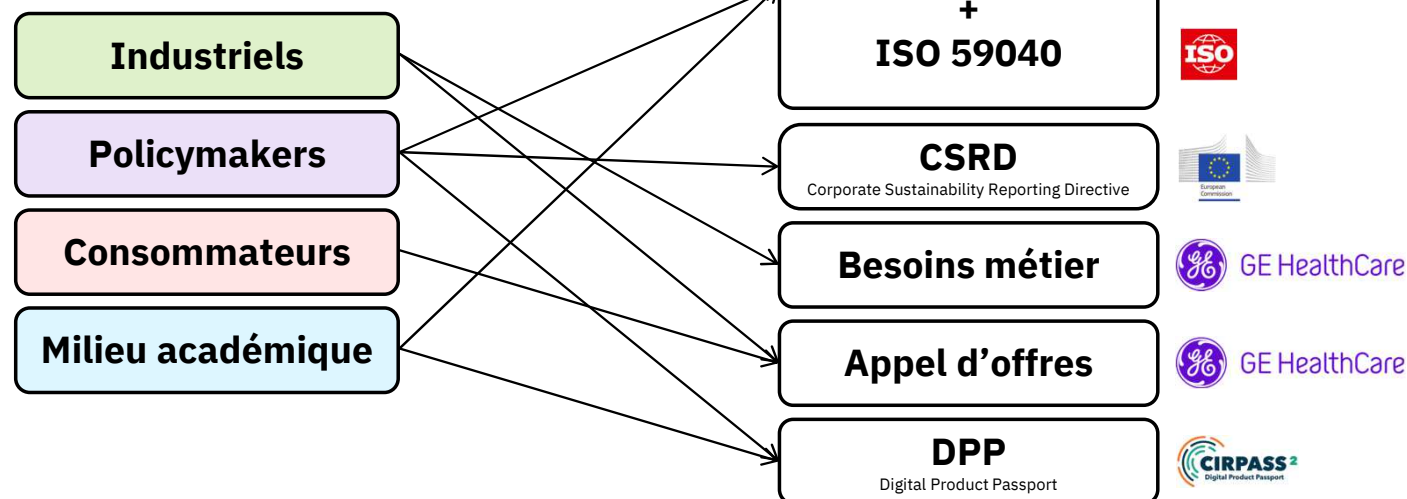
Comment **calculer** ces indicateurs ?

Quels **indicateurs** faut-il calculer ?

Méthodologie proposée

1
Compilation des ressources
dictant les
exigences pour réaliser
une évaluation de circularité

Catalyseurs de l'EC [3]



[3] Kirchherr, J., Yang, N.-H. N., Schulze-Spüntrup, F., Heerink, M. J., & Hartley, K. (2023). Conceptualizing the Circular Economy (Revisited): An Analysis of 221 Definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 194, 107001. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2023.107001>

Méthodologie proposée

1

Compilation des ressources
dictant les
exigences pour réaliser
une évaluation de circularité

**Product Circularity
Data Sheet
+
ISO 59040**



CSRD

Corporate Sustainability Reporting Directive



Besoins métier



GE HealthCare

Appel d'offres



GE HealthCare

DPP

Digital Product Passport



2

Extraction de ces exigences

Ces exigences sont-elles:

- Quantifiables?
- Mesurables?
- Estimables?

Méthodologie proposée

ressources

réaliser
circularité

arity
t



g Directive



ier



es



2

Extraction de ces exigences

Ces exigences sont-elles:

- Quantifiables?
- Mesurables?
- Estimables?

3

Définition du niveau de
granularité de chaque
exigence

Cette exigence est-elle:

- Un point de donnée ?
- Une donnée agrégée ?
- Un indicateur ? [4]

[4] Critères adaptés de M. Saidani, B. Yannou, Y. Leroy, F. Cluzel, and A. Kendall, "A taxonomy of circular economy indicators," *Journal of Cleaner Production*, vol. 207, pp. 542–559, Jan. 2019, doi: [10.1016/j.jclepro.2018.10.014](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.014).

Méthodologie proposée

Extraction de ces exigences

es exigences sont-elles:

Quantifiables?
Mesurables?
Estimables?

3

Définition du niveau de
granularité de chaque
exigence

Cette exigence est-elle:

- Un point de donnée ?
- Une donnée agrégée ?
- Un indicateur ? [4]

4

Définition des relations
entre les exigences

Quelles données
permettent de calculer
quels indicateurs ?

Méthodologie proposée

Définition du niveau de granularité de chaque exigence

4

Définition des relations entre les exigences

5

Organisation sous format exploitable

Cette exigence est-elle:

*Un point de donnée ?
Une donnée agrégée ?
Un indicateur ? [4]*

Quelles données permettent de calculer quels indicateurs ?

Liste d'indicateurs

	x	x	x	
		x		x
	x		x	
	x			x

Liste de données

Exploitation des résultats

des relations
s exigences

s données
nt de calculer
indicateurs ?

5

Organisation sous format
exploitable

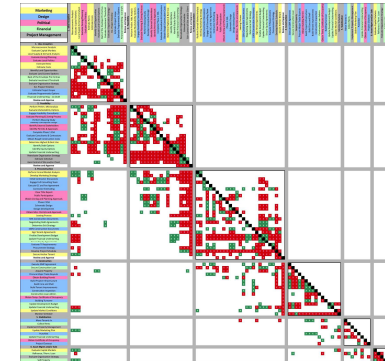
Liste d'indicateurs

Liste de données

	x	x	x	
		x		x
	x		x	
	x			x

Perspectives

Utilisation des méthodes de
« Design Structuration Matrix »



Analyse de similarité des
indicateurs

Reliage avec les autres
aspects du modèle :

- Acteurs
- Data owners/users
- Objets/entités

Développement d'une
structure des données



Evaluation intégrée de la circularité et de la soutenabilité : Application aux systèmes médicaux complexes



Valentina Calixto
CIFRE PhD Student at
GE HealthCare and LGI



Encadrants



Bernard Yannou
Professeur à CS
Titulaire du Pôle A



François Cluzel
Maitre de Conférences à CS



Ghada Bouillass
Maitre de Conférences à CS
Titulaire-adjointe du Pôle A

Contexte : Acquisition d'un scanner reconditionné et remis à niveau

Acquisition

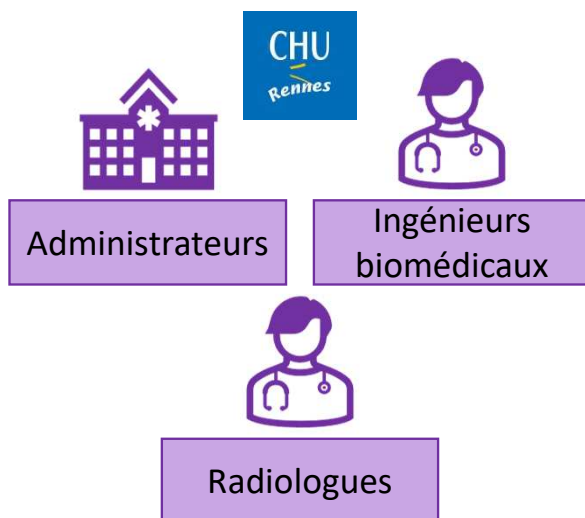
Installation /
Upgrade

Usage

2024

21/05–13/06/ 2025

16/07/2025



- ✓ Accès à la technologie spectrale
- ✓ Tension budgétaire
- ✓ Impact environnemental

GE HealthCare



CHU
Rennes

Ingénieurs
biomédicaux

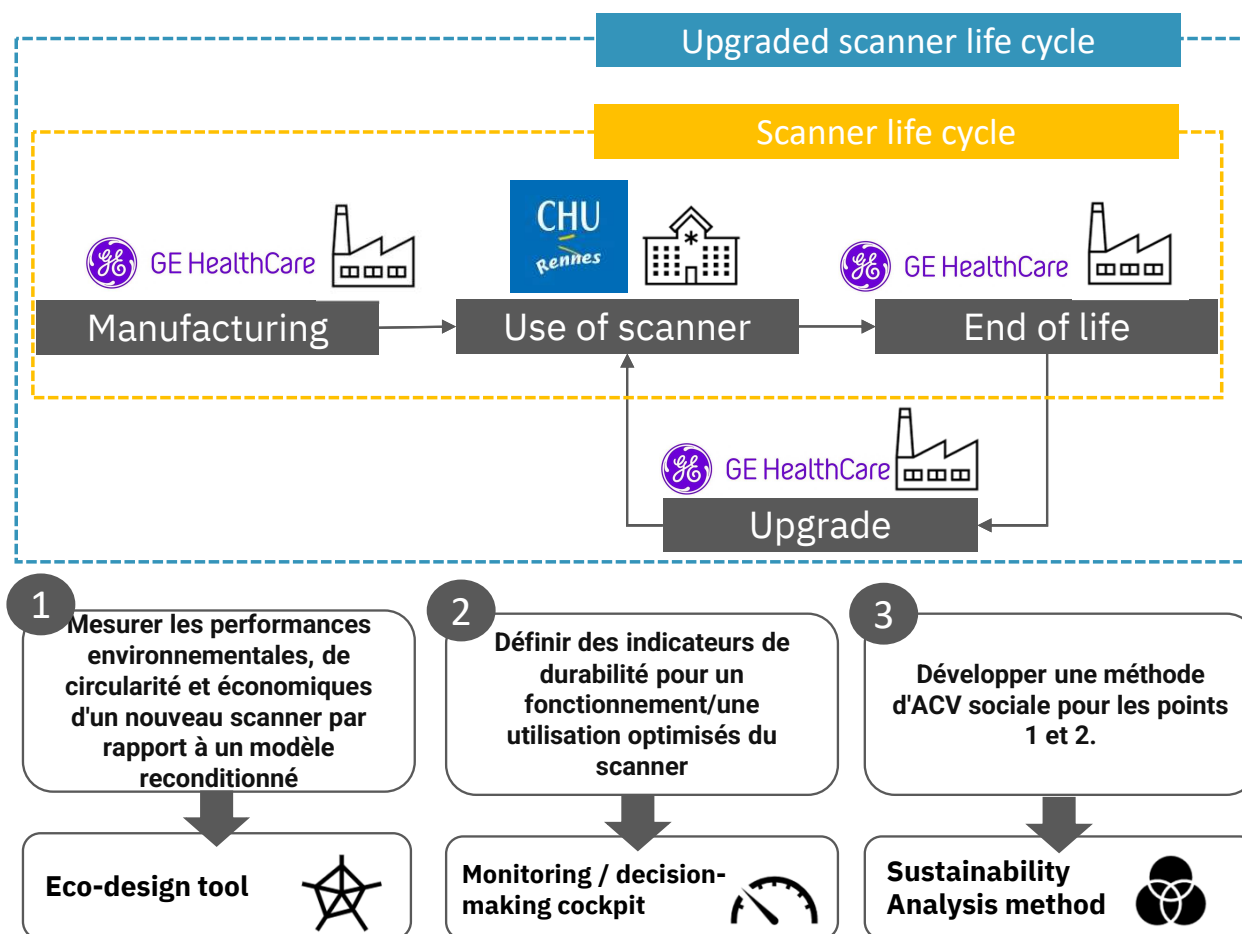
Radiologues

Manipulateurs

Patients

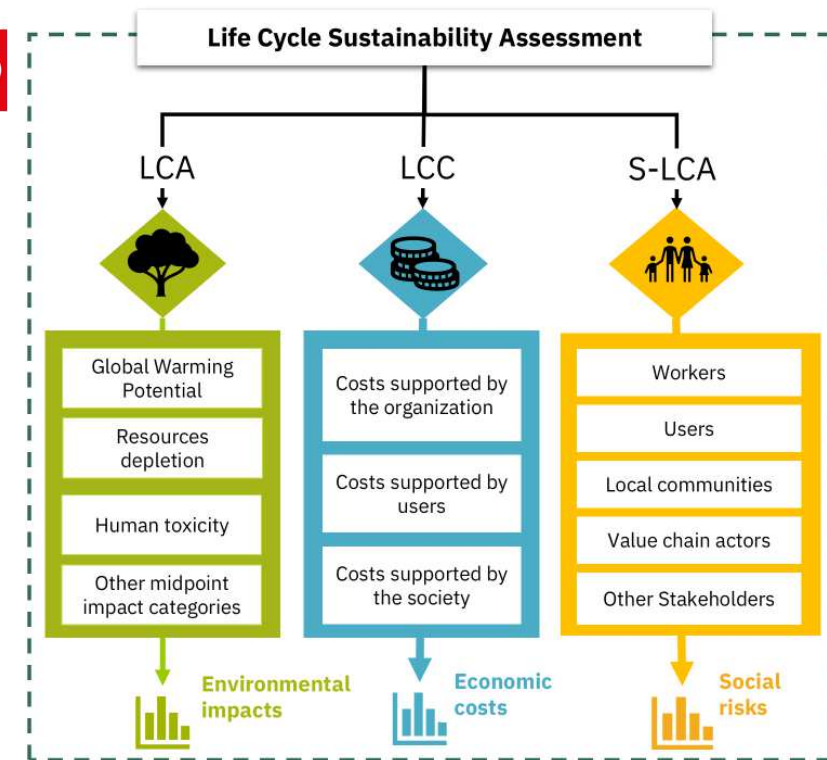
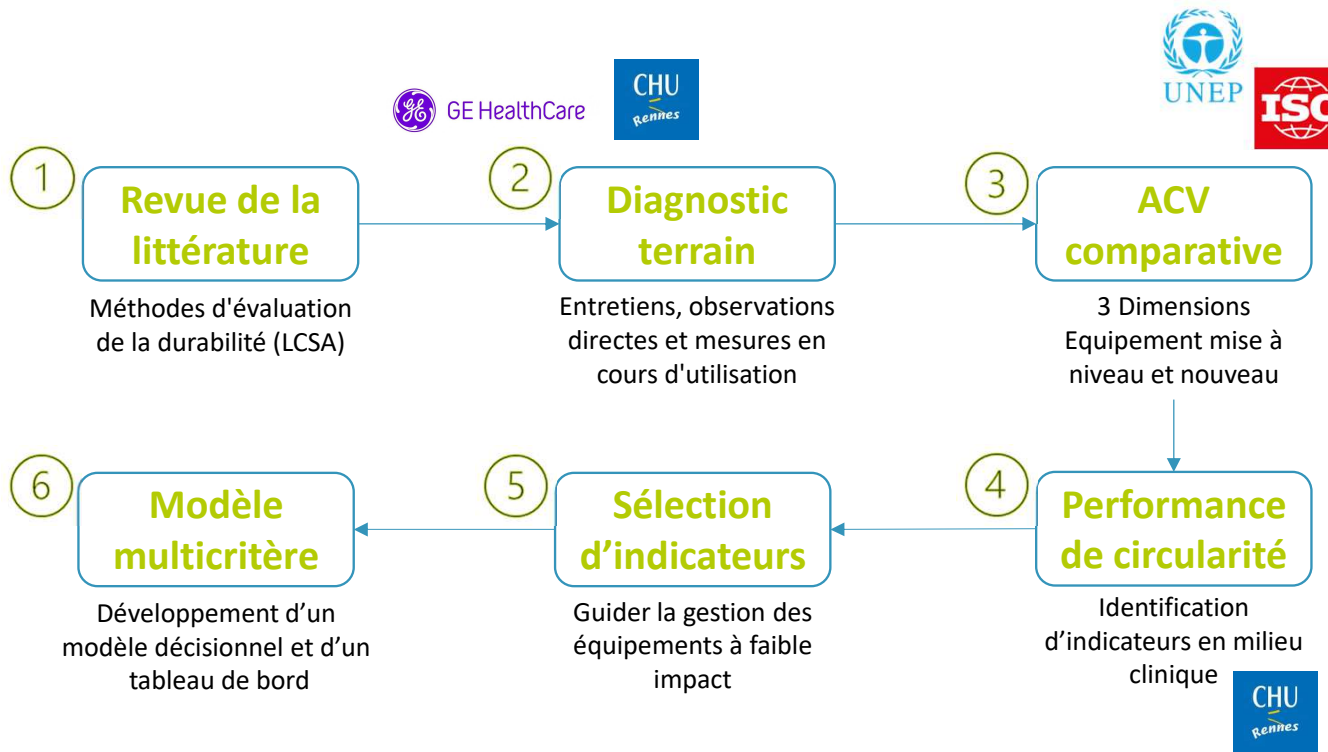


Axes et objectifs de recherche



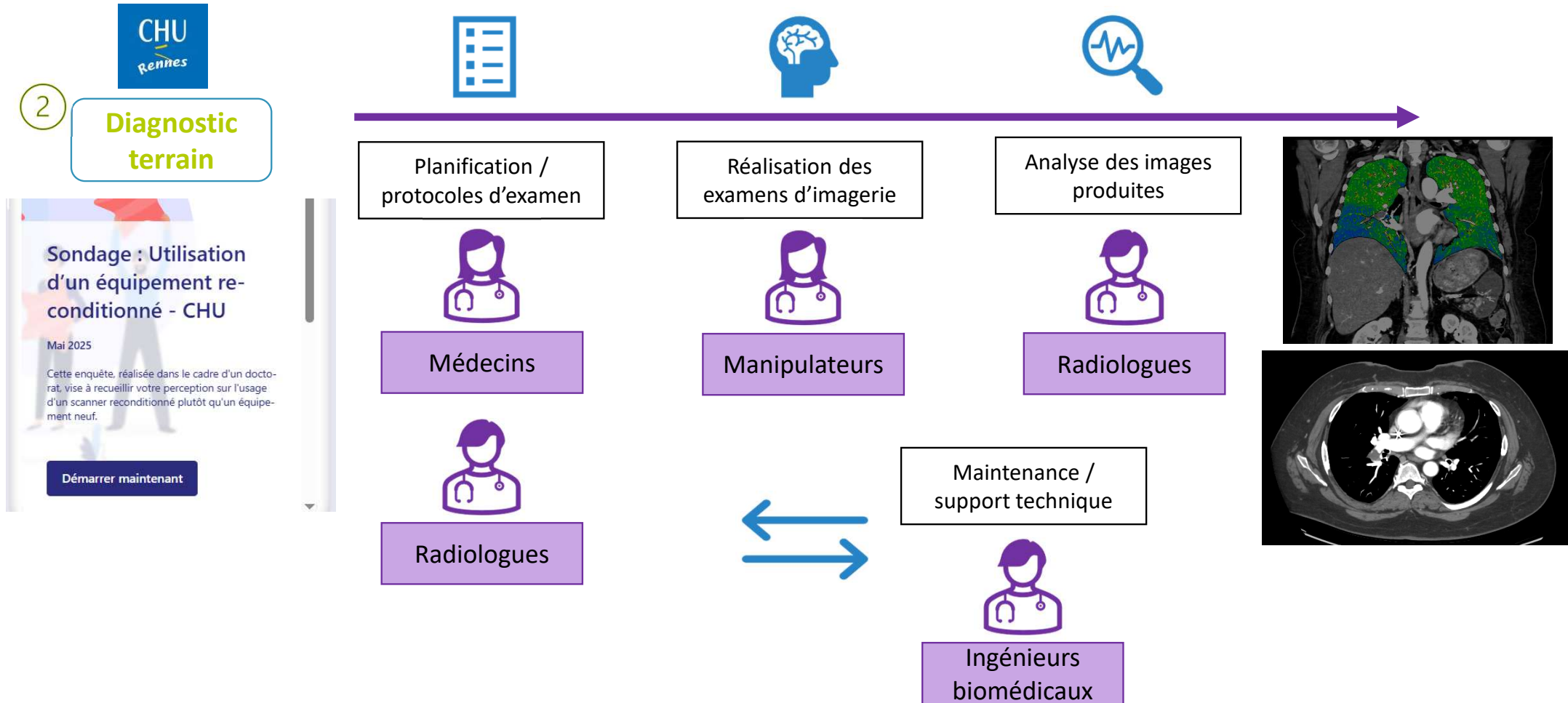
Objectifs principaux :

1. Soutien des industries dans l'intégration de critères socio-environnementaux lors de la **conception**, de la **re-conception** et de la **mise à niveau** des systèmes médicaux complexes.
2. Fournir aux hôpitaux des informations complètes et fondées sur des données réelles pour intégrer des critères de durabilité (environnementale, économique et sociale) dans les processus décisionnels liés à **l'acquisition** et à **l'exploitation** des dispositifs médicaux complexes.



Bouillass, G. (2021). Sustainability assessment of electric mobility scenarios with the integration of a life cycle perspective [Phdthesis, MINES ParisTech - Université PSL]. <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/tel-03651313>

Processus d'utilisation et acteurs identifiés



Intérêts et priorités des acteurs



Manipulateurs

Fiabilité technique

Fiabilité à long terme

Adaptabilité /
Acceptabilité



Radiologues

Fonctionnalités

Accès nouvelle
technologie

Qualité d'image



Administrateurs

Conso énergie

Fiabilité à long
terme

Stock des images



Patients

Qualité de soins



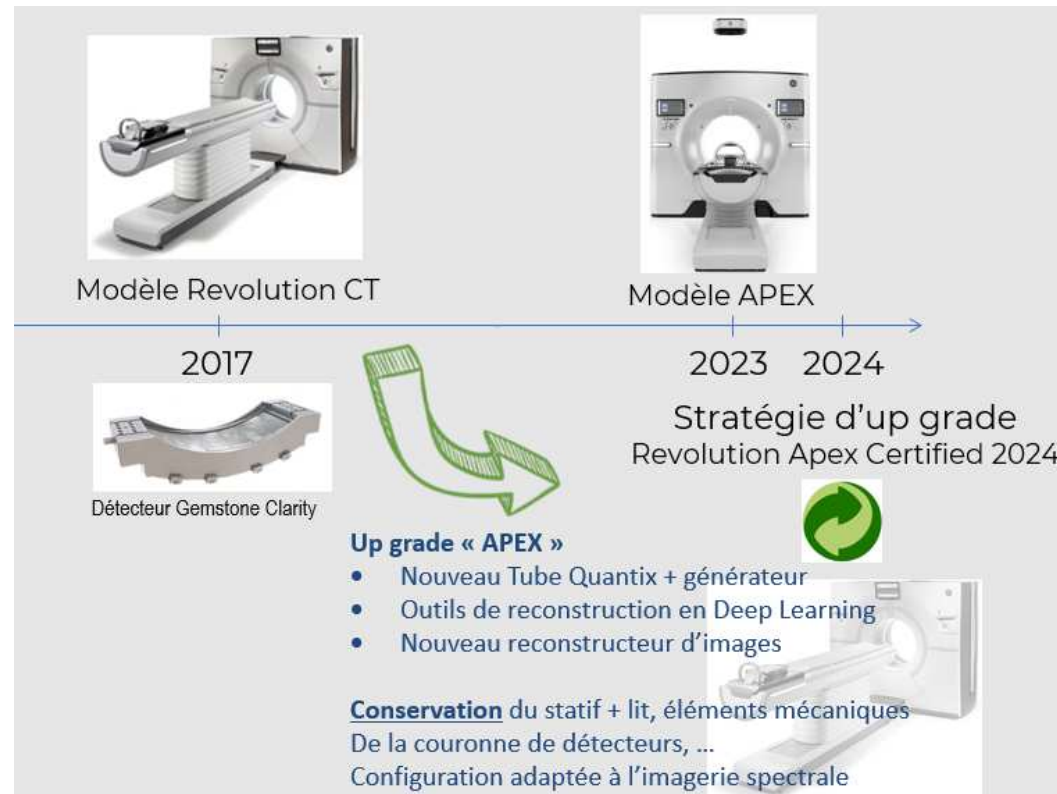
Ingénieurs biomédicaux

Fiabilité à long
terme

Fiabilité technique

Maintenance

LCA



3

ACV comparative

Changement de pièces :

- Pièces « *must change* » : Kit Upgrade (quantix tube, générateur, PDU)
→ **Mise à niveau**
- Pièces « *nice to change* » : Covers (gantry et Table)
→ **Aspects esthétiques**

S-LCA



40 catégories d'impact social recommandées

Workers - Freedom of association and collective bargaining - Child labor - Forced labor - Fair salary - Working hours - Equal opportunity / discrimination - Health & Safety - Social benefits and social security - Employment relationship - Sexual harassment - Smallholders (including farmers)	Local Communities - Access to material resources - Access to immaterial resources - Delocalization and migration - Cultural heritage - Safe and healthy living conditions - Respect for indigenous rights - Community engagement - Local employment - Secure living conditions	Society - Public commitments to sustainability issues - Contribution to economic development - Prevention and mitigation of armed conflicts - Technology development - Corruption - Ethical treatment of animals - Poverty alleviation
Consumers - Health and safety - Feedback mechanism - Consumer privacy - Transparency - End-of-Life responsibility	Value Chain Actors - Fair competition - Promotion of social responsibility - Supplier relationships - Respect of intellectual property rights - Wealth distribution	Children - Education in the local community - Health issues for children as consumers - Children concerns regarding marketing practices

UNEP, 2021. Methodological Sheets for Subcategories in Social Life Cycle Assessment (S-LCA) 2021. EDS. United Nations Environment Programme (UNEP).

3

ACV
comparative

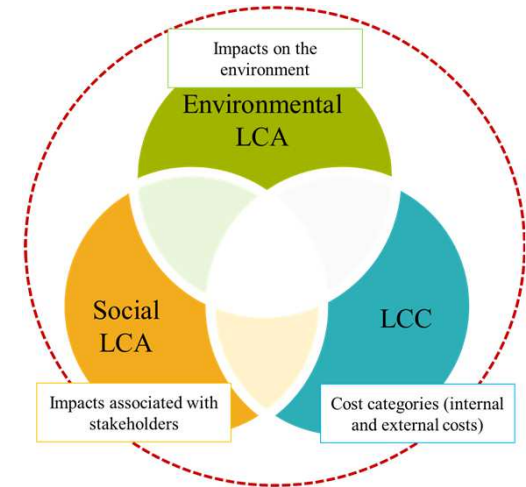
To be adapted, refined,
selected depending on the
product system
investigated, with
justification !

Evaluation de soutenabilité

- Développement d'un cadre méthodologique pour évaluer la soutenabilité des systèmes médicaux complexes.
- Offrir la plus haute qualité de soins, avec des coûts environnementaux, sociaux et économiques maîtrisés.

Pilotage d'usage d'un scanner reconditionné

- Identification des fonctionnalités de la machine
 - Identification de possibles indicateurs de circularité
 - Préparation des mesures d'indicateurs au milieu clinique (ex. consommation d'énergie, consommables, etc.)
- Développement d'un modèle d'aide à la décision et d'un tableau de bord pour aider les professionnels hospitaliers à réduire leur impact lors de l'utilisation du scanner.





MALIC Paris
Marie-Lannelongue
Innovation Center



Projet MALIC

Eco-conception et éco-innovation de Dispositifs Médicaux



Benoît
Dabouis



François
Cluzel

CIRCULAR
LE NUMÉRIQUE AU SERVICE
DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



Groupe hospitalier St Joseph

HÔPITAUX Paris
Saint-Joseph
Marie-Lannelongue



- Opérations chirurgicales et interventionnelles
Cœur / Poumons / Vaisseaux
- Nombre de lits : 201
- Localisation : Le Plessis-Robinson (92)



- Généraliste
- Nombre de lits : 587
- Localisation : Paris 14^{ème} (75)



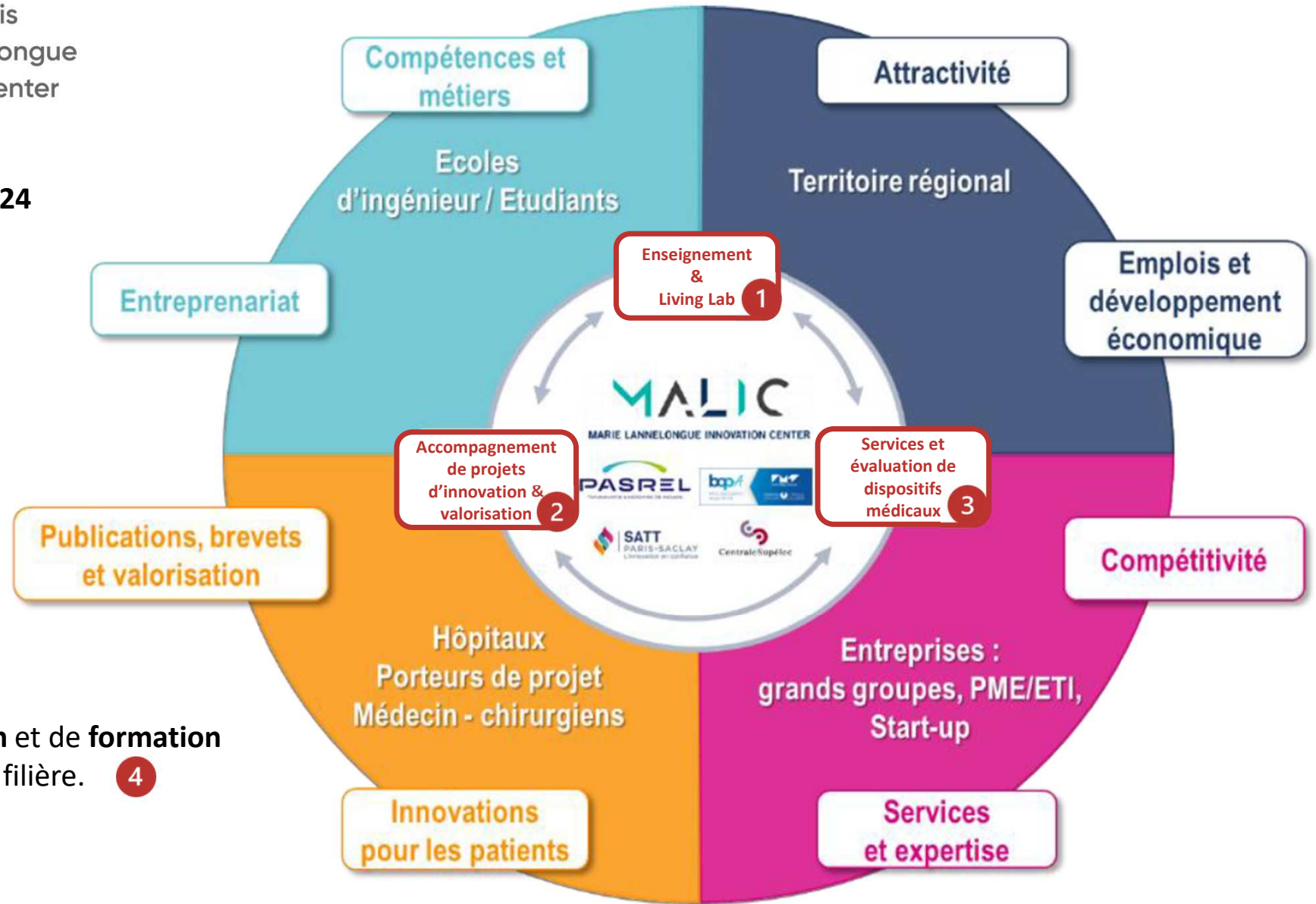


MALIC Paris
Marie-Lannelongue
Innovation Center

Création : **Octobre 2024**

4 Missions :

+ Actions d'animation et de formation
pour les acteurs de la filière. **4**



Collaboration MALIC + LGi



MALIC Paris
Marie-Lannelongue
Innovation Center



Enseignement & Living Lab

1

Accompagnement de projets d'innovation & valorisation

2

Services et évaluation de dispositifs médicaux

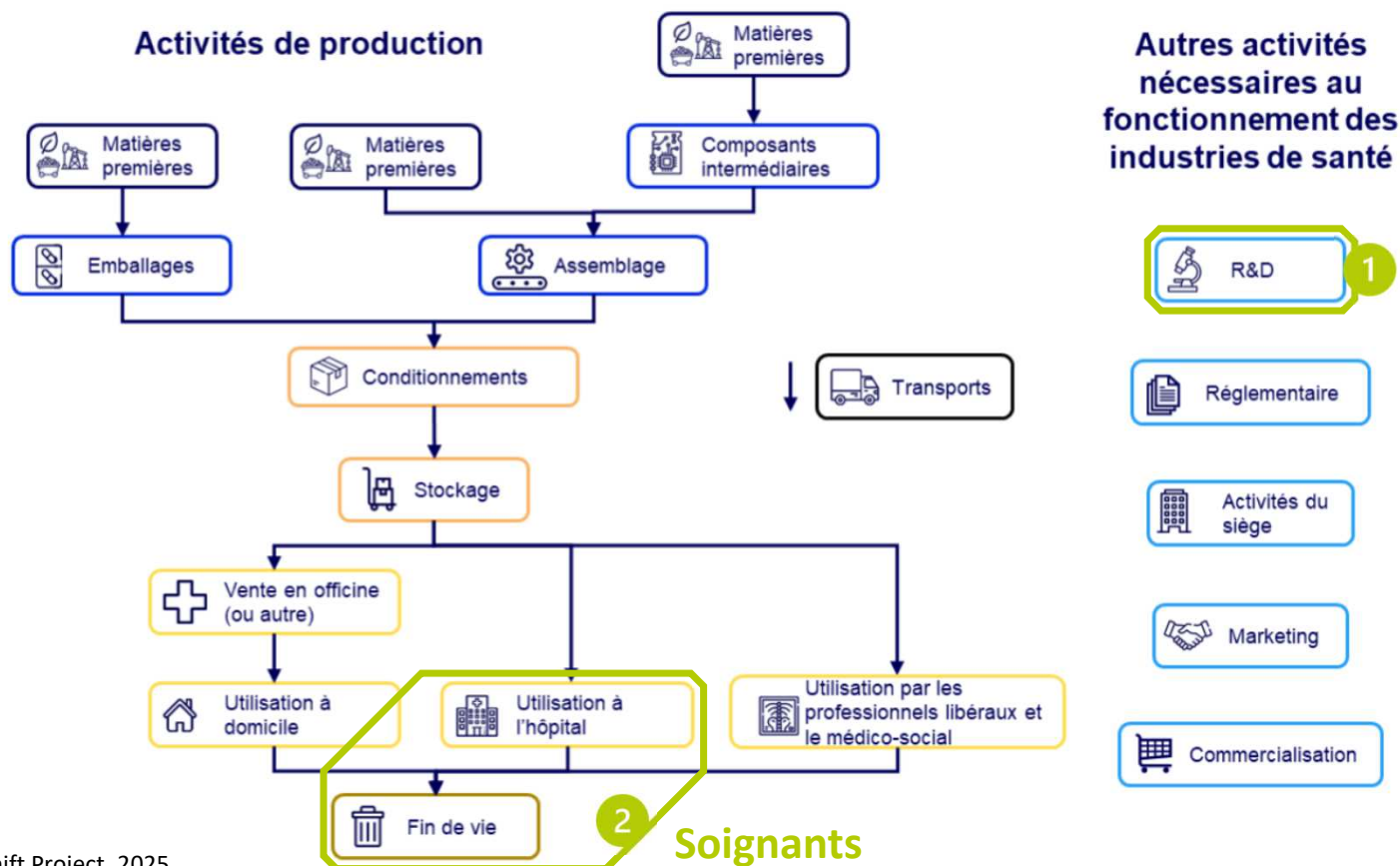
3

+ **Actions d'animation** et de **formation**
pour les acteurs de la filière.

4

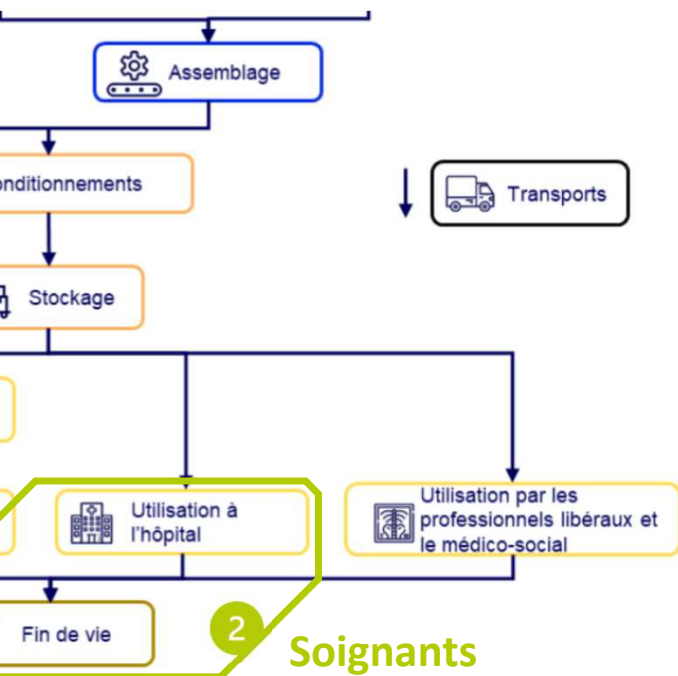


Une collaboration autour de deux volets



Source : Shift Project, 2025

Centrage sur 4 cas d'études



Concepteur / Innovateur

- Senior
- Junior (étudiants)



Machine de circulation extra-corporelle (CEC)



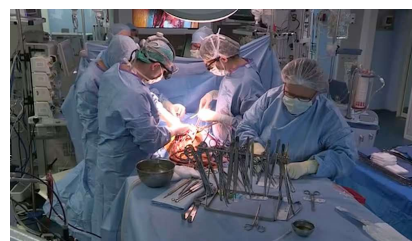
Agrafeuse



Bistouri électrique

Soignants

- Sensibilisation
- Soutient à la mise à jour des pratiques



Chirurgie Thoracique

Besoins des acteurs

1

Concepteur / Innovateur

- Senior
- Junior (étudiants)



Agrafeuse

Quelles sont les stratégies d'écoconception les plus efficaces en termes de réduction d'impacts environnementaux ?

- Passer de l'incinération au recyclage ?
- Utiliser des bioplastiques ?
- Rendre le produit réutilisable ?

2

Soignants

- Sensibilisation
- Soutien à la mise à jour des pratiques



Chirurgie Thoracique

Quelles actions peuvent-ils mettre en place pour réduire les impacts environnementaux de leurs activités ?

- Quel(s) fournisseur(s) choisir ?
- Quelles pratiques favoriser ?
- Comment intégrer ces critères aux prises de décisions (qualité de soin, coût, confort patient / soignants, ...)

Soignant & Concepteurs = Temps & Ressources limitées

Problématique

Quel.s outil.s peut-on proposer pour assister la prise en compte de la dimension environnementale dans chacune de ces activités ?

Recherche

AXE 1 : Identifier les **problèmes environnementaux**

AXE 2 : Identifier les **actions** permettant les **gains environnementaux les plus importants**

AXE 3 : Proposer des **outils** pour **guider les acteurs vers les bonnes actions**

Pratique

Axe 0 : **Enquête terrain** : Comprendre les activités de concepteurs et soignants

Axe 4 : **Co-construire** ces outils avec leurs usagers, puis les **déployer**

Méthodologie



Machine de circulation extra-corporelle (CEC)



Bistouri électrique

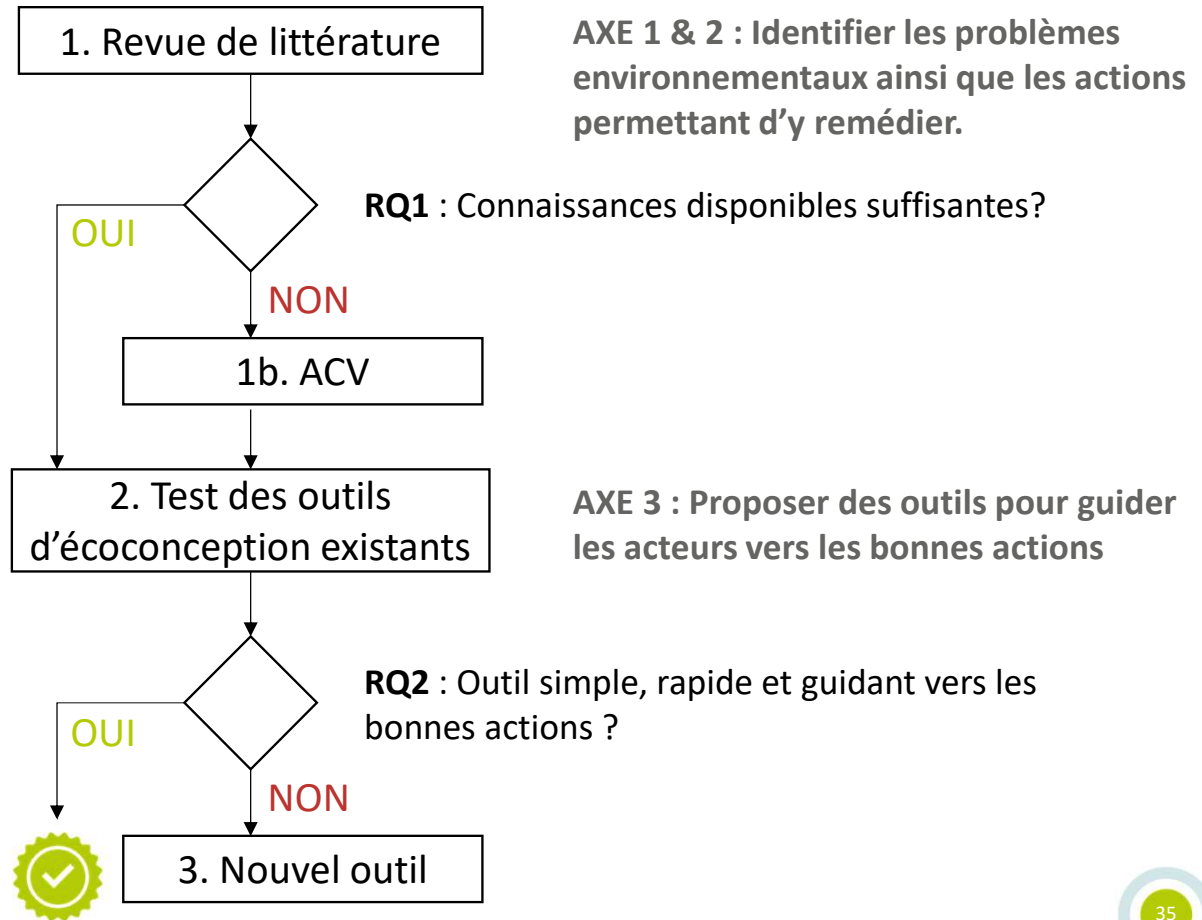


Agrafeuse



Chirurgie Thoracique

Pour chaque DM / Activité de Soins (AS) :



Résultats préliminaires



Machine de circulation extra-corporelle (CEC)



Agrafeuse



Bistouri électrique



Chirurgie Thoracique

RQ1 : Connaissances disponibles suffisantes?

Basiques
mais
suffisantes

Limitées

Inexistantes

Nombreuses études
difficilement
comparables

Besoin ACV ?

Les choix de périmètres ne sont pas toujours **clairs et explicites**
Besoin d'un cadre d'analyse et de comparaison (ex : **1**)
→ Réalisation d'une SLR appliquée à la chirurgie thoracique

?

Simple



RQ2 : Outil

Rapide



Bon guidage ?



ACVs en cours

1 Savio et al., 2024. Sustainable Operating Rooms: A Comprehensive Framework for Environmental Impact Analysis

Ambition :

- Proposer des outils **généralisables** à d'autres types d'activités de soin ou de famille de DM
- Parvenir à des outils concrets **utilisés en pratique**

Limites :

- Approche **relative** (pour l'instant)
- **Socle de connaissances ténu** concernant les impacts environnementaux du médical

Pour conclure

Thème #Santé



Lauren Durivault



Valentina Calixto



François Cluzel



Benoît Dabouis

CIRCULAR
LE NUMÉRIQUE AU SERVICE
DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



Perspectives globales

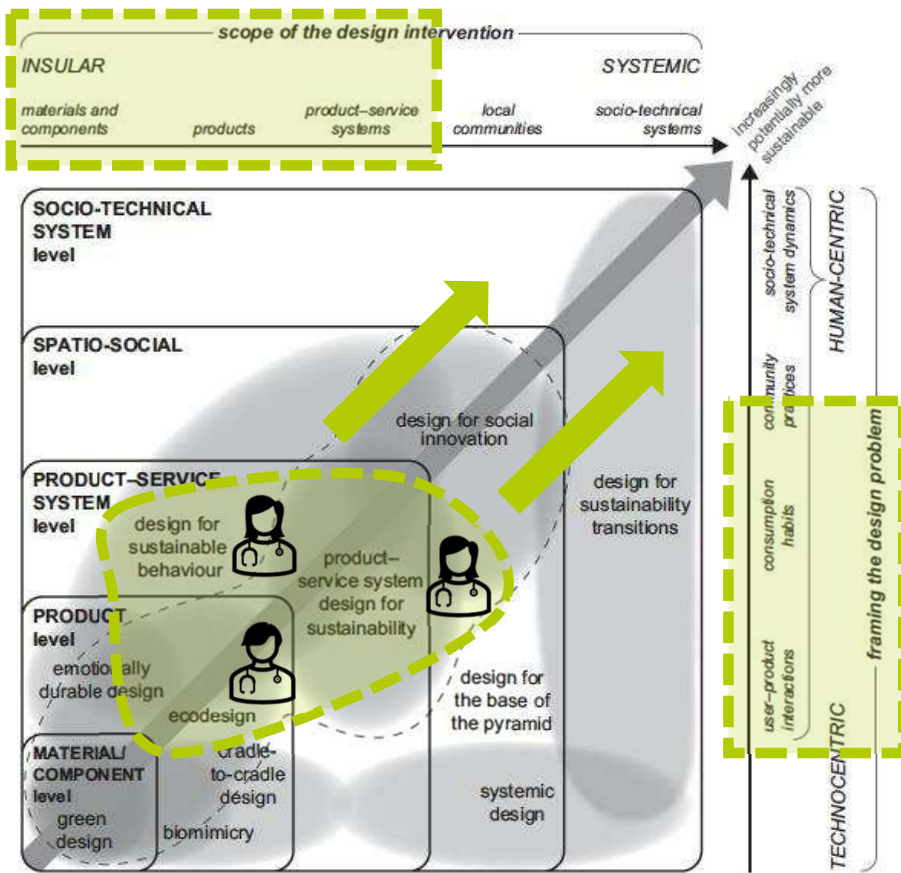


Figure 12.3 The DfS innovation framework with the DfS approaches mapped onto it

Source : Ceschin, F. & Gaziulusoy, İ. (2019)

« Former les médecins des usines et des fabriques »

Slogan de l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures à sa création en 1829

Ca continue !

Recrutement en cours – Thèse CIFRE

Eco-circularité et Analyse de cycle de vie assistées par la science des données pour accélérer la réduction des impacts environnementaux des équipements médicaux

L'objectif de la thèse est de fournir une méthodologie, des outils de simulation et d'intelligence artificielle pour faciliter l'identification des opportunités de éco-circularité des produits et la réalisation d'analyse du cycle de vie des produits médicaux sur l'ensemble du cycle de vie se focalisant sur les produits existants. La complexité de mise en œuvre de cette méthodologie sera liée à la nature des décisions de double matérialité associée à ce produit. Ainsi, l'idée est de proposer une approche d'aide à la décision dans les choix d'éco-conception et d'éco-circularité à l'aide d'analyse de cycle de vie simplifiée dont la réalisation est facilitée par l'usage des sciences de données en se basant sur les données existantes des différents variants de produits existants.



A noter dans vos agendas !

Conception durable des dispositifs médicaux et de parcours de soins hospitaliers

Journée de recherche

Date : 10 octobre 2025

Lieu : Hôpital Saint-Joseph (Paris 14)

Appel à communication ouvert jusqu'au 4 juillet !

Echanges scientifiques et ateliers collaboratifs

Ambition : rédaction d'un livre blanc



Les enjeux de l'écoconception pour un système de santé circulaire et durable

Atelier Thématique Annuel du réseau EcoSD

Date : Octobre 2026

Lieu : CentraleSupélec (Paris 13)



Une journée scientifique ouverte à tous pour un état des lieux académique, institutionnel et industriel



Merci pour votre attention



Lauren Durivault



Valentina Calixto



François Cluzel



Benoît Dabouis

CIRCULAR
LE NUMÉRIQUE AU SERVICE
DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

