



Journée scientifique de l'Alliance CIRCULAR-IT



Le 23 juin 2025



Alliance Circular-IT

2 pôles d'activités

Comité d'orientation et d'évaluation



Pôle A : Recherche amont et Formation



IT for Green



Pôle B : Recherche industrielle



Green IT



Démarrage effectif en février 2023



(le pôle A de)

L'Alliance CIRCULAR-IT est une chaire de recherche appliquée qui se donne pour objectifs de...

permettre aux organisations industrielles et territoriales de mesurer et piloter/agir-sur leurs performances de circularité et de soutenabilité...



...par des approches de **gestion des données, gestion industrielle**, définition d'**indicateurs**, de **plans d'action / stratégies**, de **modèles de simulation** et de **gouvernance** adaptées.



Les 7 thèses de Doctorat ont pour but d'aider à la décision de **stratégies d'économie circulaire (EC)** ou d'**actions de décarbonation** sur des périmètres système donnés en impliquant les **acteur internes et externes de l'organisation** concernée.



Les secteurs concernés sont aussi divers que ceux de :

1. **l'industrie des véhicules lourds,**
2. **la décarbonation et la circularité des activités de santé,**
3. **le réemploi dans la construction,**
4. **la contribution des territoires aux plans Climat et EC,**
5. **le numérique décarboné**



Les chercheurs



Bernard Yannou
Professeur des Universités
Titulaire du Pôle A



Marija Jankovic
Professeure des Universités



Benoît Dabouis
Post-doctorant
MALIC Paris
Marie-Lannelongue
Innovation Center

Alliance Circular-IT



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



François Cluzel
Maitre de Conférences

Les doctorants



Michael Saidani
Chercheur à CS et au LIST



Tétiana Shevchenko
Maitre de Conférences



Joris Nguyen



Erwan Petit de
Bantel



Thibault Ronzaud



Lauren Durivault



Maxime Royer



Valentina Calixto



Sonali Patekar

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



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



- L'économie circulaire
- Le numérique
- Un cadre structurant : le *Cockpit Digital Circulaire*
- Les indicateurs de circularité
- Les travaux en cours = 1 slide (x 5)
- L'EC pour contribuer au respect des limites planétaires
- Les travaux en cours = 1 slide (x 5)





CIRCULAR
LE NUMÉRIQUE AU SERVICE
DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



L'économie circulaire : Principes

Economie Circulaire ?

L'économie circulaire (EC) consiste à produire des biens et des services de manière durable en limitant la consommation et le gaspillage des ressources et la production des déchets. Il s'agit de passer d'une société du tout jetable à un modèle économique circulaire.



Ministère de la Transition écologique (France)

L'économie circulaire est un cadre systémique pour concevoir des systèmes régénératifs qui éliminent les déchets et la pollution, maintiennent les produits et matériaux en usage, et régénèrent les systèmes naturels.

Ellen MacArthur Foundation (EMF)

L'économie circulaire est un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien-être des individus.

ADEME (Agence de la transition écologique)



Une économie circulaire vise à maintenir la valeur des produits, matériaux et ressources dans l'économie le plus longtemps possible et à minimiser la production de déchets.

Commission européenne

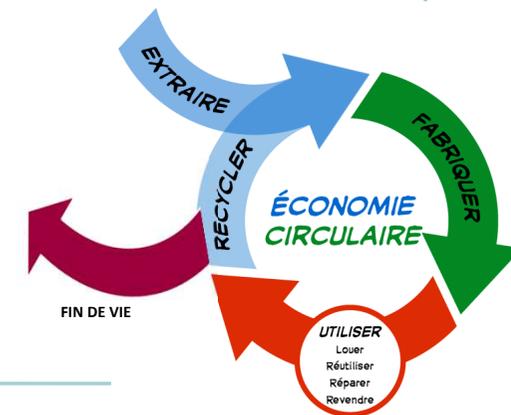


L'EC est un moyen et un proxy pour limiter les impacts environnementaux et une stratégie de résilience industrielle et de souveraineté nationale.

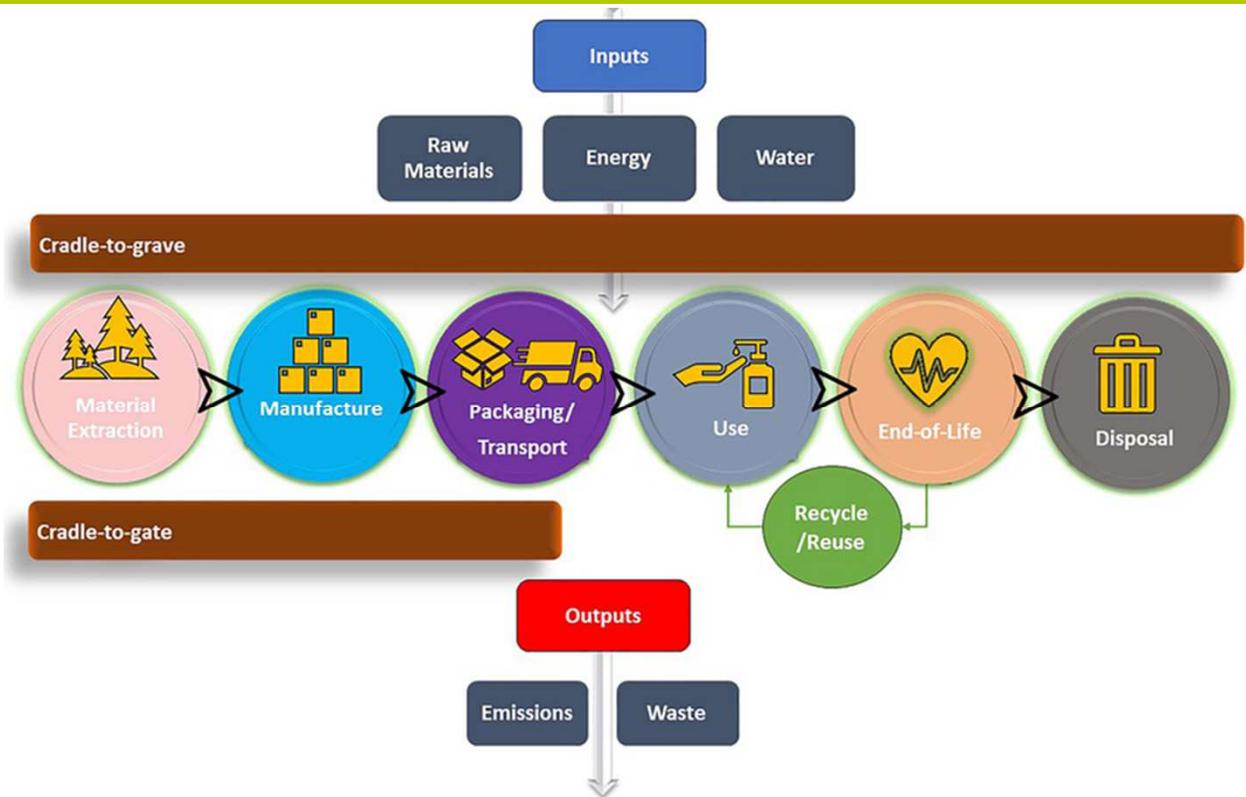
Comment savoir si un produit/service/système/organisation a été vertueux durant sa vie ?

- Il a rendu beaucoup service, en ayant peu impacté
 - **Adopter l'approche bénéfices-coûts** = Quantité de service rapportée aux flux matière, à l'énergie, aux impacts environnementaux et aux coûts globaux de possession (performances d'éco-efficience)
- Comptabiliser les coûts et imaginer des stratégies tout au long du cycle de vie
 - **Adopter la pensée cycle de vie** = les 7 piliers de l'EC de l'ADEME
- Raisonner en flux matière
 - **Adopter les principes du plombier** : récupérer rapidement les fuites (**closing**), diminuer la pression (**slowing**), diminuer le diamètre du tuyau (**narrowing**)

ÉCONOMIE CIRCULAIRE 3 domaines, 7 piliers



- En suivant un produit
- **Pour améliorer, il faut donc... ?**
 1. réaliser des **inventaires** d'intrants (**ressources matière et énergie**), d'extrants (**émissions** dans l'air, l'eau et les sols incluant les déchets),
 2. évaluer les **impacts environnementaux (+ sociaux et économiques)**,
 3. **diminuer** ce qu'on peut.



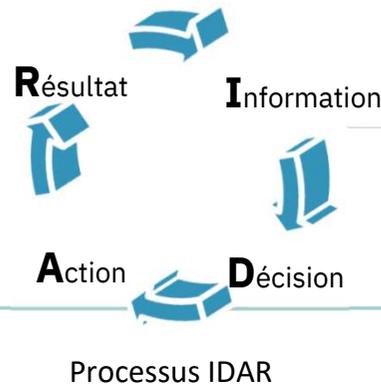
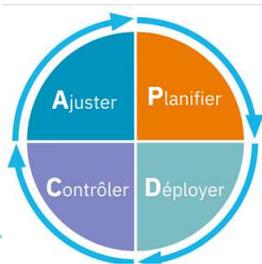
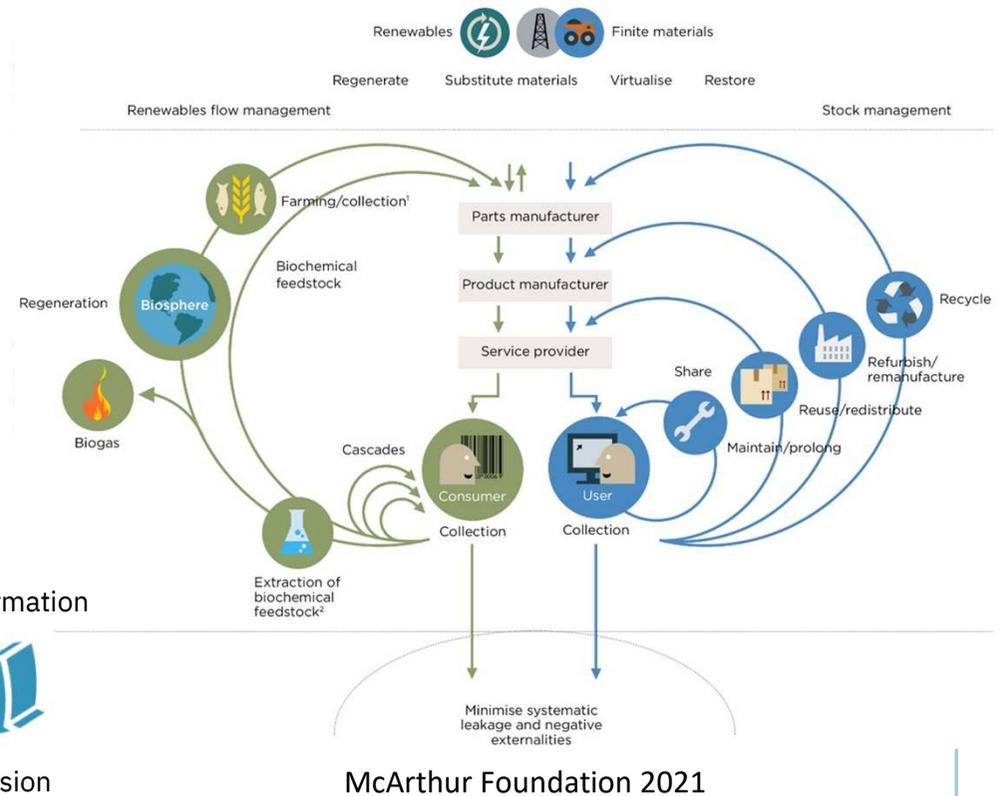
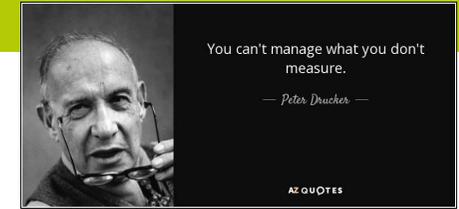
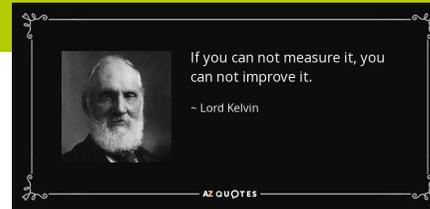
Méthodologie, logiciel d'Analyse de Cycle de Vie (ACV)

La **norme ISO 14040** présente la démarche générale de l'ACV et ses différentes étapes ; la **norme ISO 14044** se focalise sur l'étape de l'évaluation et de la hiérarchisation des impacts environnementaux ; la **norme NF X30-264** donne des lignes directrices pour mettre en place une démarche d'écoconception.

Raisonner flux matière...

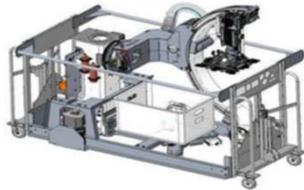
- En suivant les flux, en bouclant ou transformant ces flux
- Pour piloter et améliorer la performance de circularité et de soutenabilité des systèmes industriels et du territoire, il faut donc :

1. **mesurer** les flux,
2. **interpréter** la mesure (c'est bien ou pas bien ?),
3. définir des **priorités** d'amélioration,
4. identifier des **causes**/leviers,
5. définir des **actions**/stratégies/scénarios faisables/économiques/efficaces,
6. vérifier/**simuler** qu'elles sont efficaces,
7. **déployer**, suivre/contrôler la mise en œuvre, puis... mesurer...



Une réalité et un combat de tous les jours

Packaging métal \square carton
DM modulaires pour diagnostic, réparation et réemploi facilités
DM plus compacts à la livraison



Les sites de production et de réparation sont exemplaires en matière de gestion de l'énergie (PV à partir des parkings), de l'eau et des déchets

Fournisseurs éco-responsables
Programme de réduction de matériaux critiques
Modélisation de la chaîne d'approvisionnement circulaire

EXTRACTION, EXPLOITATION ET ACHATS DURABLES

ÉCO-CONCEPTION

ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE ET TERRITORIALE

ÉCONOMIE DE LA FONCTIONNALITÉ

GEHC assure 80% de la maintenance de ses produits d'imagerie
Pratique du leasing d'équipement



RECYCLAGE

CONSOMMATION RESPONSABLE

Informers les clients sur le bon usage des produits
Expérimenter ensemble sur les conso. d'énergie

Augmentation des taux de recyclage
Collecte de pièces détachées
Mise en place de boucle de recyclage pour les matériaux rares et critiques

ALLONGEMENT DE LA DURÉE D'USAGE

Sureté de fonctionnement
Durabilité
Réemploi de composants comme les tubes à rayons X
Augmentation des taux de réparation, de reconditionnement
Optimisation de la fiabilité des réparations (maintenance opportuniste)
Prolongement de la capacité de maintenance des systèmes anciens (mix réparation et réemploi)
Mise à niveau sur site des systèmes pour accéder aux nouvelles technologies au moindre coût matériel
Rachat des systèmes en fin de vie pour (a) reconditionnement (b) source de pièces détachées



EC : où en est-on ?

- Loi AGECE 2020
LOI n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire
- Des retards pour sa mise en œuvre, ex: collecte des biodéchets
- Un recul mondial:
 - **6,9%** circulaire (CGR, 2025)
 - En **recul de 2,5%** en 5 ans
- Des normes



ISO 59004:2024 – Économie circulaire – Principes, terminologie et cadre
ISO 59010:2024 – Lignes directrices pour la mise en œuvre dans les organisations
ISO 59020:2024 – Mesure de la circularité



- Sortir du jetable (plastique, réemploi)
- Info consommateurs
- Gaspillage (invendus)
- Obsolescence (réparations)
- Mieux produire
- Responsabilisation des filières (REP) approfondie

Projet ALLCAN/CIRCULAR-IT ALLCAN
 Simuler et optimiser la collecte de biodéchets sur un territoire université PARIS-SACLAY

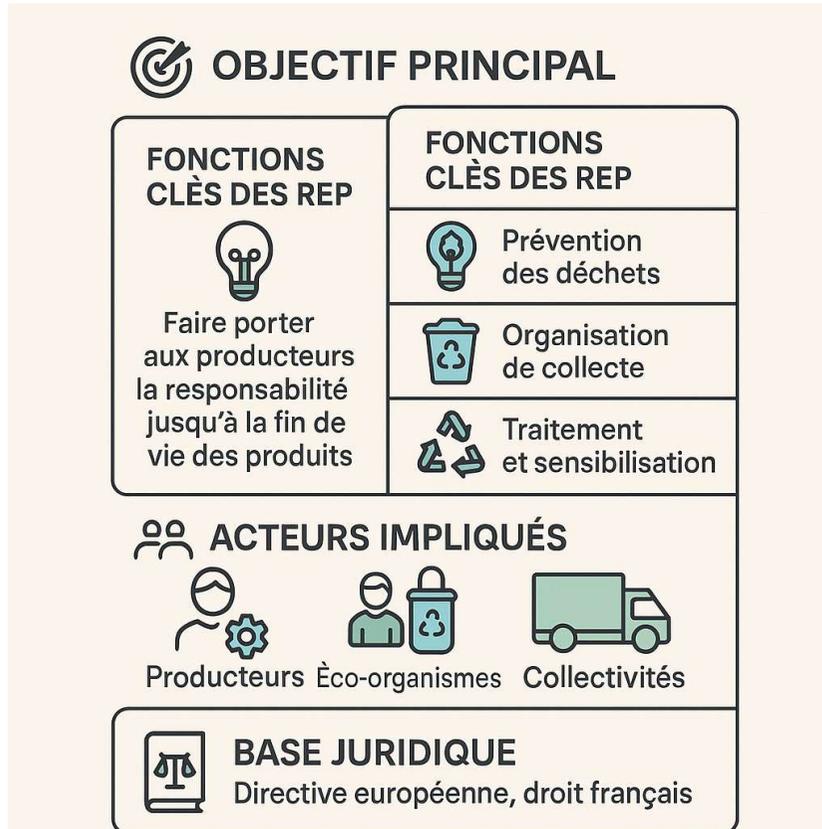


EN 4555X (famille de normes sur la performance circulaire des produits) :
EN 45554 – Réparabilité des produits
EN 45558 – Contenu recyclé
EN 45559 – Communication environnementale



XP X30-901 (2018) – Système de management de projet en économie circulaire
FD X30-147 (2021) – Recyclabilité des matériaux
NF EN 50614 – Préparation au réemploi des DEEE

Les acteurs : le rôle des filières REP



• Emballages ménagers

- 1^{ère} REP créée en 1993
- Eco-organismes : Citéo, Adelphe, Léko
- Taux de recyclage objectif : 75%
- Taux de recyclage effectif de 53%
- Mauvais élève Européen

• Produits et matériaux de construction du bâtiment (PMCB)

- Dernière REP créée en 2023, très récent alors que 70% des déchets en France
- Eco-organismes : Valobat, Ecominero (minéraux), Ecomaison, Valdelia (hors minéraux)
- Taux de recyclage objectif : 70%
- Moins de 1% de réemploi



Le numérique, le reporting environnemental

CIRCULAR
LE NUMÉRIQUE AU SERVICE
DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



Le numérique et les territoires

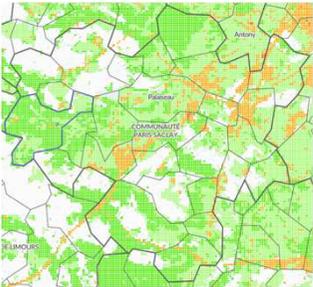
- LOI n° 2016-1321 du 7 octobre **2016** pour une **République numérique**
 - Open data par défaut : obligation pour l'État, les collectivités et de nombreux opérateurs de service public de publier leurs bases de données (sauf exceptions).
 - Données d'intérêt général : certaines entreprises délégataires (énergie, eau, déchets, etc.) doivent partager leurs données.
- Le **Programme Transformation Numérique Des Territoires (TNT)**, (juin **2021**)
 - Agence nationale de la cohésion des territoires (ANCT)
 - « *un territoire intelligent dans lequel, grâce à divers outils numériques, les services et les politiques publiques sont pilotés par les données.* »
- De la Smart city à la **réalité des territoires connectés** : étude territoire intelligent et donnée publique (Octobre **2021**)
 - DGE du Ministère de l'Economie...



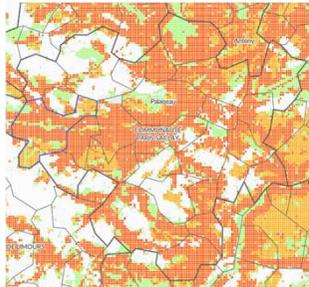
Cartoviz – Changement climatique

- phénomènes : îlot de chaleur urbain, surface végétalisée, pollution de l'air
- zones sensibles : biodiversité, changement climatique, santé et cadre de vie
- gisements (solaire, renaturation)

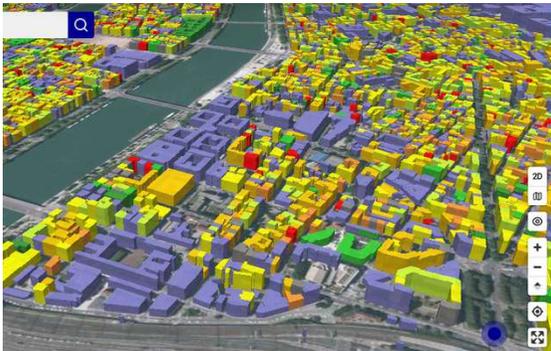
Ilot de chaleur urbain



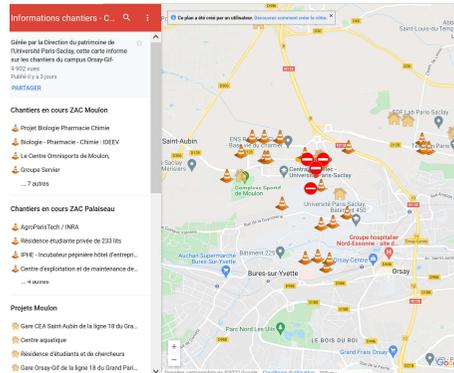
Ruissellement



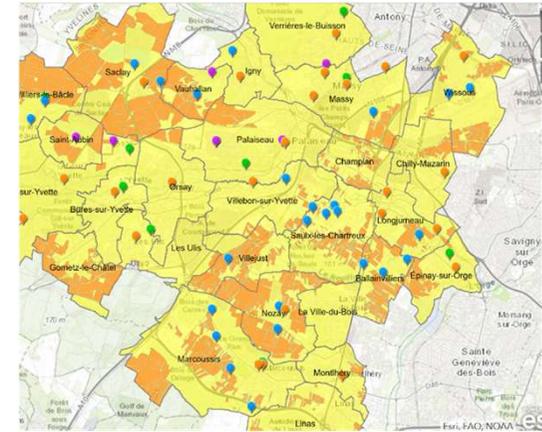
BDNB Base de Données Nationale des Bâtiments



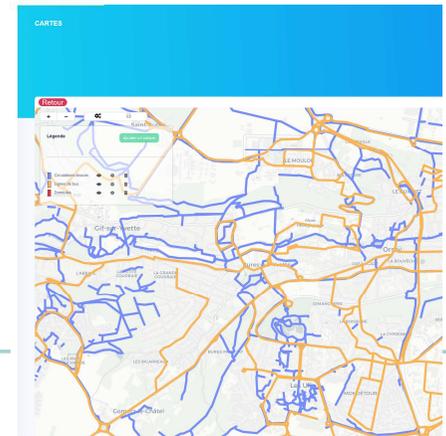
Plateforme « Infos Chantier »



Plateforme « Cartactive de Paris Saclay »



Plateforme « MaMob »



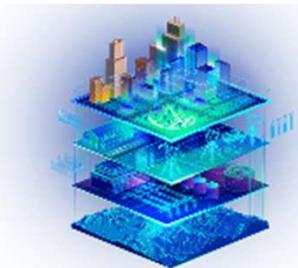
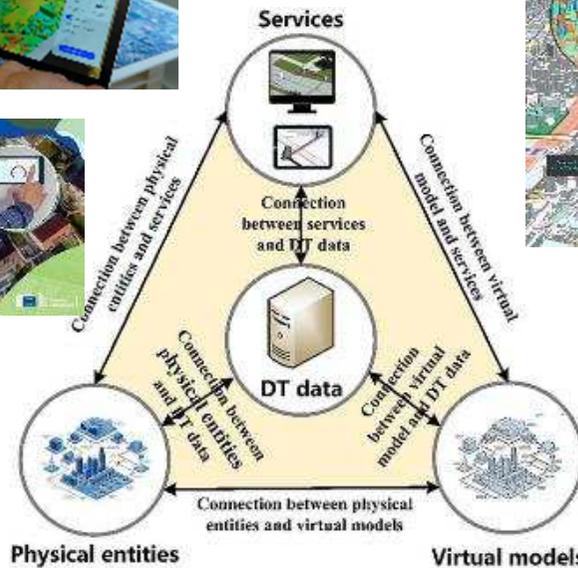
Consommation énergétique



Des promesses de systèmes numériques intelligents

Des termes qui se chevauchent :

- Base de données territoriale
- SIG,
- BIM,
- JNT (Jumeaux Numériques Territoriaux)



Decarbonized City
(SystemX, Cosmotech, Agglo PS) – Planification du chauffage urbain



Source : https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_en

Source : <https://www.cstb.fr/nos-offres/toutes-nos-offres/evaluation-integree-amenagement-solutions-fondees-nature>

Source : <https://www.siradel.com/climate-action-plans/>

Source : <https://www.smartcitiesworld.net/news/digital-twin-technology-aims-to-put-sustainability-at-the-heart-of-smart-cities-4088>

Source : <https://www.esrifrance.fr/fr-fr/produits/en-savoir-plus/siq11>



BIM et infrastructures :
Modélisation des **IN**formations
INteropérables
pour les **IN**frastructures **D**urables



- Elus et gestionnaires du territoire, ainsi que scientifiques se mobilisent
- 3 jours à Caen
- De nombreux élus veulent adopter des systèmes support d'information pour planifier leurs investissements dans **l'aménagement du territoire et la gestion des risques**
- Besoin criant de **standards, d'interopérabilité, de compétences et d'évolution des usages/métiers**

VirtualTer 2025 : le rendez-vous international sur les jumeaux numériques pour les territoires

publié le 7 mai 2025 · modifié le 7 mai 2025 · [International](#) · [Université](#)

Du 26 au 28 mai, l'université de Caen Normandie accueillera VirtualTer 2025, le colloque international de référence dédié aux jumeaux numériques appliqués aux territoires.

Co-organisé en partenariat avec le Service géologique national (BRGM), le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema), le Conseil national de l'information géolocalisée (CNIG), l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) et l'association MINnD2050, l'événement réunira à Caen les principaux acteurs publics, académiques et techniques impliqués dans le développement de ces outils numériques à fort enjeu stratégique.

Un outil opérationnel au service de la décision publique

Pensé comme une fabrique collective et collaborative, VirtualTer 2025 vise à croiser les expertises, décloisonner les pratiques professionnelles et fédérer différentes communautés métier autour de référentiels partagés. Son





Un cadre structurant : le Cockpit Digital Circulaire

CIRCULAR
LE NUMÉRIQUE AU SERVICE
DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE





Mesurer et/pour Agir

L'Alliance CIRCULAR-IT est une chaire de recherche appliquée qui se donne pour objectifs de...

développer des briques méthodologiques et logicielles pour permettre aux organisations industrielles et territoriales de piloter leur performance de circularité et de soutenabilité

Résultat

(4) simuler l'impact du plan d'action et réaliser un suivi

Information

(1) mesurer les performances de circularité et de soutenabilité



(3) comprendre les causes / leviers et définir des plans d'action / stratégies EC

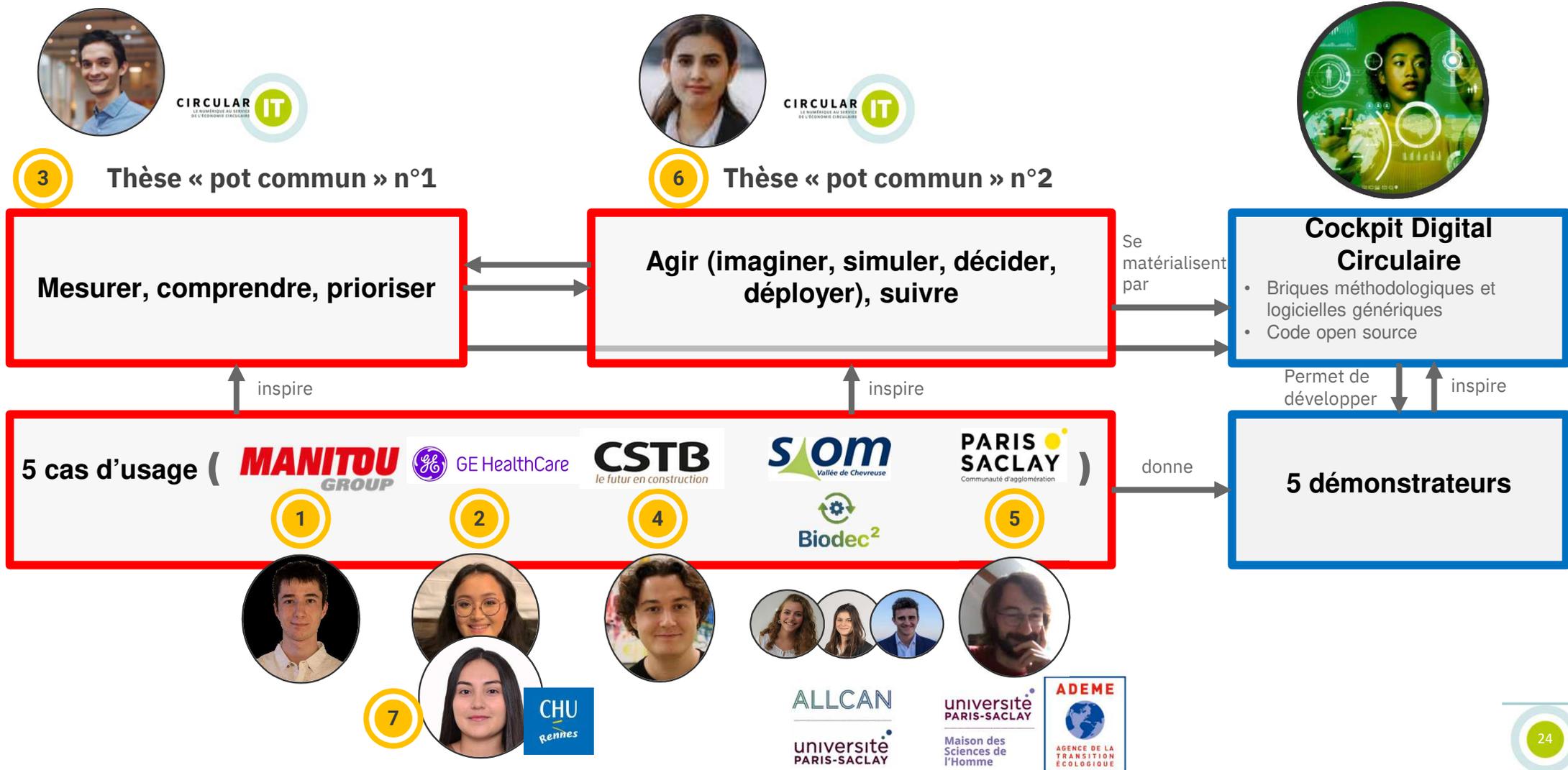
Action

(2) définir des objectifs pour les acteurs de l'organisation

Décision

7 thèses

2 thèses sur le modèle générique, 5 thèses appliquées aux cas d'usage



The *CircularIT Digital Cockpit* A framework for measurement and action

Measure, understand, prioritize

Business dashboards (of circularity and sustainability)



- Managing multi-perspective coherence, of current measures, of stated objectives
- Managing conflicts and compromises of stated objectives

- Understanding indicators
- Knowing whether they are good or bad (judgments/polarity)
- Understand causes and drivers
- Prioritize target improvements and levers



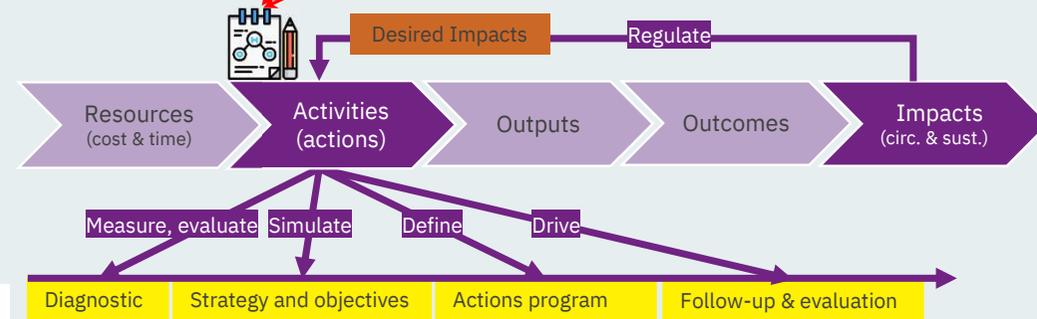
Act (imagine, simulate, decide, deploy), monitor

Action plan generations



- (Re)Design a portfolio of effective actions
- Demonstrate creativity and eco-innovation
- Explore new circularity strategies

Modeling and simulation of impacts (change theory)



- Know how to use the theory of change and the theory of measurement
- Model and simulate the impacts and costs of each action
- (Re)organize an optimal global action plan
 - Monitor progress through action plan follow-up

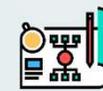
Circularity & sustainability performances

- Aggregate, merge, learn
- Express (non)circularity indicators
- Specify new data
- Define new sensors

Data

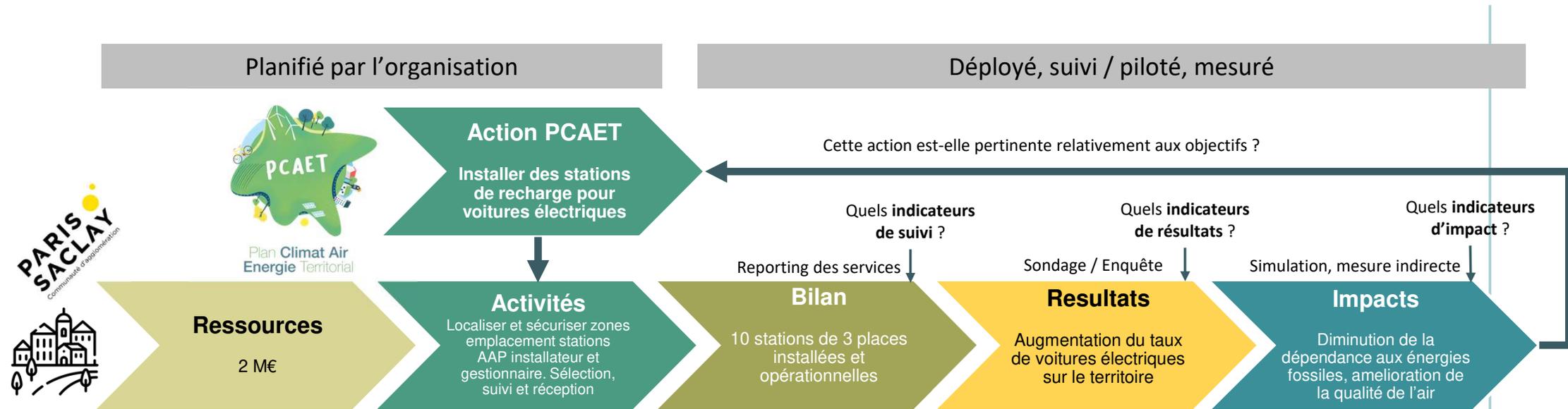


- Record outputs, outcomes, impacts
- Reinforcement learning



Optimization of overall action plan: Action and performance tracking and feedback (monitoring)

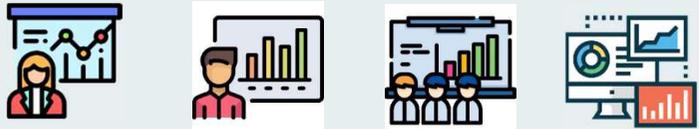
Une théorie du changement comme une ossature pour représenter la causalité et permettre la simulation



The *CircularIT Digital Cockpit* A framework for measurement and action

Measure, understand, prioritize

Business dashboards (of circularity and sustainability)



Product line manager Factory Manager Product manager Process manager

- Managing multi-perspective coherence, of current measures, of stated objectives
- Managing conflicts and compromises of stated objectives

- Understanding indicators
- Knowing whether they are good or bad (judgments/polarity)
- Understand causes and drivers
- Prioritize target improvements and levers

Act (imagine, simulate, decide, deploy), monitor

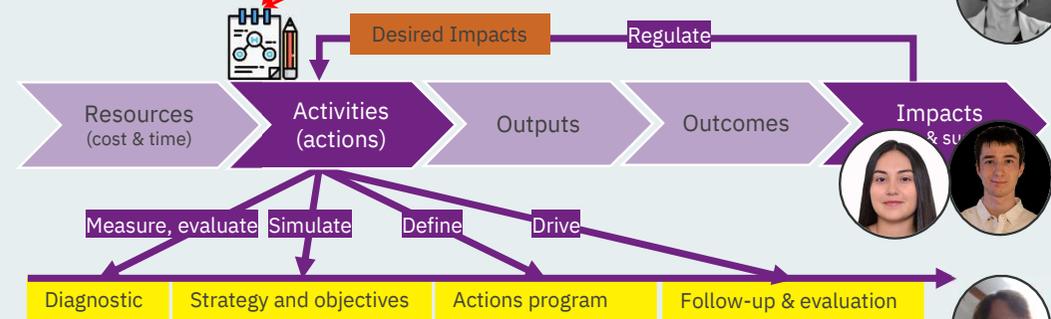
Action plan generations



Product line manager Factory Manager Product manager Process manager

- (Re)Design a portfolio of effective actions
- Demonstrate creativity and eco-innovation
- Explore new circularity strategies

Modeling and simulation of impacts (change theory)



Circularity & sustainability performances

- Aggregate, merge, learn
- Express (non)circularity indicators

- Specify new data
- Define new sensors

Data



- Record outputs, outcomes, impacts
- Reinforcement learning

Optimization of overall action plan: Action and performance tracking and feedback (monitoring)





CIRCULAR
LE NUMÉRIQUE AU SERVICE
DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



Les indicateurs de circularité



Un outil open-science en ligne: **CIA- Circular Indicators Advisor**

<http://www.circulareconomyindicators.com/>



Quel problème industriel ou territorial ?

Outil CIA

Quels indicateurs conseillés ?

Saidani M., Yannou B., Leroy Y., Cluzel F., Kendall A. **A taxonomy of circular economy indicators.** *Journal of Cleaner Production* Vol 207 (2019) pp 542-559

ÉVALUATION DE LA CIRCULARITÉ AU NIVEAU MATIÈRE ET PRODUIT MANUFACTURÉ
Indicateur de circularité matérielle (Material Circularity Indicator)

PRÉSENTATION
Le MCI combine les aspects de durabilité et d'intensité d'utilisation avec le pourcentage de contenu recyclé et la répartition des matériaux recyclables dans un produit en un score unique, applicable au produit ou à l'échelle d'une entreprise. Il prend en compte les flux de recyclage et réutilisation, mesure comment les flux circulaires sont maximisés et les flux linéaires minimisés.

EXPRESSION ET CALCUL
Une description de chacun des éléments intervenant dans le calcul du MCI est disponible dans la documentation :

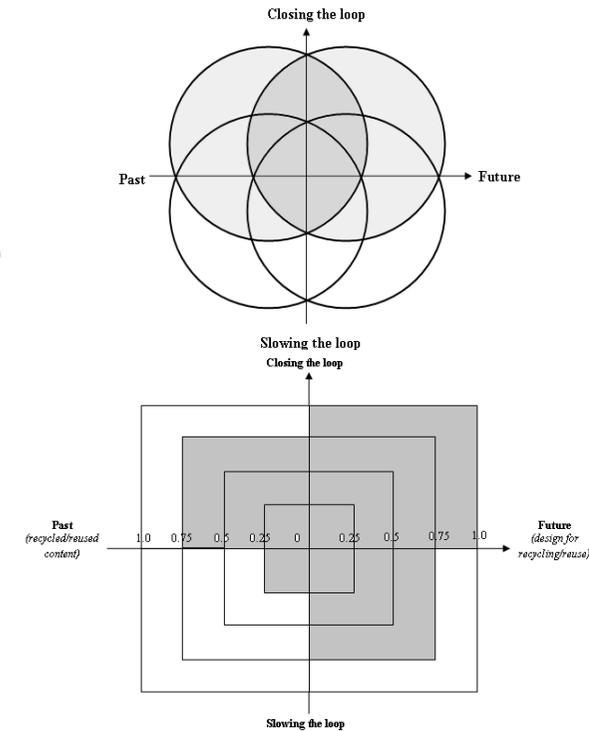
$$MCI = 1 - \frac{V+W}{2M} + \frac{U}{2} - W_C$$

PARAMÈTRES À RENSEIGNER

Matériau première	Destination après usage
% Réutilisé	Part de contenu réutilisable
% Recyclé	Part de contenu recyclé
Efficacité du recyclage	Taux de perte lors du recyclage
Durée de vie	Taux de perte du recyclage en fin de vie

SCORELCA 2021

1. Selection of 10 Circularity indicators set among 105
2. Link between circularity and the environmental performance



Shevchenko T., Yannou B., Saidani M., Cluzel F., Ranjbari M., Esfandabadi Z.S., Danko Y., Leroy Y., 2022. **Product-level circularity metrics based on the "Closing-Slowing Future-Past" quadrant model.** *Sustainable Production and Consumption*, doi: 10.1016/j.spc.2022.09.024.

Une taxonomie (mise à jour) d'indicateurs

Dimension	Objectif (purpose)	Source / Développement	Performance	Unités
• Material /	• Maintenance	• Effective	• Impacts	• Quantitat
• Multi	• Informati	• Academic	• Generic	• Web
• Busi	• man	• Compar	• Opert	• Base
• Tech	• Design	• Yes	• Ackn	• Formula
• Recon	• Man	• No	• owle	• base
• Syste	• Man	• Orga	• dged	• avail
• Inter		• Inter		

10 initial categories
+
5 new ones

Saidani, Y., Inchausti, B., Leroy, Y., Cluzel, F., Kendall, A. 2019. A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207, 542-559.

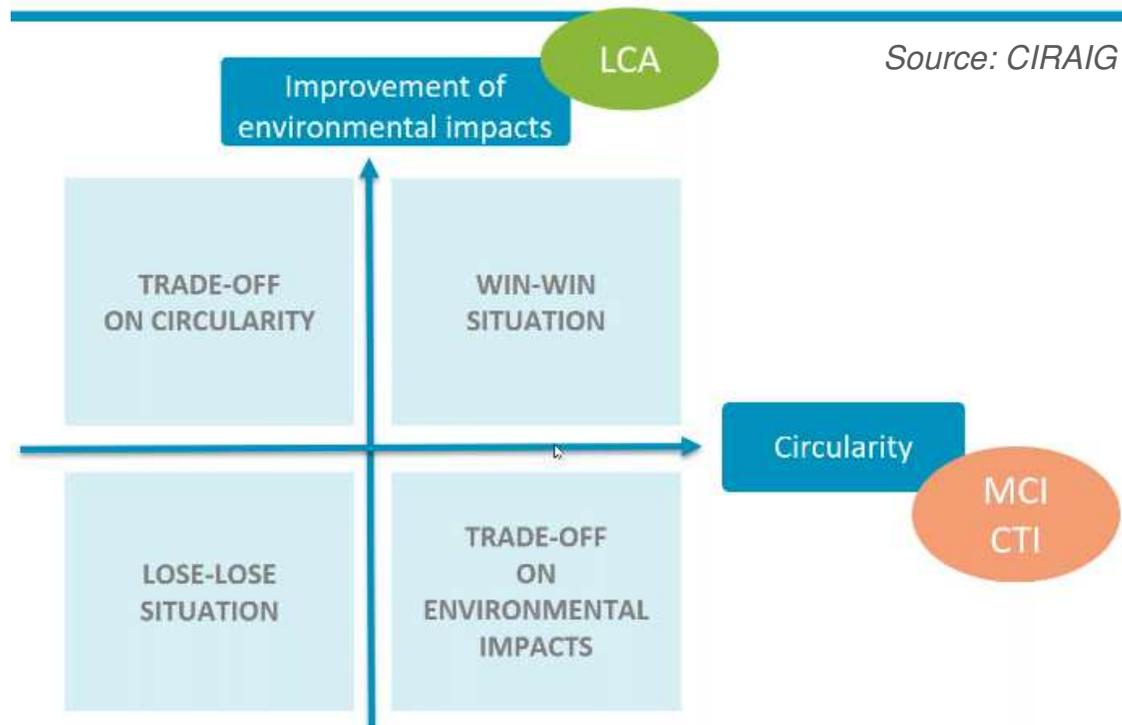
Une sélection de 10 indicateurs de circularité

Catégories	Indicateurs	Acronymes	Outils associés
Fiche 1 : Performance globale (corporate reporting, à l'échelle de l'entreprise)	Circulytics	Circulytics	Web-based
	Circular Transition Indicators	CTI	Web-based
Fiche 2 : Evaluation de la circularité au niveau matière	Material Circularity Indicator	MCI	Excel
Fiche 3 : Evaluation de la circularité au niveau produit manufacturé	Product Circularity Indicator	PCI	Excel
Fiche 4 : Aide à la conception (circularité potentielle)	Concept Circularity Evaluation Tool	CCET	Excel
Fiche 5 : Réutilisation/Réemploi/Allongement	Reuse Potential Indicator	RPI	Formules
	Circularity and Longevity Indicators	CLI	
Fiche 6 : Flux matière (type MFA)	End-of-Life Recycling Rate	EoL-RR	Formules
	Recycled Content	RC	
	Old Scrap Ratio	OSR	
Fiche 7 : Flux d'énergie	Circularity Index	CI	Formules
	Circularity of Material Quality	Qc	Formules
Fiche 8 : Circularité d'un territoire	Regional Material Flow tools for the Circular Economy	RMFCE	Formules Template Excel
Fiche 9 : Impacts environnementaux (hors ACV)	Recycle Benefit Rate	RBR	Formules
	Recycled Content Benefit Rate	RCBR	
Fiche 10 : Impacts socio-économiques	Socio-economic Indicator for EoL Strategies for Bio-based Products	SEI-EoL	Formules
	Total Circular Revenue	TCR	
	Total Cost of Ownership	TCO	

<https://circularit.centralesupelec.fr/fiches.html>

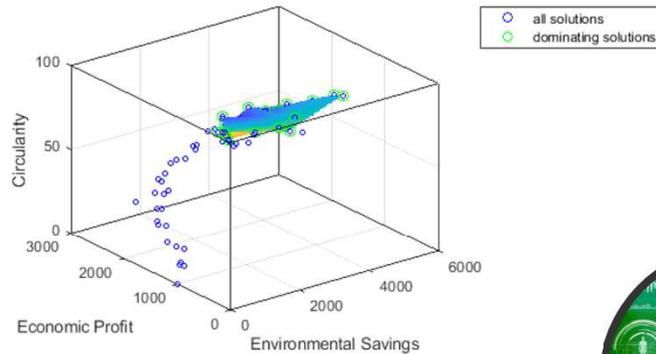
SCORE LCA

Des corrélations entre ACV et circularité

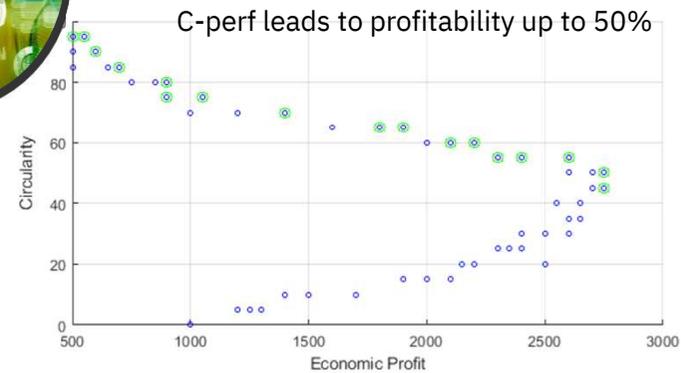
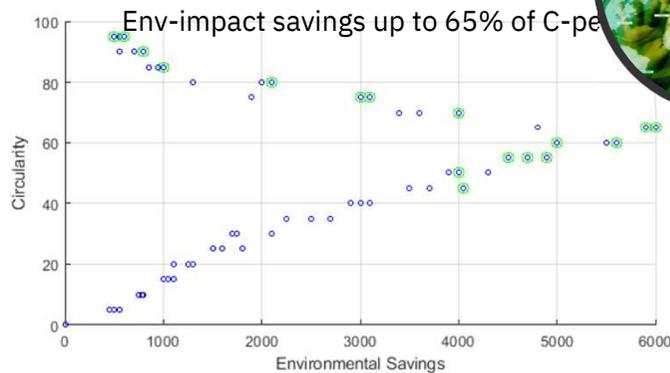
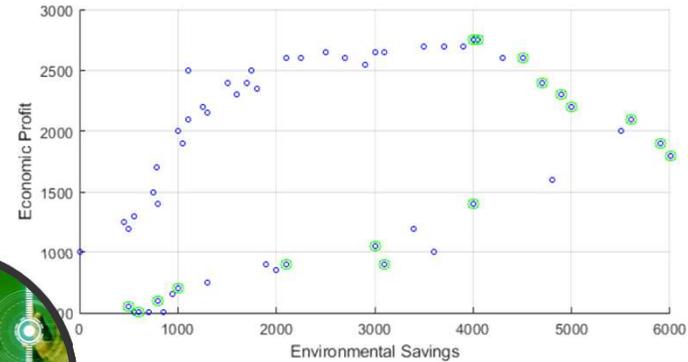


Des corrélations entre ACV et circularité

Pareto-optimal surface



Green profit zone (upper right)



Saidani, M., Kim, H., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F. 2019. [Framing product circularity performance for optimized green profit](#). International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference, **IDETC/CIE 2019**, Aug. 2019, Anaheim, CA, USA.



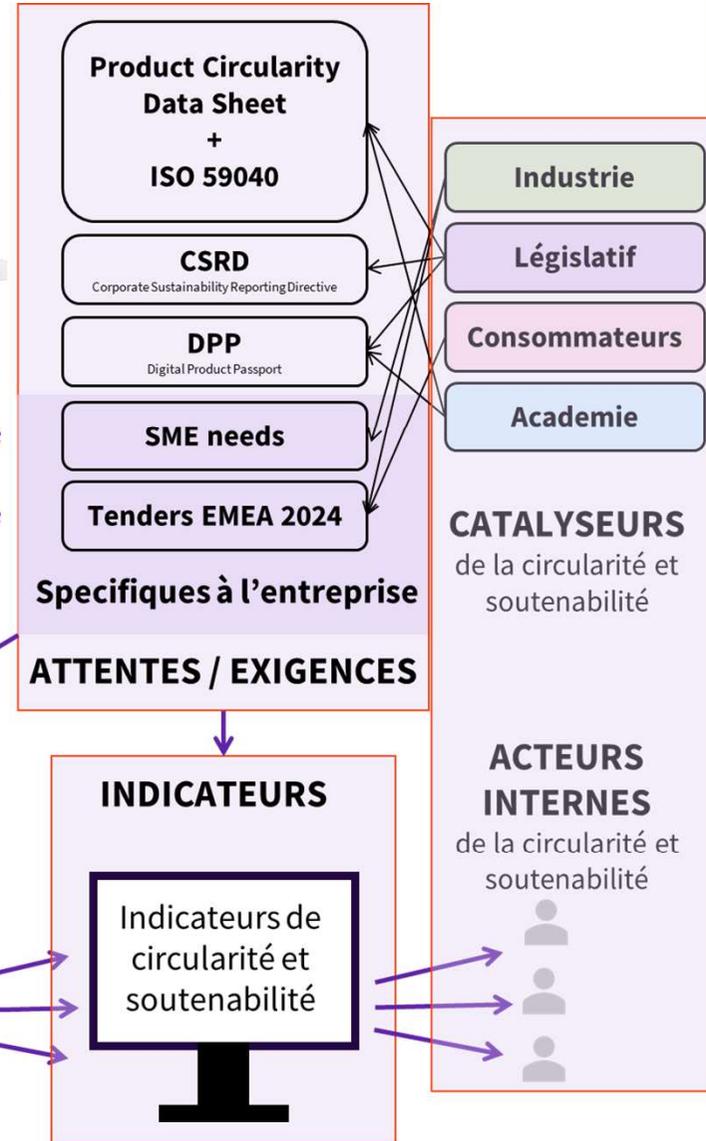
CIRCULAR
LE NUMÉRIQUE AU SERVICE
DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



Les travaux en cours = 1 slide (x 5)

Des données aux indicateurs

- Identifier les **données disponibles et indispensables**
- Tenir compte des **référentiels, exigences et attentes**
- Tenir compte des **fournisseurs et propriétaires des data** et des **consommateurs d'indicateurs**



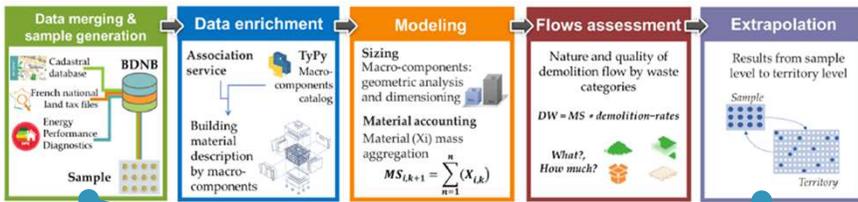
Quelles sont les **données** nécessaires pour répondre à ces exigences ?

Quelles **données** sont nécessaires et disponibles pour mesurer la (non-)circularité et (non-)soutenabilité ?

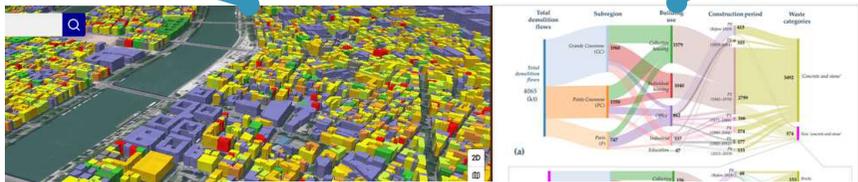
Comment **calculer** les indicateurs à partir des données ?

Quels indicateurs **mesurer** pour couvrir les attentes et exigences ?

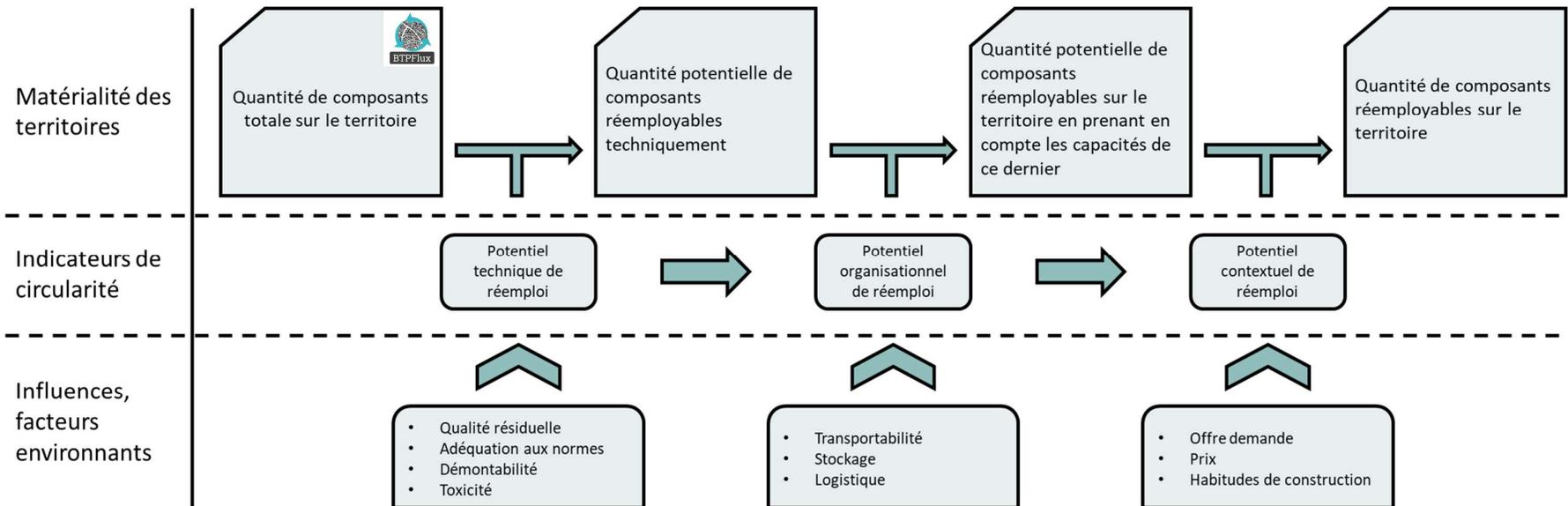
Faire parler les indicateurs et tableaux de bord : du réemploi/recyclage potentiel au réel en passant par les leviers d'attrition



Sorin, E., Tirado, R., Gully, E., Louërat, M., & Laurenceau, S. (2022, September). *BTPFlux: a building material flow analysis model to enhance the urban metabolism on French territories*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1078, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.



Favoriser le réemploi des produits et équipements issus de la déconstruction (< 1% des déchets aujourd'hui)





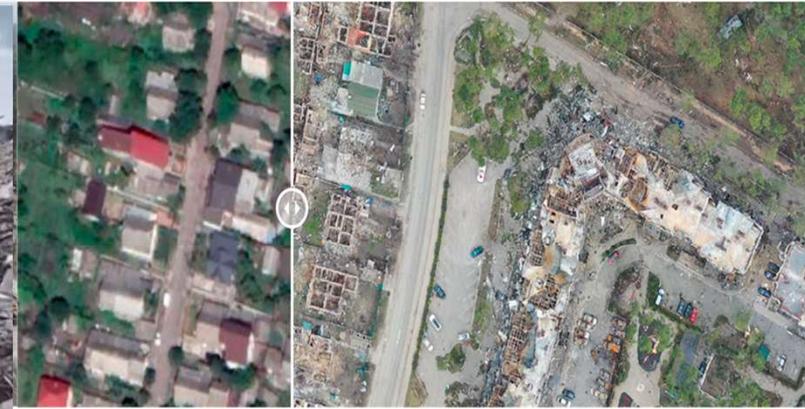
CRebuild4P-D: The framework for circular and climate-neutral post-disaster reconstruction: the case of Ukraine

The CRebuild4P-D project aims at developing and deploying a generic framework for the circular and climate-neutral reconstruction of a post-disaster territory and, on its basis, proposing a Strategy for reconstruction of post-war Ukraine to facilitate the recovery of regions by circular construction initiatives towards carbon-neutral Europe.

Shevchenko, T., Yannou, B., & Saidani, M. (2025). [A framework for a circular and climate-neutral post-disaster recovery strategy: the case of Ukraine](#). Paper presented at the **ICED**, Dallas, Texas.



Destruction in Bakhmut, Donetsk region, July 2023

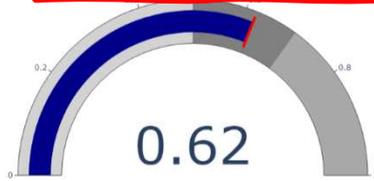


Comprendre les indicateurs d'EC et leurs leviers, fixer des objectifs

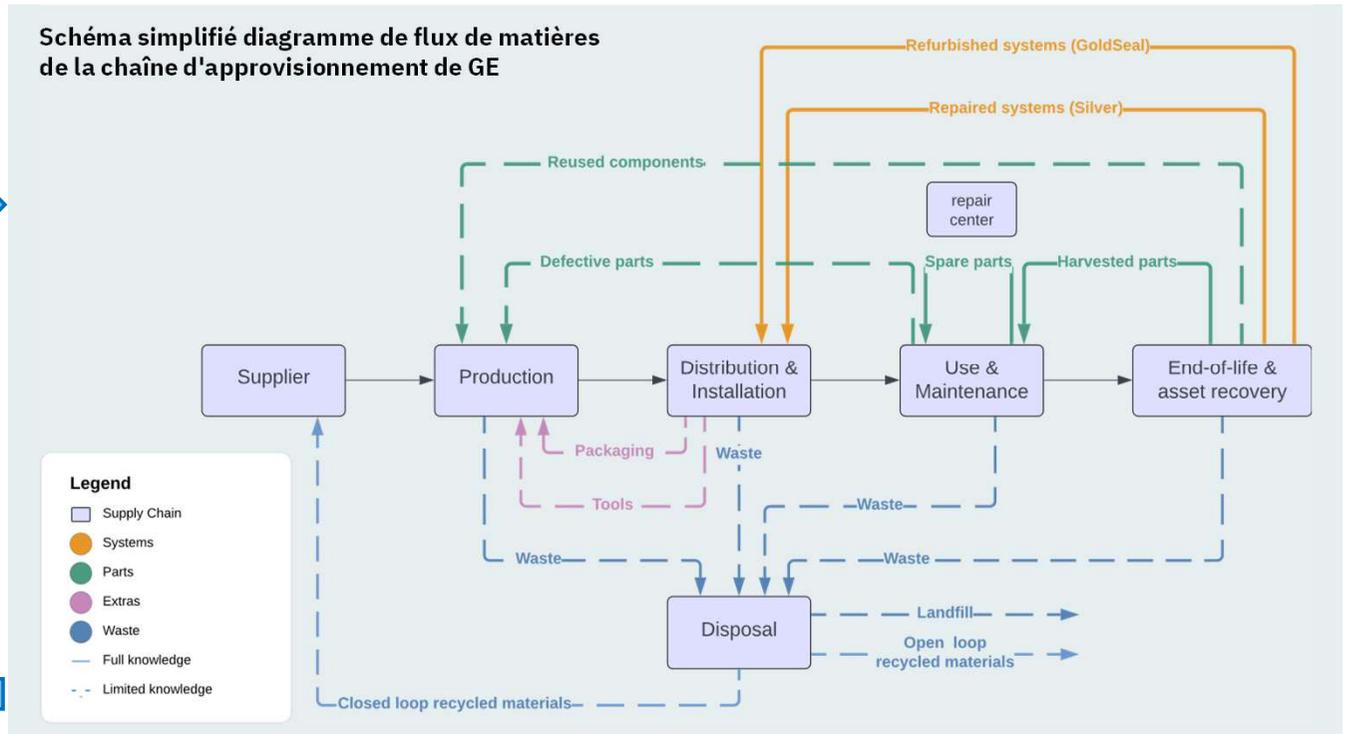


IGS 5 (Interventional Image Guided Systems)

Configuration simulée



Simulation de la Performance de Circularité par le modèle CMPP

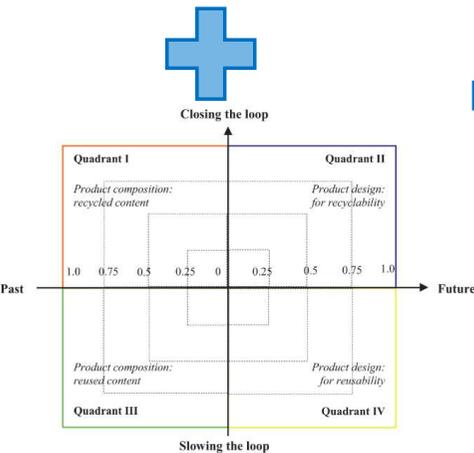


El Bechari, S., Bouillass, G., Yannou, B., Saidani, M., Volansch, A., & Heidsieck, R. (2024). *Measuring and Enhancing Circularity of the Healthcare Sector: The Circularity Model of Products & Spare Parts*. Paper presented at the 33th **International Association For Management of Technology (IAMOT)** Conference, Porto, Portugal.

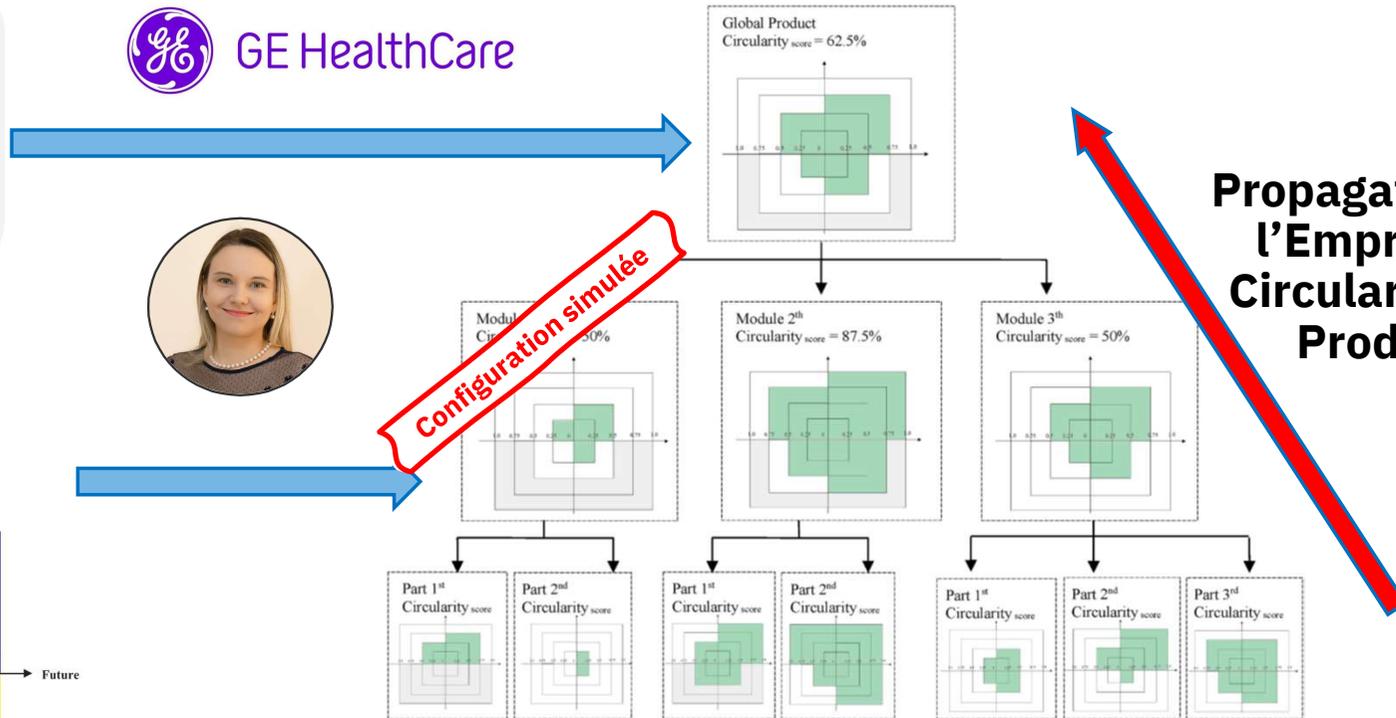
Comprendre les indicateurs d'EC et leurs leviers, fixer des objectifs



Senographe Pristina Mammography System



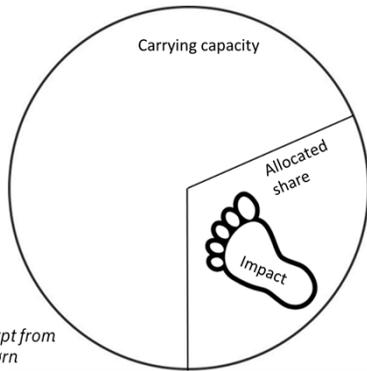
Modèle du quadrant "Closing-Slowing Future-Past"



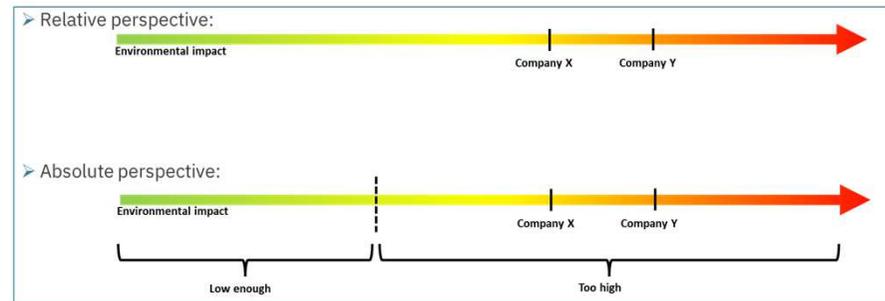
- Shevchenko, T., Yannou, B., Saidani, M., Cluzel, F., Ranjbari, M., Esfandabadi, Z. S., . . . Leroy, Y. (2022). [Product-level circularity metrics based on the "Closing-Slowing Future-Past" quadrant model](#). *Sustainable Production and Consumption*, 34, 395-411. doi:10.1016/j.spc.2022.09.024
- Shevchenko, T., Cluzel, F., Yannou, B., Ranjbari, M., Esfandabadi, Z. S., Saidani, M., & Danko, Y. (2024). [Completing the design for product circularity toolkit with hierarchical computation of circularity maturity diagram and redesign circular strategies](#). *Journal of cleaner Production*, 437. doi:10.1016/j.jclepro.2024.140742



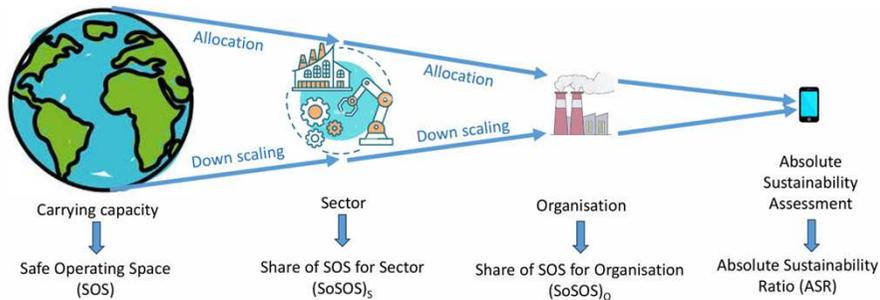
Le cadre AESA - Absolute Environmental Sustainability Assessment



AESA principles excerpt from DTU 12953 course, Bjørn



“From better to good enough”, excerpt from DTU 12953 course, Bjørn



Michael Zwicky Hauschild

Professor, Department of Environmental and Resource Engineering
Quantitative Sustainability Assessment
Centre for Absolute Sustainability
DTU Microbes Initiative
<https://orcid.org/0000-0002-8331-7390>



Tim C. McAloone

Design for Sustainability
Professor, Head of section, Department of Civil and Mechanical Engineering
Design for Sustainability
<https://orcid.org/0000-0002-9776-3340>



Daniela C. A. Pigosso

Professor, Department of Civil and Mechanical Engineering
Design for Sustainability
<https://orcid.org/0000-0001-7277-0360>

Kara, S., & Hauschild, M. Z. (2024). *Life Cycle Engineering as a Pathway to Achieving Net-zero Targets*. *Procedia CIRP*, 122, 12–18. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.01.003>



Dans quelle mesure l'économie circulaire peut-elle permettre de contribuer au respect des limites planétaires ?

CIRCULAR
LE NUMÉRIQUE AU SERVICE
DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



E. de Bantel, M. Jankovic, G. Bouillass, B. Yannou

Qu'est-ce que les limites planétaires?

Evolution des limites planétaires (2009-2023)

Source : Azote for Stockholm Resilience Centre, Stockholm University. Basé sur Rockström et al. 2009., Steffen et al. 2015, and Richardson et al. 2023.

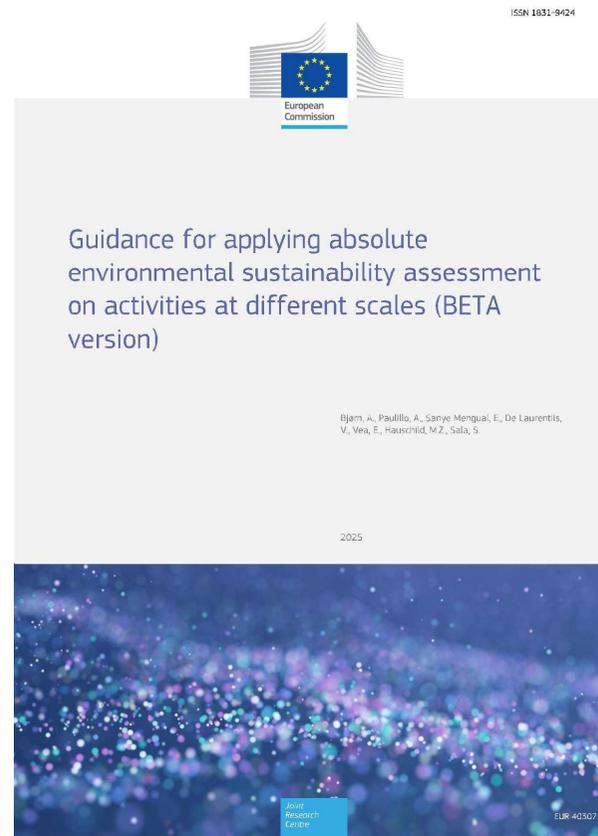
Comment décliner les limites planétaires à l'échelle de pays/villes ou entreprises/produits?

Budget C02eq



Comment décliner les limites planétaires à l'échelle de pays/villes ou entreprises/produits?

Absolute Environmental Sustainability Assessment (AESA)

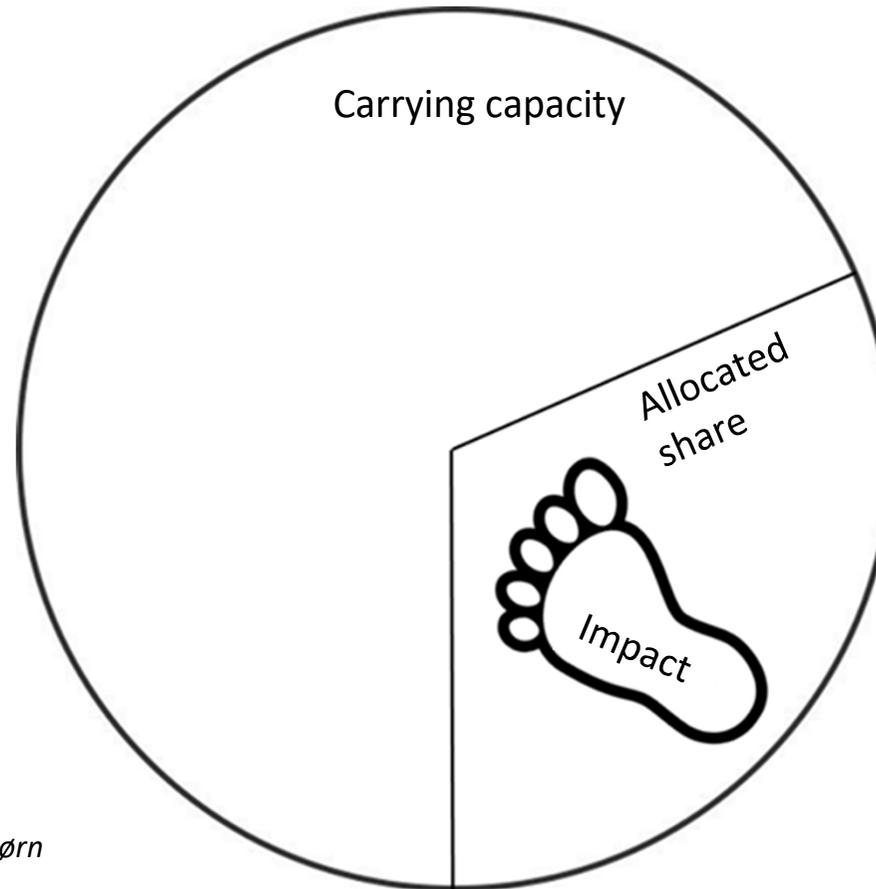


Source : Bjørn et al., JRC, 2025.



Comment décliner les limites planétaires à l'échelle de pays/villes ou entreprises/produits?

Absolute Environmental Sustainability Assessment (AESAs)

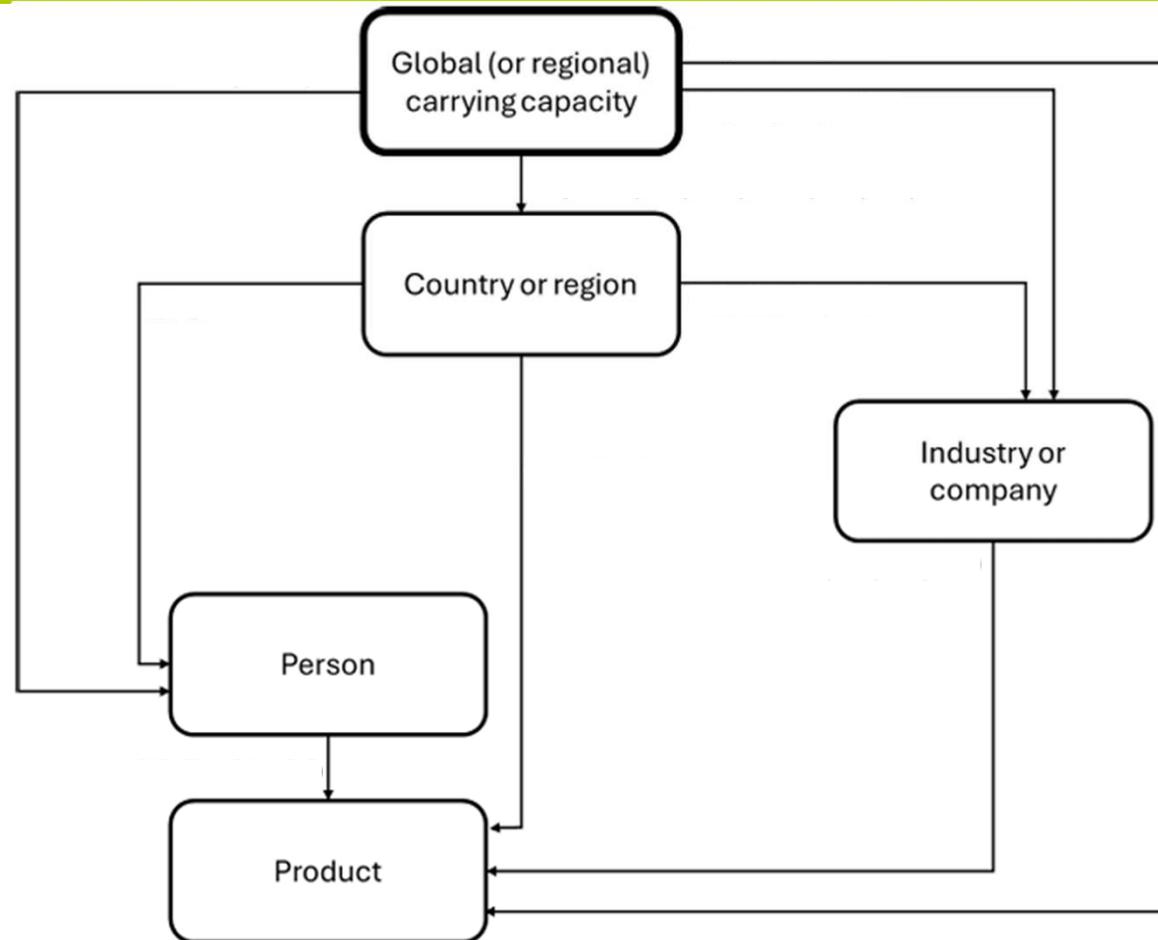


Bjørn et al., JRC, 2025.

AESA principles

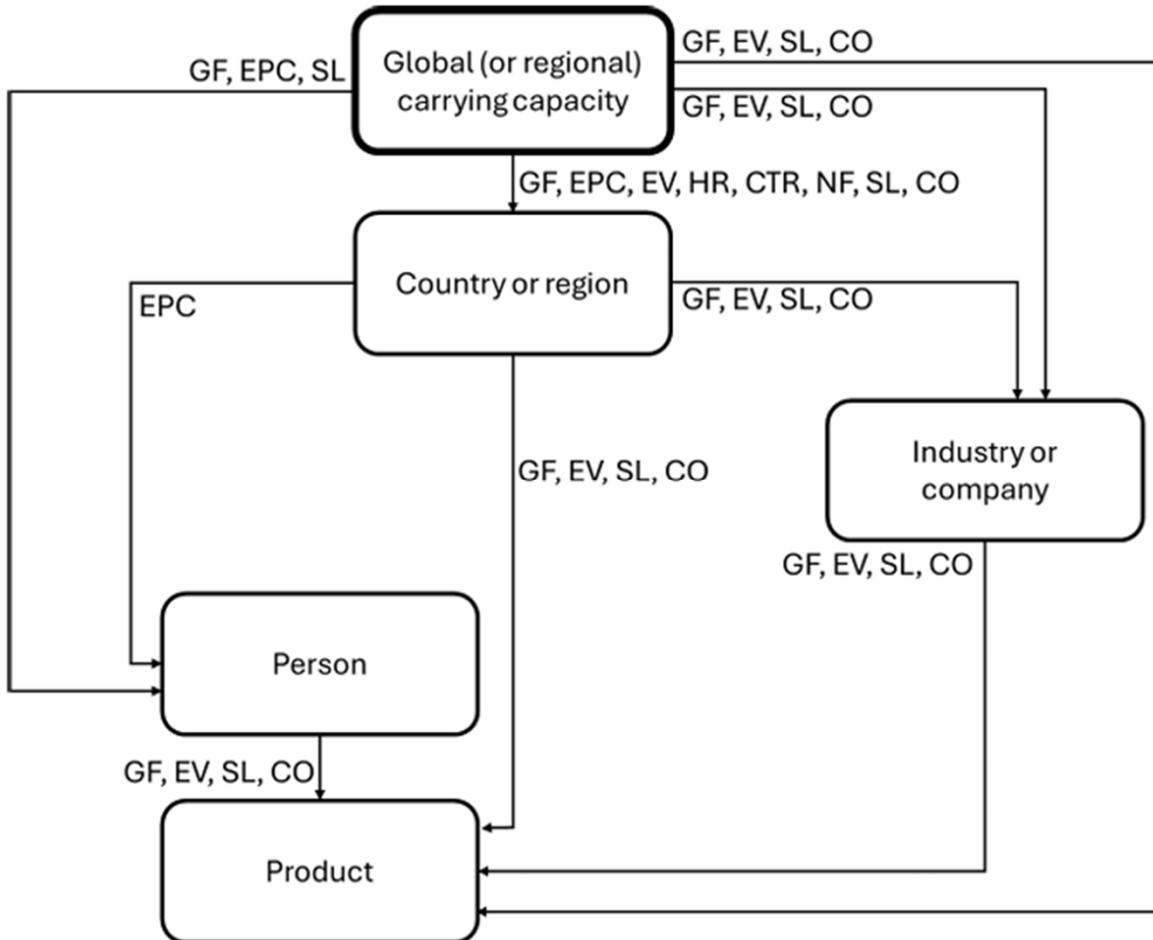
Source : DTU 12953 PhD course, Bjørn

Quels principes d'allocation?



Source : Bjørn et al., JRC, 2025.

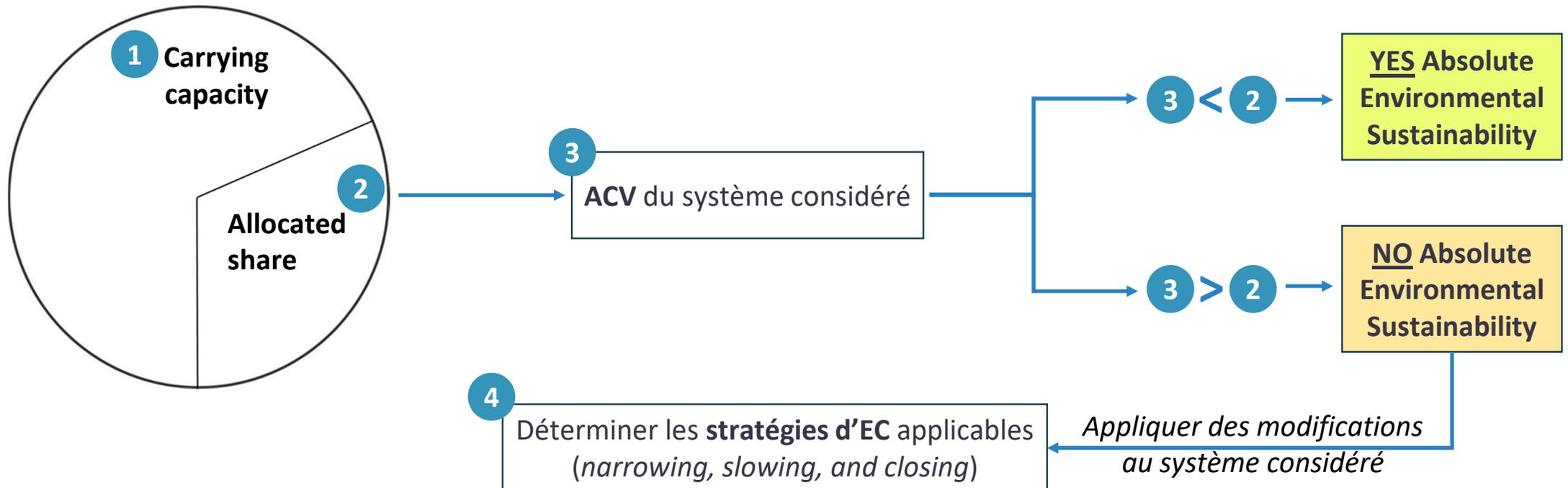
Quels principes d'allocation?



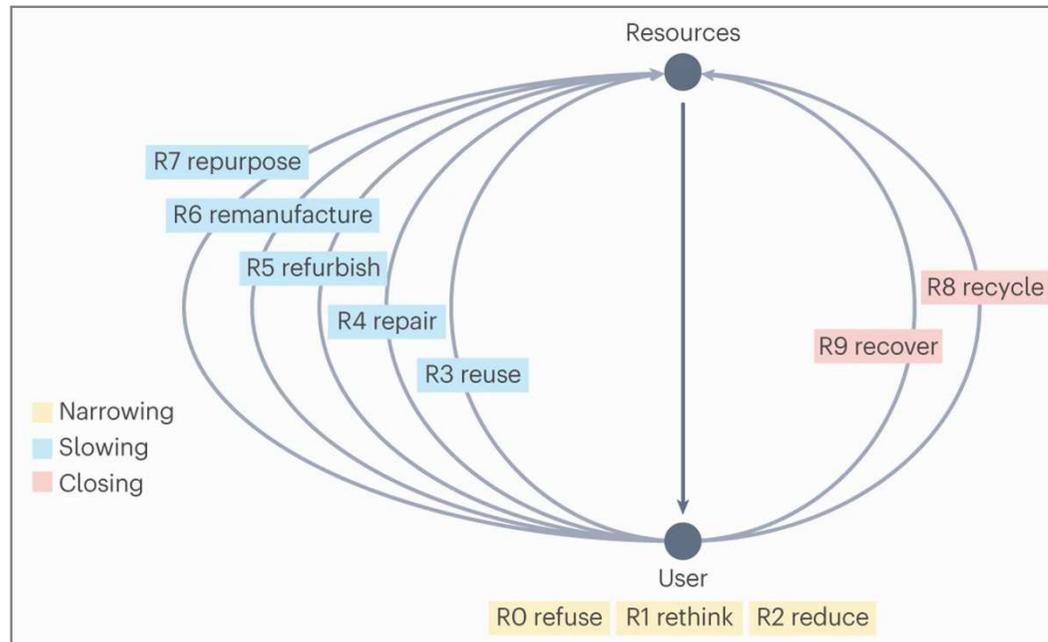
Principe d'allocation	Description
Grandfathering (GF) 	Part allouée proportionnellement aux impacts durant une année de référence passée.
Equal per capita (EPC)	Chaque personne reçoit la même part.
Economic value (EV)	Part allouée proportionnellement à la valeur économique de l'activité.
Historical responsibility (HR)	Part allouée inversement proportionnelle aux impacts cumulatifs passés.
Capability to reduce (CTR)	Part allouée inversement proportionnelle à la capacité à réduire (par exemple mesurée via le PIB/hab).
Needs fulfilment (NF)	Part allouée à une région plus élevée (faible) si les habitants n'ont pas (ont) satisfait leurs besoins fondamentaux.
Sufficiency lifestyles (SL)	Part allouée à un produit est proportionnelle à son usage dans un scénario de sobriété.
Cost optimization (CO)	Part allouée suit un scénario de respect des limites planétaires minimisant les coûts pour l'ensemble des activités.

Source : Bjørn et al., JRC, 2025.

Comment relier stratégies d'économie circulaire (EC) et limites planétaires (via l'AESA) ?



Comment relier stratégies d'économie circulaire (EC) et limites planétaires ?



Source : Hellweg et al., 2023.

4

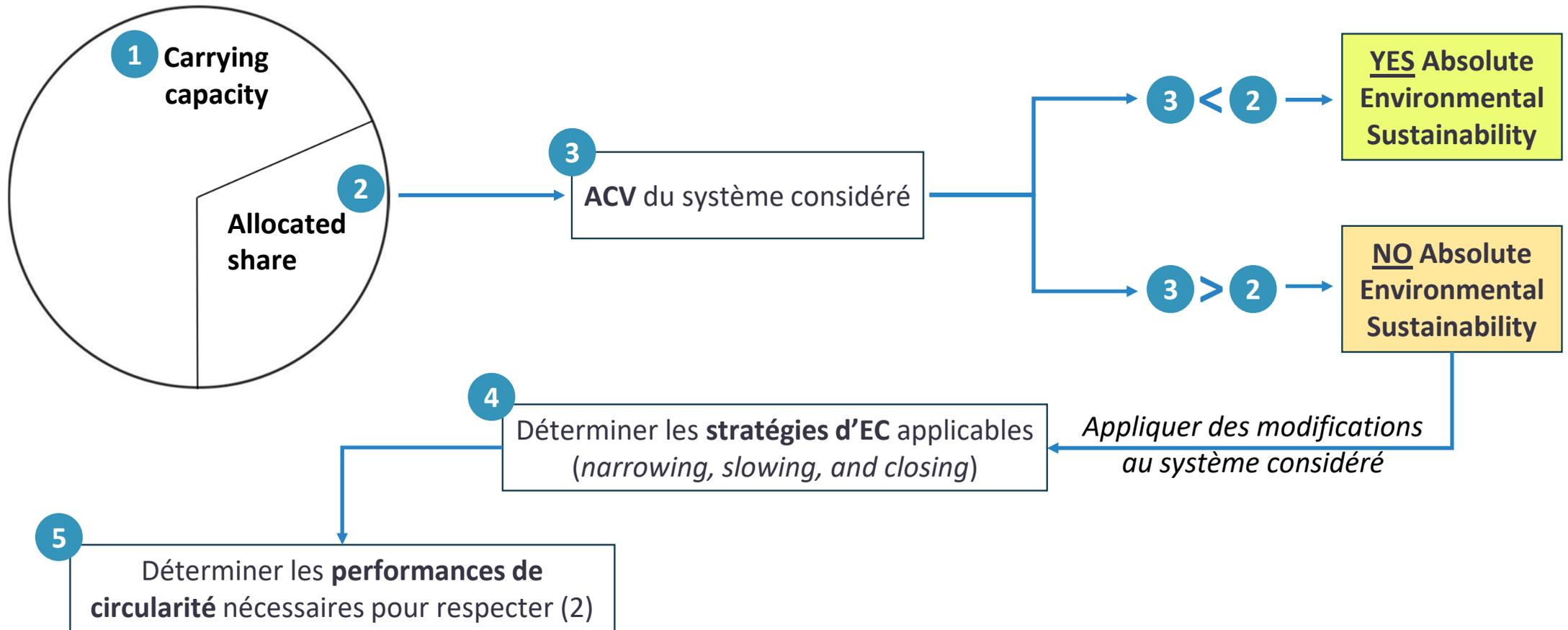
Déterminer les **stratégies d'EC** applicables (*narrowing, slowing, and closing*)



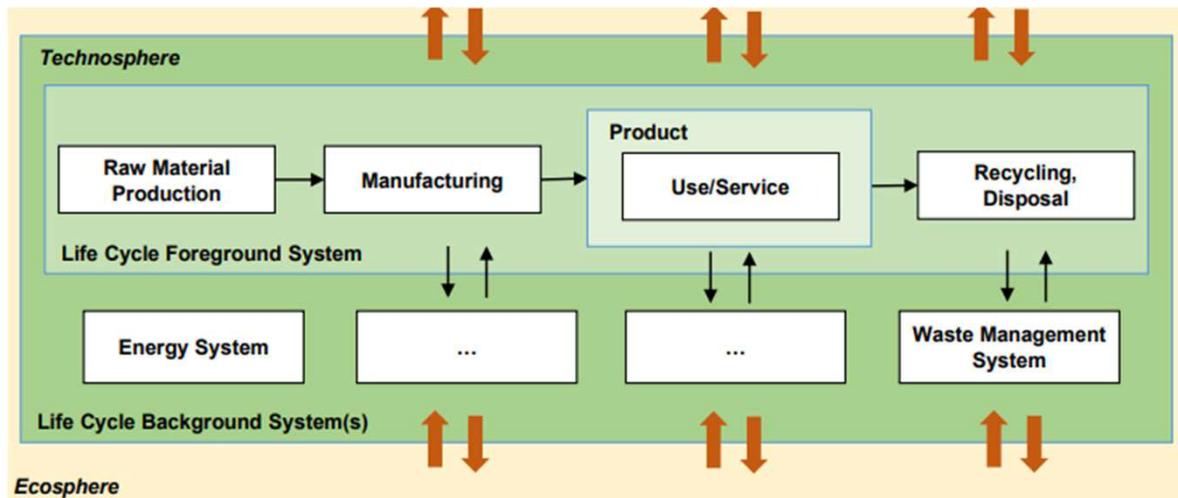
Ex : **IRM**

(R5) Reconditionner des machines pour leur donner une 2^{ème} vie (3^{ème}, 4^{ème}?)

Comment relier stratégies d'économie circulaire (EC) et limites planétaires ?



Comment relier stratégies d'économie circulaire (EC) et limites planétaires ?



Source : Kara et al. , 2023.



Performances de circularité :

- % recyclé
- % réutilisé
- t.km reverse logistics
- durée de vie
- Etc.

Résultats ACVs de ces stratégies d'EC dépendent du Background system :

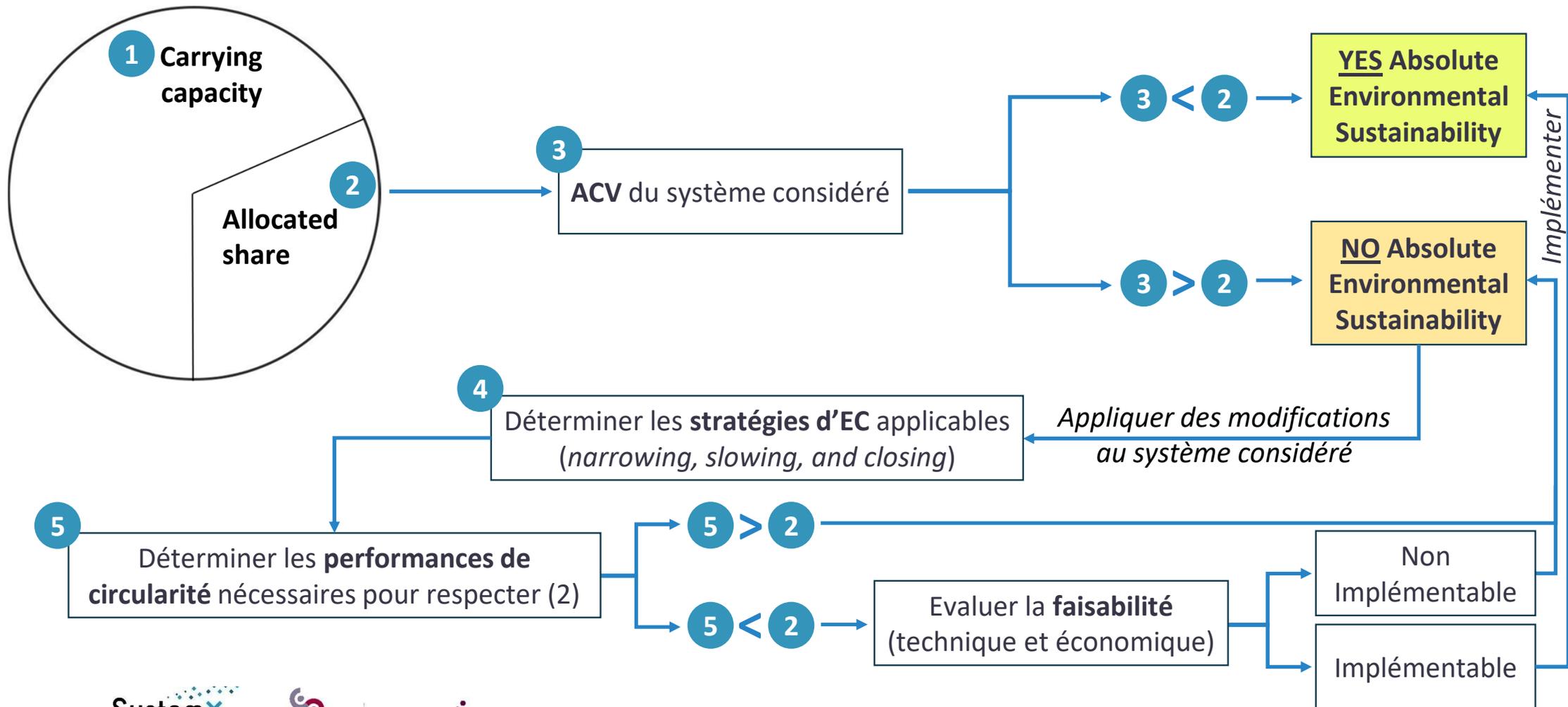
- Mix énergétique
- Technologies de transport
- Etc.

5

Déterminer les **performances de circularité** nécessaires pour respecter (2)

Modélisation prospective

Comment relier stratégies d'économie circulaire (EC) et limites planétaires ?

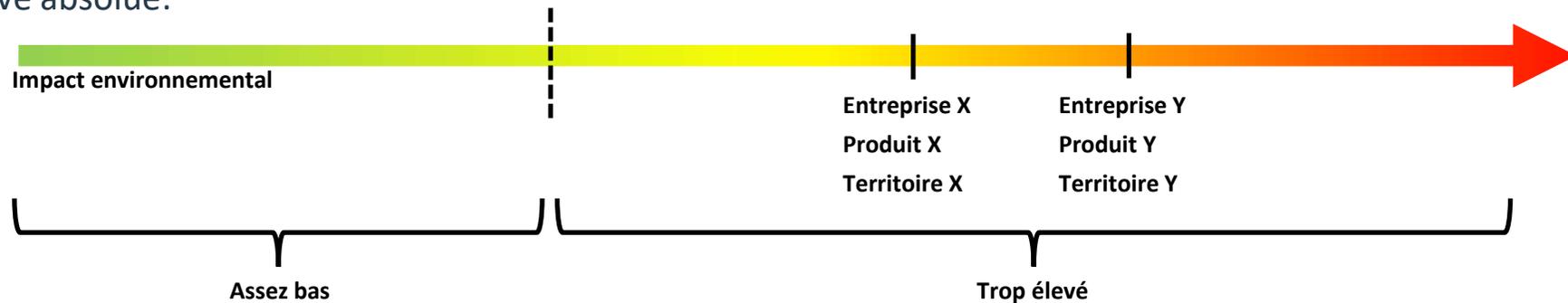


Vers un changement de paradigme

➤ Perspective relative:



➤ Perspective absolue:



“From better to good enough”*

Source : DTU 12953 PhD course, Bjørn

**De mieux à assez bien*

Merci pour votre attention

Des questions ?





CIRCULAR
LE NUMÉRIQUE AU SERVICE
DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE



Les travaux en cours = 1 slide (x 5)

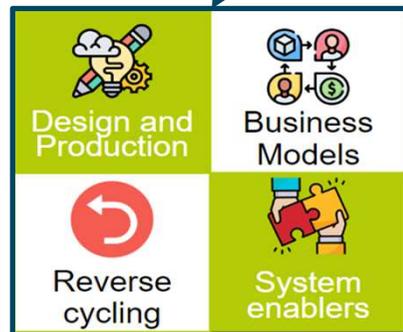
Systematiser la collecte des idées de stratégies d'EC et leur caractérisation / analyse



Utilisation du modèle des Building Blocks de l'EC (EMF) pour la stimulation et la collecte d'idées



Acteurs internes



Diagnostic industriel afin d'identifier les actions permettant de progresser vers l'EC dans un secteur qui en est encore à ses balbutiements en matière de circularité.

200 actions identifiées couvrant 70 thèmes pour un plan stratégique d'EC chez Manitou

Acteurs externes



Interviews de distributeurs pour mieux comprendre ce que deviennent les machines lourdes après leur production.

Nouvelles stratégies d'EC sur le.s chaîne.s de valeur selon les contextes nationaux, industriels et législatifs



Analyse des pratiques d'EC dans les pays Européens :

- Analyse des variants, leviers, tendances, législations, flux, modèles économiques dominants...
- Modèle schématique de chaîne de valeur par pays...

Nous montrons qu'en France les **Plans Climat Air Energie Territoire (PCAET)** sont insuffisamment ambitieux relativement aux objectifs de la SNBC



Bouillass, G., Baltazar, J., & Yannou, B. (2024). *On the Path towards Carbon Neutrality? A Comprehensive Analysis of Local Climate Plans in France*. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 212, 115240. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.115240>



Nous montrons par l'analyse détaillée de 13 **plans Economie Circulaire** que les actions des plans EC sont insuffisamment reliées aux objectifs de soutenabilité



De Bantel, E., Bouillass, G., Yannou, B., & Jankovic, M. (2025). *From ambition to impact? Assessing the quality of local circular economy plans*. Submitted to **Sustainable Cities and Society**.

Construire un modèle de simulation des performances de circularité / soutenabilité d'une action / stratégie de circularité

Comprendre les relations entre les paramètres d'une action / stratégie d'EC et ses performances pour en faire, si possible, un modèle de simulation



MANITOU
GROUP

Démanteler pour comprendre et préconiser les bonnes stratégies d'EC :

- Protocole d'observation
- 10 machines démantelées
- Analyse des leviers et conditions favorables au réemploi
- Recommandations pour augmenter le reconditionnement et s'engager plus dans l'économie du réemploi
- Recommandations pour une machine télescopique circulaire



Expérimentations pour étudier les performances économiques et circulaires du démantèlement pour réemploi et recyclage des machines lourdes.



ACV, AFM simplifiée et modèle de coût pour évaluer la pertinence économique, environnementale et circulaire des rétrofits électriques.

Evaluer l'efficacité du retrofit électrique d'une machine thermique :

- La conversion électrique présente un potentiel de décarbonisation.
- La rentabilité de la conversion électrique par rapport aux véhicules thermiques fait débat.
- La circularité, les impacts environnementaux autres que CO2 et les avantages (allongement durée de vie et coûts) sont insuffisamment étudiés
- **L'éco-comparaison de véhicules nécessite de meilleures hypothèses et d'étudier la variation de paramètres comme le moment du retrofit, les coûts d'occasion, le réemploi du moteur thermique...**
- Les avantages de la conversion sont limités, sauf si certaines conditions spécifiques sont remplies.

Construire un modèle de simulation des performances de circularité / soutenabilité / social d'une stratégie de circularité

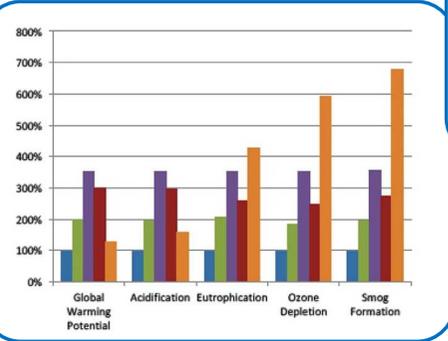
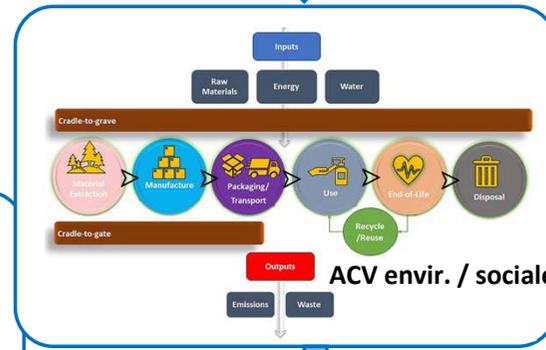
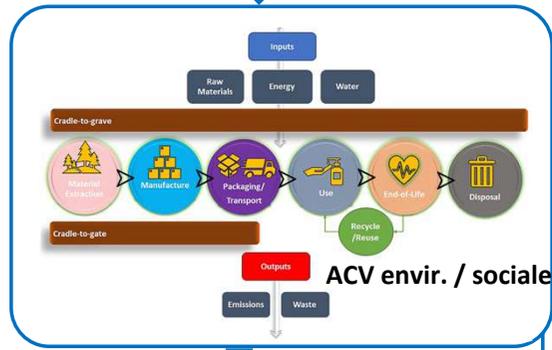


Eco-comparer un DM reconditionné avec du neuf



Scanner neuf

Mêmes usages ?
Mêmes services ?
Mêmes coûts ?
Mêmes impacts env. et sociaux ?



Comment aborder la (multi-)simulation circularité / soutenabilité / social au service des vrais besoins ?

ALLCAN

université
PARIS-SACLAY



• Observatoire des besoins en JNT *versus* Changement climatique

- Thèse « Jumeaux numériques pour Paris-Saclay, apports pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique »
- 2 semaines à l'Institut Pascal organisées par AllCAN / UPSaclay

université
PARIS-SACLAY
INSTITUT
PASCAL



msh
PARIS-SACLAY



• Méthodologie et démonstrateur pour un JN pour la renaturation sur l'IdF

- post-doc de 18 mois, financement QIM Région IdF
- Méthodologie



- Modéliser un scénario d'aménagement des tissus urbains et ruraux
- Identifier les impacts territoriaux (écologiques, énergétiques, sanitaires, alimentaires, économiques) à différentes résolutions spatiales
- Identifier les chaînes de causalité entre paramètres des scénarios et impacts mesurables
- Évaluer la faisabilité d'un modèle de simulation prédictif entre scénarios et impacts localisés
- Proposer des modes de visualisation et d'analyse multicritère des impacts pour l'aide à la décision

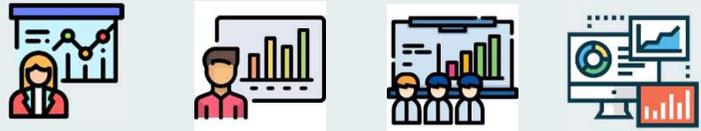
Région
île de France



The *CircularIT Digital Cockpit* A framework for measurement and action

Measure, understand, prioritize

Business dashboards (of circularity and sustainability)



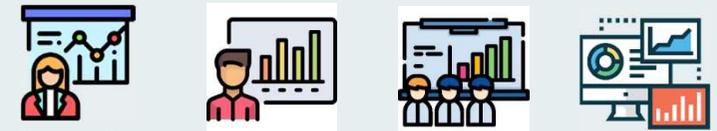
Product line manager Factory Manager Product manager Process manager

- Managing multi-perspective coherence, of current measures, of stated objectives
- Managing conflicts and compromises of stated objectives

- Understanding indicators
- Knowing whether they are good or bad (judgments/polarity)
- Understand causes and drivers
- Prioritize target improvements and levers

Act (imagine, simulate, decide, deploy), monitor

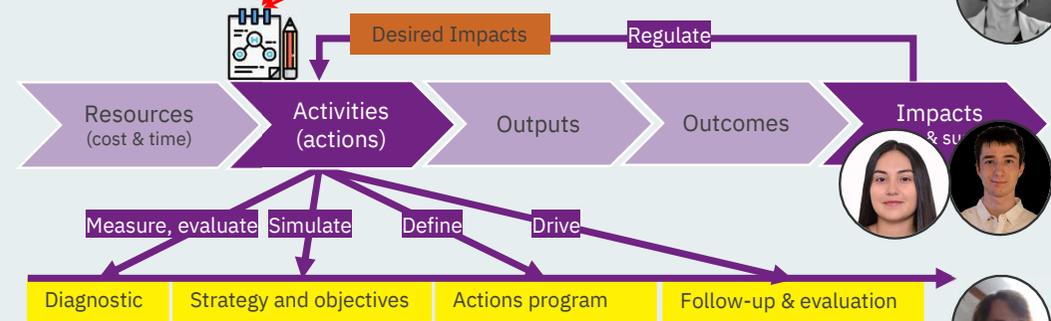
Action plan generations



Product line manager Factory Manager Product manager Process manager

- (Re)Design a portfolio of effective actions
- Demonstrate creativity and eco-innovation
- Explore new circularity strategies

Modeling and simulation of impacts (change theory)



- Know how to use the theory of change and the theory of measurement
- Model and simulate the impacts and costs of each action
- (Re)organize an optimal global action plan
 - Monitor progress through action plan follow-up

Circularity & sustainability performances

- Aggregate, merge, learn
- Express (non)circularity indicators

- Specify new data
- Define new sensors

Data



- Record outputs, outcomes, impacts
- Reinforcement learning

Optimization of overall action plan: Action and performance tracking and feedback (monitoring)



7 thèses dans le contexte du CDC (*Cockpit Digital Circulaire*)



Mise en œuvre des indicateurs de limites planétaires
Analyse critique et cadre des plans EC territoriaux

Plan d'action pour la circularité dans le contexte d'un jumeau numérique

Quel.s Jumeau.x numérique.s pour la planification écologique du territoire Paris-Saclay ?



Boucler le flux matière
Nouveaux Business models
Le retrofit élec. : une bonne idée ?



Circularité produit
Circularité process
SI pour la mesure de circularité



Piloter la circularité des flux de matières et composants du bâtiment en favorisant le réemploi et le recyclage



Simuler et optimiser la collecte de biodéchets sur un territoire



Performances d'un dispositif médical reconditionné