

Circularity CO-PILOT

Optimisation pour la
Conception Circulaire et
Durable de Produits et
Services

CIEC 26 et 27 juin 2024

Angelica MEJIA, PhD

Estephania DELGADILLO, PhD



Capgemini  engineering



CIRCULARITY
CO-PILOT



Agenda

Introduction

- Pourquoi introduire la circularité dans le processus de conception ?
- Evaluation de la circularité du cycle de vie et l'optimisation de la circularité
- Proposition – Circularity Co-Pilot

Méthode

- La démarche mise en place

Résultats

- Développement de l'extended MCI et de l'optimiseur
- Le fonctionnement de CO PILOT
- Etude de cas sur une botte de pluie

Limites et perspectives



Introduction



Introduction

Pourquoi introduire la circularité dans le processus de conception ?



80% de la **circularité** et de l'**empreinte environnementale** sont décidés **dès la conception** [1]



Manque de compétences et **d'outils de conception durable**, qui sont en demande croissante qui permettent une collaboration **multidisciplinaire** [3]



La **complexité** de la prise en compte des compromis en matière **d'environnement**, de **coûts**, de **circularité** et de **performance** [2]



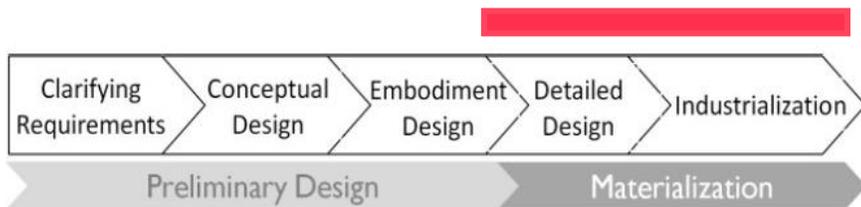
Introduction

Evaluation de la circularité du cycle de vie et l'optimisation de la circularité

Les entreprises ont donc besoin d'être accompagnées dès les premières étapes de leur démarche de conception, afin d'élaborer des produits et services circulaires et durables [1].

La **circularité** et l'**optimisation environnementale** devraient être **intégrées dans toutes les phases**

Actuellement, elle se fait principalement dans les **phases finales**



Vue d'ensemble du processus de conception et de développement de produits et de services (adapté de [7])

- Des méthodes d'évaluation robustes pour quantifier leur circularité et leur contribution à la durabilité sont cruciales [5,6].
- Aucun outil ne permet d'optimiser la prise en compte simultanée de la circularité, des coûts, des impacts environnementaux et des performances.

	Circularity Co-Pilot	Pulpo	Open LCA	One click LCA	LCA4MDAO
Optimization	✓	✓	✗	✓	✓
Materials Circularity assessment	✓	✗	✓	✗	✗
Energy & water Circularity assessment	✓	✗	✗	✗	✗
Life Cycle Assessment	✓	✗	✓	✓	✗
Cost and performance Assessment	✓	✗	✗	✗	✓

Notre proposition



Introduction

Proposition

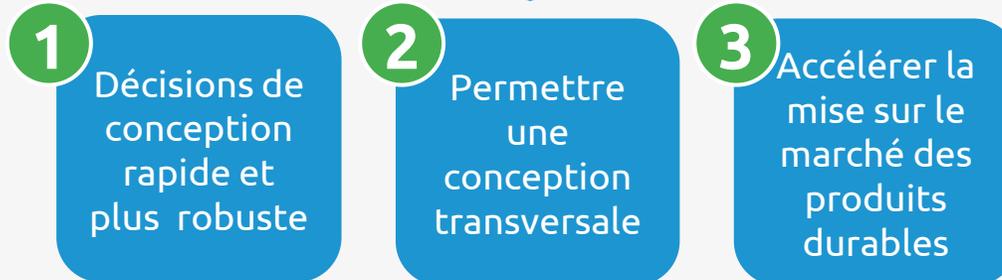


« Optimisation de la circularité, les impacts environnementaux, les coûts et les performances, dans une perspective de cycle de vie complet »

Quoi ?

Circularity Co-Pilot est une **approche** et un **outil** pour la **conception** optimale de produit et de services **durables** et **circulaires** :

- Scientifique et Multidisciplinaire
- Construit autour d'un écosystème numérique
- Soutenir les différentes phases de conception des produits



Comment ?

Définition du problème de conception

Sélection (et/ou développement) et intégration de modèles: ACV, LCC, performance, CE

Optimisation

Visualisation dynamique dans une application web pour l'analyse des résultats

Rapport des solutions

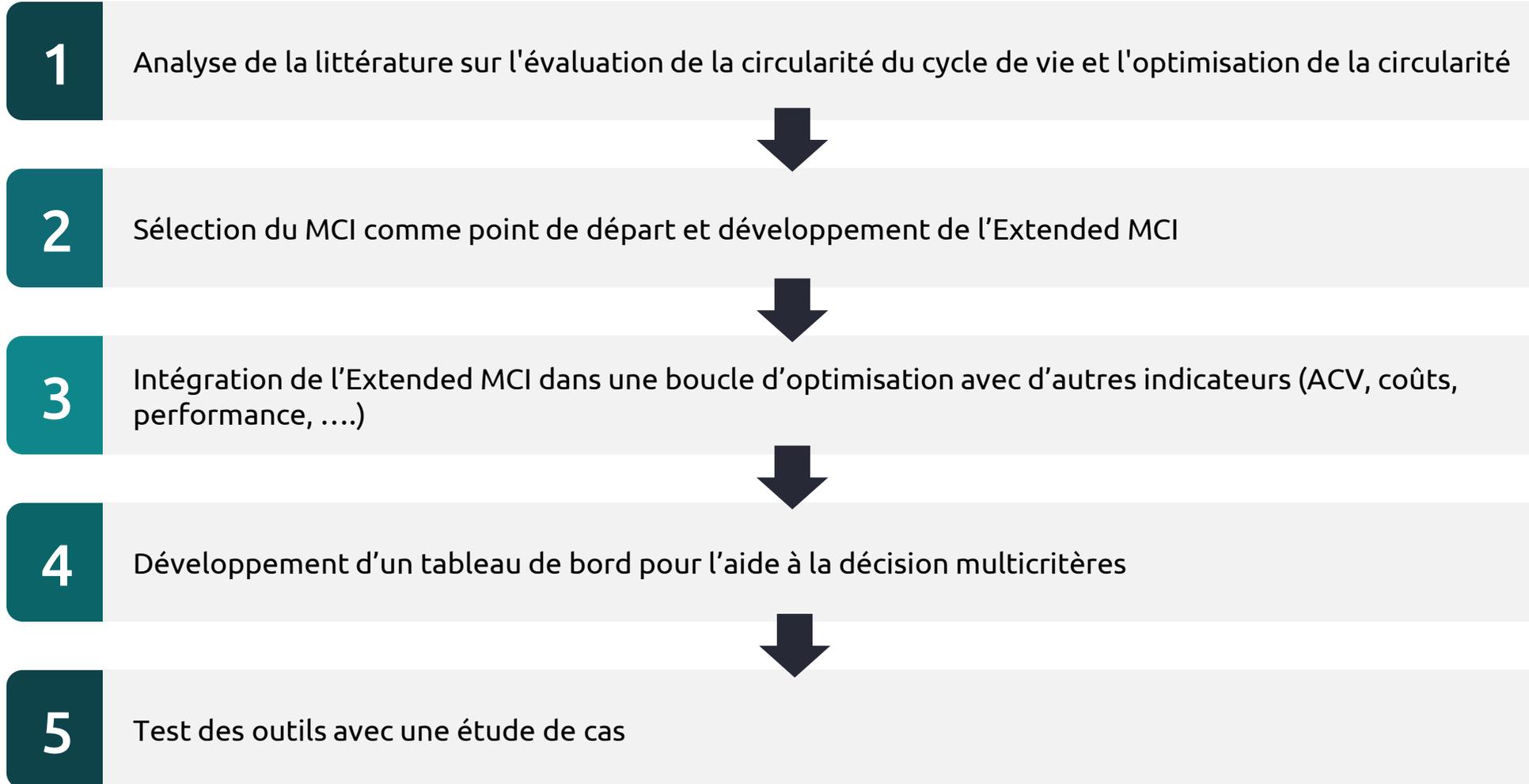


Méthodes



Méthode

La démarche mise en place



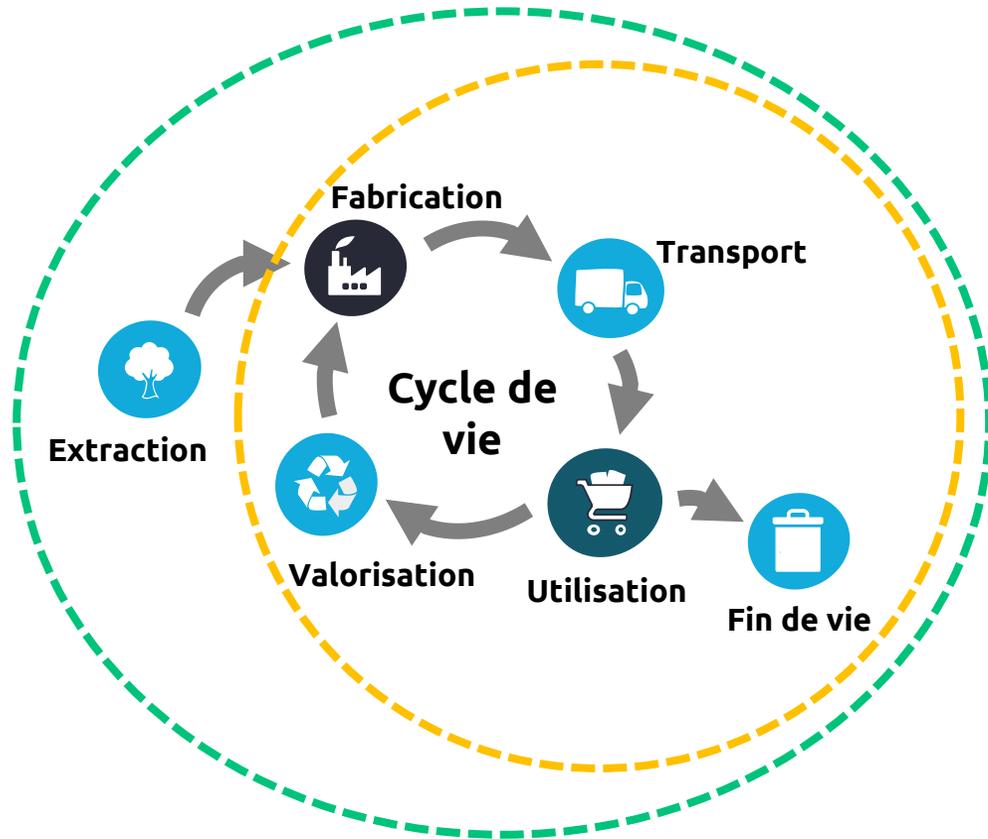


Résultats



Résultats

Développement de l'extended MCI



 MCI SCOPE

 ACV et Extended MCI SCOPE



Outils

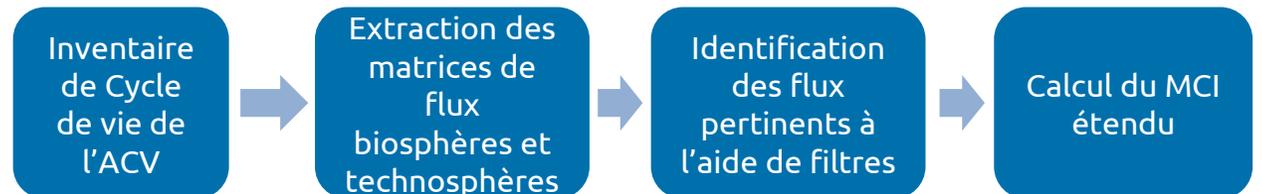
- Activity browser (logiciel open source) avec brightway2 pour les Analyses de Cycle de Vie
- Logiciel en Python développé en interne pour extraire les données et calculer l'extended MCI



Données d'entrées

Données similaire/typique d'une analyse de cycle de vie avec la base de données ecoinvent avec la modélisation

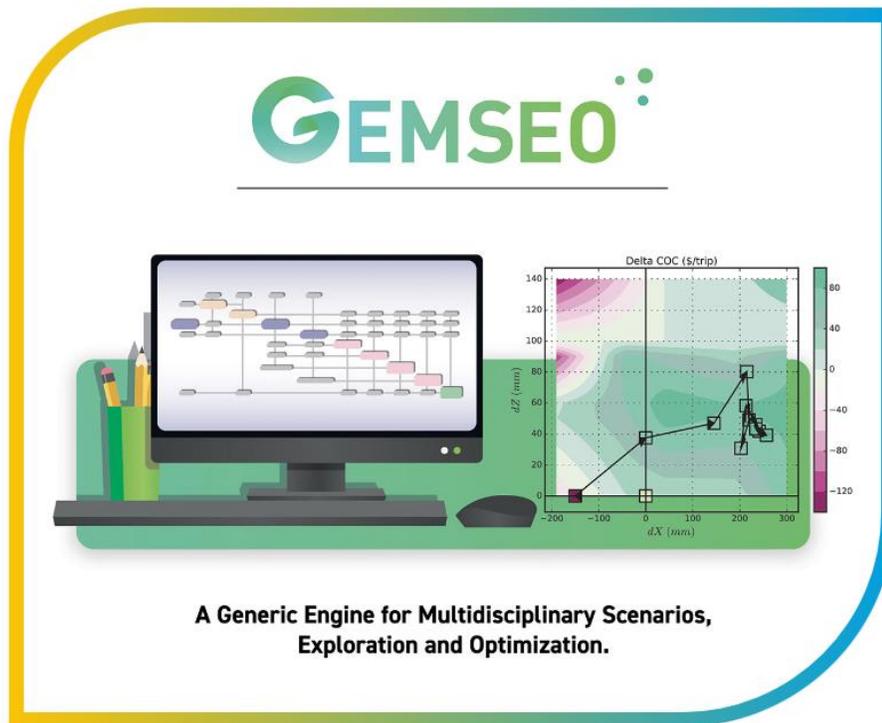
Flux de données





Résultats

Développement d'un optimiseur



Outils

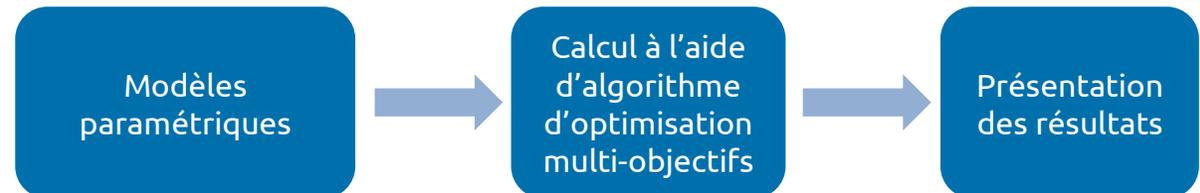
- Librairie GEMSEO
- Logiciel en Python développé en interne



Données d'entrées

Modélisation paramétrique d'ACV avec ecoinvent/Activity browser
Modèle de coûts/performance paramétrisé

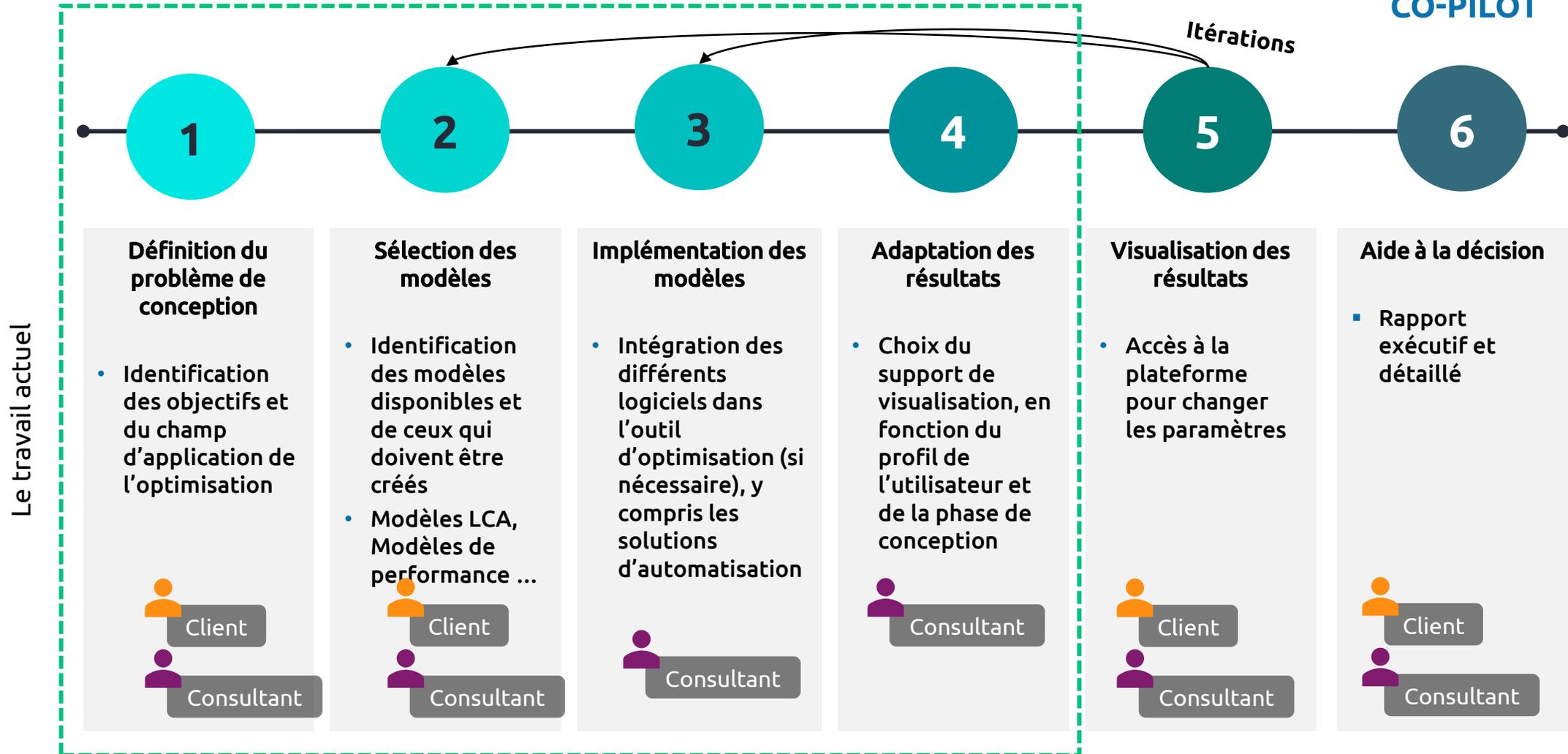
Flux de données





Résultats

Le fonctionnement de Circularity CO-PILOT



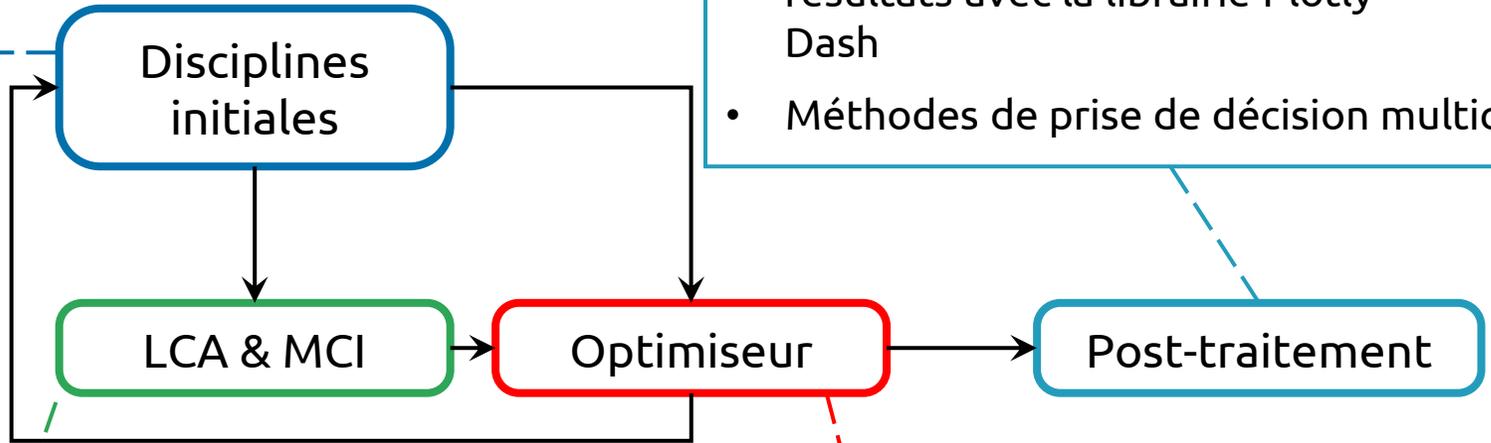


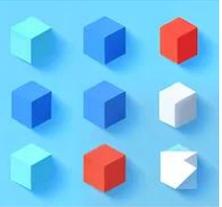
Résultats

Le fonctionnement de Circularity CO-PILOT

- N'importe quelle discipline ou analyse multidisciplinaire
- Calcul de la performance du produit (coût, efficacité, ...)

- LCA & MCI Disciplines
 - Calcul des impacts environnementaux et circulaires du produit:
 - Consommation de ressources
 - Potentiel de réchauffement planétaire
 - ...
 - Basé sur la librairie Python brightway2 et la méthodologie Extended MCI
- 

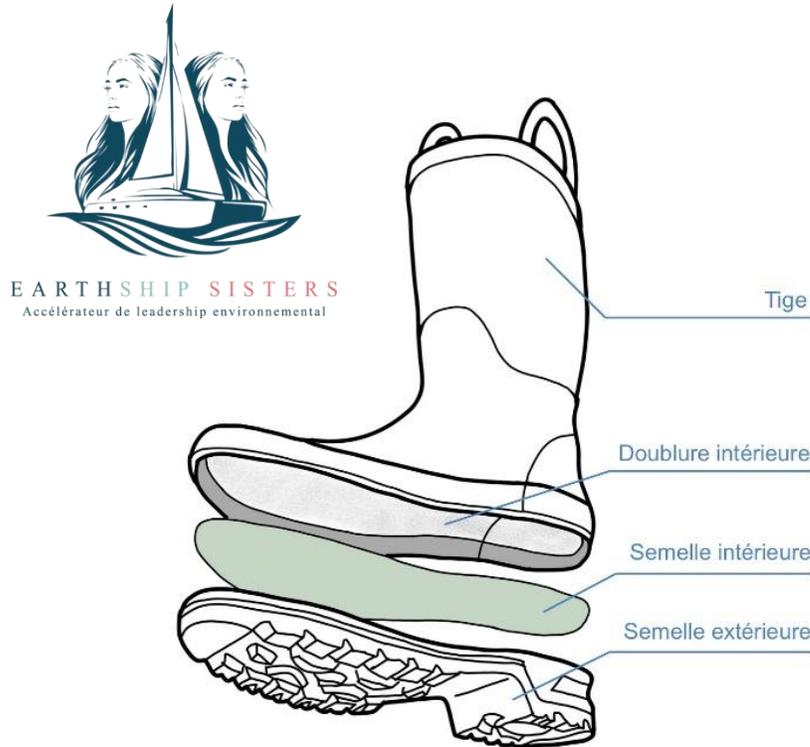


- MOORE (Multi-Objective Optimization Results Explorer) 
- Visualisation interactive des résultats avec la librairie Plotly Dash
- Méthodes de prise de décision multicritères

- Algorithme d'optimisation multi-objectif
- Compatible directement avec la formulation MDF (Multidisciplinary Feasible Method)
- En théorie, compatible avec IDF (Individual discipline feasible) et les formulations distribuées
- Implémenté dans GEMSEO 

Résultats

Etude de cas sur une botte de pluie



Statut actuel:

- Matériaux avec un **haut impact environnemental** - Production à **grande** distance
- Durée de vie : 1 année

Améliorations:

- Matériaux provenant de matières recyclées ou végétales et recyclables

	Actuel	Améliorations
Tige	Caoutchouc synthétique	85% caoutchouc recyclé
Doublure	PET	80% PET recyclé
Semelle intérieure	EVA	100% Liège
Semelle extérieure	Caoutchouc synthétique	85% caoutchouc recyclé

Nous avons paramétré nos modèles à l'aide de 4 paramètres qui correspondent à l'utilisation de matériaux circulaires pour chacun des 4 composants de la botte.

Recording Demo

2024-06-24 16:24 UTC

Recorded by

LEVENEZ, Loïc

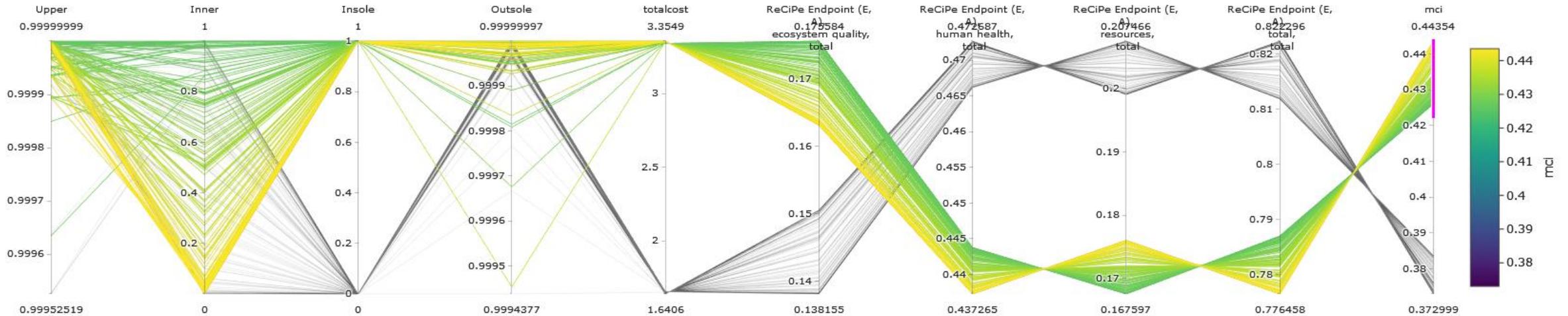
Organized by

LEVENEZ, Loïc



Résultats

Circularité optimisée - botte de pluie



Visualisation des résultats avec MOORE (Multi-Objective Optimization Results Explorer)

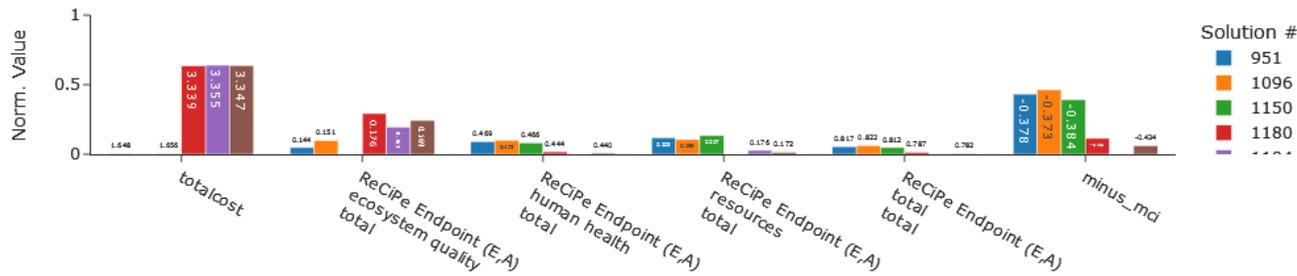
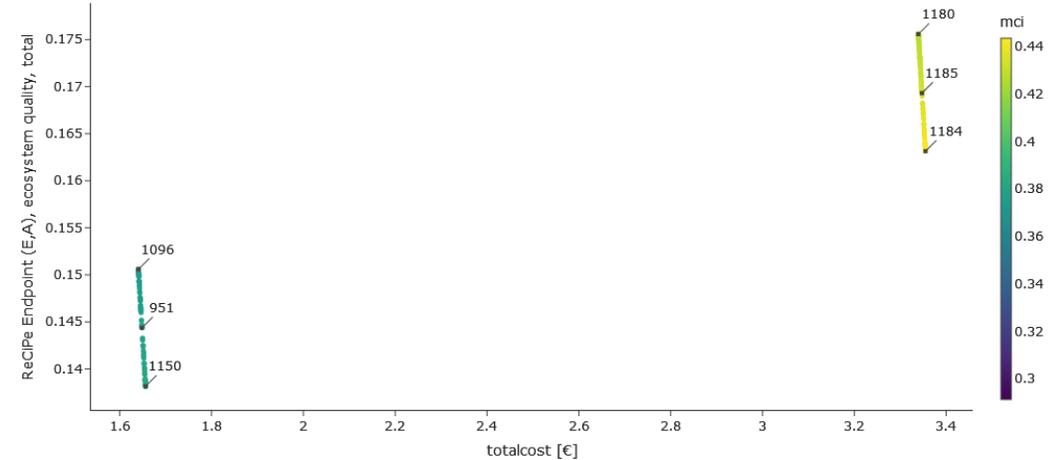
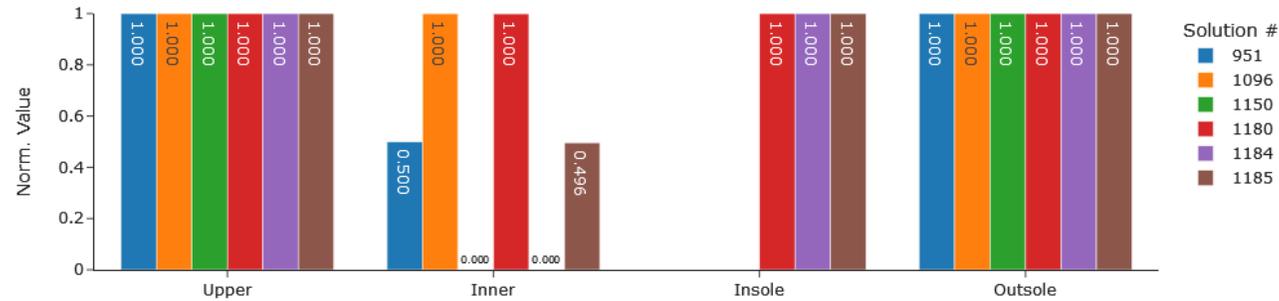
- Les résultats de l'optimisation prennent en compte les trois catégories d'impact environnemental (qualité des écosystèmes, santé humaine et ressources), le coût et la circularité, nous n'avons pas intégré de modèle de performance.
- Une **plus grande circularité** tend à avoir de **faibles impacts environnementaux**, à l'exception de la **qualité des écosystèmes**.
- Plus la **circularité** est élevée, plus le **coût** est élevé.
- Les **changements de circularité** sur la **tige** et la **semelle intérieure** ont les **impacts les plus élevés en termes de circularité**.

	Actuel	Améliorations
Tige	Caoutchouc synthétique	85% caoutchouc recyclé
Doublure	PET	80% PET recyclé
Semelle intérieure	EVA	100% Liège
Semelle extérieure	Caoutchouc synthétique	85% caoutchouc recyclé



Résultats

Vue en barres et en parcelles des solutions optimisées.



	Actuel	Améliorations
Tige	Caoutchouc synthétique	85% caoutchouc recyclé
Doublure	PET	80% PET recyclé
Semelle intérieure	EVA	100% Liège
Semelle extérieure	Caoutchouc synthétique	85% caoutchouc recyclé



Limites et perspectives



Limites

- **Évaluation de la circularité** : La première version de l'optimisation de la circularité se limite à l'efficacité des matériaux (poids total, entrée/sortie recyclée, récupération d'énergie) et l'échelle du produit.
- **Compatibilité** : Notre approche nécessite notamment l'accès à l'inventaire du cycle de vie qui est disponible sur certains logiciels d'ACV qui sont en source ouverte afin de calculer notre indice de circularité
- **Complexité** : L'intégration de modèles clients impose une bonne connaissance du codage et la compréhension du code client. À l'avenir, la possibilité d'intégrer du code client telle une boîte noire pourrait permettre une intégration plus facile et efficace

Conclusion et Perspectives

- **Circularity Co-pilot est une « proof of concept » qui aide les entreprises à soutenir les engagements actuels en matière d'ESG (environnemental, social et gouvernance) et d'objectifs d'économie circulaire par le biais d'un processus décisionnel multidisciplinaire pour la conception de produits et de services**
- Nous travaillons actuellement sur les **indicateurs de circularité pour l'eau et l'énergie**.
- D'autres **tests** doivent être menés avec des **cas industriels** avec des **produits plus complexes** provenant de **différentes industries**, et l'intégration des modèles de performance.
- La **« usability »** des résultats de notre outil par les concepteurs doit être étudiée plus avant.
- Nous travaillons actuellement à l'élaboration de **lignes directrices** pour les **modèles d'ACV**, de **performance** et de **coût** à utiliser dans la conception et le développement de différents produits et services.



Notre équipe

Une équipe pluridisciplinaire au cœur de l'optimisation, de la durabilité et de l'économie circulaire



DELGADILLO JAIME Estephania, PhD

- The scientific lead of Circularity Co-pilot
- Circular economy and design for sustainability specialist
- Think Twice project leader (R&I) FRANCE



LEVENEZ Loïc

- Circularity and environmental indicators specialist
- Consultant EHS, Manufacturing and Operations FRANCE



HUMBERT Mélodie, PhD

- Circularity indicator specialist
- Think Twice researcher R&I FRANCE



HERNANDEZ Lilas

- Circularity and industrial symbiosys specialist
- Consultant EHS, Manufacturing and Operations FRANCE



SANTOS RODRIGUES Simão, PhD

- Optimization specialist
- Consultant in optimization and OPTIMIND researcher R&I FRANCE



Angelica MEJIA, PhD

- Sustainability expert
- Co-leader Think Twice Research Team
- Consultant in sustainability FRANCE



ROBELO HOBERG Andres

- Sustainability specialist
- Center of Excellence GERMANY



REFERENCES



References

- [1] J. Kamp Albæk, J., S. Shahbazi,; T.C. McAlloone, D.C.A. Pigosso. Circularity Evaluation of Alternative Concepts During Early Product Design and Development. Sustainability , 12, 9353 2020.
- [2] Y. Li; U. Roy. A multi-objective optimisation methodology towards product design for sustainability. International Journal of Strategic Engineering Asset Management (IJSEAM), Vol. 3, No. 2, 2018.
- [2] A. Diaz, R.J. Baumgartner, A managerial approach to product planning for a circular economy: Strategy implementation and evaluation support J. Clean. Prod. Vol 442, 2024.
- [4] H. Desing, G. Braun, Resource pressure – A circular design method Resour. Conserv. Recycl. Vol 164, 2021.
- [5] E. Roos Lindgreen, K. Opferkuch, A.M. Walker, R. Salomone, T. Reyes, A. Raggi, ... & S. Caeiro. Exploring assessment practices of companies actively engaged with circular economy. Bus. Strategy Environ., 31(4), 1414-1438, 2022.
- [6] E. Roos Lindgreen, R. Salomone, & T. Reyes. A critical review of academic approaches, methods and tools to assess circular economy at the micro level. Sustainability, 12(12), 4973, 2020.
- [7] J. P. Schöggl, , R. J. Baumgartner, & D. Hofer. Improving sustainability performance in early phases of product design: A checklist for sustainable product development tested in the automotive industry. J. Clean. Prod., 140, 1602-1617, 2017.



ANNEXES

Extended Materials Circularity Indicator tool : Data extraction



Matrices

Filters

Formatting

Inputs

Biosphere Matrix
(concatenation of Biosphere flows)

Extracting all flows with:
Categories = natural resource, biotic
Unit = kilogram

Extracting all flows with:
Categories = natural resource, biotic
Unit = cubic meter
Name contains "Wood"

Change of unit
from cubic
meter to
kilogram

Extracting all flows with:
Unit = kilogram
Name do not start with "Treatment of" or "Market"
Name contains predefined list with all vegetables
production inside ecoinvent (apple, apricot,
asparagus, ... , zucchini)

Extracting all flows with:
Unit = kilogram
Name do not start with "Treatment of" or "Market"
Name do not contain "processing", "ethanol" and
"starch"
Name contains "maize"

Additional filters ...

Extracting all flows with:
Unit = kilogram
Name do not start with "Treatment of" or "Market"
Name do not contain "Content cut-off"
Name contains "recycled" and "%"

Retrieve % inside
activity name and
applying it to the
flows

Extended MCI inputs

- Total Weight
- Virgin Material weight
- Reused Input
- Recycled Input
- Bio-Based Input**
- Recycled Output**
- Reused Output
- Energy Recovery Output
- Landfill Output
- Compost Output

About Capgemini Engineering

World leader in engineering and R&D services, Capgemini Engineering combines its broad industry knowledge and cutting-edge technologies in digital and software to support the convergence of the physical and digital worlds. Coupled with the capabilities of the rest of the Group, it helps clients to accelerate their journey towards Intelligent Industry. Capgemini Engineering has 65,000 engineer and scientist team members in over 30 countries across sectors including Aeronautics, Space, Defense, Naval, Automotive, Rail, Infrastructure & Transportation, Energy, Utilities & Chemicals, Life Sciences, Communications, Semiconductor & Electronics, Industrial & Consumer, Software & Internet.

Capgemini Engineering is an integral part of the Capgemini Group, a global business and technology transformation partner, helping organizations to accelerate their dual transition to a digital and sustainable world, while creating tangible impact for enterprises and society. It is a responsible and diverse group of 340,000 team members in more than 50 countries. With its strong over 55-year heritage, Capgemini is trusted by its clients to unlock the value of technology to address the entire breadth of their business needs. It delivers end-to-end services and solutions leveraging strengths from strategy and design to engineering, all fueled by its market leading capabilities in AI, cloud and data, combined with its deep industry expertise and partner ecosystem. The Group reported 2023 global revenues of €22.5 billion.

Get the future you want | www.capgemini.com

Capgemini  engineering



This presentation contains information that may be privileged or confidential and is the property of the Capgemini Group.

Copyright © 2024 Capgemini. All rights reserved.