

# Mesurer l'économie circulaire

Conférence 14 juin  
Leonard: Paris

| Lundi 14 juin 2021

# Sommaire

01

## L'économie circulaire

**Contexte, définition et  
caractéristiques**

02

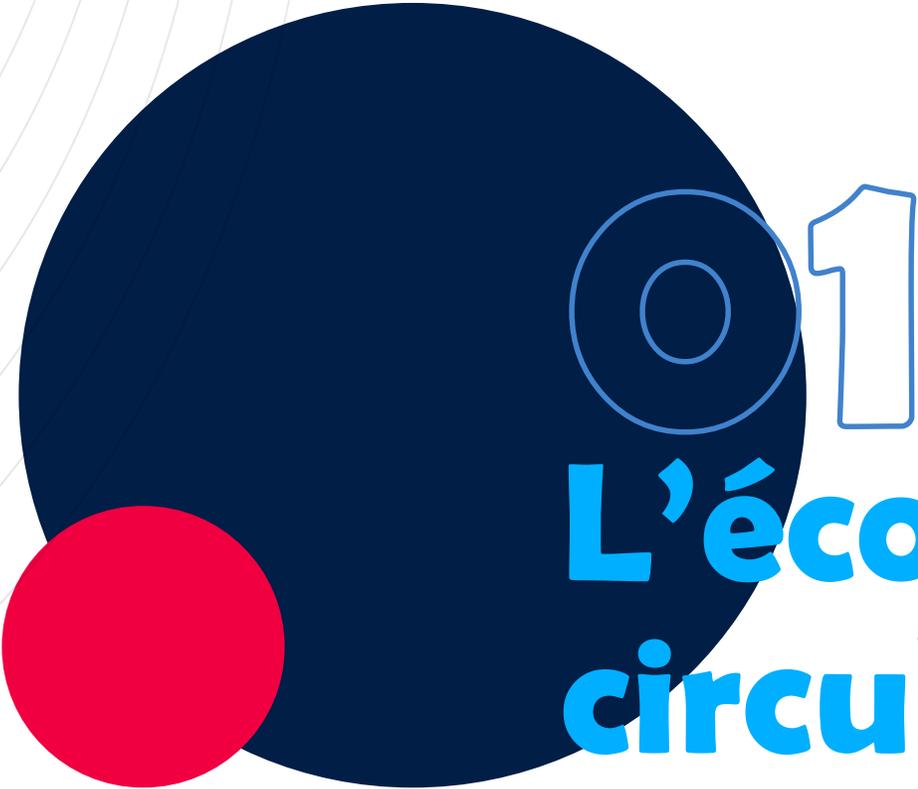
## La mesure de l'économie circulaire

**Les indicateurs de circularité**

03

## Cas pratique

**Application et limites**



# L'économie circulaire

| **Contexte, définition et caractéristiques**

# Constat 1: Bâtiment, secteur consommateur de matériaux ...

51 

**Millions de tonnes**

**De matériaux consommés par les bâtiments\* neufs en 2015**

38 

**Millions de m<sup>2</sup> SHONRT**

**Construit en neuf en 2015\*  
(35 millions en 2035 ;  
25 millions en 2050)**

1,5 

**Milliard de tonnes**

**De matériaux consommés d'ici 2050 par le secteur du bâtiment\* en neuf**

\* Logement et tertiaire CHEB, données ADEME

# Constat 2 : Le bâtiment, ... secteur producteur de déchets

70%

**LTECV**

**Valorisation matières des déchets en 2020**

46

**Millions de tonnes**

**De déchets produits\* en 2014**  
**(73% de déchets inertes,**  
**22% de non inertes)**

23

**Millions de tonnes**

**De déchets\* issus de la**  
**démolition**



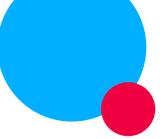
© ChrisCopinDesign

## RÉACTION AU CONTEXTE

# Trois niveaux de valorisation

- **Valorisation énergétique**
- **Valorisation matière**
- **Valorisation de l'information**

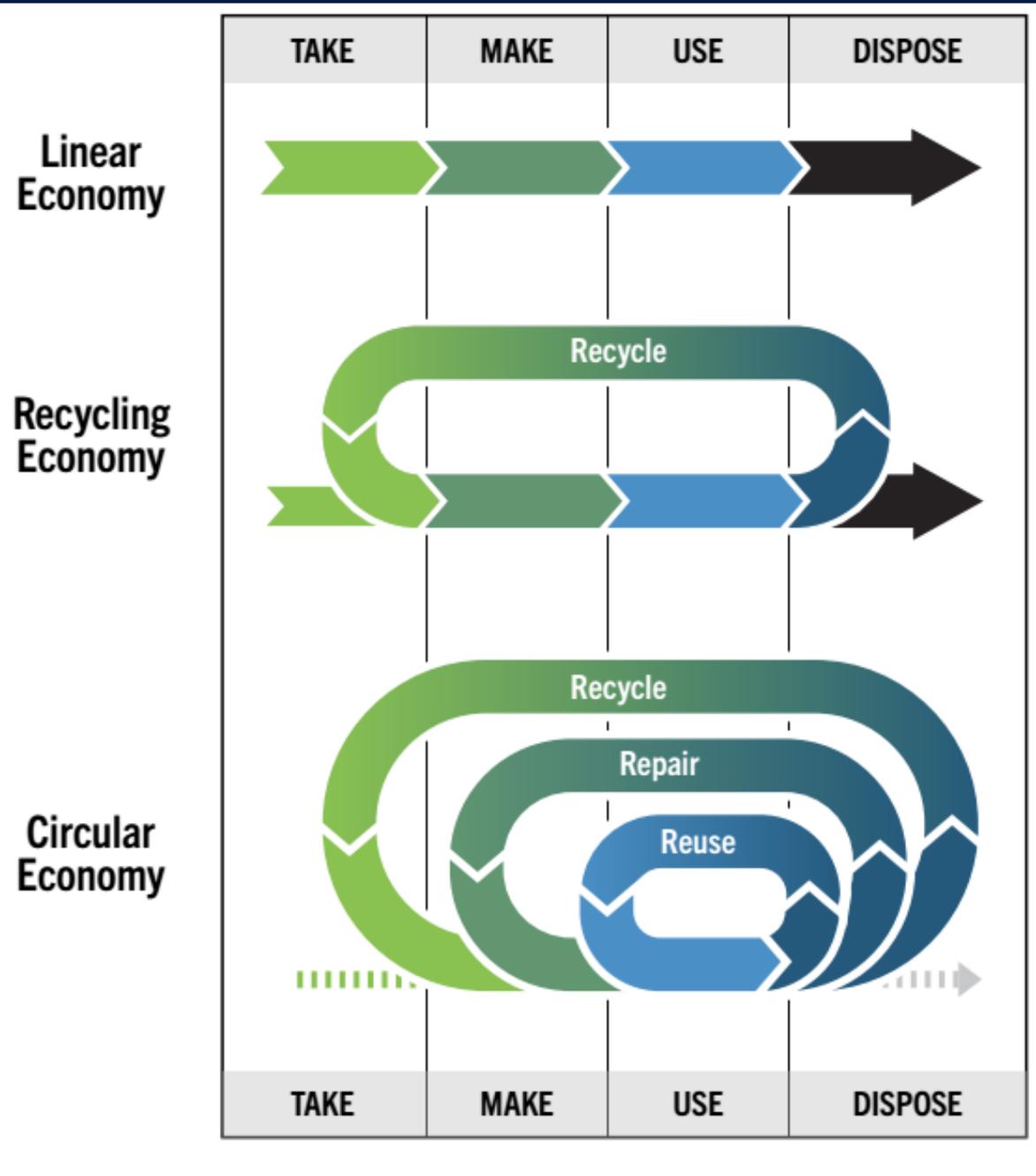
\* Librement adapté de Niklaus Kohler

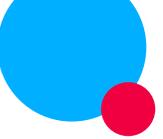


# Définition Règlementaire

**« La transition vers une économie circulaire vise à dépasser le modèle économique linéaire consistant à extraire, fabriquer, consommer et jeter en appelant à une consommation sobre et responsable des ressources naturelles et des matières premières primaires ainsi que, par ordre de priorité, à la prévention de la production de déchets, notamment par le réemploi des produits, et, suivant la hiérarchie des modes de traitement des déchets, à une réutilisation, à un recyclage ou, à défaut, à une valorisation des déchets. »**

**LTECV, Code de l'environnement, article L. 110-1-1, 2015**





# Définition ADEME

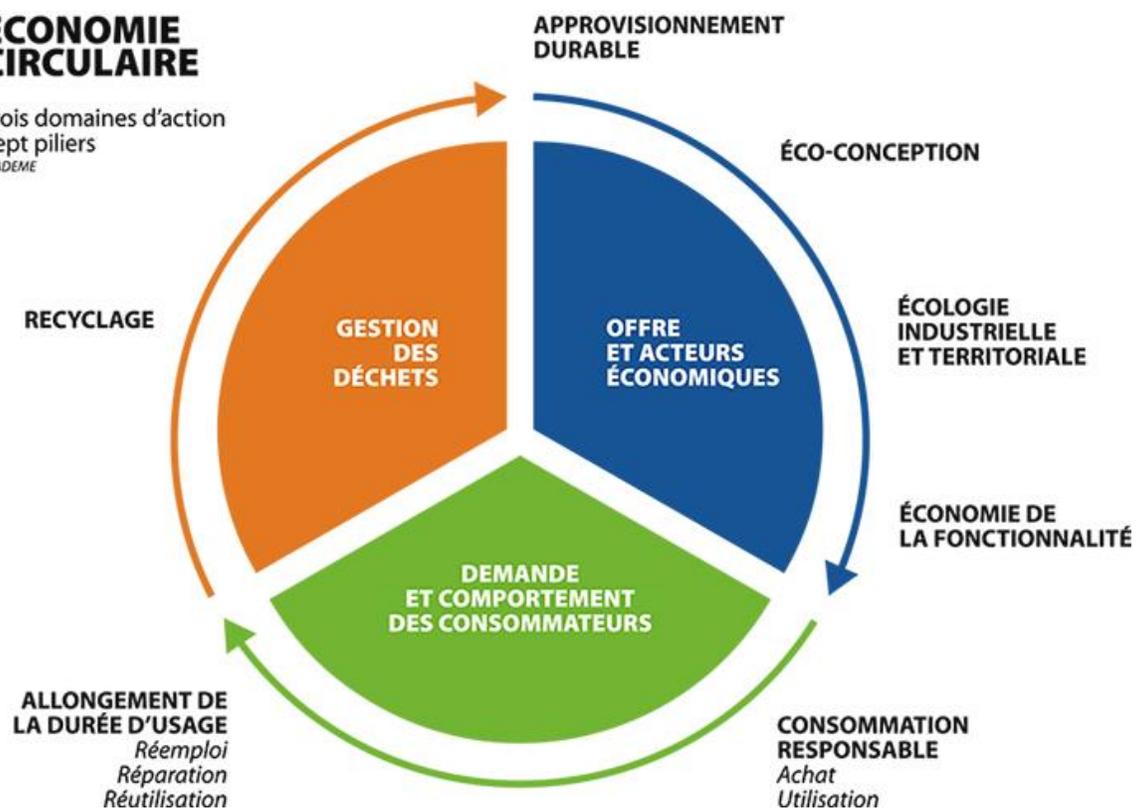
***L'Economie Circulaire forme un « système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits, vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement, tout en développant le bien-être des individus ». Autrement dit il s'agirait « de faire plus et mieux avec moins »***

**ADEME, 2014**

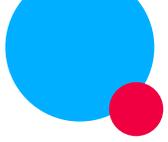
# Définition de l'ADEME

## ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Trois domaines d'action  
Sept piliers  
©ADEME



ADEME



# Trois types d'économies circulaires

## **Economie circulaire (+)**

**→ A l'échelle de l'objet et de la manière de le produire (échelle d'une entreprise ou d'un bien)**

**→ Risque d'effet rebond**

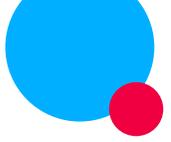
## **Economie authentiquement circulaire (++)**

**→ A l'échelle d'une société**

**→ Pris en compte des notion de seuil de croissance, stock et extraction**

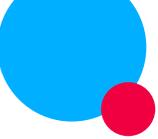
## **Economie permacirculaire (+++)**

**→ Tenir compte des limites planétaires (redescendre les flux, redescendre la démographie, être attentif aux interaction Terre/activité)**



# Stratégies opérationnelles

- **Ecologie Industrielle**
- **Economie de fonctionnalité**
- **Consommation responsable des ménages**
- **Lutte contre l'obsolescence programmée**



## Leviers Technologique

### Exemples:

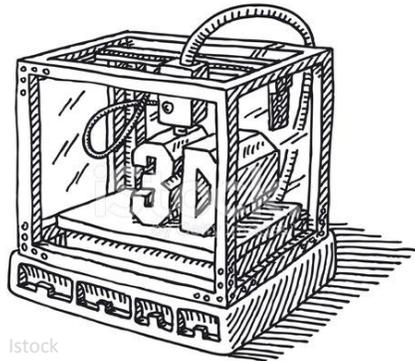
FairPhone  
Concept phone



fairphone



XTU, Algosource, rendu 3D



Istock

## Leviers Politiques et Economiques

### Mesures incitatives :

→ TVA circulaire

→ Appel d'offre au cout du cycle de vie

### Mesures contraignantes ou contributives :

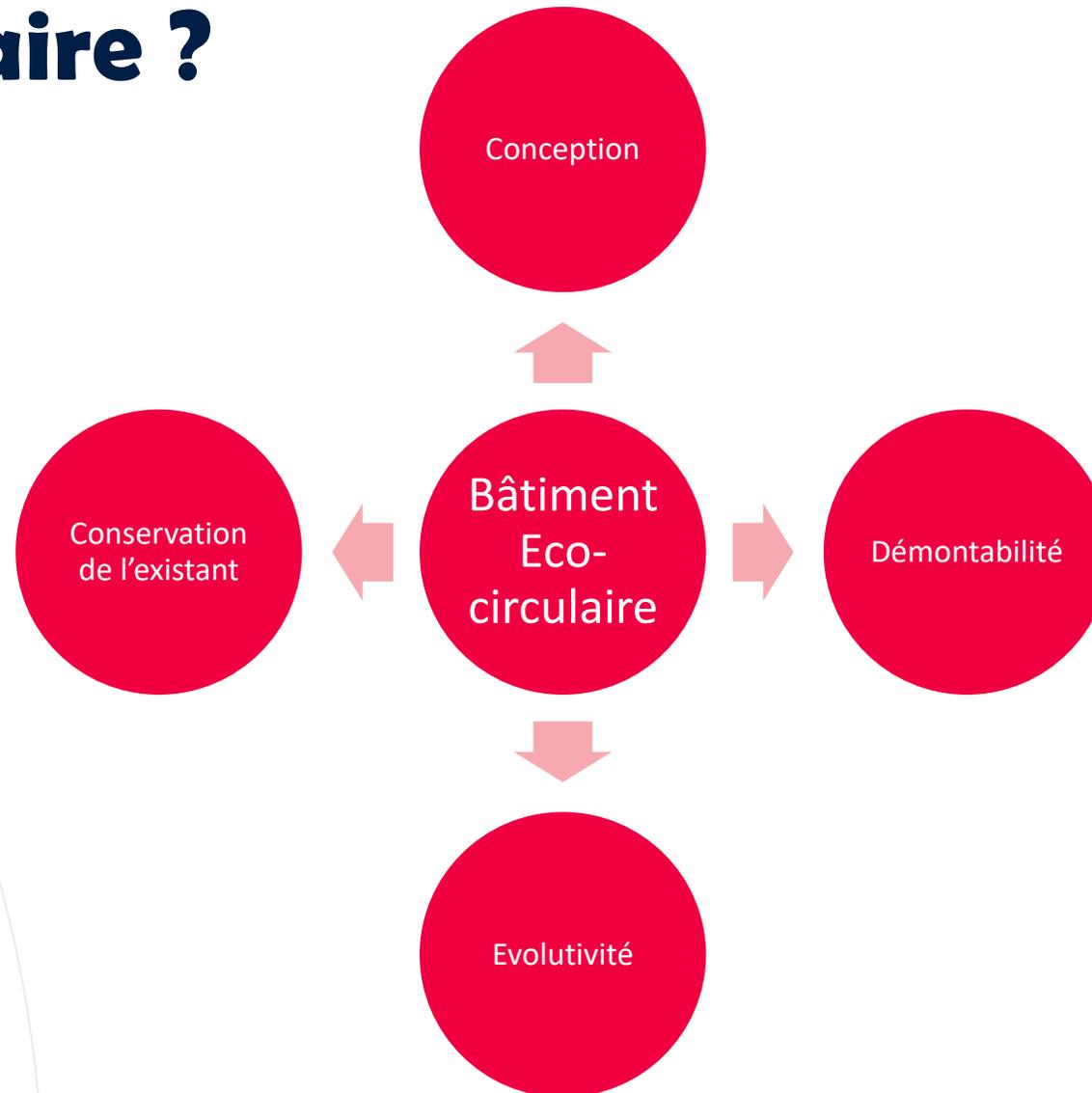
→ Augmentation des taxes (polluants, déchets)

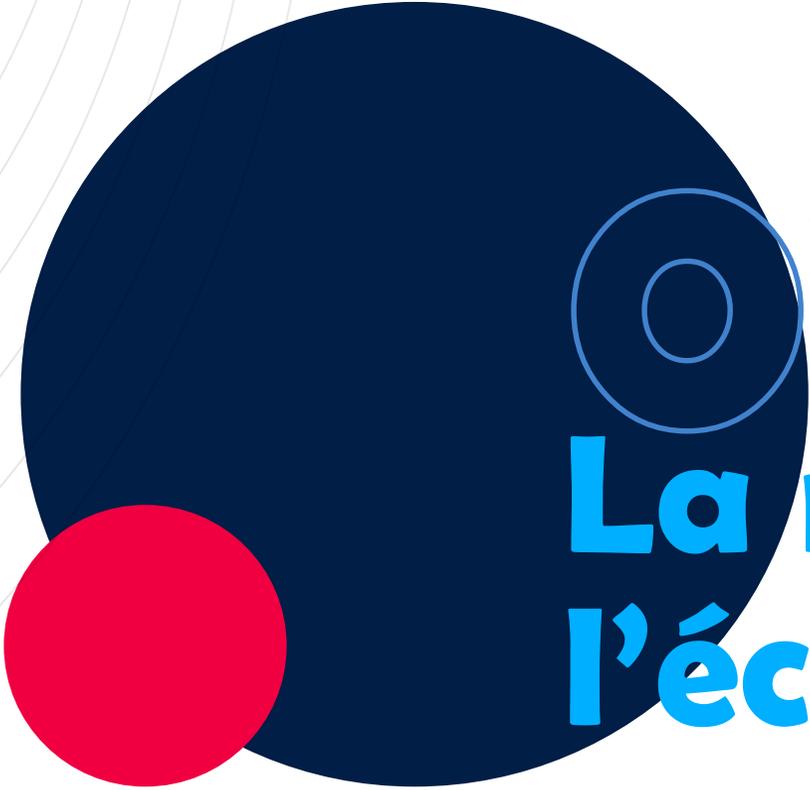
→ Tarification incitative (déchets ménager)

**Mesures limitatives : programmer l'arrêt de la mise en décharge, seuils et niveau d'incorporation de produits recyclés**

**Mesure sociale: revenu de transition écologique**

# Comment construire un bâtiment Eco-circulaire ?

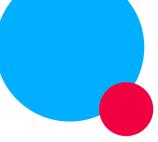




02

# La mesure de l'économie circulaire

| Les indicateurs de circularité

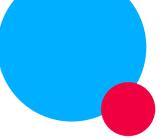


studiogstock

## MESURER L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE

# Nos attentes vis-à-vis des indicateurs

- Prendre en compte la hiérarchie de traitement des déchets (prévenir, réemployer, réutiliser, recycler, incinérer, mise en décharge)
- Permettre de classer des scénarios de manière certaine en prenant en compte les cycles suivants



# Les indicateurs d'économie circulaire

$$Trecos = \frac{Mreco}{(Mreb + Mreco)}$$

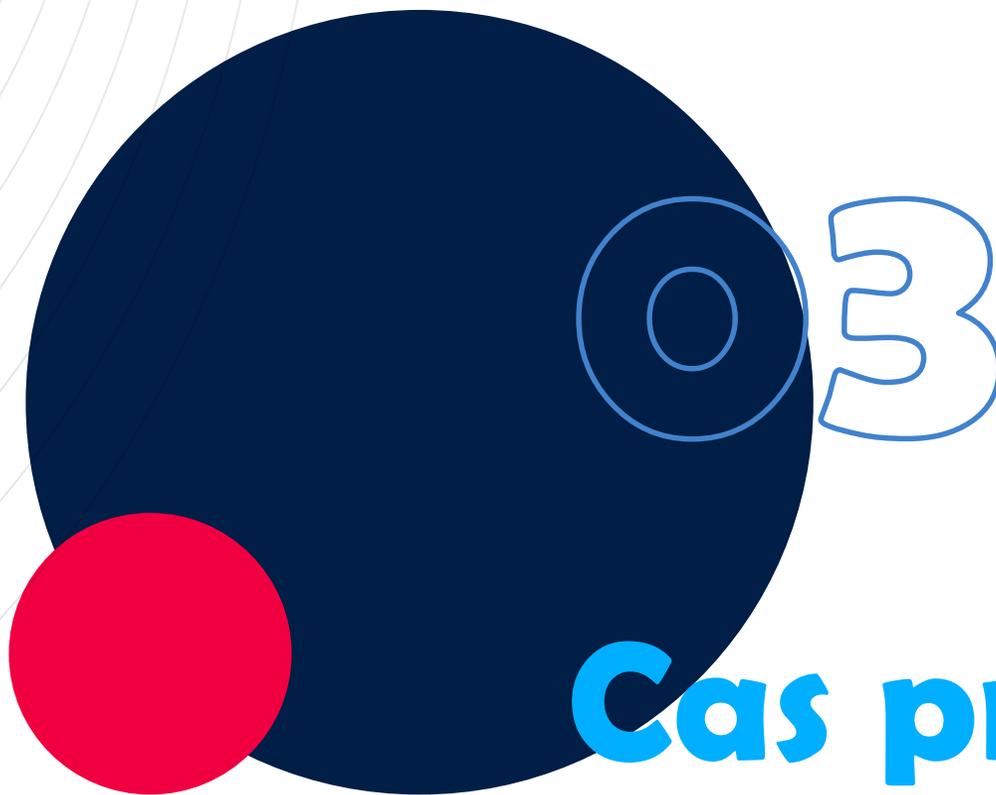
Taux de valorisation matière

Material Reutilisation Score (Cradle to Cradle Products Innovation Institute. 2018)

$$MRS = \frac{IR * 2 + RC * 1}{3 * 100}$$

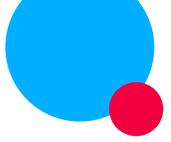
$$MCI^* = 1 - LFI * F(X) \left\{ \begin{array}{l} LFI = \frac{V + W}{2M + \frac{W_F - W_C}{2}} \\ F(X) = \frac{0.9}{X} \end{array} \right.$$

Material Circularity Indicator (The Ellen MacArthur Foundation. 2015)



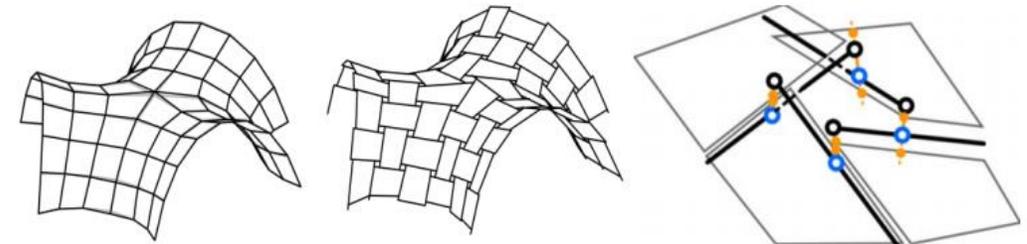
# Cas pratique

| Applications et limites



# Présentation de l'étude de cas

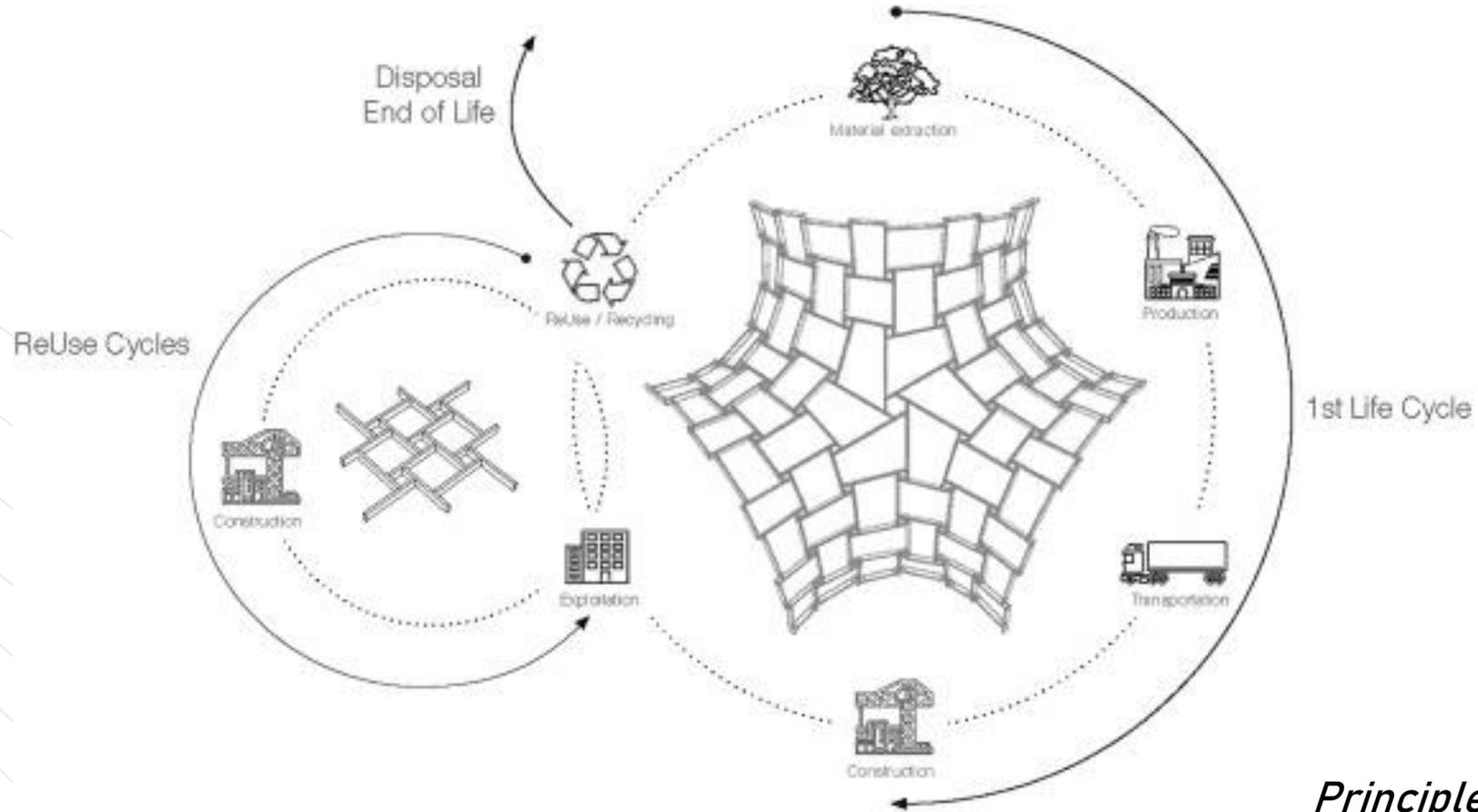
- **Type *shell-nexorade hybride*.**
- **Poutres en bois lamellé- collé assemblées entre elles par le principe du [joint en T]**
- **de panneaux en bois contreplaqués tenus avec des vis**



K. Kuzmenko, C. Roux, A. Feraille, O. Baverel. 2020. Assessing Environmental Impact of Digital Fabrication and Reuse of Lightweight Constructive System. Structures.18 pages.

*Shell-nexorade hybrid constructive system*  
(Kuzmenko and al, 2020).

# System boundaries



*Principle of extending system boundaries (Kuzmenko, 2020).*

K. Kuzmenko, C. Roux, A. Feraille, O. Baverel. 2020. Assessing Environmental Impact of Digital Fabrication and Reuse of Lightweight Constructive System. Structures.18 pages.



	Cycle 1		Cycle 2	
Scénario	Début de vie	Fin de vie	Début de vie	Fin de vie
1 Inc 60 Reu 40 / 2 Inc 100	100% matériaux vierge	60% incinéré 40 réemploi	100 % réemployé	100 % incinéré

Premier cycle :

Structure faite à 100% de matière neuve



60% des déchets sont incinérés

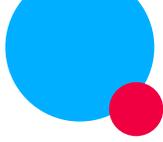
40 % vont être réemployés

Second cycle :

matière réemployée issue du cycle précédent



→ 100% incinérés



# Méthode et résultats(1/3)

**Objectif de l'étude : Analyser le comportement des indicateurs de circularité lors de plusieurs cycles**

**Fonctionnalité de la structure : couvrir une surface pour un certain temps, même valeur d'usage pour le réemploi**



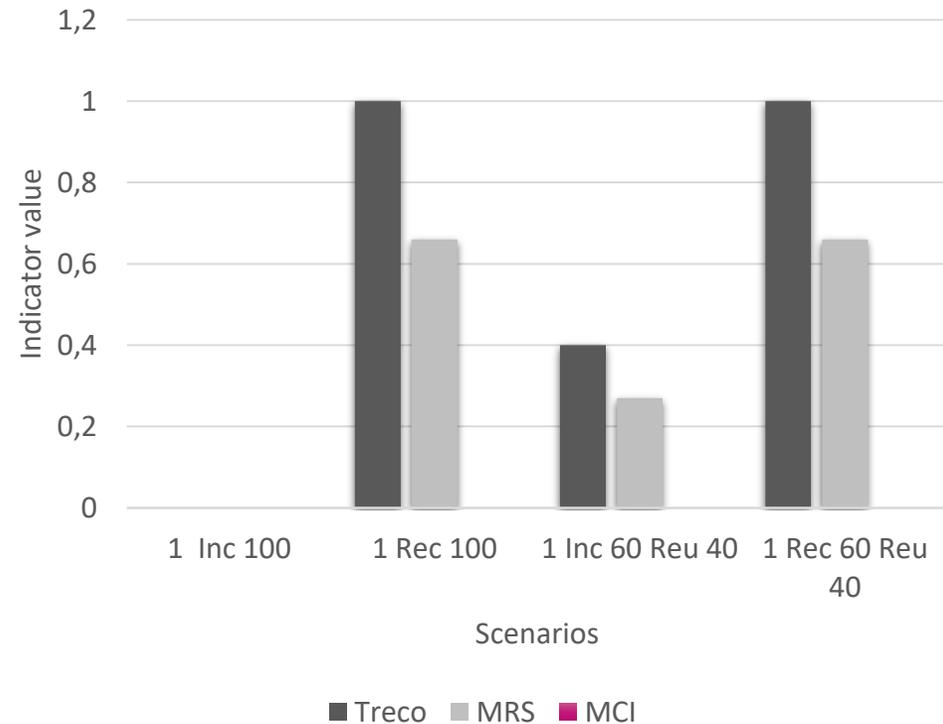
Life cycle phases Covered area Time of use Scenarios	First cycle 82 m <sup>2</sup> 3 years		Second cycle 36m <sup>2</sup> 2 years	
	Inputs	Outputs	Inputs	Outputs
1 Inc 100	100% Unused material	100% incinerated	No second cycle	
1 Rec 100		100% recycled	No second cycle	
1 Inc 60 Reu 40		60% incinerated	No second cycle	
1 Inc 60 Reu 40 / 2 Inc 100		40% to re-use (in the next cycle)	100% re-used (corresponding to "outputs to re-use" of the previous cycle)	100% incinerated
1 Inc 60 Reu 40 / 2 Inc 60 Reu 40			60% incinerated 40% to re-use	
1 Inc 60 Reu 40 / 2 Rec 60 Reu 40			60% recycled 40% to re-use	
1 Inc 60 Reu 40 / 2 Rec 100			100% recycled	
1 Rec 60 Reu 40		60% recycled 40% to re-use (in the next cycle)	No second cycle	
1 Rec 60 Reu 40 / 2 Inc 100			100% re-used (corresponding to "outputs to re-use" of the previous cycle)	100% incinerated
1 Rec 60 Reu 40 / 2 Inc 60 Reu 40			60% incinerated 40% to re-use	
1 Rec 60 Reu 40 / 2 Rec 60 Reu 40			60% recycled 40% to re-use	
1 Rec 60 Reu 40 / 2 Rec 100			100% recycled	

# Méthode et résultats(2/3)

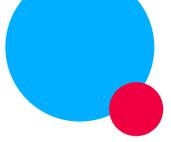
→ Non prise en compte de la perte de valeur intrinsèque

→ Non prise en compte de la perte de valeur d'usage.

==> mesure incomplète de l'eco. Circ.



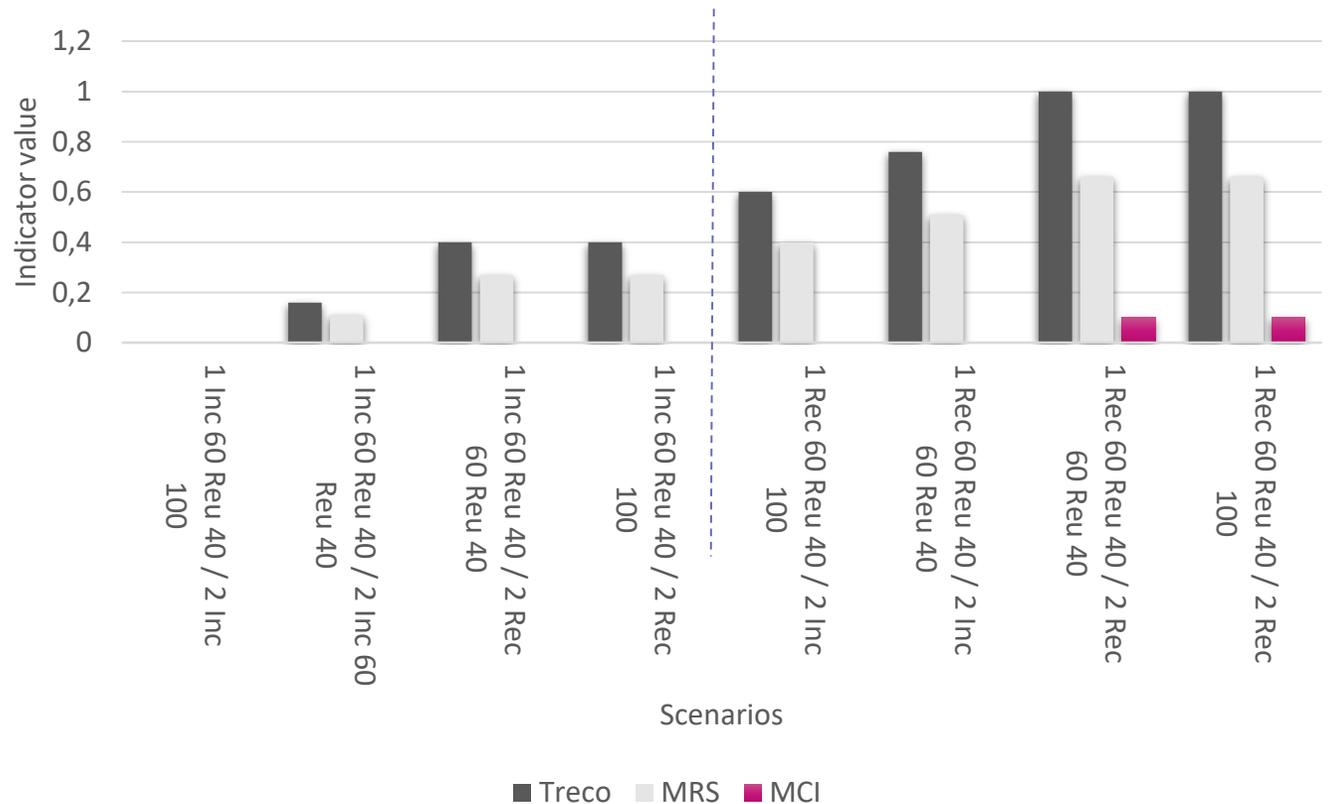
*Graph presenting Tval, MRS and MCI for the 4 scenarios of one cycle*



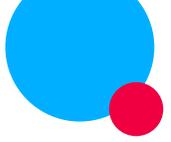
# Méthode et résultats(3/3)

**MCI → ne permet pas de distinguer les petits efforts**

**Variation du résultat par rapport au premier cycle.  
→ Le comportement face à plusieurs cycles n'est pas clair.**



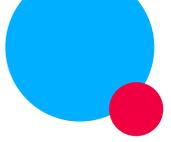
*Graph presenting Tval, MRS and MCI for scenarios including two consecutive cycles*



# Améliorations et perspectives(1/2)

## **Améliorer la prise en compte du réemploi entre les deux cycles:**

- **Utiliser un facteur de pondération: Ajout de la masse réemployée d'un cycle à l'autre dans le calcul de l'indicateur.**
- **Facteur de valorisation: utiliser un facteur caractérisant la qualité de la valorisation matière.**



# Améliorations et perspectives(2/2)

**Ajouter une notion d'unité fonctionnelle :**

- **Ramener les indicateurs à une unité fonctionnelle:  
exprimer l'indicateur au  $m^2.an$  i.e. couvrir  $1 m^2$  sur  $1 an$ .**

# Merci pour votre attention

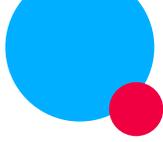
## Des questions ?

**Ambroise LACHAT et Adélaïde FERAILLE**

**[ambroise.lachat@enpc.fr](mailto:ambroise.lachat@enpc.fr)**

**[Adelaide.feraille@enpc.fr](mailto:Adelaide.feraille@enpc.fr)**

**[lab-recherche-environnement.org](http://lab-recherche-environnement.org)**



# Bibliographie

**ADEME, LEONARDON P., CSTB, LAURENCEAU S., LOUERAT M. COR E. 2019. Prospective de consommation de matériaux pour la construction des bâtiments neufs aux horizons 2035 et 2050 – Synthèse , 24 pages.**

**FFB, Mai 2019. Etude de scénarii pour la mise en place d'une organisation permettant une gestion efficace des déchets du bâtiment dans le cadre d'une économie circulaire - Synthèse, 44 pages.**

**Benoit J., BELLASTOCK, 2018, REPAR #2, Le Réemploi, passerelle entre architecture et industrie, 548 pages**

**Architectes Encore Heureux, 2014. Matière Grise, édition du pavillon de l'arsenal.**

**RDC Environnement, éco BTP et I Care & Consult (Mélanie Coppens, Emmanuel Jayr, Marion Burre-Espagnou et Guillaume Neveux) - 2016 –Identification des freins et des leviers au réemploi de produits et matériaux de construction – Synthèse – 149 pages.**

**Alexandros Glias, the Donor Skelet, Master Thesis, Decembre 2013, 177 pages**