

FORMATION BATIMENT DURABLE

MATÉRIAUX DURABLES: COMMENT CHOISIR?

AUTOMNE 2022

**Concevoir les bâtiments comme des banques de
matériaux**

Caroline HENROTAY



- ▶ Prendre connaissance de la complexité de concevoir les bâtiments comme stock de matière
- ▶ Identifier les filières et possibilités de valorisation rejoignant les principes de l'économie circulaire
- ▶ Présenter les aspects à prendre en compte pour augmenter :
 - la capacité d'adaptabilité et la transformabilité des bâtiments
 - le potentiel de démontage et de réutilisation des bâtiments, leurs systèmes, produits et matériaux
- ▶ Présenter les outils en cours de développement
- ▶ Présenter le potentiel environnemental et financier de bâtiment conçu comme des banque de matériaux ...



CONTEXTE

CONCEPTS & THÉORIES

BBSM ET BAMB

VALORISER L'EXISTANT

- ▶ Facteurs et outils pour transformer le bâti en banque de matière

CONCEPTION RÉVERSIBLE

- ▶ Réversibilité Spatiale
- ▶ Réversibilité Technique

CAS D'ÉTUDE

OUTILS

CONCLUSIONS



40% of
GHG emissions



33% of
Total controlled waste



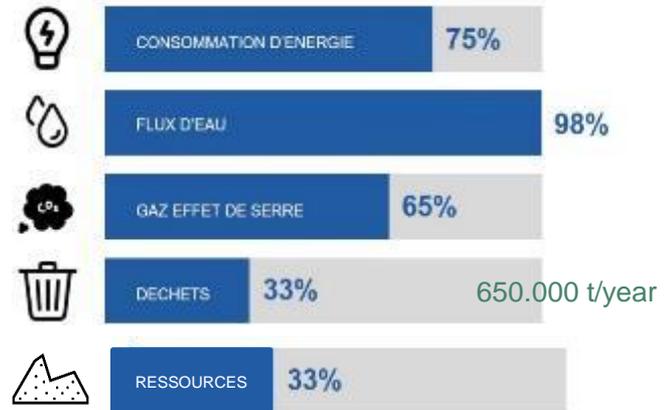
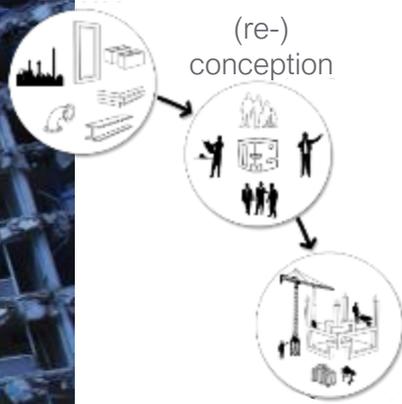
50% of
Material resources



Source: Bruxelles Environnement

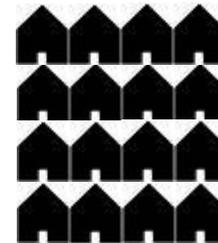


En Région Bruxelles-Capitale



Parc existant

573276 logements



< 1945

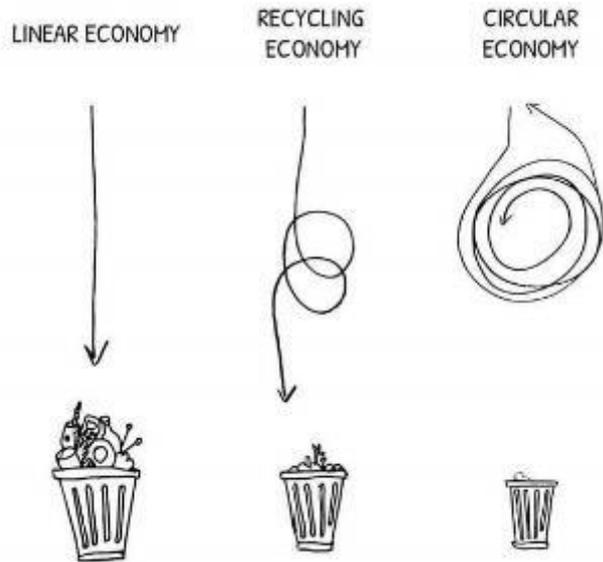




Source: Bruxelles Environnement



Programme Régional en Economie Circulaire (PREC)



Source: Bruxelles Environnement



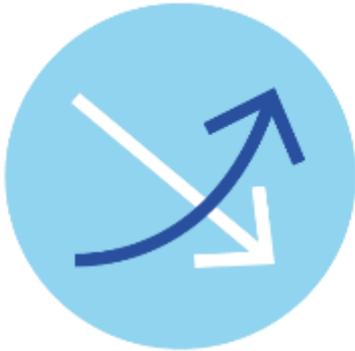
Stratégie de réduction de l'impact environnemental du bâti existant en Région Bruxelles-Capitale aux horizons 2030 - 2050



Source: Bruxelles Environnement



Stratégie de réduction de l'impact environnemental du bâti existant en Région Bruxelles-Capitale aux horizons 2030 - 2050



Increase of energy performance

Reduction of direct GHG emissions



Increase of sustainability
Circular economy

Reduction of indirect GHG emissions

Source: Bruxelles Environnement



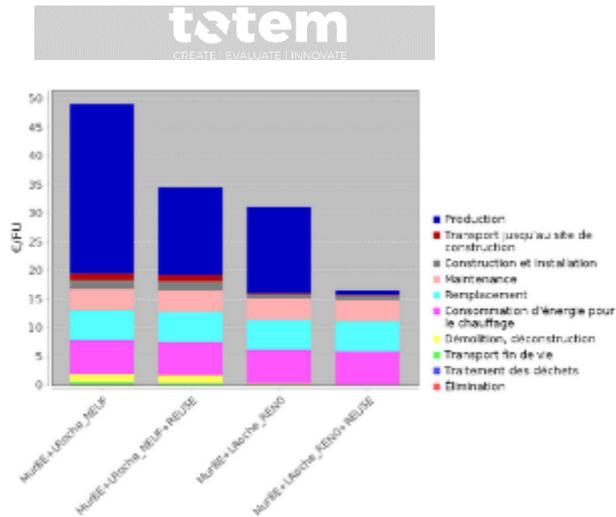
D'UNE APPROCHE LINÉAIRE À UNE APPROCHE CIRCULAIRE



Source: Bruxelles Environnement

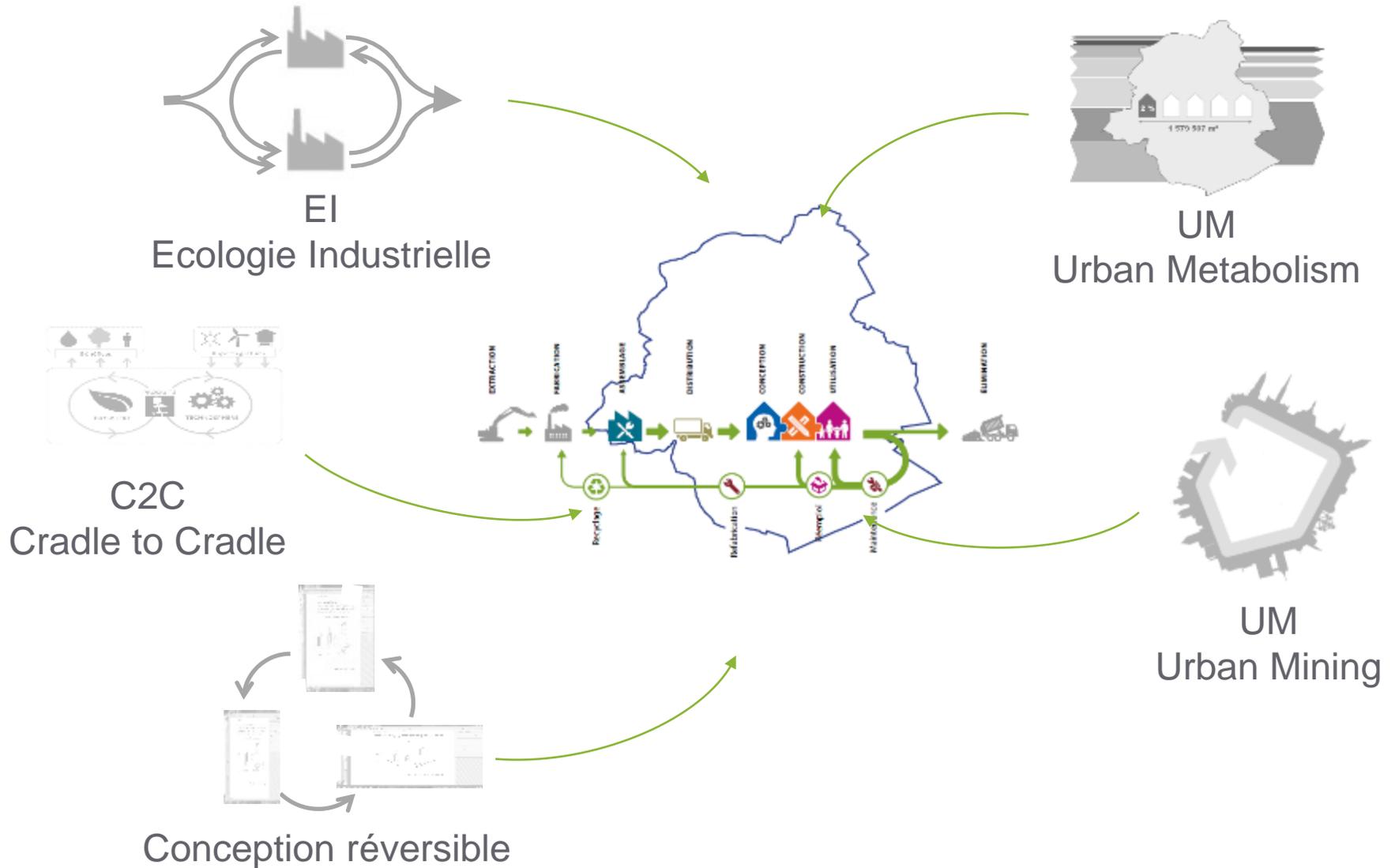


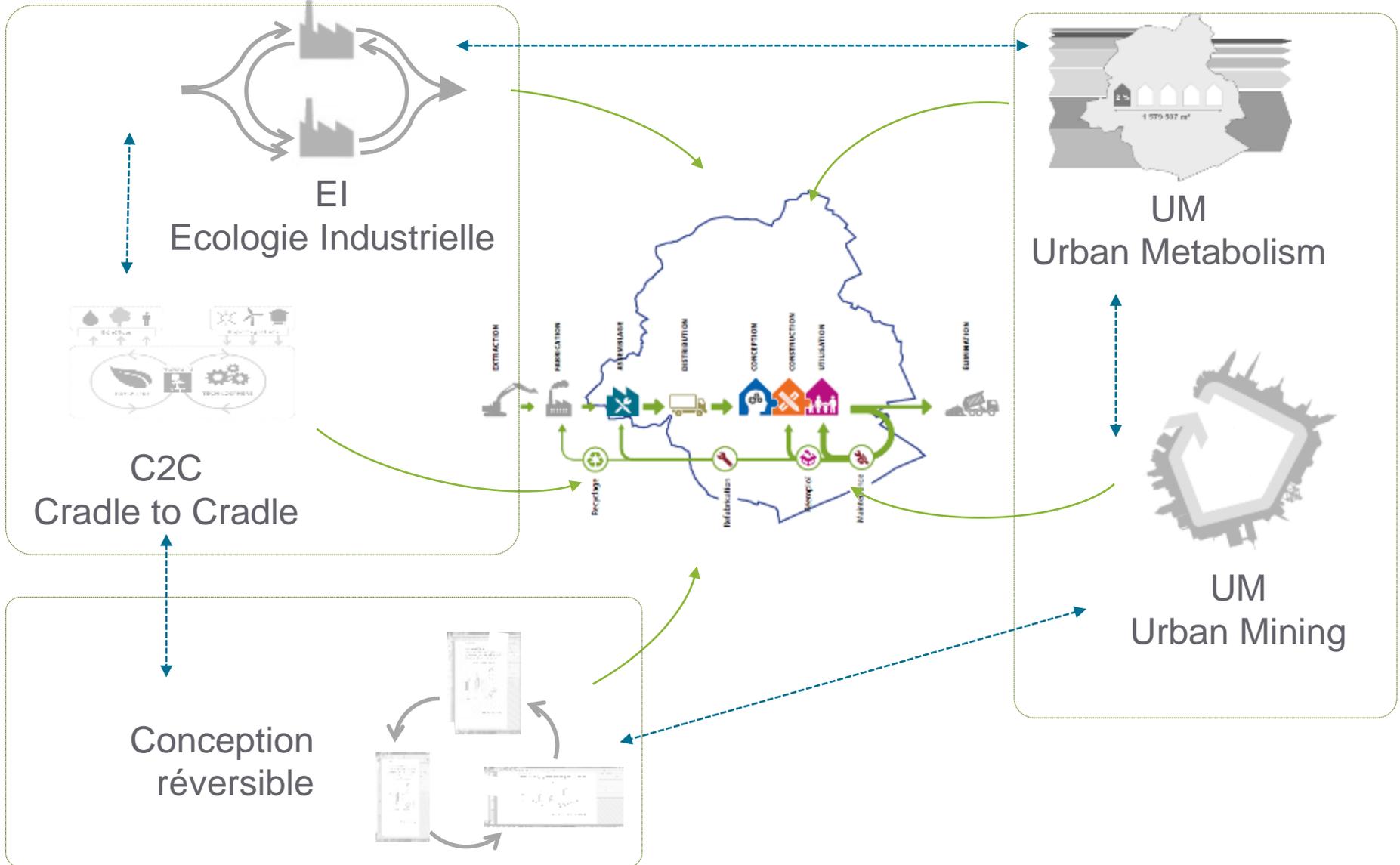
D'UNE APPROCHE LINÉAIRE À UNE APPROCHE CIRCULAIRE



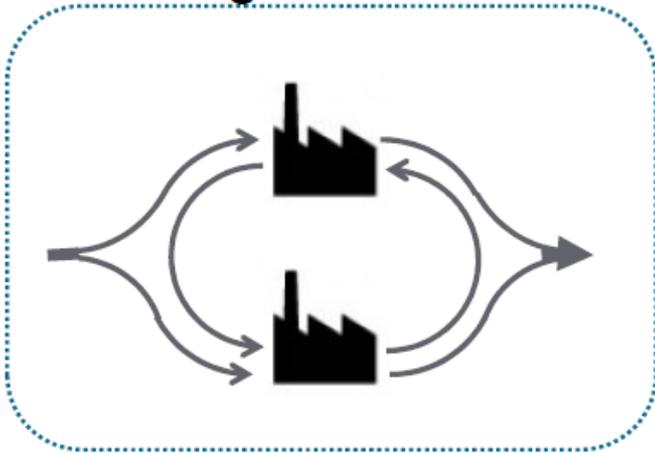
Source: Bruxelles Environnement







Écologie Industrielle



Principes

Décarboniser
Dématérialiser
Étanchéfier
Boucler

R.Frosch & N.Gallopoulos (< General Motors)

« Strategies for Manufacturing », Scientific American (1989): introduction de la notion d' *industrial ecosystem*

Approvisionnement (achat groupé)
 Services (transport, logistique)
 Équipements, Ressources

Services (collecte/traitement des déchets, traitement/réutilisation EP,...)
 Équipements, Ressources

Mutualisation → **Mutualisation**

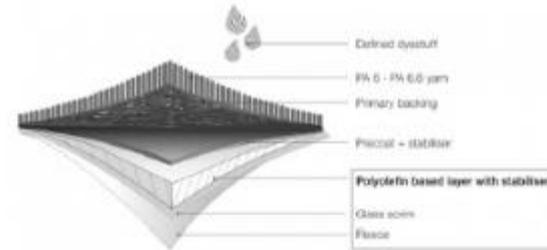
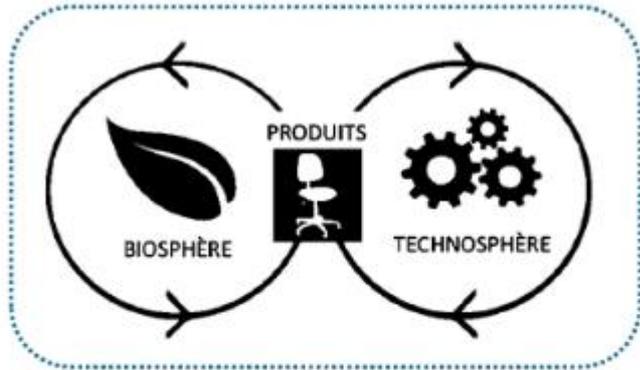
Synergies

Substitution

les déchets (des uns)
 = matières 1^{ère} (pour d'autres)



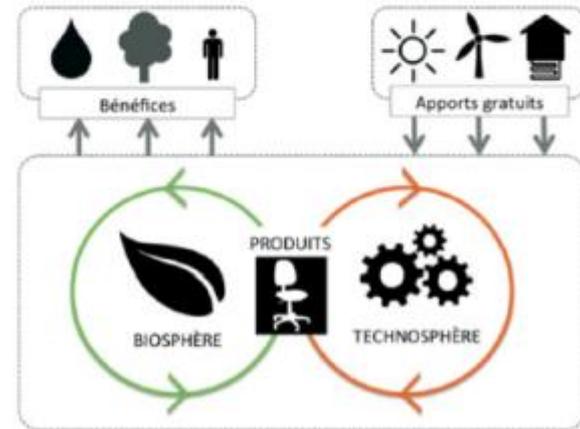
Cradle to Cradle



Principes

Waste = Food
 (Bouclage technique/biologique)
 Innocuité pour la santé & l'environnement
 Recours aux E.R
 Support biodiversité et eau

Source : E. Gobbo sur base de la théorie C2C

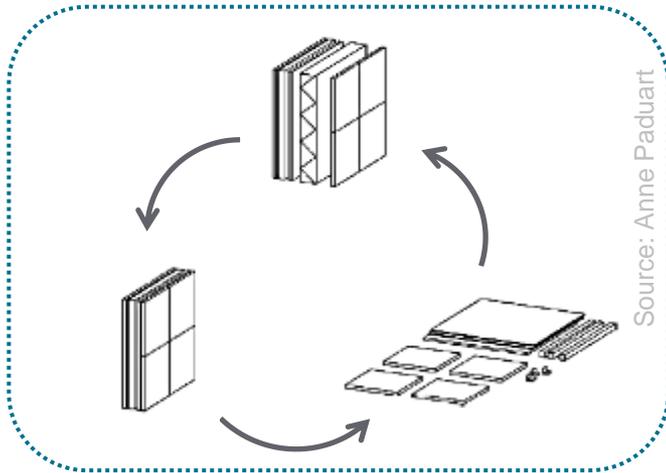


W. Mc Donough & M. Braungart

 **Éco-bénéficine**

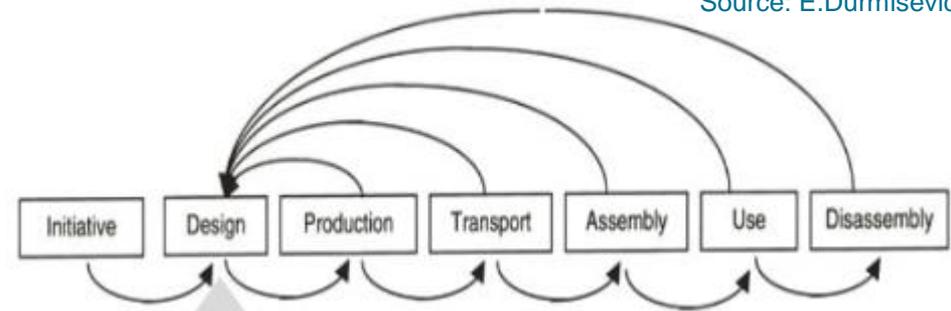


Conception réversible

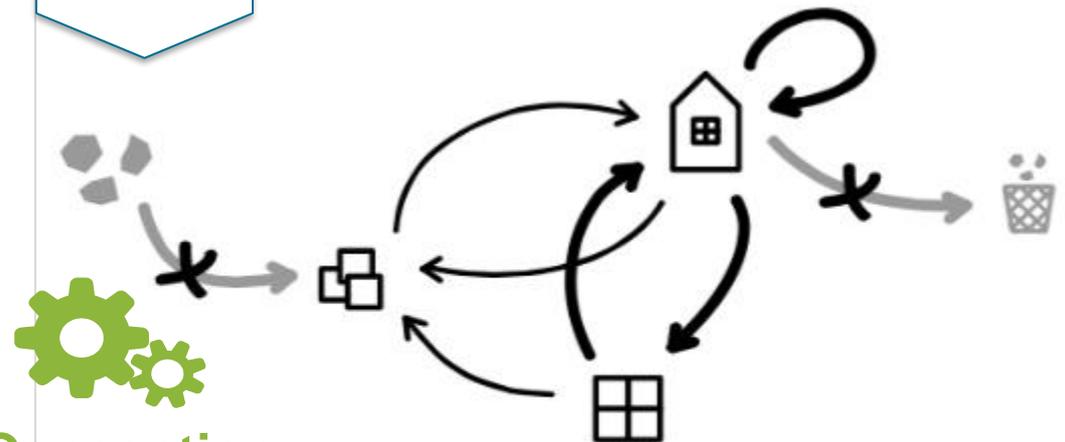


Principes

- > Conception et circularité
- > Conception et adaptabilité
 - localisation, polyvalence, pace-layering
- > Conception et réemploi
 - durabilité, démontabilité, compatibilité



Since design choices are crucial for the subsequent life cycle stages of a building and its components, it is necessary to question the role of design in a system that is no longer linear.



Conception

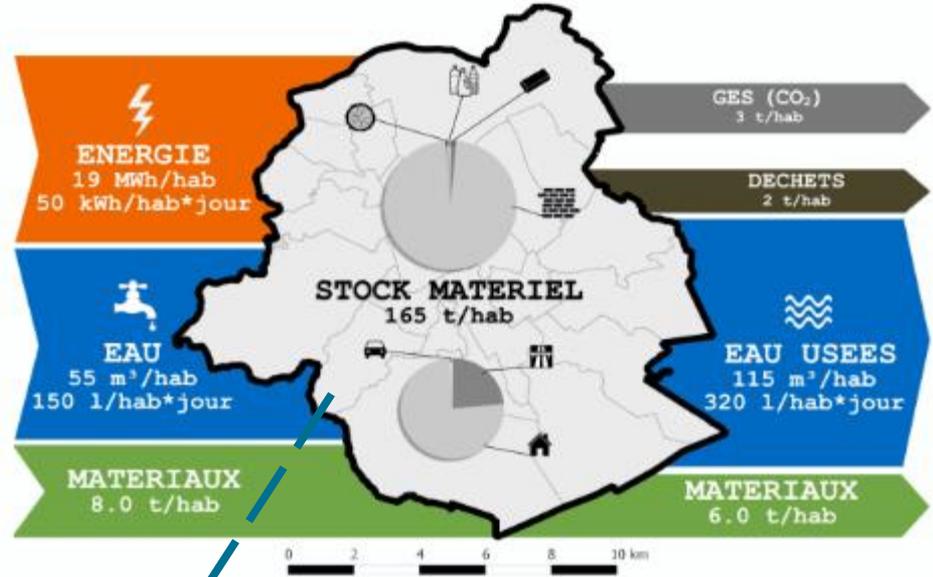
material product ↔ component ↔ building waste



Métabolisme Urbain



Source: Emilie Gobbo

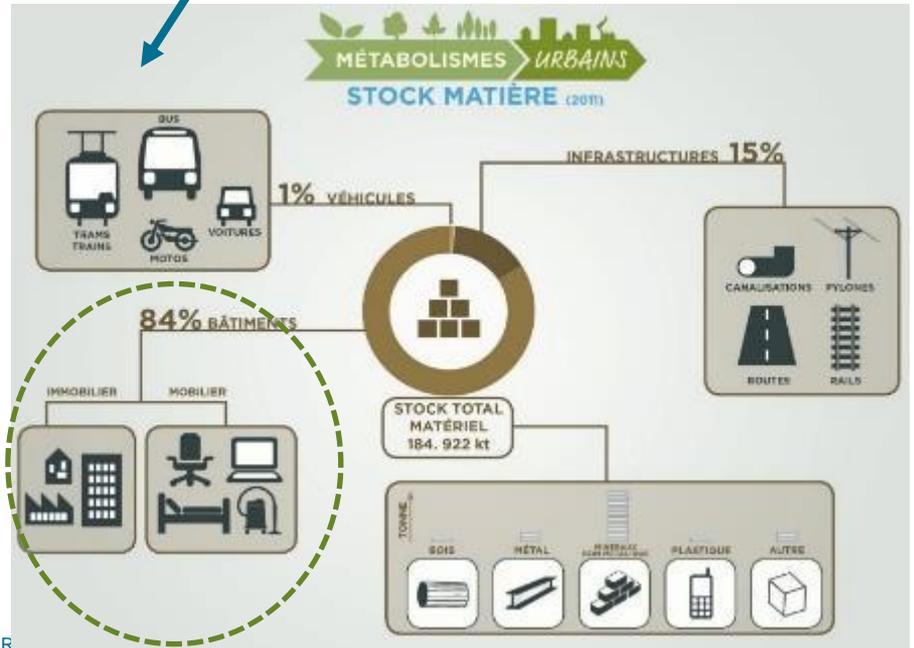


Principes

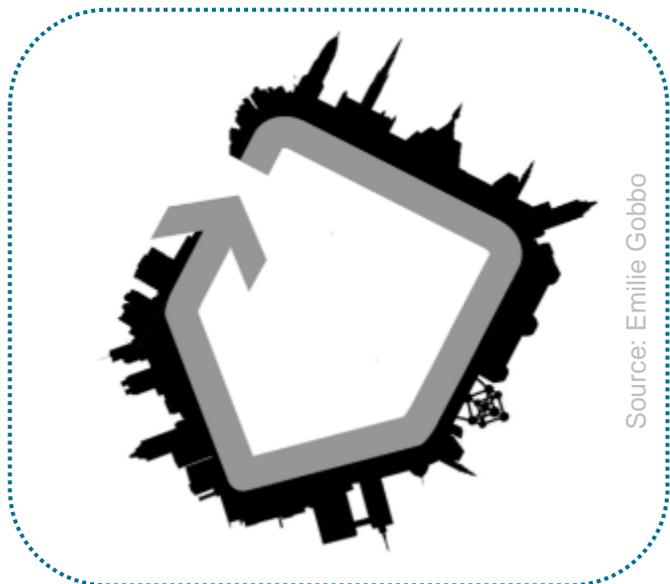
- Décarboniser
- Dématérialiser
- Etanchéfier
- Boucler



AFME



Urban Mining



Source: Emilie Gobbo

Capitaliser l'énergie initialement consentie à la production de produits, matériaux, bâtiments concentrés dans les villes en considérant ces dernières comme une banque de matériaux

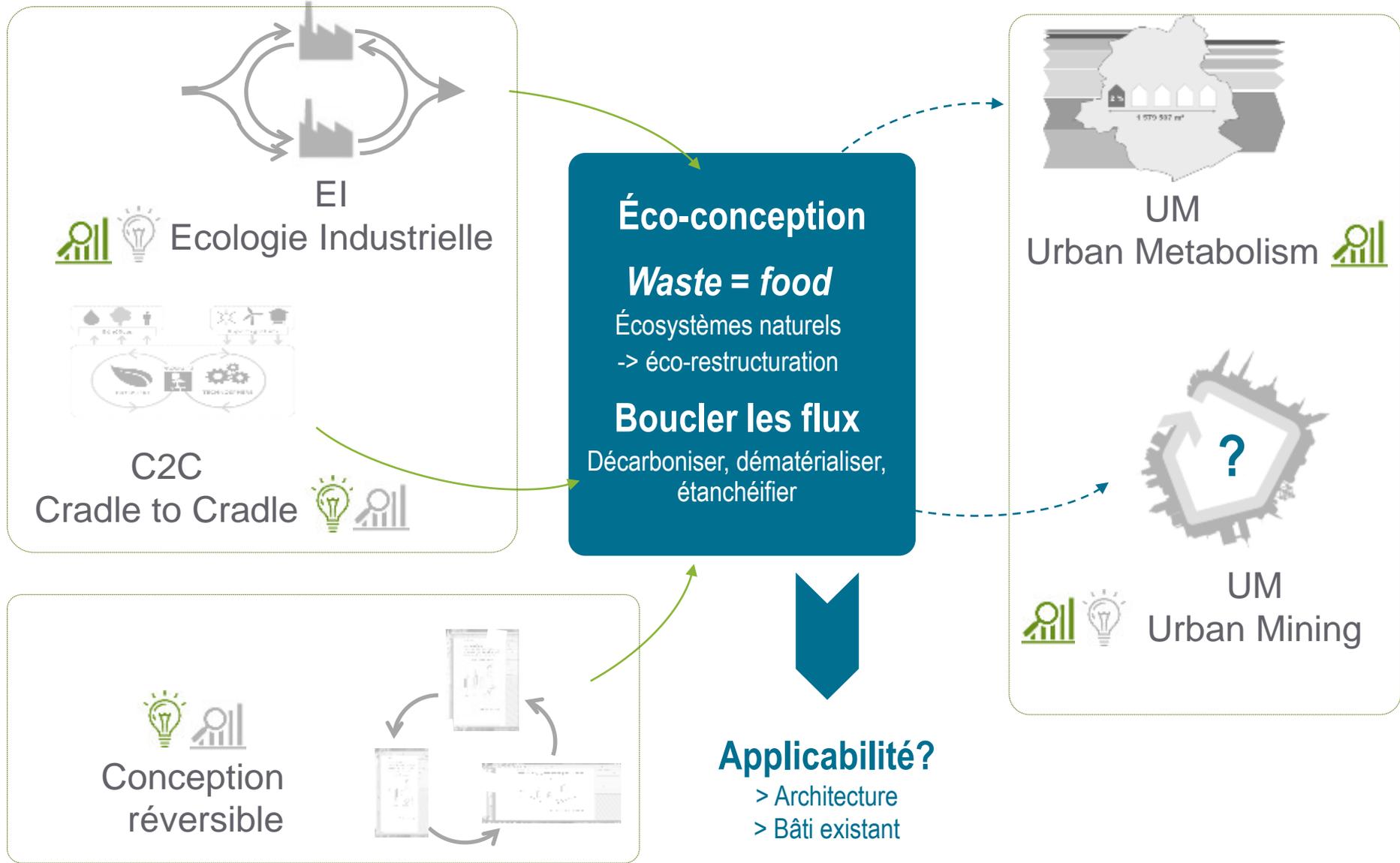


AFME



Source: J.Stallone (www.urbanmining.org)







des pistes
pour répondre
aux enjeux...



**LE BATI
BRUXELLOIS
SOURCE DE
NOUVEAUX
MATERIAUX**





BAMB
BUILDINGS AS MATERIAL BANKS

totem



Union Européenne
Fonds Européen de Développement Régional
Europese Unie
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling



**LE BATI
BRUXELLOIS
SOURCE DE
NOUVEAUX
MATERIAUX**

La Région et l'Europe investissent dans votre avenir !
Het Gewest en Europa investeren in uw toekomst!



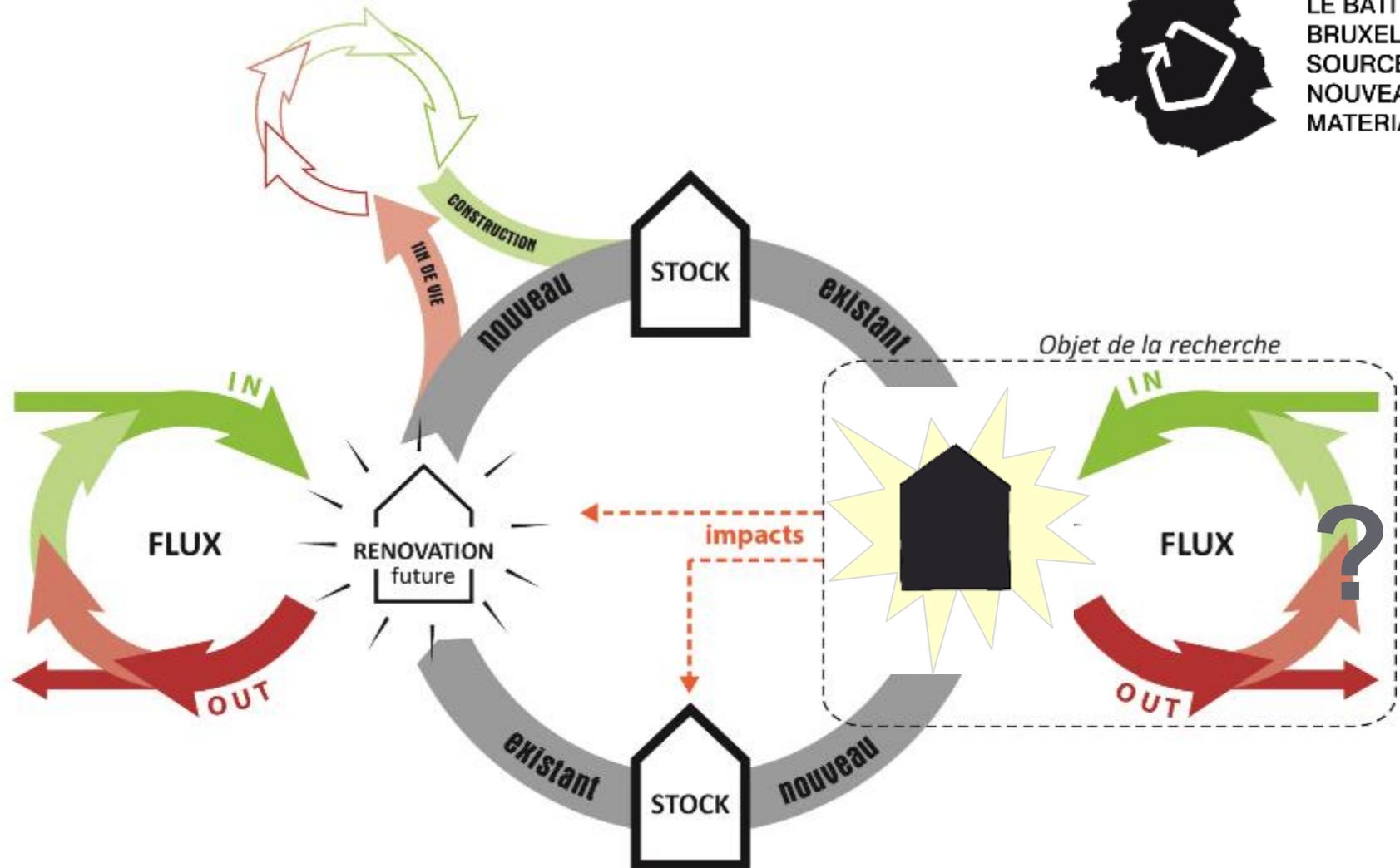
FORMATION BATIMENT DURABLE – MATÉRIAUX DURABLES : COMMENT LES CHOISIR



Union Européenne
Fonds Européen de Développement Régional
Europese Unie
Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling

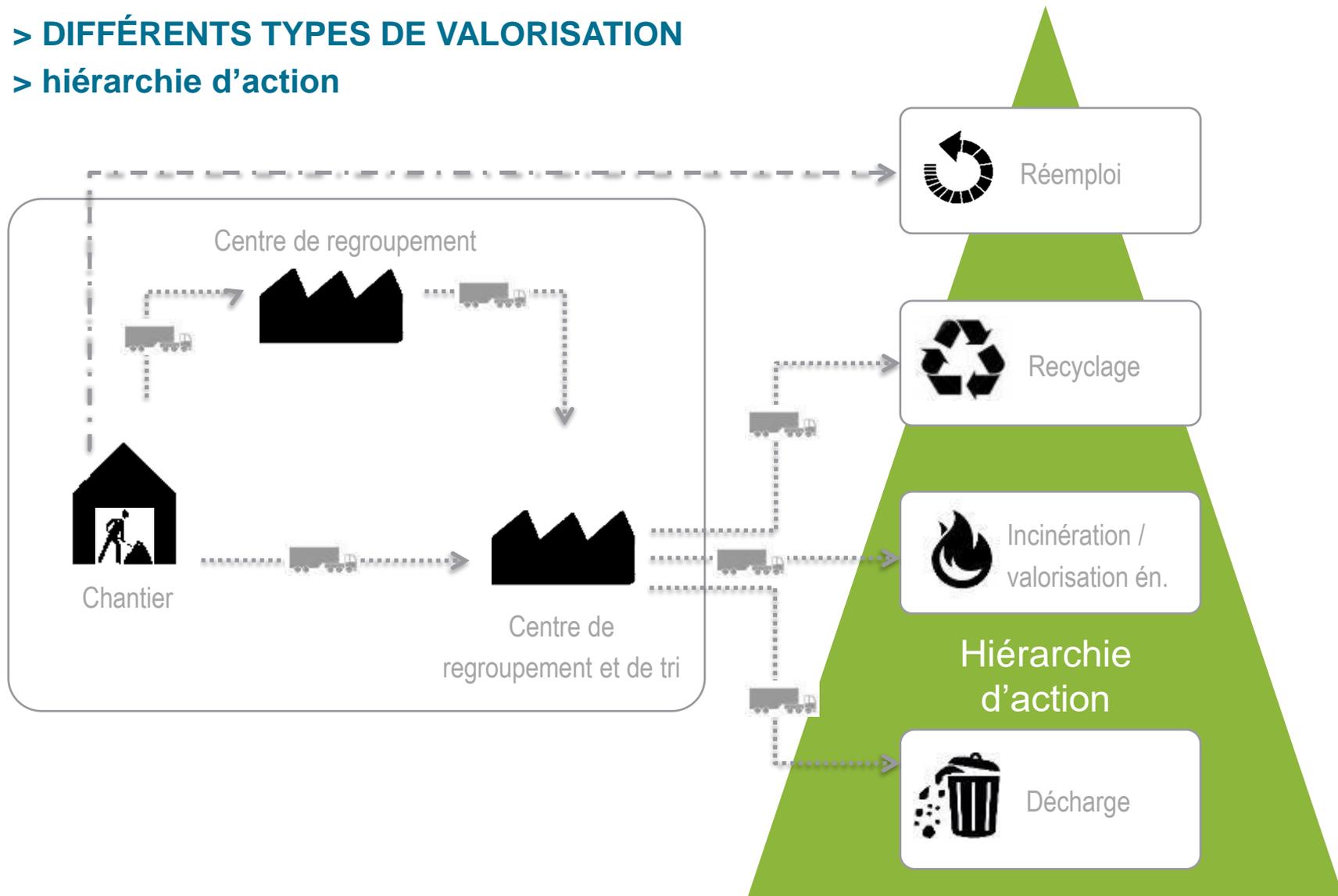


LE BATI
BRUXELLOIS
SOURCE DE
NOUVEAUX
MATERIAUX



> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION

> hiérarchie d'action

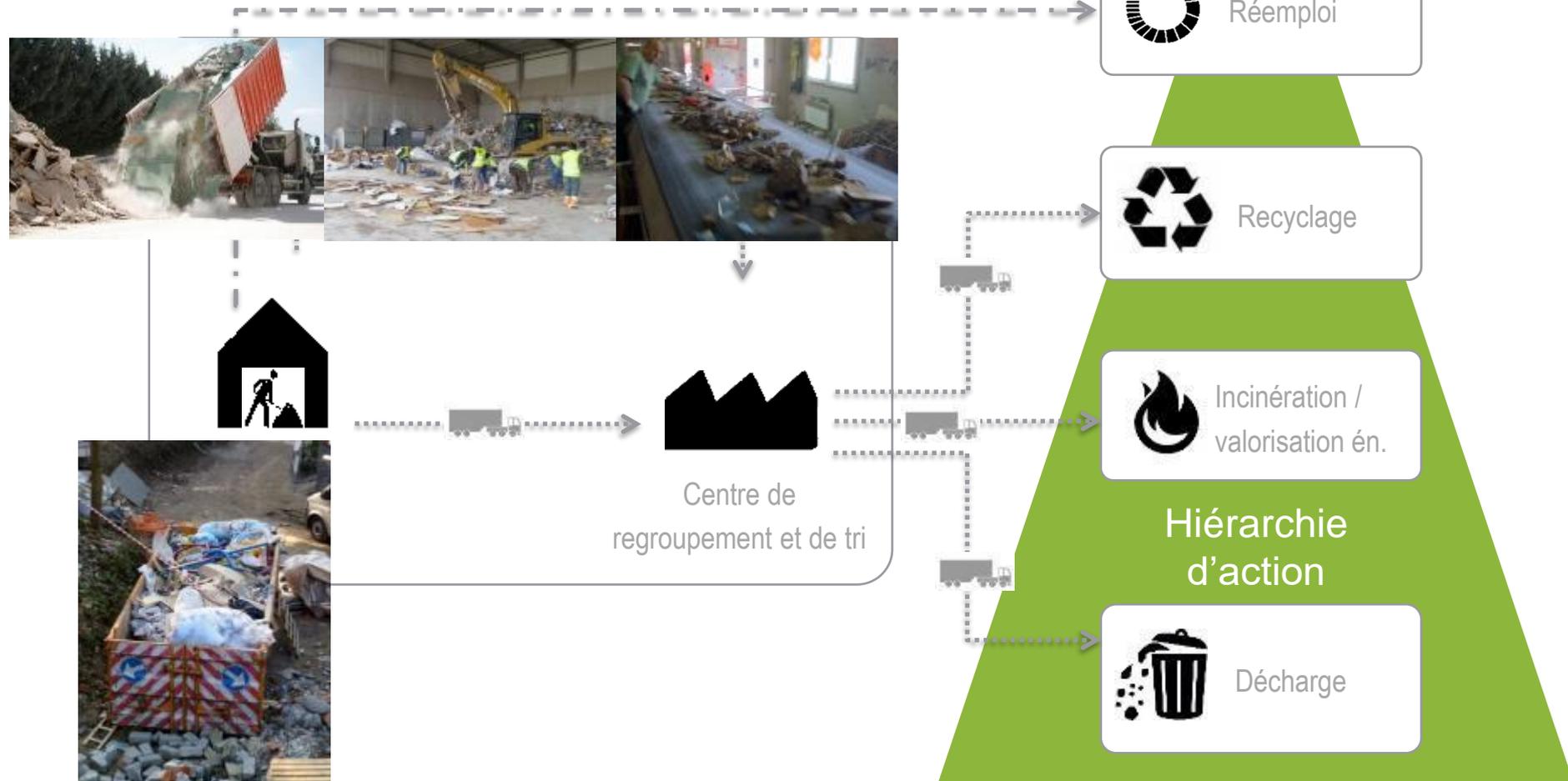


Source : Emilie Gobbo sur base de la Directive Cadre 2008/98/CE



> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION

> hiérarchie d'action

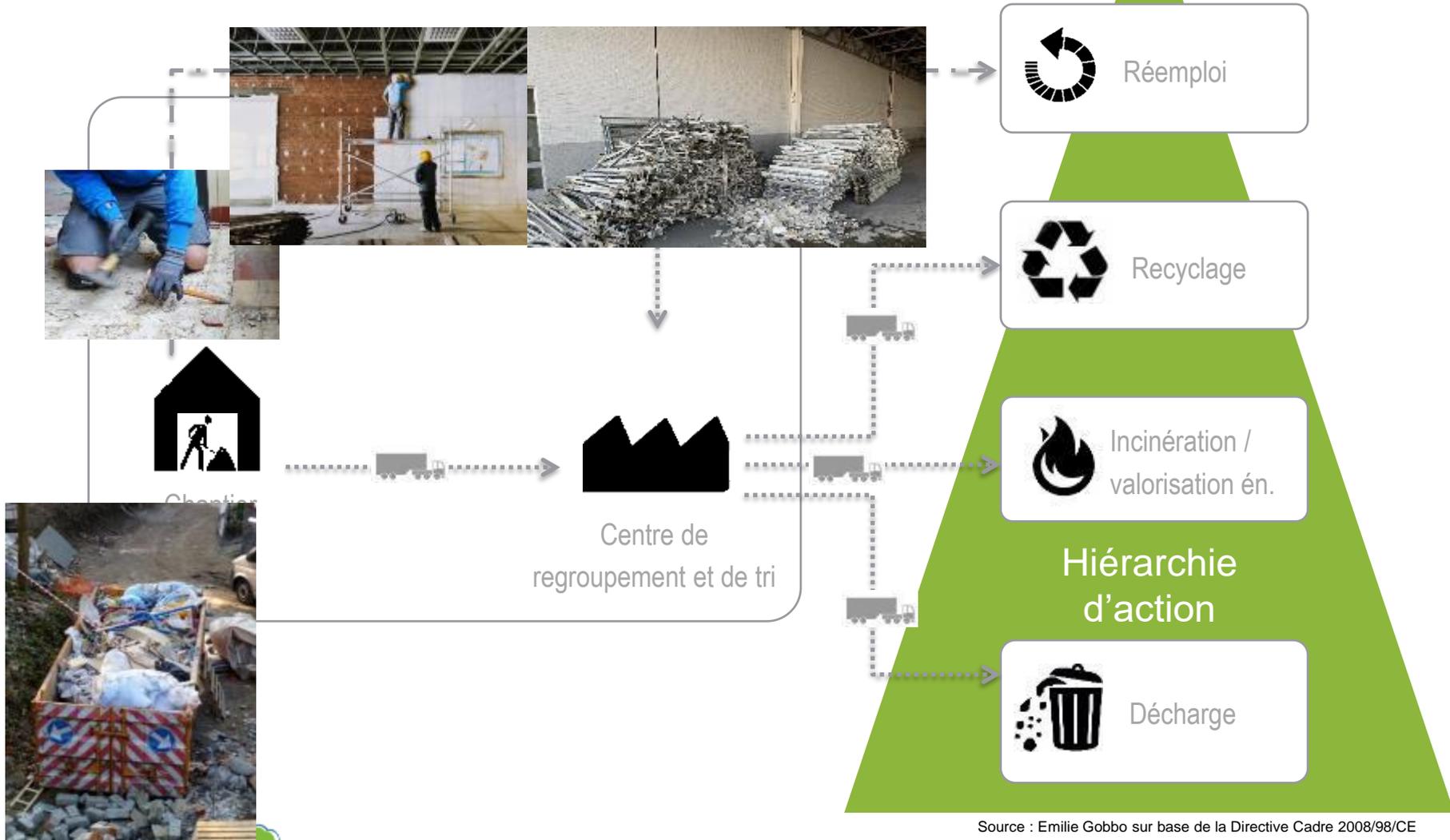


Source : Emilie Gobbo sur base de la Directive Cadre 2008/98/CE



> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION

> hiérarchie d'action



Source : Emilie Gobbo sur base de la Directive Cadre 2008/98/CE

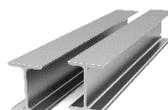
> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION

> valorisations actuelles

Inertes



Métaux



Bois



Plâtre



Béton cellulaire



Isolants



Bitume



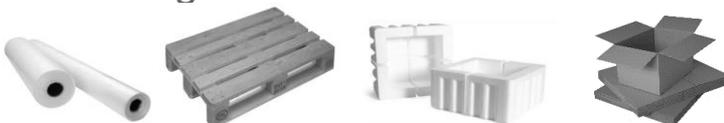
Fibro-ciment



Plastiques



Emballages



► Réemploi



► Recyclage



► Incinération et/ou valorisation énergétique

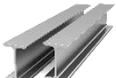


► Décharge

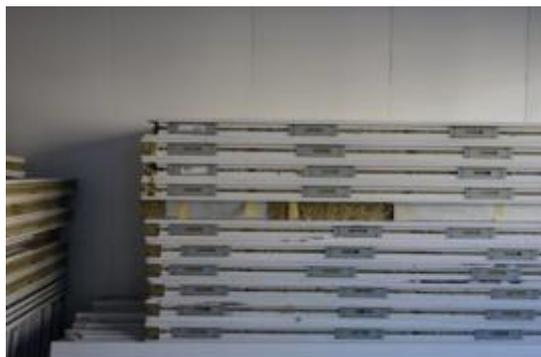


> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION

> valorisations actuelles

		Filières de traitement			
					
	Inertes > Béton, TC, pierreux, verre	0%	95%	0%	5%
	> Porcelaine & céramiques	0%	85%	0%	15%
	> Vrac (graviers, sable, etc.)	95%	0%	0%	5%
	Métaux	0%	95%	0%	5%
	Bois > Non traité, non-contaminé	0%	75%	25%	0%
	> Traité non-imprégné	0%	15%	85%	0%
	> Panneaux	0%	5%	95%	5%
	> Imprégnés, traités	0%	0%	100%	5%
	Plâtre	0%	20%	0%	80%
	Isolants > Minéraux	0%	0%	50%	50%
	> Synthétiques ou organiques	0%	0%	95%	5%



Chantier circulaire 2017 : ONSS

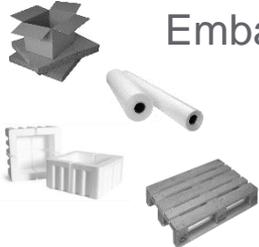
- **Cloison : 4 km**
 - à revendre via Rotor
- **Isolant (laine de roche)**
 - validation du λ par le CSTC
 - réemploi sur un autre chantier de l'entreprise **d'isolation de 341 maisons sociales**
- Traitement de déchets

Source/Bron : Louis de Waele et Rotor (publication CSTC)



> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION

> valorisations actuelles

		Filières de traitement			
					
	Béton cellulaire	0%	30%	0%	70%
	Fibro-ciment	0%	0%	0%	100%
	Bitume	0%	10%	5%	85%
	Plastiques > Polyoléfines (PP,PE)	0%	5%	85%	10%
	> Elastomères (EPDM)	0%	10%	0%	90%
	> PVC > films	0%	15%	65%	20%
	> profilés (châssis)	0%	45%	45%	10%
	> câblages	0%	50%	40%	10%
	> conduits canalisations	0%	50%	40%	10%
	Emballages > Papier-carton	0%	95%	5%	0%
	> Films plastiques	0%	35%	60%	0%
	> Frigolite	0%	60%	30%	10%
	> Palettes	20%	40%	40%	0%

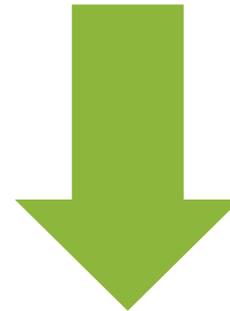
> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION

> potentiel sous-exploité? Les flux clés

C'est quoi un flux clé?



- ▶ C'est un flux de matière (déchet):
 - Important au niveau **quantitatif** (en poids et/ou volume)
 - Intéressant au niveau **économique** (valeur de revente €, réduction des coûts de traitement, filière créatrice d'emploi locaux)
 - Non-optimal en termes de **traitement**

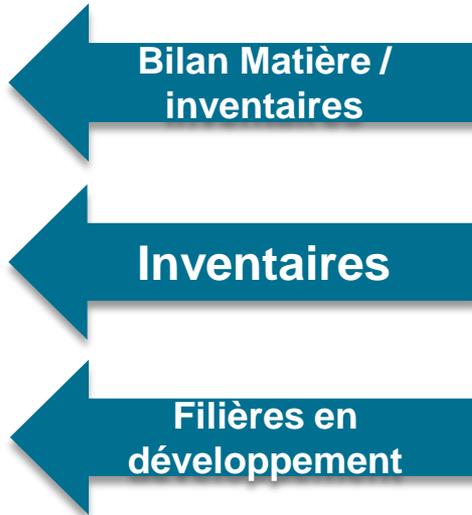


**IDENTIFIER LES FLUX CLÉS EST ESSENTIEL
POUR UNE GESTION EFFICIENTE DES
RESSOURCES/DÉCHETS AU NIVEAU LOCAL**

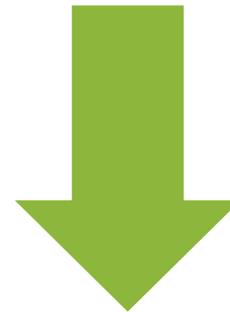


> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION

> potentiel sous-exploité? Les flux clés



- ▶ C'est un flux de matière (déchet):
 - Important au niveau **quantitatif** (en poids et/ou volume)
 - Intéressant au niveau **économique** (valeur de revente €, réduction des coûts de traitement, filière créatrice d'emploi locaux)
 - Non-optimal en termes de **traitement**

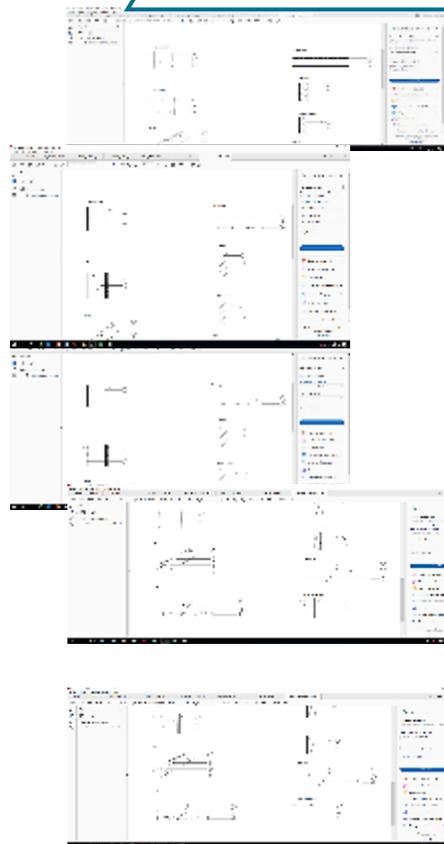
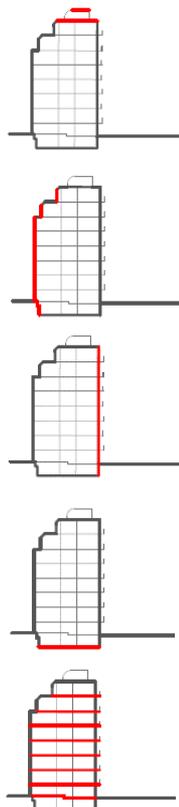
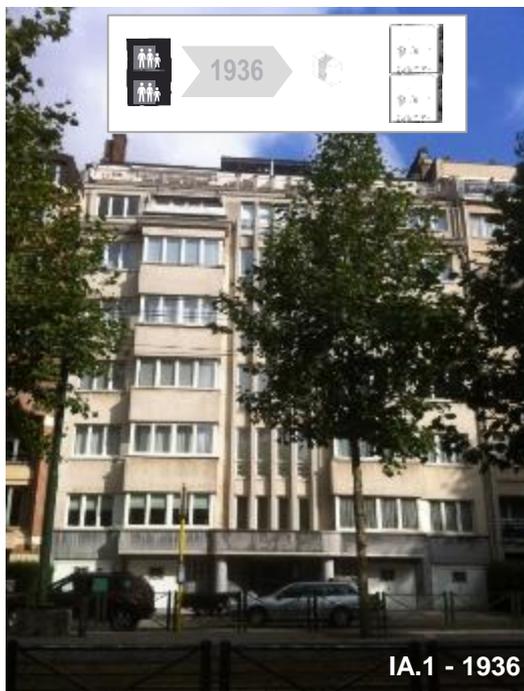


**IDENTIFIER LES FLUX CLÉS EST ESSENTIEL
POUR UNE GESTION EFFICIENTE DES
RESSOURCES/DÉCHETS AU NIVEAU LOCAL**



> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION
> potentiel sous-exploité? Les flux clés

Bilan Matière /
inventaires



Collecte et
Traitement des
données

Plafonnage/ enduisage	enduit à la chaux	chaux	enduit
Structural	béton normal armé (charges élevées)	inerte	BA
	brique de terre cuite	inerte	TC
Parement	Mortier de chaux	chaux	mortier
	pierre naturelle (locale ou europe)	inerte	pierre
Ornement	pierre naturelle (locale ou europe)	inerte	pierre

Échelle
Analyse

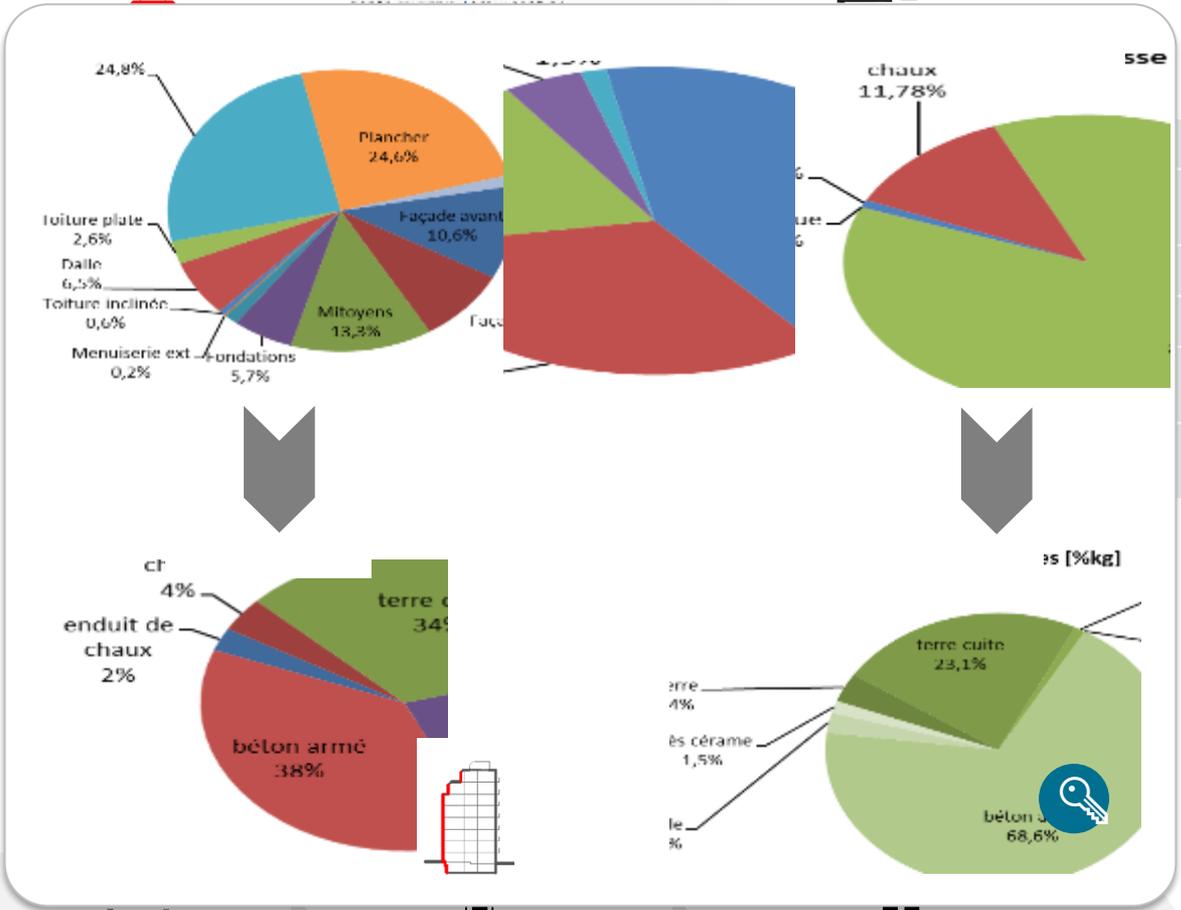
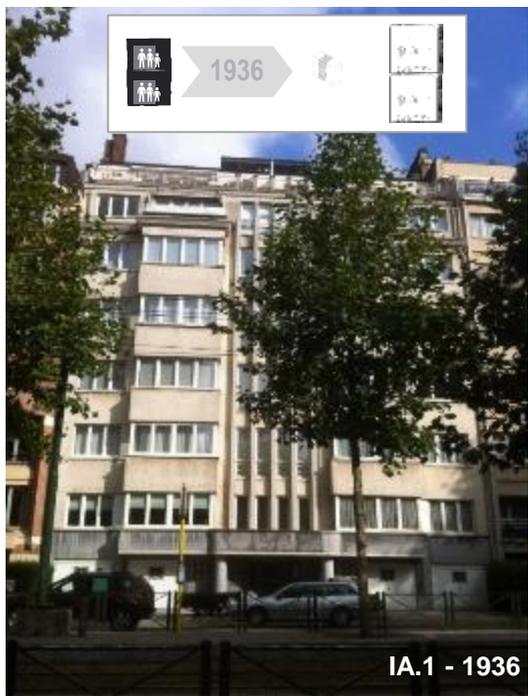


> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION
> potentiel sous-exploité? Les flux clés

Collecte et Traitement des données

Σ 2618,12 tonnes

Bilan Matière / inventaires



Échelle Analyse

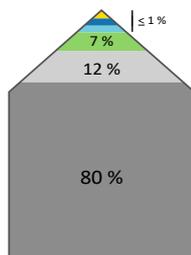


> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION
> potentiel sous-exploité? Les flux clés

Bilan Matière / inventaires



Bilan Matière complet

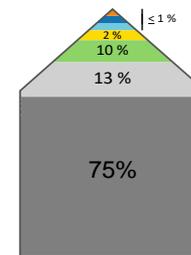


Σ : 82,96 tonnes

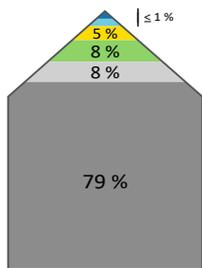


+ 9,45 tonnes

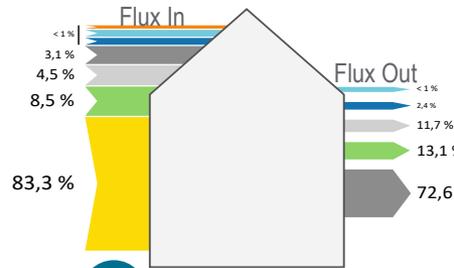
- 4,77 tonnes



Σ : 87,64 tonnes

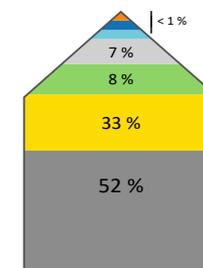


Σ : 104,44 m³



+ m³

- 4,80 m³



Σ : 154,61 m³



Échelle Analyse



> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION

> potentiel sous-exploité? Les flux clés

Inventaires

Démolition/Reconstruction bâtiment de bureaux

- ▶ 23.590 m² et 63.700 m³
- ▶ 1962
- ▶ 9 niveaux hors-sol + 3 sous-sol
- ▶ Structure: poteaux/poutres/dalles
- ▶ Démolit/reconstruit
 - Inventaire: pré-démolition + réemploi
 - Déconstruction
 - Monitoring: production déchets + construction



Source : CSTC



> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION

> potentiel sous-exploité? Les flux clés

Inventaires

Réemploi

Photo	Poste n°	Intitulé du poste	Se-poste	Intitulé du sous-poste	Quantité totale	Unité (pc, m, m ² , m ³)	Dimensions d'un élément	Type / marque / génom. tech	Date de mise en œuvre	Emplacement dans le bâtiment	Précautions de démontage particulières	Autres remarques	Masse unitaire (kg/unité)	Masse totale (kg)	Prix fixé par le poseur / adjudicateur pour extraire le poste complet (€ HTVA)
	1	Dalles de pierre bleue			56	m ²	50 x 50 x 6 cm	Dalles en pierre bleue, posées sur des plots en plastique	1998	rez, cour intérieure	accès se fait via le bâtiment ; pas d'accès véhicule		182	9072	884,24 €
	2	Système de cloisons vitrées et portes	a	Cloisons vitrées	28,6	m	200 cm de haut / éléments de 80 cm de large	Clestra	2005	Etage +5	/		75	2505	507,33 €
			b	Portes	4	pc	200 cm de haut / cadre de porte 92 cm / porte 87 cm de large					bas des portes usés. Clés perdues	90		
	3	Lambris en panneaux d'aggloméré finition bois			110	m ²	Hauteur d'un panneau : 50 cm ; largeur variable.	Aggloméré 12 mm avec une couche de placage en bois (hêtre?)	2005	Etage +4	/		6	660	854,15 €
	4	Éviers doubles en résine			12	pc	155 x 18 x 53,5 cm	/	1998	Étages +1 à +7	former eau avant démontage des tuyaux	robinets manquants sur 3 pc	60	720	255,66 €
	5	Armatures TL encastrées			200	pc	26 x 116 cm	Luminaires TL double classiques	1998-2005	Étages +2 à +5	mettre installation électrique hors tension		1,5	390	709,80 €
													14367	3.211,18 €	



> DIFFÉRENTS TYPES DE VALORISATION
> potentiel sous-exploité? Les flux clés

Inventaires

Réemploi

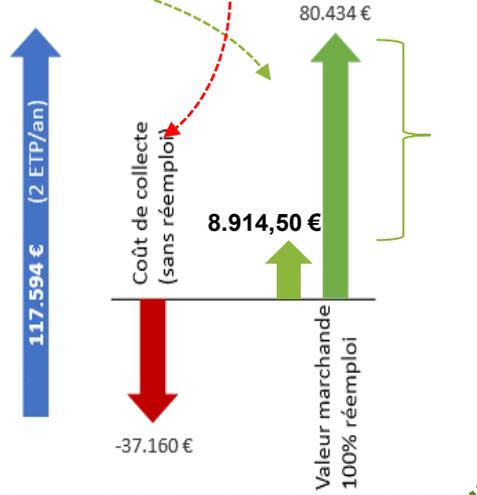
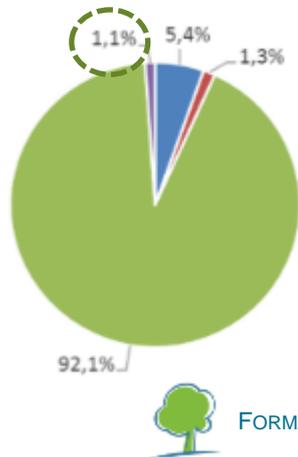
Source : CSTC sur base d'une étude de Rotor et de scénarios EOL (NBN/DTD B 08-001,2017)

	Décharge	Incinération	Recyclage	Réemploi
Inertes	1327 t	0 t	25006 t	276 t
Bois	0 t	331 t	59 t	23 t
Mélange	73 t	28 t	21 t	7 t
Dangereux	80 t	4 t	9 t	0 t
Métaux	19 t	0 t	365 t	1 t
	1500 t	364 t	25459 t	307 t

	Volume foisonné (m³)	# containers 12m³	Coût collecte estimé
Inertes	192,7	17	2720
Bois	82,5	8	1120
Mélange	1421,6	119	33320
Dangereux			
Métaux	1	1	
	1697,8		37.160 €



- Délais
- Marché (existence d'une demande)



Appellation des éléments	Pourcentage vendable	Estimation de prix en € (HTVA)
Plafond hall d'entrée	80%	605,52 €
Porte plaquée	90%	9 670,50 €
Porte à peindre	90%	1 228,50 €
Porte vitrée	90%	5 071,50 €
Porte coupe-feu	90%	6 048,00 €
Porte en verre	90%	720,00 €
Carrelage en marbre blanc	80%	2 160,00 €
Carrelage en marbre beige	80%	10 338,48 €
Parquet stratifié	90%	8 067,60 €
Lustre plafonnier	100%	750,00 €
Luminaire hall d'entrée	100%	130,00 €
Luminaire façade	100%	500,00 €

Urinoirs	90%	765,00 €
Séparateur d'urinoir	90%	432,00 €
Lavabos/vidoirs	90%	1 935,00 €
Parement mural en marbre blanc	80%	2 574,08 €
Carrelage mural sanitaires	60%	16 458,24 €
Couvre-murs en pierre bleue	90%	1 539,00 €
Couvre-murs en pierre bleue	90%	3 294,00 €
Mur en dalle de pierre bleue	90%	3 037,50 €
Blocs de béton	90%	900,00 €
Cache-radiateur en multiplex	65%	4 153,34 €
Escalier escamotable	100%	160,00 €
Horloge murale	100%	70,00 €

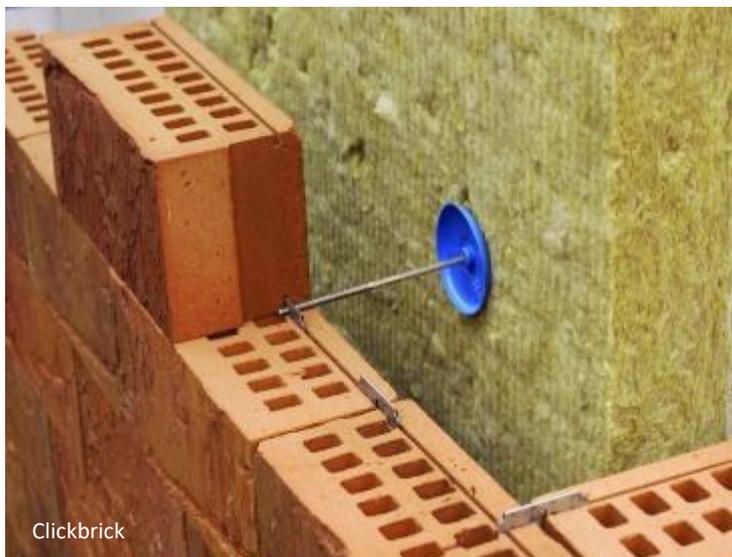
VALEUR TOTALE DU REEMPLOI	80 434,74 €
---------------------------	-------------

1 %



La (conception de la) mise en œuvre a un impact sur:

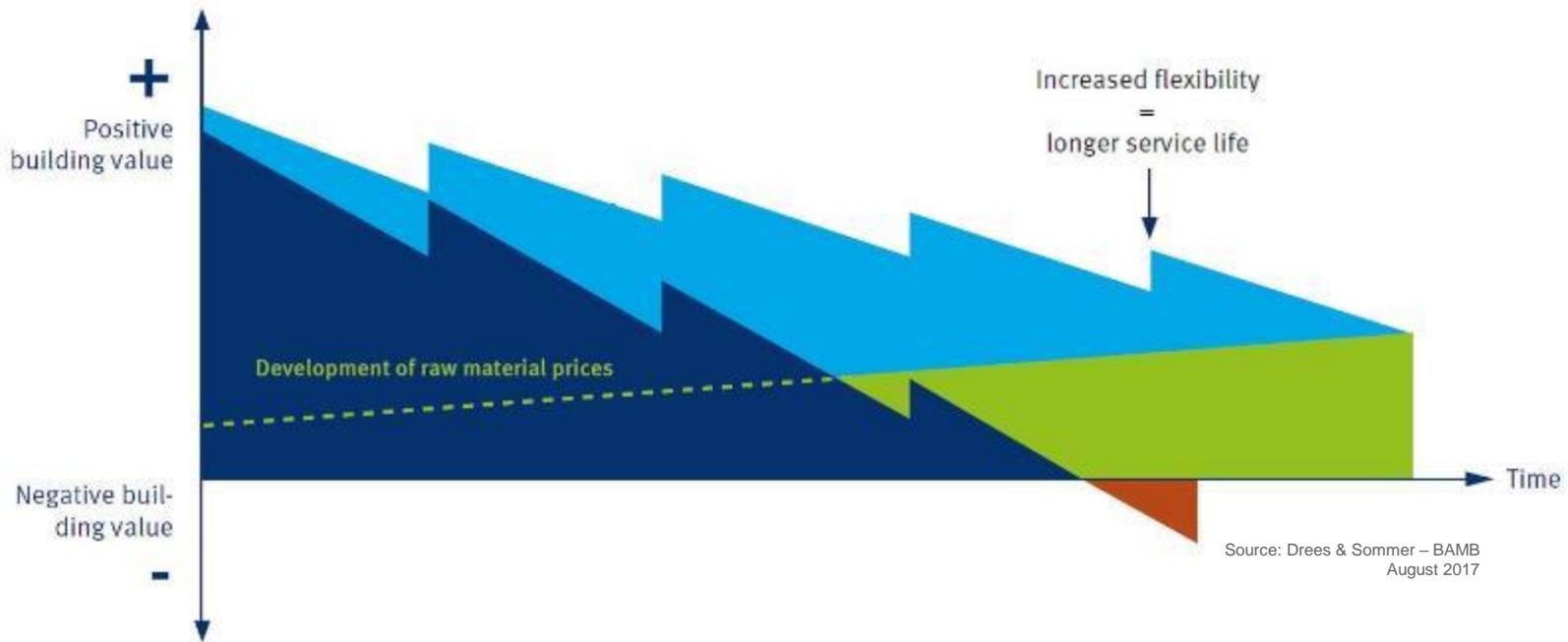
- La facilité d'entretien, de réparation, etc.
- La qualité du recyclage
- Le potentiel de réemploi







MAINTENIR LA VALEUR DES RESSOURCES DANS LE BÂTIMENT



Fortis Bank Amsterdam 1998



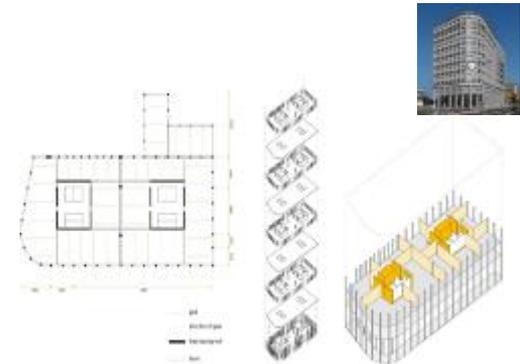
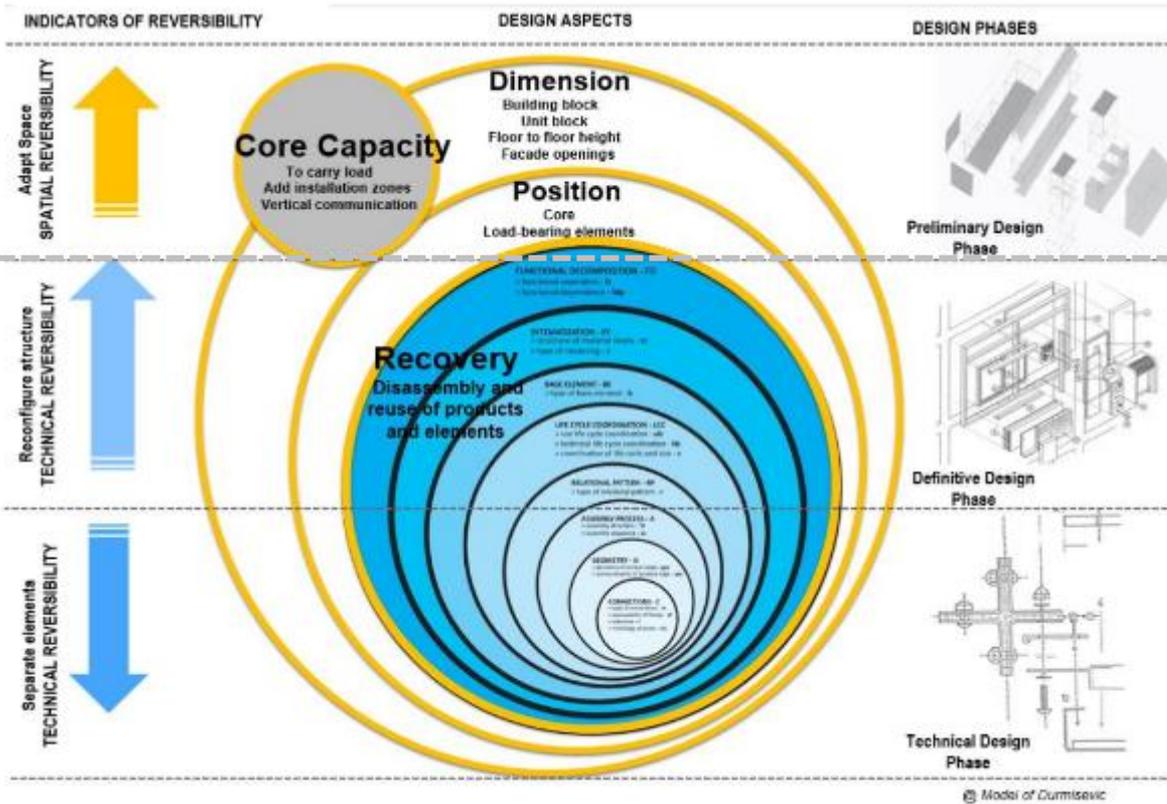
Fortis Bank Amsterdam 2014



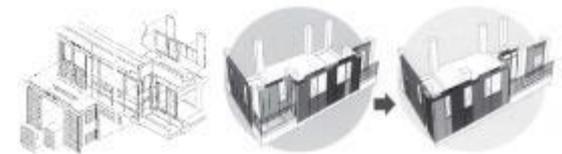
Fortis Bank Amsterdam 2014

Source: Dr. Elma Durmisevic





Source: Soliid 1 & 2 Amsterdam – Baumschlager – Eberle 2010



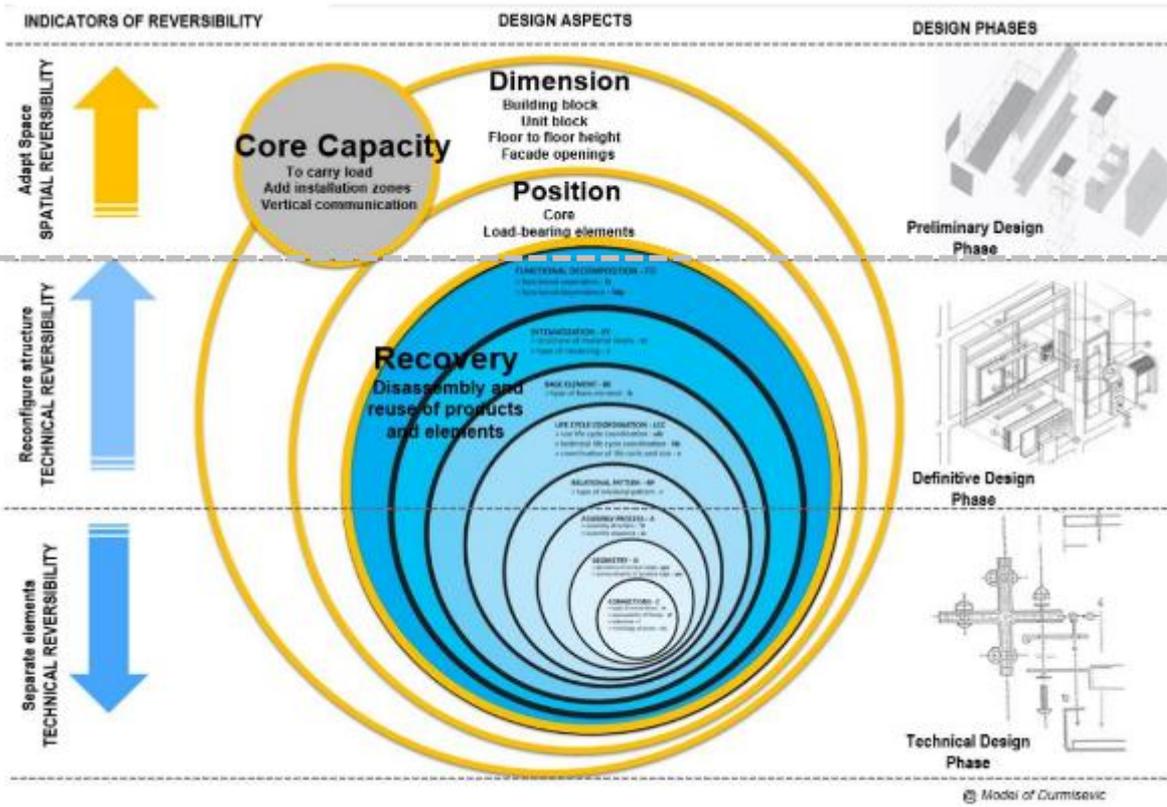
Source: Drees & Sommer / Dr. Elma Durmisevic

Source: Dr. Elma Durmisevic - BAMB



RÉVERSIBILITÉ SPATIALE

RÉVERSIBILITÉ TECHNIQUE



REVERSIBLE BUILDING DESIGN protocol

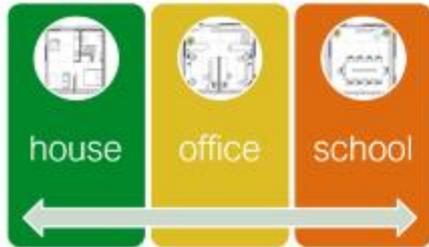
Transformation capacity Tool

Reuse potential Tool

- Réversibilité de l'espace
- Réversibilité des produits et systèmes
- Réversibilité des éléments et matériaux

Source: Dr. Elma Durmisevic - BAMB





0 Irreversible

Tot 0,2
< 0,4



1 **Monofunctional**

Building
Transformation capacity
0,2 < 0,4

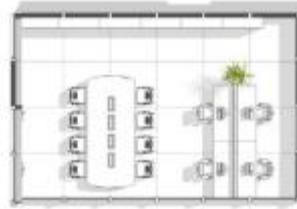
2 **Trans-functional**

Building
Transformation Potential
0,4 > 0,6



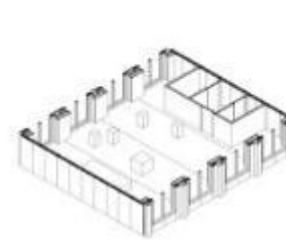
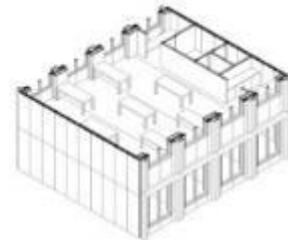
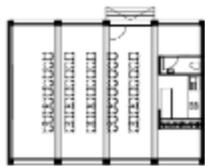
3 **Transformable**

Building Transformation
Potential
< 0,6

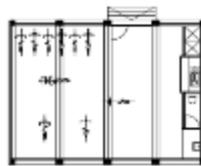


CATEGORIES D'INDICATEURS

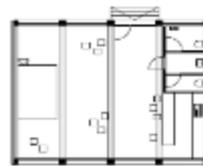
- Dimensions
- Position des noyaux fixes
- Capacité
- Démontabilité
- Anticiper différents scénarios d'utilisation

Dissemination Space – Lecture Café
PublicEco Guesthouse
ResidentialTemporary Plug-In Offices
Professional

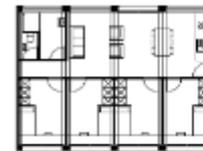
SEMINAR ROOM



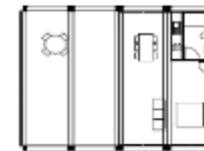
BICYCLE REPAIR SHOP



CONCERT SPACE



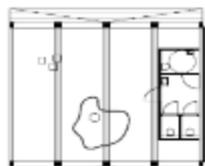
UPDATED STUDENT HOUSING



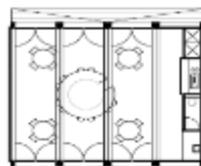
'KANTIEN'



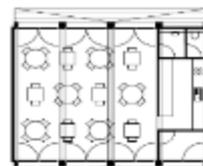
SANDWICH BAR / COFFEE SHOP



MULTIFUNCTIONAL OPEN AIR SPACE



INFORMATION OFFICE



RETRO / RESTO



APARTMENT TYPE 2/3



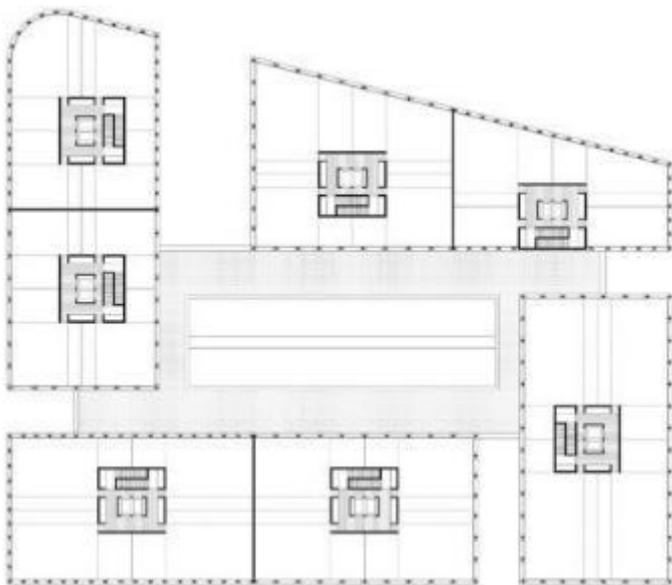
ADMINISTRATION OFFICE



2 INDIVIDUAL STUDIOS



DEFINITION DES SCÉNARIOS D'UTILISATION



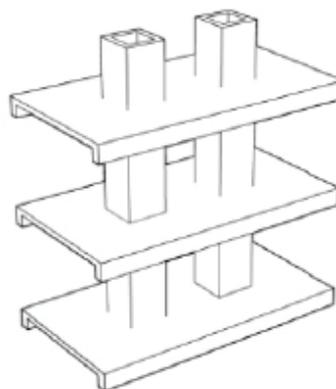
Source: Solid 1 & 2 - https://www.platform31.nl/uploads/media_item/media_item/8/52/P31_Evaluatie_Solids-1371030821.pdf



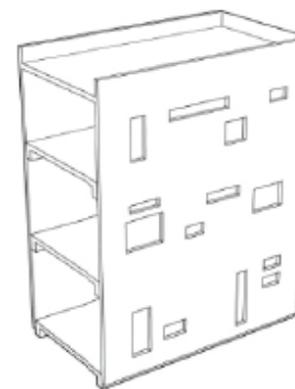
INDICATEURS

- Dimensions
- Position des noyaux fixes
- Capacité
- Démontabilité

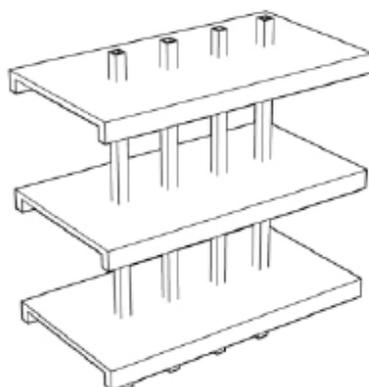
structure



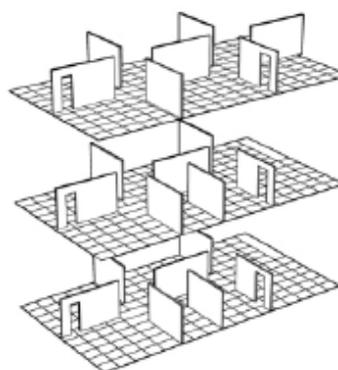
skin



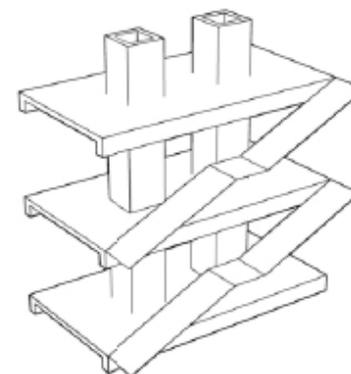
services



space partitioning



circulation



A. Paduart

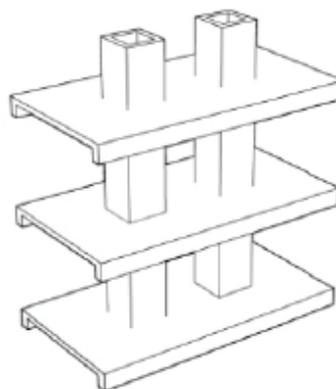
Bron: A. Paduart - 2012



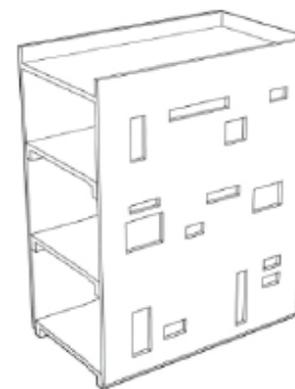
DIMENSIONS

- Volume bâti
- Profondeur du bâtiment
- Hauteur sous-plafond
- Baies vitrées
- ...

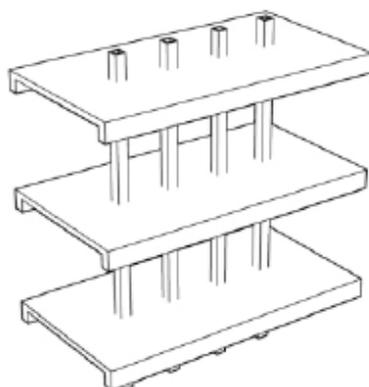
structure



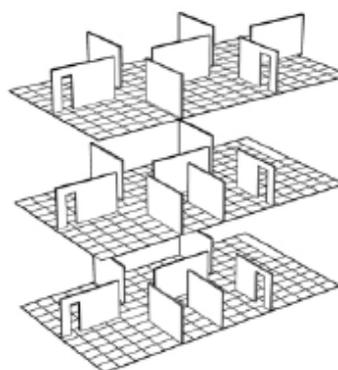
skin



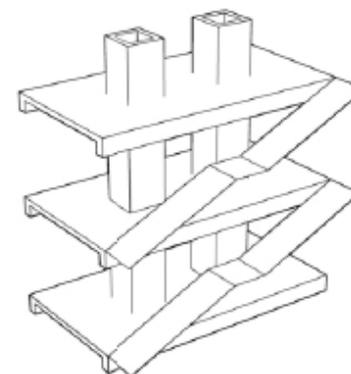
services



space partitioning



circulation



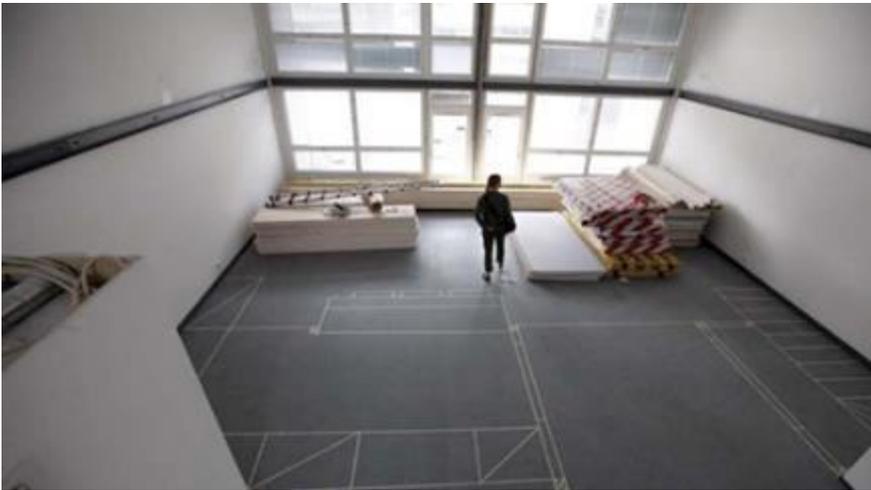
A. Paduart

Bron: A. Paduart - 2012



DIMENSIONS

- Volume bâti
- Profondeur du bâtiment
- Hauteur sous-plafond
- Baies vitrées
- ...



Bron: Talli Architecture & Design - http://www.open-building.org/archives/TILA_OPEN_BUILDING_PROJECT_IN_HELSINKI.pdf

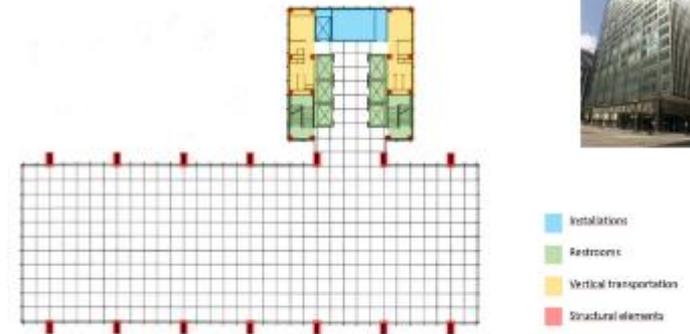


POSITION DES NOYAUX FIXES

- Garantir un concept structurel pour une utilisation flexible de l'espace de type « plan libre »
- Positionnement et regroupement des noyaux fixes en vue de divers scénarios d'utilisation (utilisation de l'espace ; évacuation - techniques; accès; ...)

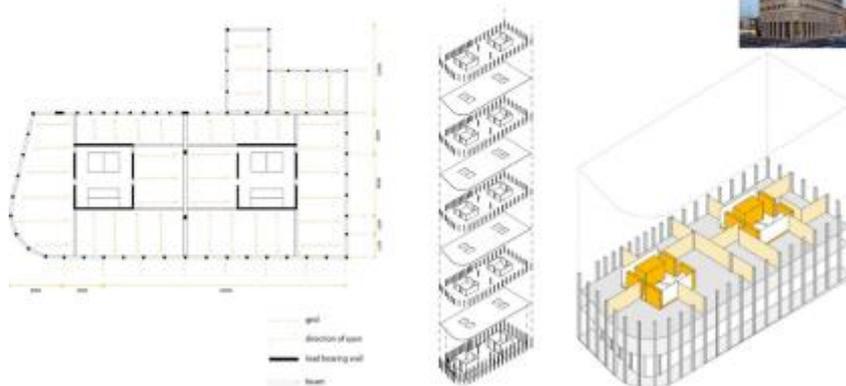
Inland Steel office Building

Skidmore, Owings & Merrill (1958)



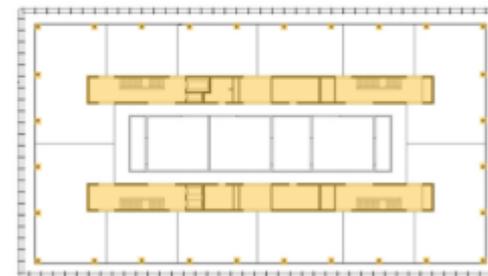
Solid 1 & 2, Amsterdam

Baumschlager-Eberle (2010)



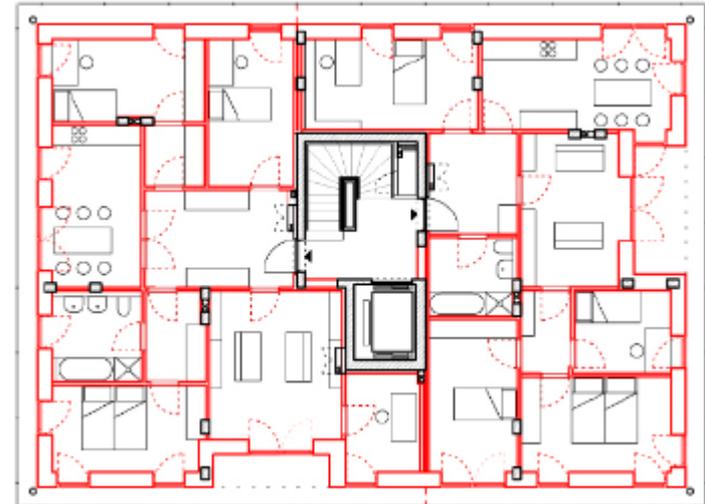
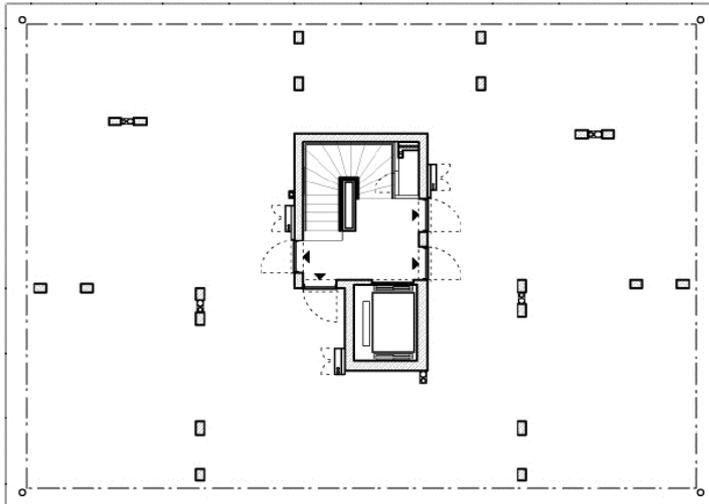
ETH E-sciencelab, Zurich

Baumschlager-Eberle (2008)



CAPACITÉ

- Capacité porteuse de la structure :
 - Scénarios d'utilisation
 - Extension
- Circulation :
 - Dimensions
 - Accès
 - Distances
 - Capacité de charge
- Techniques :
 - Gains techniques (horizontales et verticales)
 - Locaux techniques



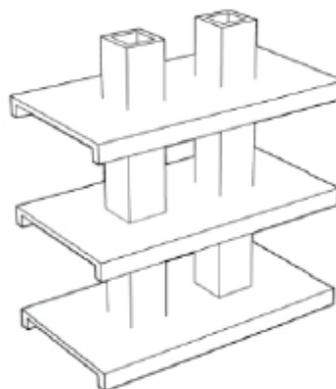
Source : Grundbau und Siedler - BeL Sozietät für Architektur BDA, Hamburg



INDICATEURS

- Dimensions
- Position des noyaux fixes
- Capacité

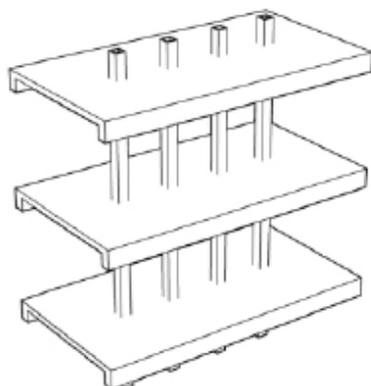
structure



skin



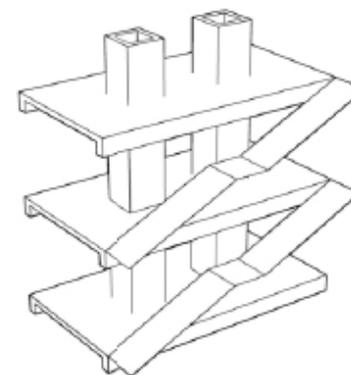
services



space partitioning



circulation



A. Paduart

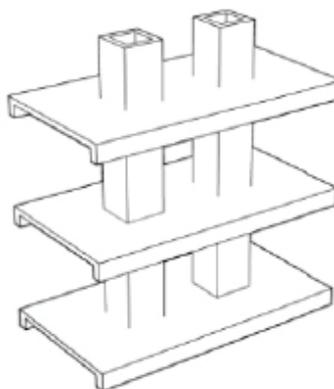
Bron: A. Paduart - 2012



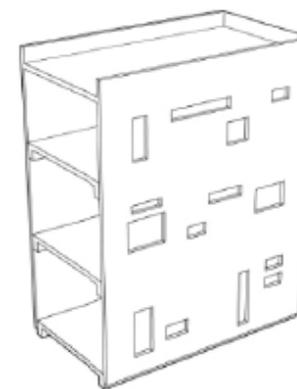
INDICATEURS

- Dimensions
- Position des noyaux fixes
- Capacité
- Démontabilité

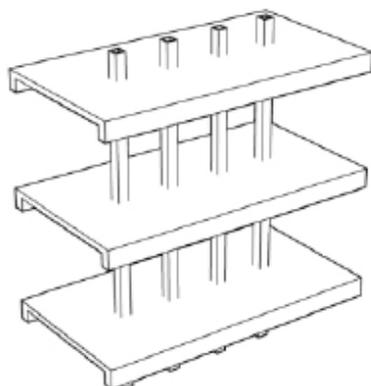
structure



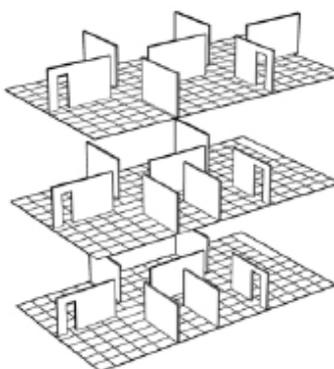
skin



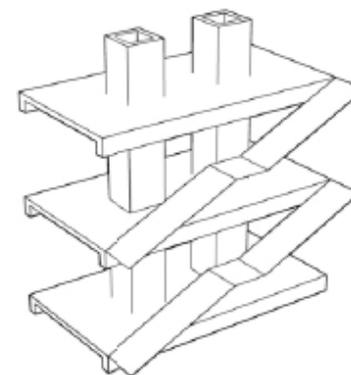
services



space partitioning



circulation



A. Paduart

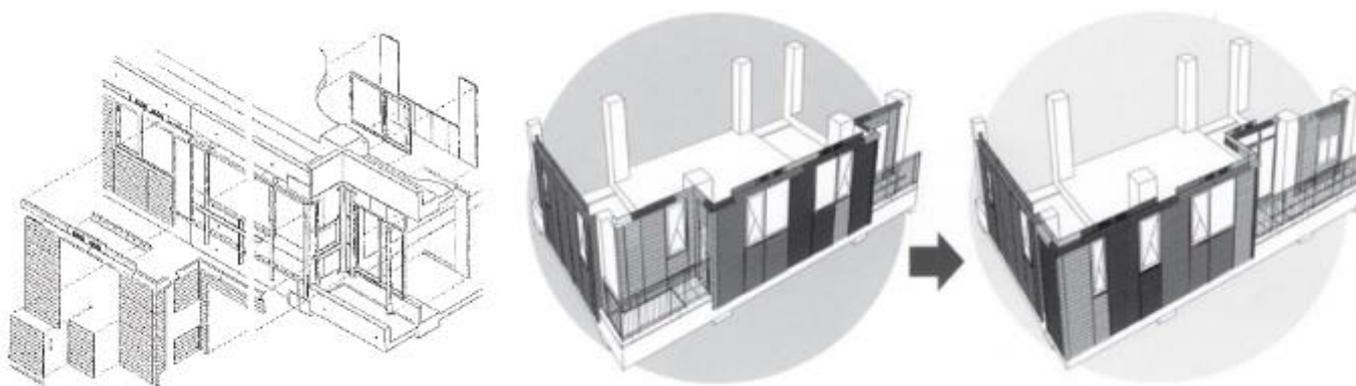
Bron: A. Paduart - 2012



RÉVERSIBILITÉ DES SYSTÈMES, PRODUITS & MATÉRIAUX



Système de façade modulaire et facilement remplaçable



Système de façade démontable, adaptable et transformable

Source: Drees & Sommer
Dr. Elma Durmisevic

RÉVERSIBILITÉ DES SYSTÈMES, PRODUITS & MATÉRIAUX:

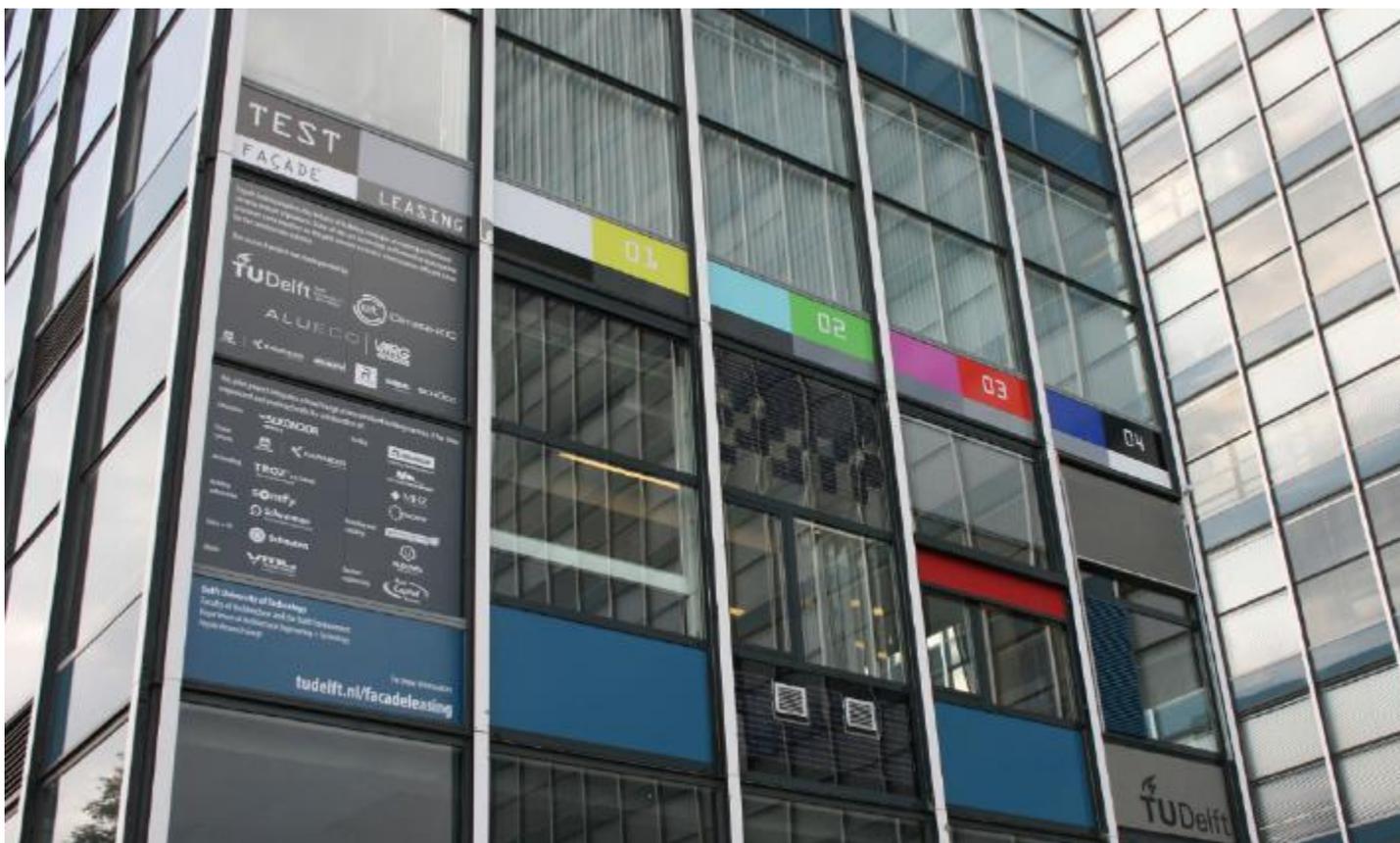
SYSTÈME DE SALLE DE BAIN TRANSFORMABLE, DÉMONTABLE ET RÉUTILISABLE



Source: 4D Architects



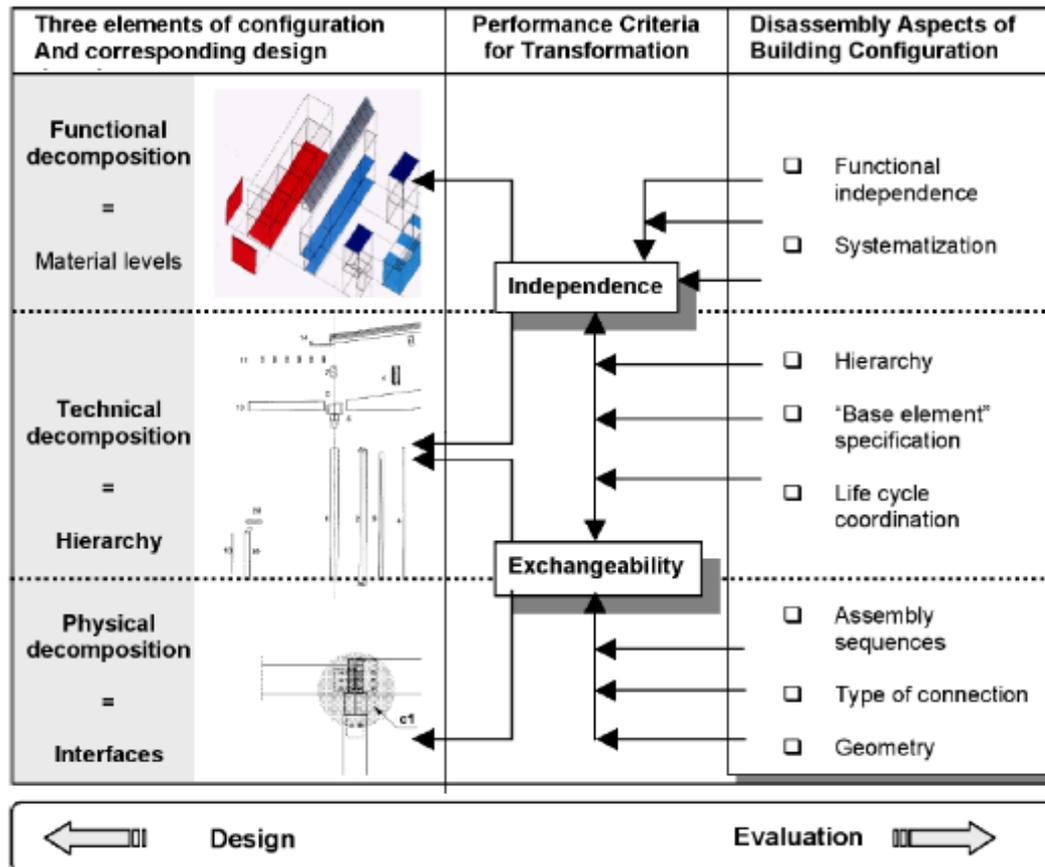
RÉVERSIBILITÉ DES SYSTÈMES SOUTENANT DE NOUVEAU BUSINESS MODÈLES: LE PRODUIT COMME UN SERVICE – LA FAÇADE COMME UN SYSTÈME



Source: VMRG – Façade as a system, 2018



RÉVERSIBILITÉ DES SYSTÈMES, PRODUITS & MATÉRIAUX – INDICATEURS DE RÉVERSIBILITÉ TECHNIQUE

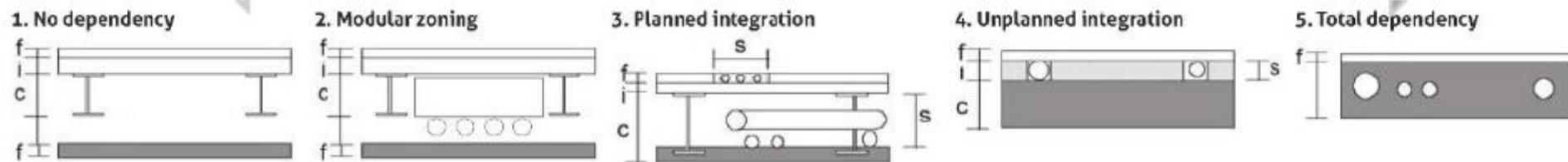


Source: Dr. E. Durmisevic - BAMB



DÉCOMPOSITION FONCTIONNELLE

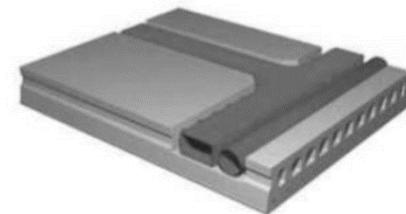
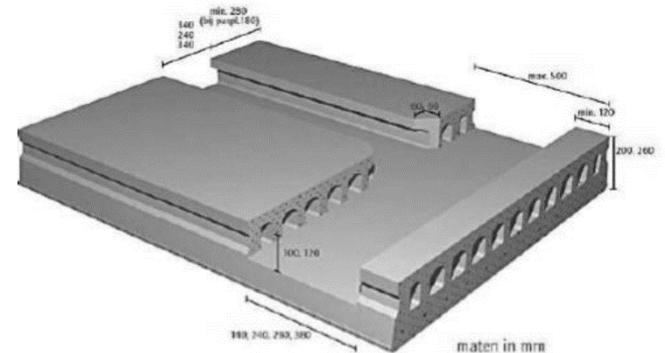
Niveau d'intégration des fonctions dans un élément et l' (in)dépendance des fonctions ; séparation fonctionnelle; autonomie fonctionnelle



Functions within a floor system:
 c - structure
 f - finishing
 s - servicing
 i - isolation

Evaluation de la décomposition fonctionnelle :

1) séparation totale (zonage modulaire)	1,0
2) interpénétration prévue pour différentes solutions	0,8
3) interpénétration prévue pour une solution unique	0,4
4) interpénétration imprévue	0,2
5) intégration totale	0,1

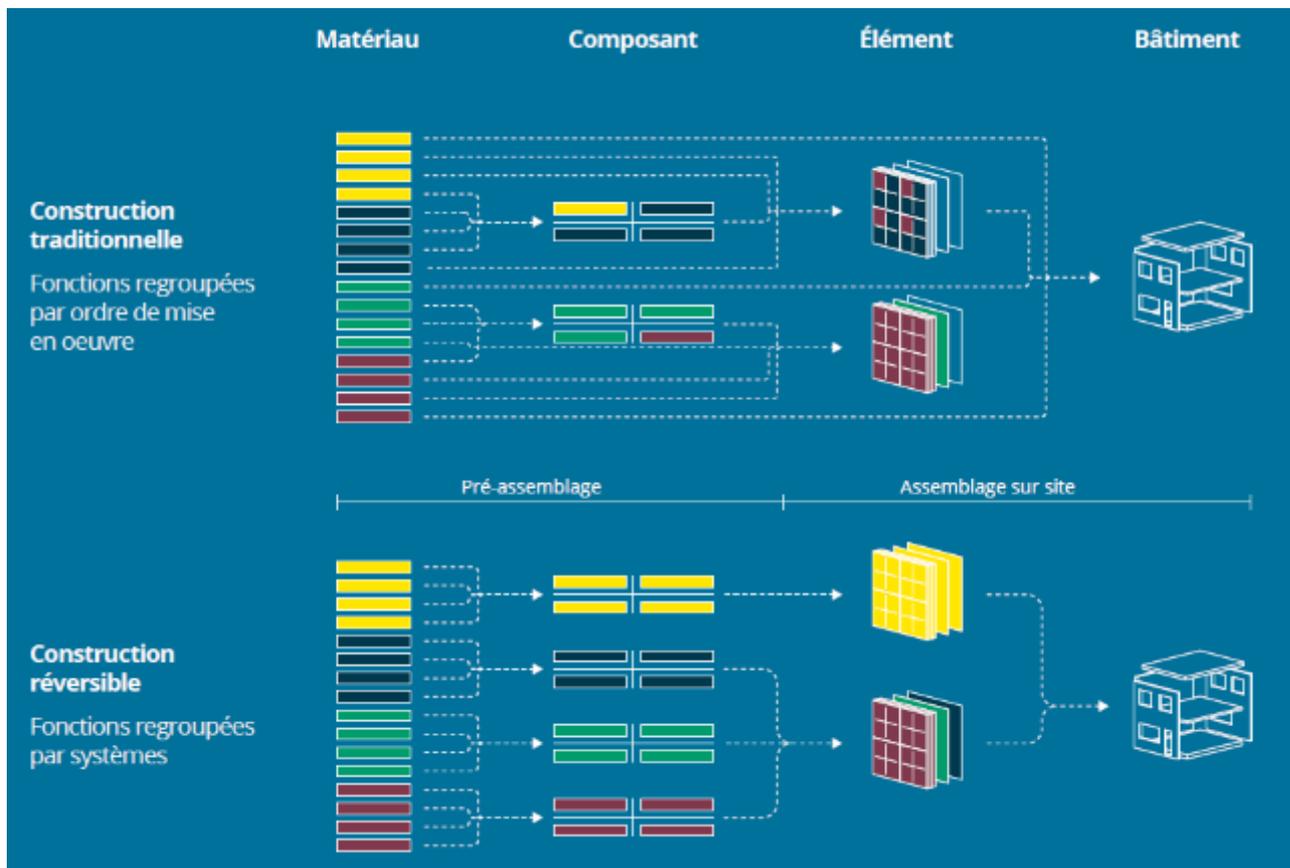


Source: Dr. E. Durmisevic - BAMB



REGROUPEMENT FONCTIONNEL

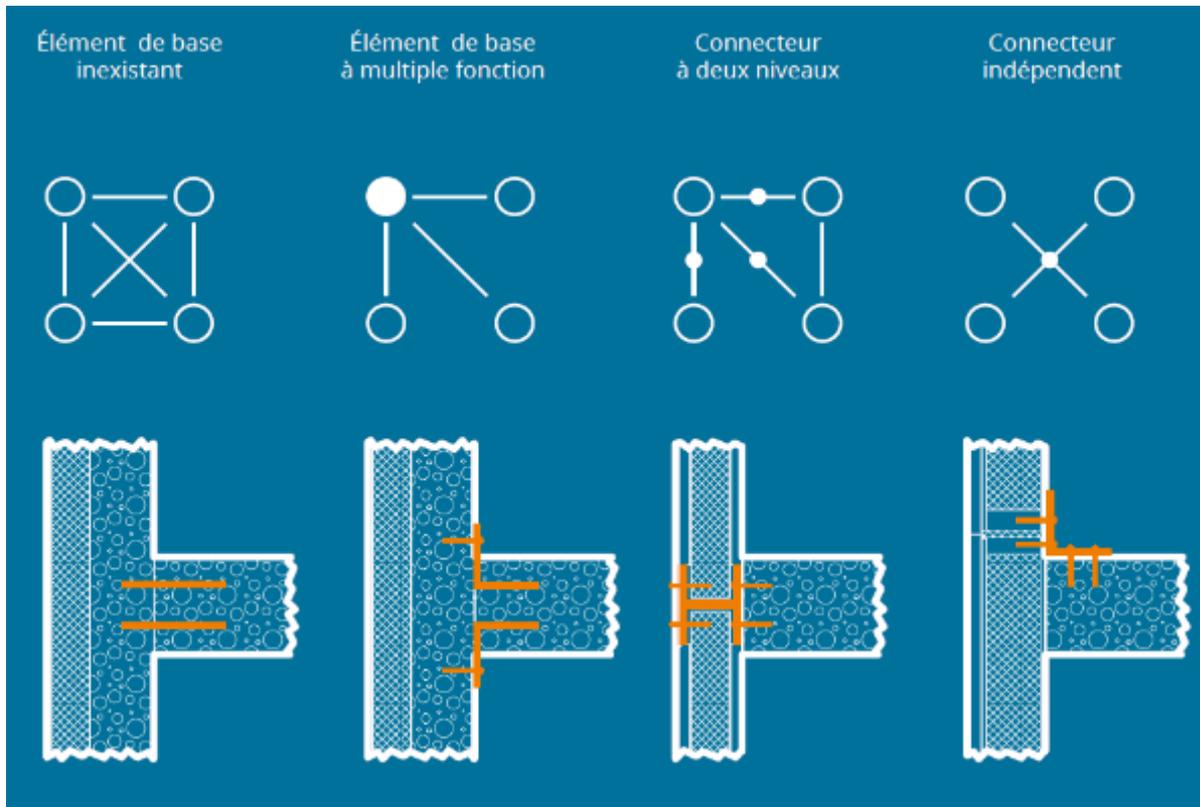
Le regroupement fonctionnel introduit la notion d'ensembles et de sous-ensembles ou la création de « clusters d'éléments » en lien avec leur cycle de vie et niveaux d'intégration. Ces clusters d'éléments permettent une meilleure démontabilité d'ensemble.



ÉLÉMENT DE BASE

L'élément de base spécifie le mode de liaison entre deux clusters d'éléments.

L'élément de base peut être

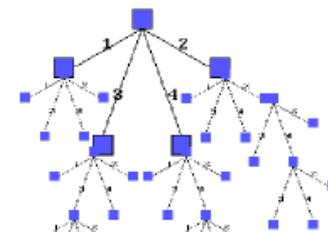
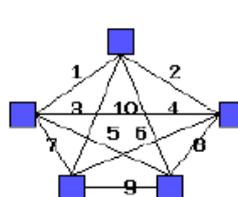
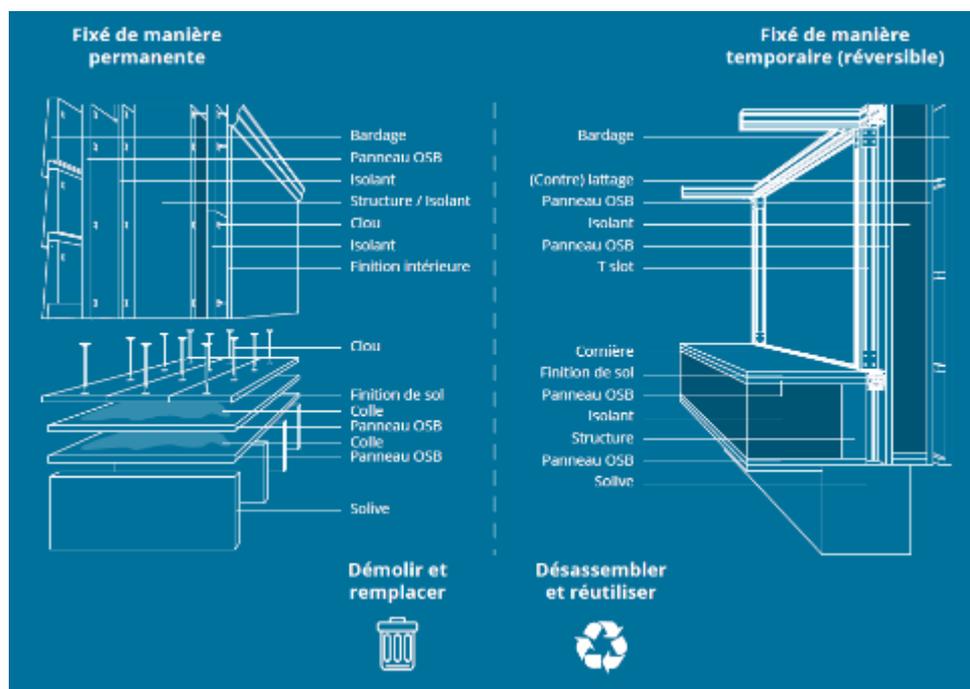


HIÉRARCHIE D'ASSEMBLAGE

La notion de hiérarchisation fait appel aux liaisons entre éléments. Les bâtiments traditionnels ont un diagramme des relations entre éléments complexes, avec une forte interdépendance entre tous les éléments. Le potentiel de désassemblage va avec la réduction du nombre de relations entre éléments différents.

Assemblage fermé	En plans	Assemblage bloqué	Assemblage table	Assemblage ouvert	Assemblage partagé
■ - éléments matériels			○ - composants		

Tableau 5 : Illustration notion de hiérarchies ouvertes ou fermées. Source: Elma Durmisevic

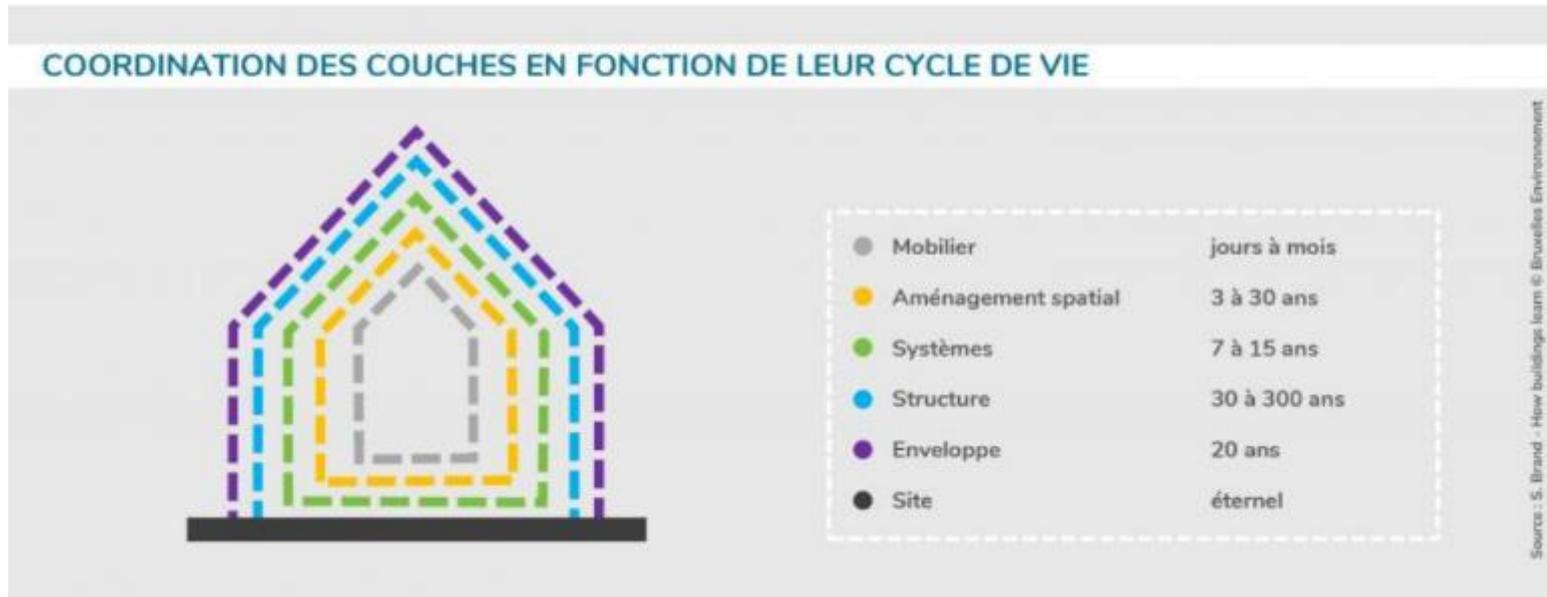


COORDINATION DES COUCHES EN FONCTION DE LEUR CYCLE DE VIE

La théorie des « couches » se base sur le fait que les différentes « couches » du bâtiment n'ont pas la même durée de vie utile.

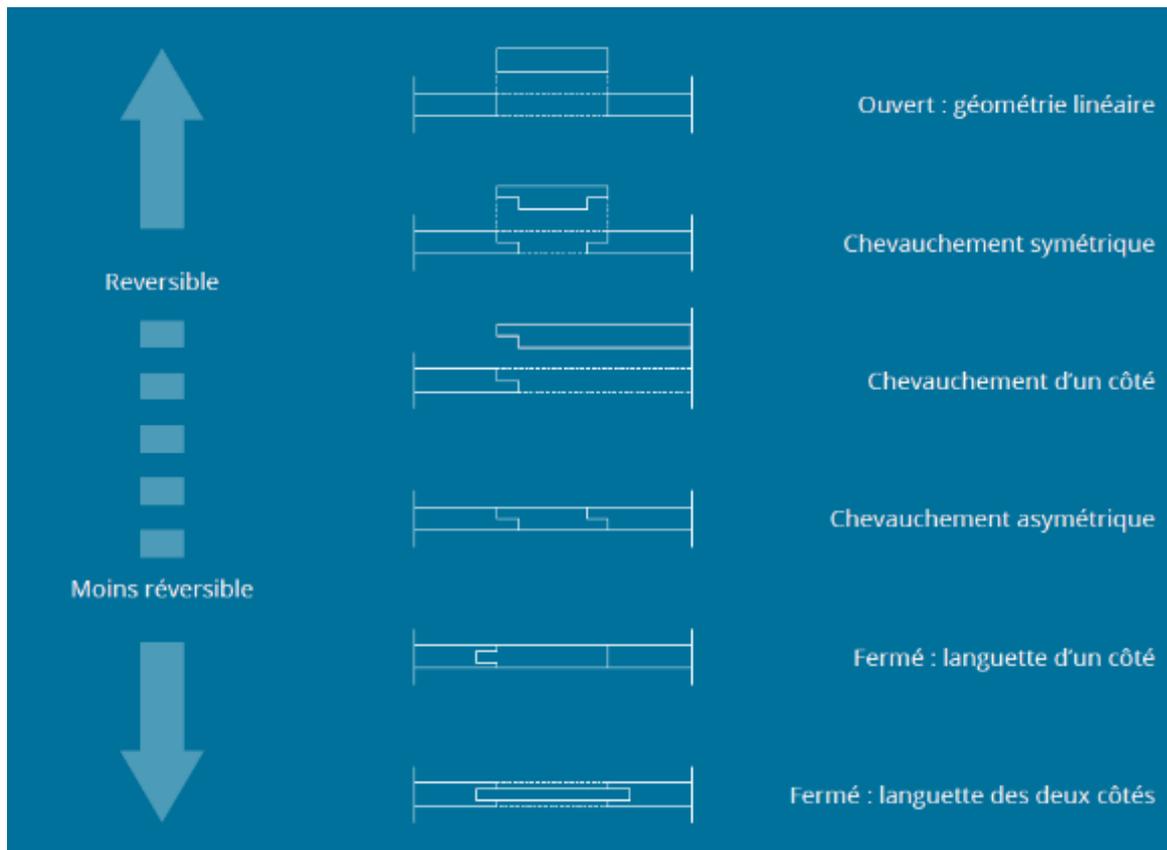
Ces différentes « couches » doivent être le plus possible indépendantes les unes des autres.

Séparer les composants à longue durée de vie des composants à courte durée de vie facilitera l'adaptation et réduira la complexité du démontage, en permettant la dépose des types spécifiques de matériaux un type à la fois, facilitant ainsi le processus de collecte pour le recyclage et la mise à niveau.



GÉOMÉTRIE DES CONNEXIONS & SÉQUENCE D'ASSEMBLAGE

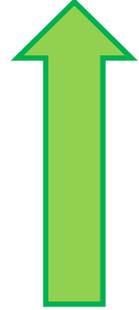
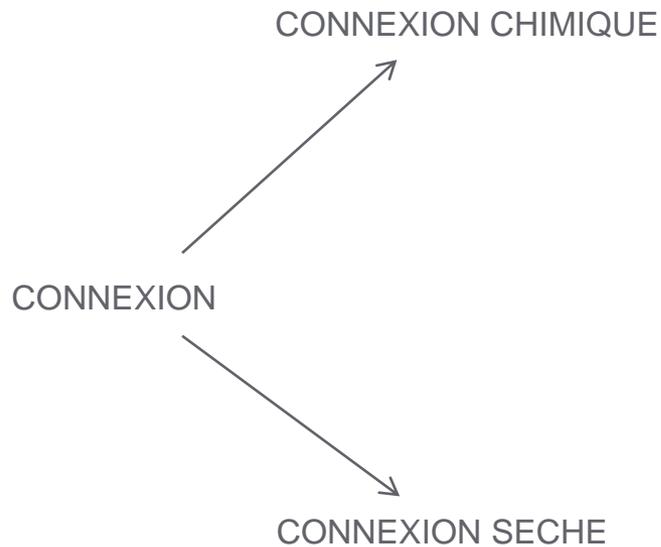
La démontabilité est directement liée au mode d'assemblage entre éléments ou la géométrie des connexions.



Source: Dr. E. Durmisevic - BAMB



TYPES DE CONNEXION



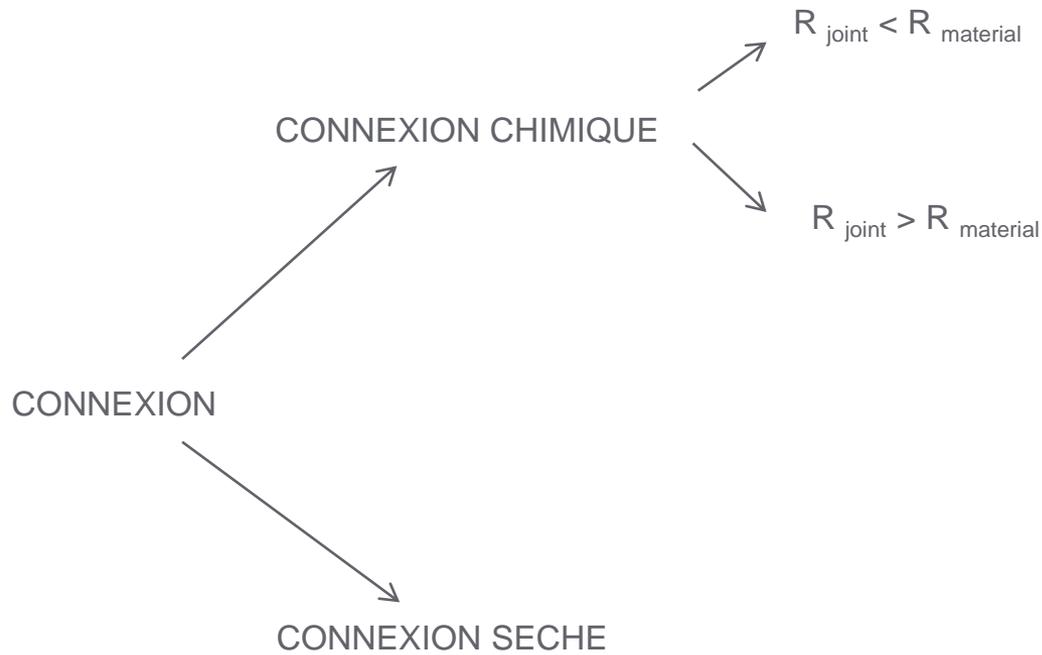
MOINS REVERSIBLE



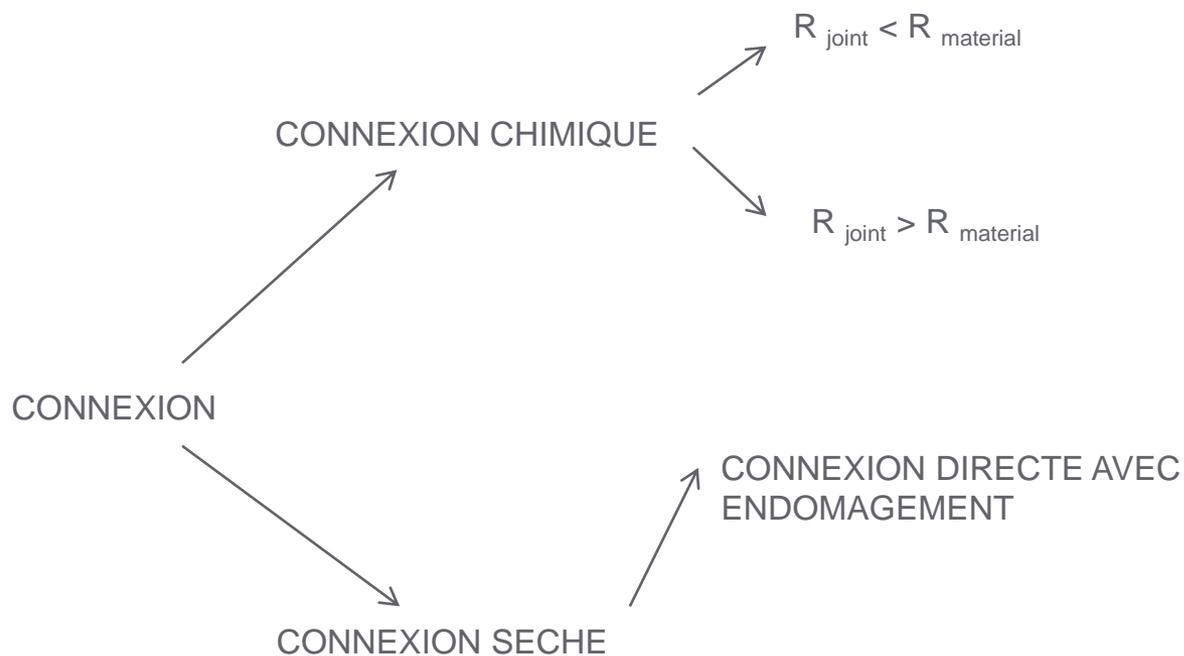
PLUS REVERSIBLE



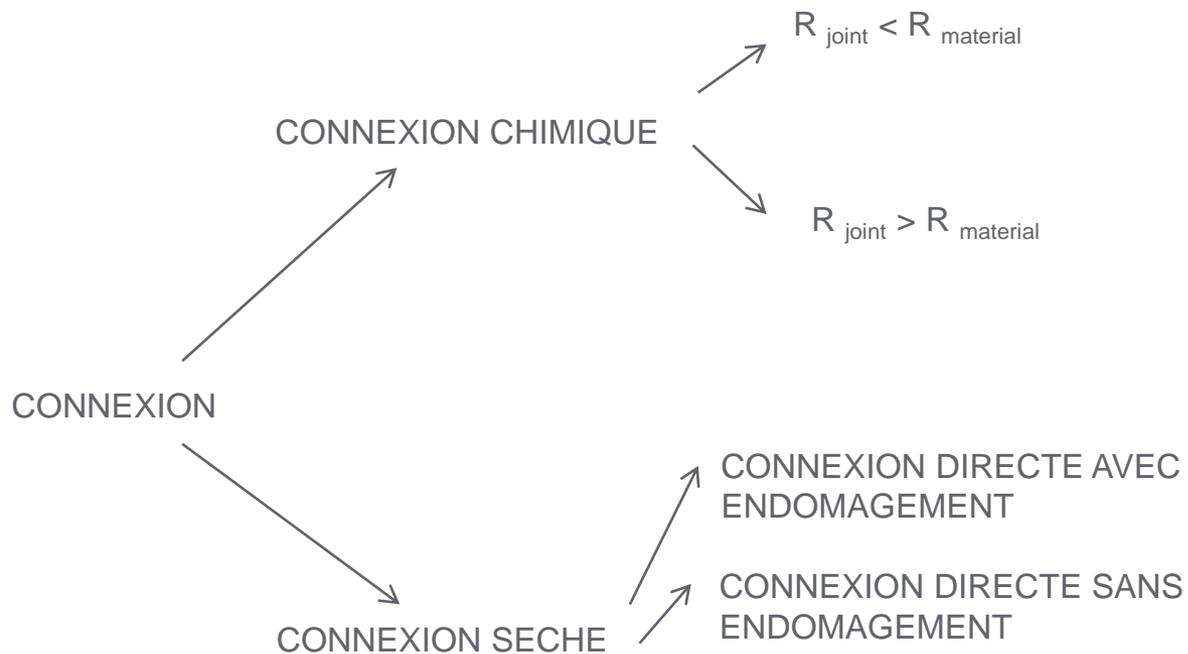
TYPES DE CONNEXION



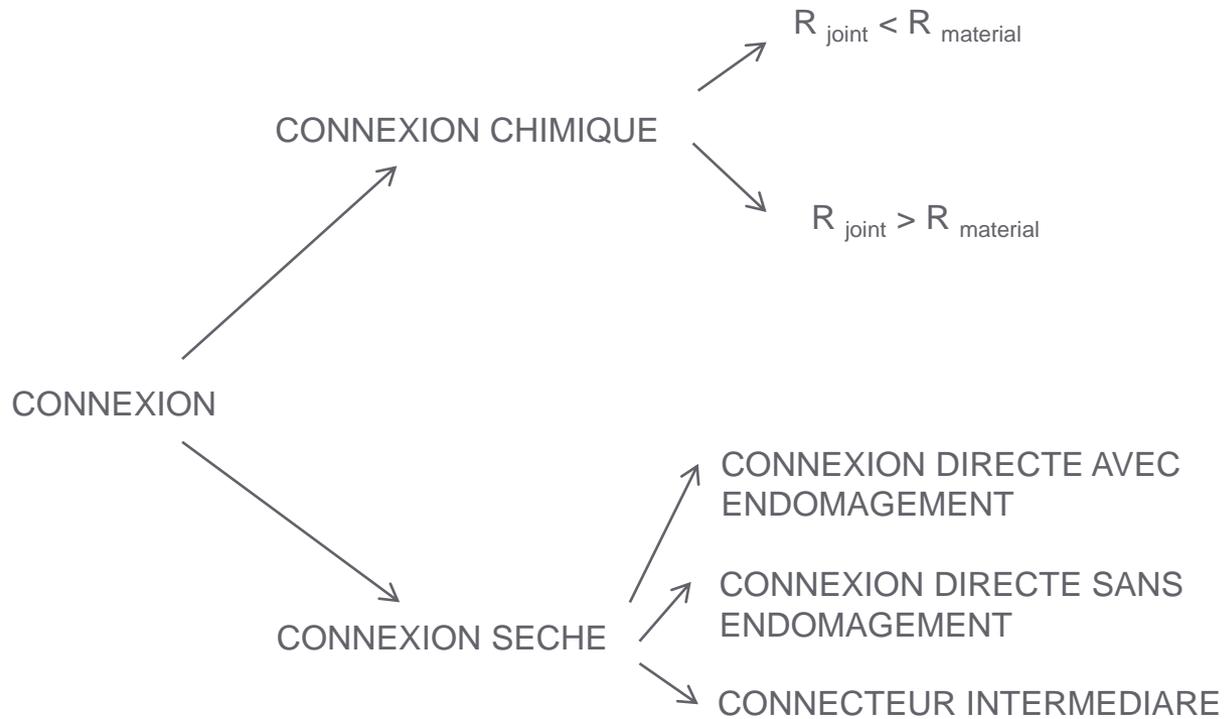
TYPES DE CONNEXION



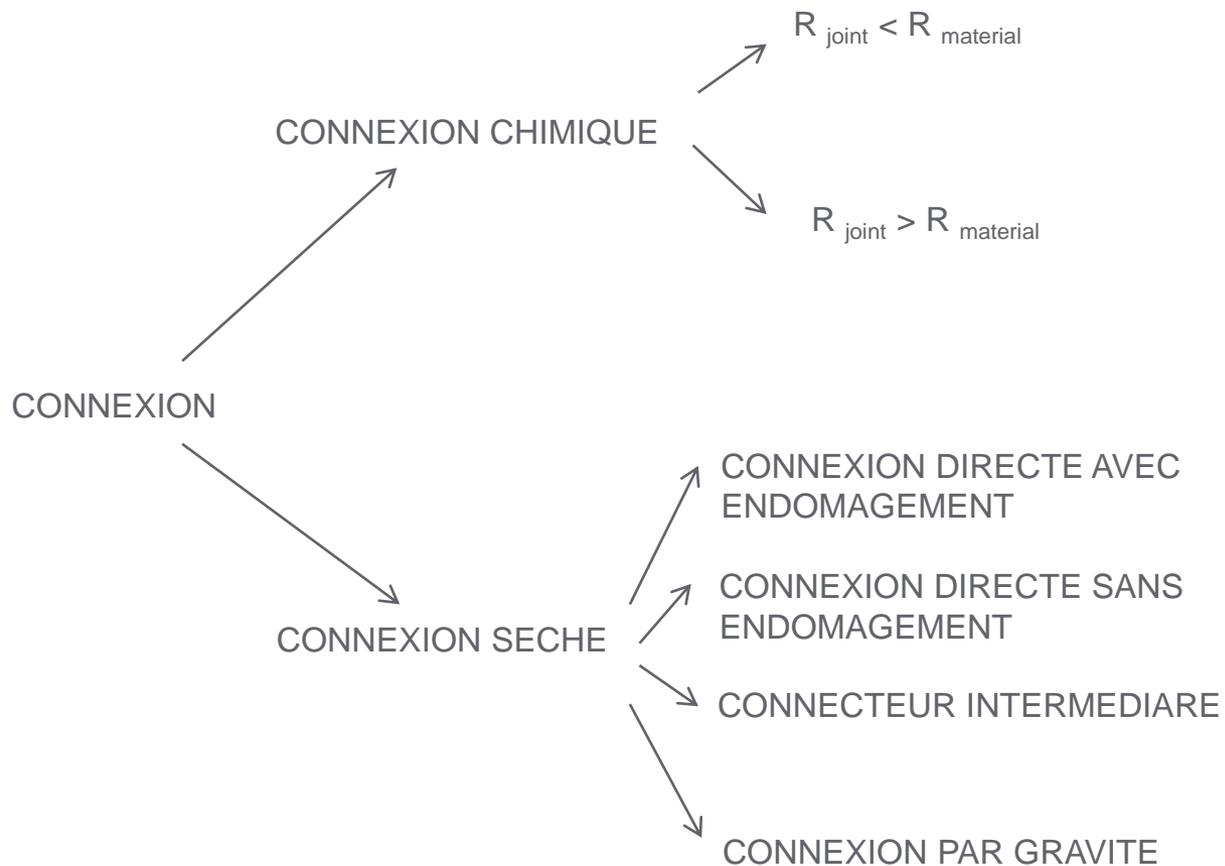
TYPES DE CONNEXION



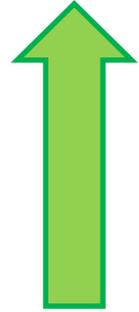
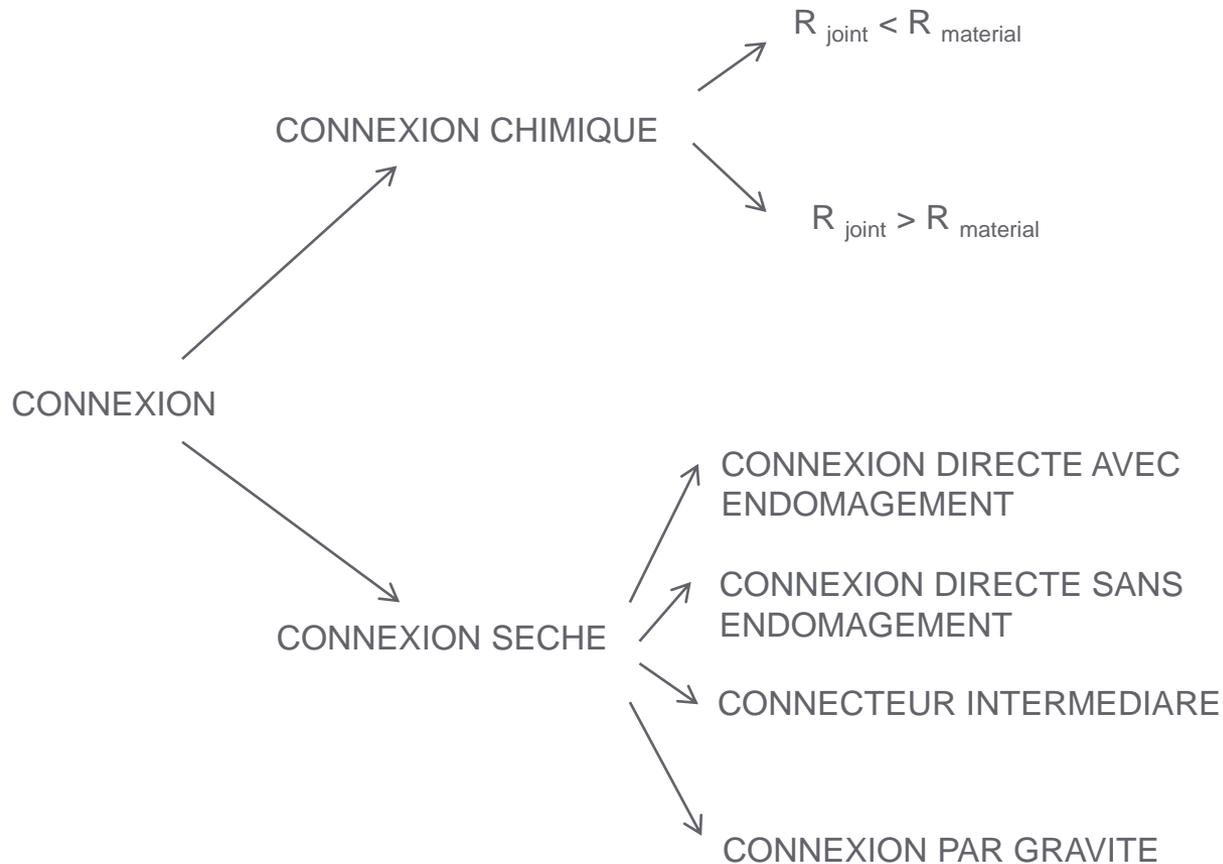
TYPES DE CONNEXION



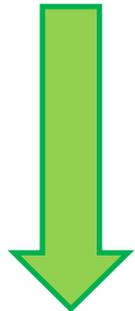
TYPES DE CONNEXION



TYPES DE CONNEXION



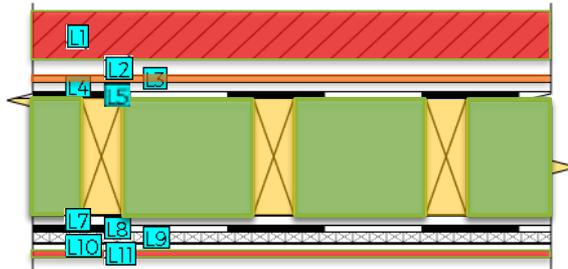
MOINS REVERSIBLE



PLUS REVERSIBLE



TYPES DE CONNEXION : INDICATION QUALITATIVE DU POTENTIEL DE RÉVERSIBILITÉ DES CONNEXIONS DANS L'OUTIL TOTEM



Coût environnemental: 19.51€/FU
 Catégorie: Mur-Mur extérieur
 Référence: (21)+
 Unité fonctionnelle (FU): Surface (m²)
 Valeur U: 0.2477W/m²K

Red = irréversible

Orange = réversible avec dommages

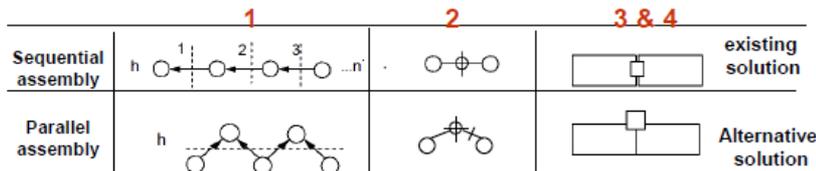
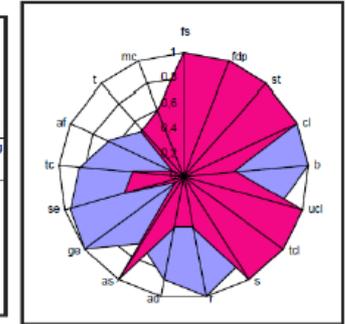
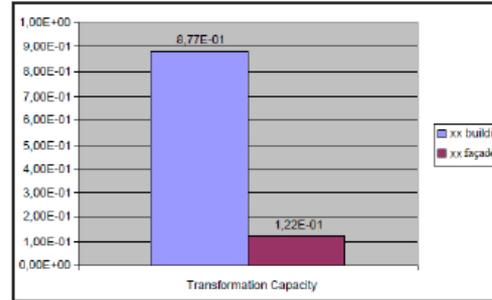
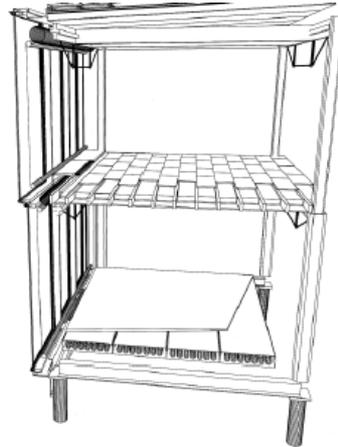
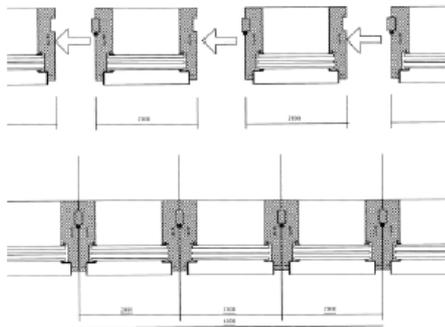
Vert = réversible

		Matériaux	Nouveau / Existant	Paramètre de dimension	Lambda [W/mK]	
EXT	L1	Finition de mur, extérieur - élément de fermeture - blocs/briques - brique de parement - brique moulée main M50 (190x90x50) y compris mortier et rejointoyage	Nouveau	Epaisseur 0.09m	1.328	
	L2	Cavité d'air - 3 cm - non ventilée	Nouveau	Epaisseur 0.03m		
	L3	Finition de mur, extérieur - accessoire - crochets de mur - acier galvanisé (180x3,5mm)	Nouveau			
	L4	Finition de mur, extérieur - panneaux - panneau souple composé de fibres de bois et de bitume - 18 mm	Nouveau	Epaisseur 0.018m	0.05	
	L5	Mur extérieur - pare-pluie (perméable à la vapeur) - polyéthylène 2/10, agrafé	Nouveau	Epaisseur 0.000 22m		
	L6	Multiple				
		2.7%	Mur extérieur - porteur - partie primaire - blocs/briques - blocs de terre cuite perforés isolants (290x190x140) y compris mortier (1 cm joint)	Nouveau	Epaisseur 0.19m	0.3436
		97.3%	Mur extérieur - porteur - partie primaire - ossature en bois (220 mm, sur site; 20%) partiellement remplie de laine de roche (160 mm, 80%)	Nouveau	Epaisseur 0.22m	0.0669
	L7	Finition de mur, extérieur - panneaux - panneau OSB - 18 mm	Nouveau	Epaisseur 0.018m	0.13	
	L8	Finition de mur, intérieur - pare-vapeur - papier kraft - sans treillis - fixé avec du ruban adhésif	Nouveau	Epaisseur 0.000 22m		
	L9	Finition de mur, intérieur - sous-structure pour plaques - structure en bois (22x47mm)	Nouveau	Epaisseur 0.022m		
L10	Finition de mur, intérieur - panneaux - plaque de plâtre, 1 couche (épaisseur 12,5 mm) vissé (sous-structure non comprise) y compris remplissage des joints	Nouveau	Epaisseur 0.0125m	0.25		
L11	Finition de mur, intérieur - traitement de l'élément de fermeture - peinture sur plaque en plâtre - peinture acrylique (3 couches, épaisseur de couche sèche 35 micromètres)	Nouveau	Epaisseur 0.000 105m			
INT		Épaisseur totale		0.431045m		

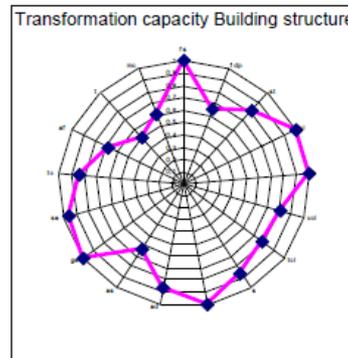
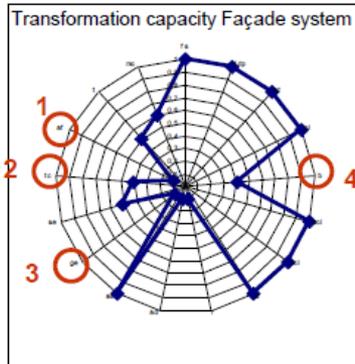


EVALUATION QUANTITATIVE DE LA RÉVERSIBILITÉ TECHNIQUE

System level assessment



nr.	Design for Disassembly Aspects	nr.	Determining Factors
1	FD (Functional decomposition)	1.1.	fs (functional separation)
		1.2.	fdp (functional dependence)
2	SY (Systematisation)	2.1	st (structure of material levels)
		2.2	c (type of clustering)
3	BE (Base elements)	3.1	b (type of base element)
4	LCC (Life cycle coordination)	4.1	ucl (use life cycle coordination)
			tcl (technical life cycle coordination)
			s (coordination of life cycle and size)
5	RP (Relational pattern)	5.1	r (type pf relational pattern)
6	A (Assembly process)	6.1	ad (assembly direction)
			as (assembly sequences)
7	G (Geometry)	7.1	gp (geometry of product edge)
		7.2	spe (standardisation of product edge)
8	C (Connections)	8.1	tc (type of connections)
		8.2	af (accessability to fixings)
		8.3	t (tolerance)
		8.4	mj (morphology of joints)



EVALUATION QUANTITATIVE DE LA RÉVERSIBILITÉ TECHNIQUE

3 catégories de réversibilité

 **Irréversible**

L'outil de Potentiel de Réutilisation (PR) indique que le système a un **PR < 03**.

Option de fin de vie : Recyclage / sous-cyclage

 **Partiellement réversible**

L'outil de Potentiel de Réutilisation (PR) indique que le système a un **PR > 03 et PR < 0,6**.

Option de fin de vie : réemploi direct ou après réparation

 **Réversible**

L'outil de Potentiel de Réutilisation (PR) indique que le système a un **PR > 06**.

Option de fin de vie : réemploi direct ou après réparation, reconfiguration et upgrading



CHECK-LIST CONCEPTION RÉVERSIBLE

- Développé sur base des indicateurs de réversibilité spatiale définis dans le projet BAMB
- En convergences avec les outils GRO et Level(s)
- Processus de développement participatif intégrant les besoins de différents acteurs de la construction : MO(P); architectes; bureau d'étude; administration
- Prestataire de service VUB Arch



CHECK-LIST CONCEPTION RÉVERSIBLE

- Outil d'aide à la conception qualitatif (rénovation et nouvelle construction)
- Public Cible: Maitre d'ouvrage et concepteurs
- Objectifs:
 - Présenter des pistes de solution pour une conception réversible (réversibilité spatiale et technique)
 - Objectiver des critères pour comparer des propositions de conception
 - Définir et soutenir les ambitions en matière de conception réversible tout au long du projet.
- Pourrait également servir d'outil d'aide à l'évaluation de la capacité de reconversion



CHECK-LIST CONCEPTION RÉVERSIBLE

RÉVERSIBILITÉ SPATIALE : CONCEVOIR POUR UNE (PLUS) LONGUE DURÉE DE VIE

OBJECTIFS

Décrivez ici au moyen de **scénarios d'utilisation**

- quelle flexibilité d'activités le bâtiment doit-il pouvoir accueillir aujourd'hui (**possibilité de compartimentage, utilisation multiple de l'espace**)
- quelles activités le bâtiment doit-il pouvoir accueillir dans le futur (**adaptabilité fonctionnelle, extensibilité/rétractabilité**)

Démontrez en plan et en coupe la faisabilité de ces scénarios pour les aspects énumérés ci-dessous. Suivez-les tout au long du projet.

Description des objectifs par le maître d'ouvrage:

Approche proposée par l'équipe de conception:



STRATÉGIES

1. VOLUMÉTRIE ET ORGANISATION SPATIALE DES FONCTIONS

stratégies

priorité (x)

application

réalisation (x)

1.1 L'**implantation et l'orientation des volumes bâtis** permettent une organisation spatiale logique des fonctions souhaitées pour chaque scénario d'utilisation

l'organisation spatiale des fonctions peut être testée sur base de:

- *zonage thermique : délimitation du volume protégé, implantation et regroupement des fonctions nécessitant de la chaleur/du froid*
- *l'accès à la lumière du jour: orientation, ratio entre la profondeur et la hauteur des pièces*
- *l'accès à l'air extérieur: possibilités de ventilation naturelle (sur une seule façade, transversale, en cheminée); restrictions en matière de qualité de l'air extérieur, de pression*

la surcapacité (espace excédentaire) est évitée dans tous les scénarios

+infos: [Dimensions du volume bâti](#)
[Dimensions des unités du bâtiment](#)

1.2 La **profondeur des volumes** permet une organisation spatiale logique des fonctions souhaitées pour chaque scénario d'utilisation

profondeur des bâtiments, profondeur des atriums, profondeur des pièces par rapport aux dimensions d'utilisation et l'apport de lumière naturelle

+infos: [Profondeur du volume bâti](#)
[Dimensions des bales par rapport à la lumière naturelle](#)
[Hauteur sous-plafond](#)

1.3 La **hauteur des étages** permet une organisation spatiale logique des fonctions souhaitées pour chaque scénario d'utilisation.

*hauteurs de plancher à plancher, hauteurs de plancher au plafond par rapport aux dimensions d'utilisation et l'apport de lumière naturelle
tenez également compte de l'espace nécessaire pour tout réseau d'installation futur résultant du changement de fonction*

+infos: [Hauteur sous-plafond](#)

GUIDE DE CONCEPTION RÉVERSIBLE

- Développé sur base du 'Reversible Building Guidelines' rédigé dans le projet BAMB
- Intégration dans guide bâtiment durable
- Compléter avec des exemples et cas d'étude
- Prestataire de service Redactiebureau Palindroom

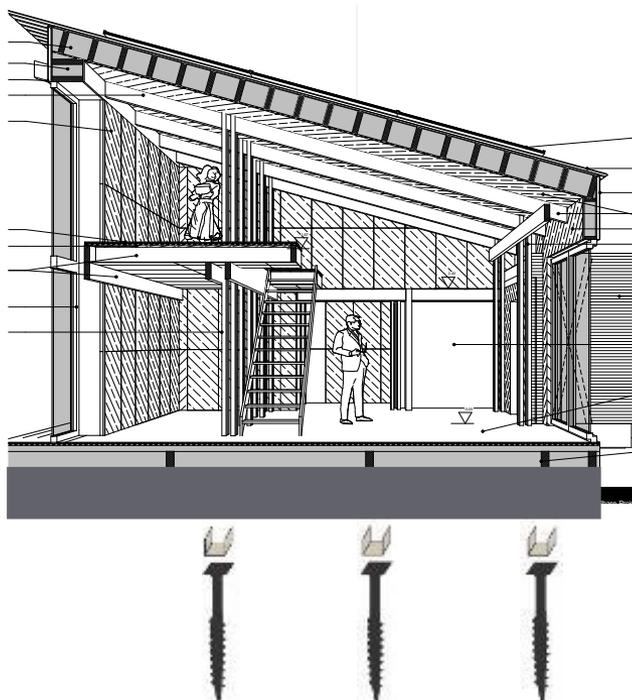


GUIDE DE CONCEPTION RÉVERSIBLE

- Guide d'aide à la conception qualitatif (rénovation et nouvelle construction)
- Public Cible: Maitre d'ouvrage et concepteurs
- Objectifs:
 - Présenter des pistes de solution pour une conception réversible (réversibilité spatiale et technique)
 - Définir et décrire les indicateurs de réversibilité spatiale et technique
 - Soutenir l'utilisation et la compréhension de la check-list
 - Illustrer les concepts et indicateurs avec des exemples et cas concret



BRIC

BIO-BASED
MATERIALRECYCLABLE
MATERIALRECYCLED
MATERIALRECLAIMED
MATERIAL

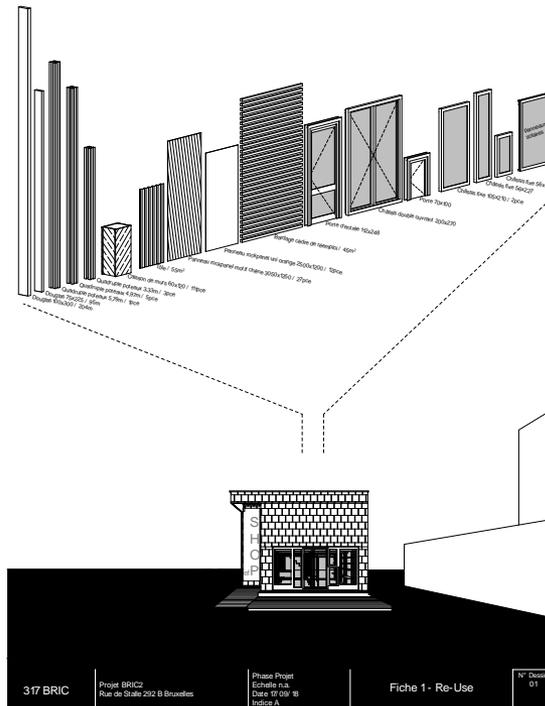
BRIC



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur – BAMB



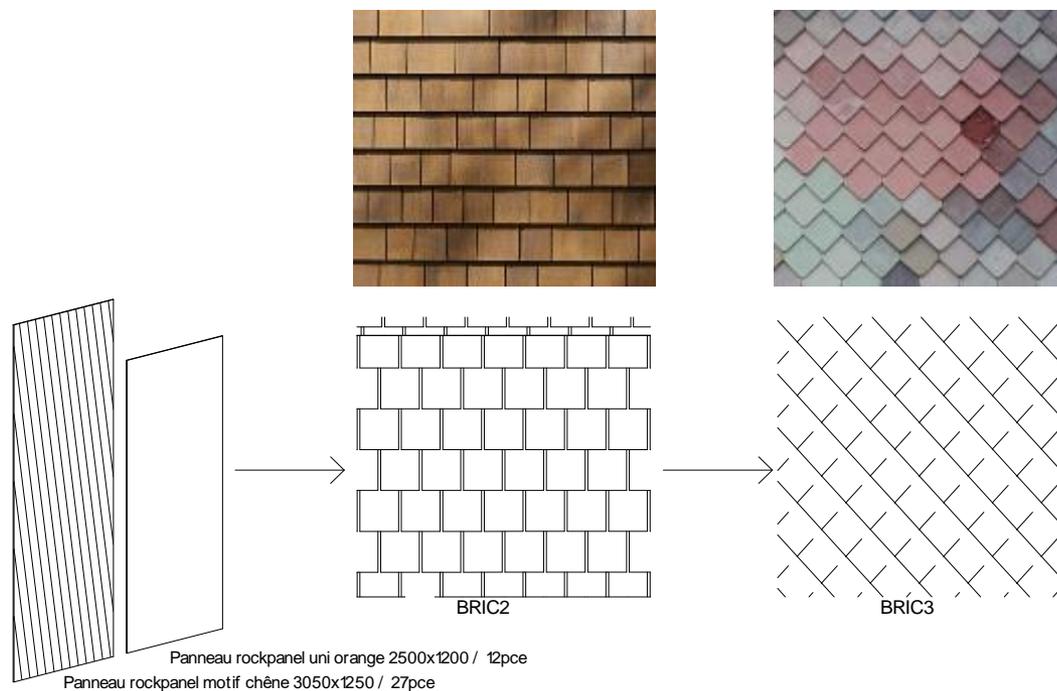
BRIC – DÉMONTAGE ET INVENTORISATION DES MATÉRIAUX



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur; Karbon – BAMB



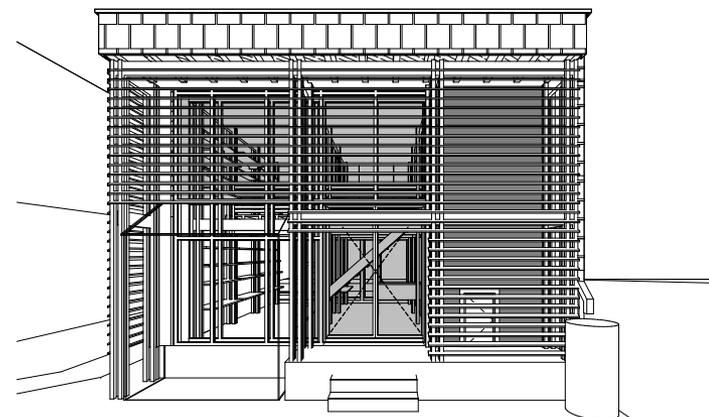
BRIC – REMANUFACTURATION PERMETTANT PLUS DE LIBERTÉ ARCHITECTURALE



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur – BAMB



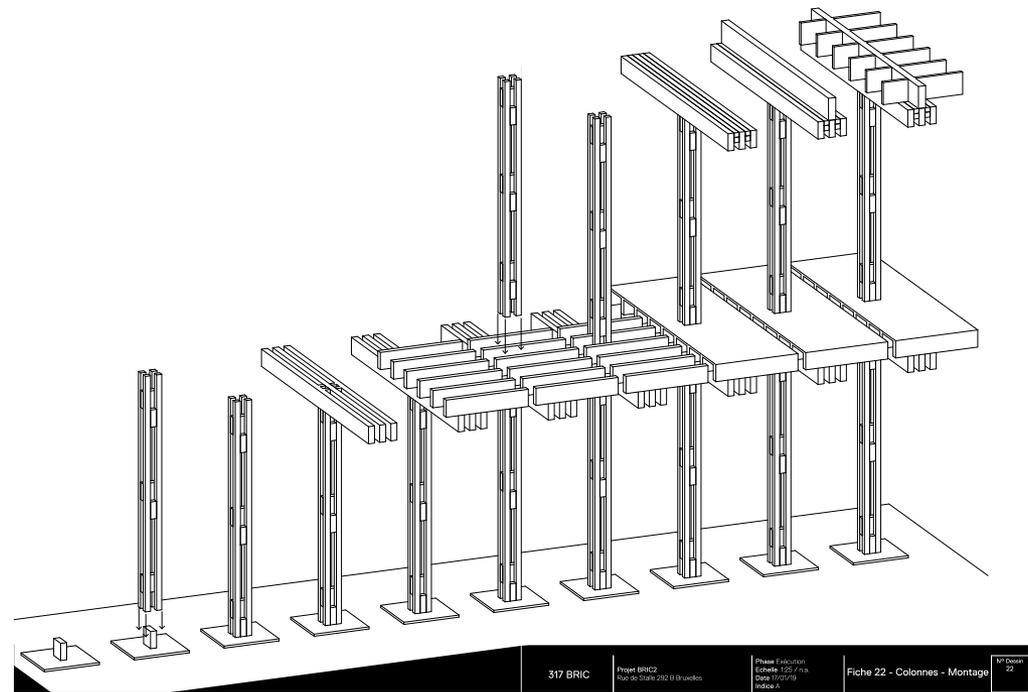
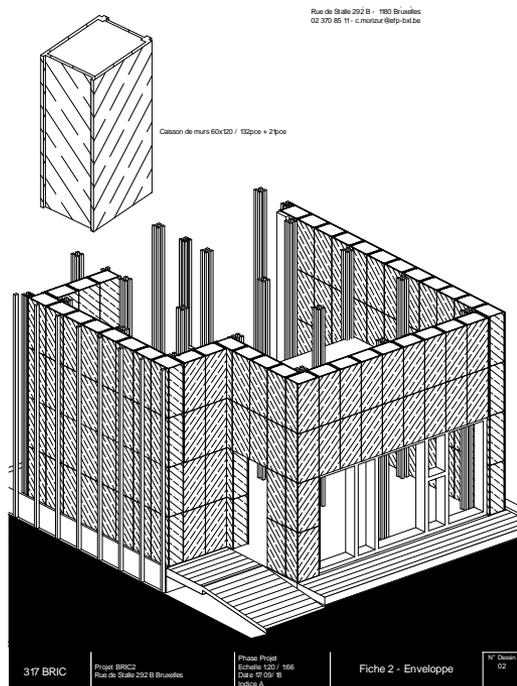
BRIC – INTÉGRATION REVERSIBLE DE MATÉRIAUX DE RÉEMPLOI



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur; Karbon – BAMB



BRIC II – RECONFIGURATION DES ÉLÉMENTS RÉVERSIBLES



Source: Bruxelles Environnement; Karbon – BAMB



BRIC II – ADAPTATION DES ÉLÉMENTS STRUCTURELS



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur; – BAMB

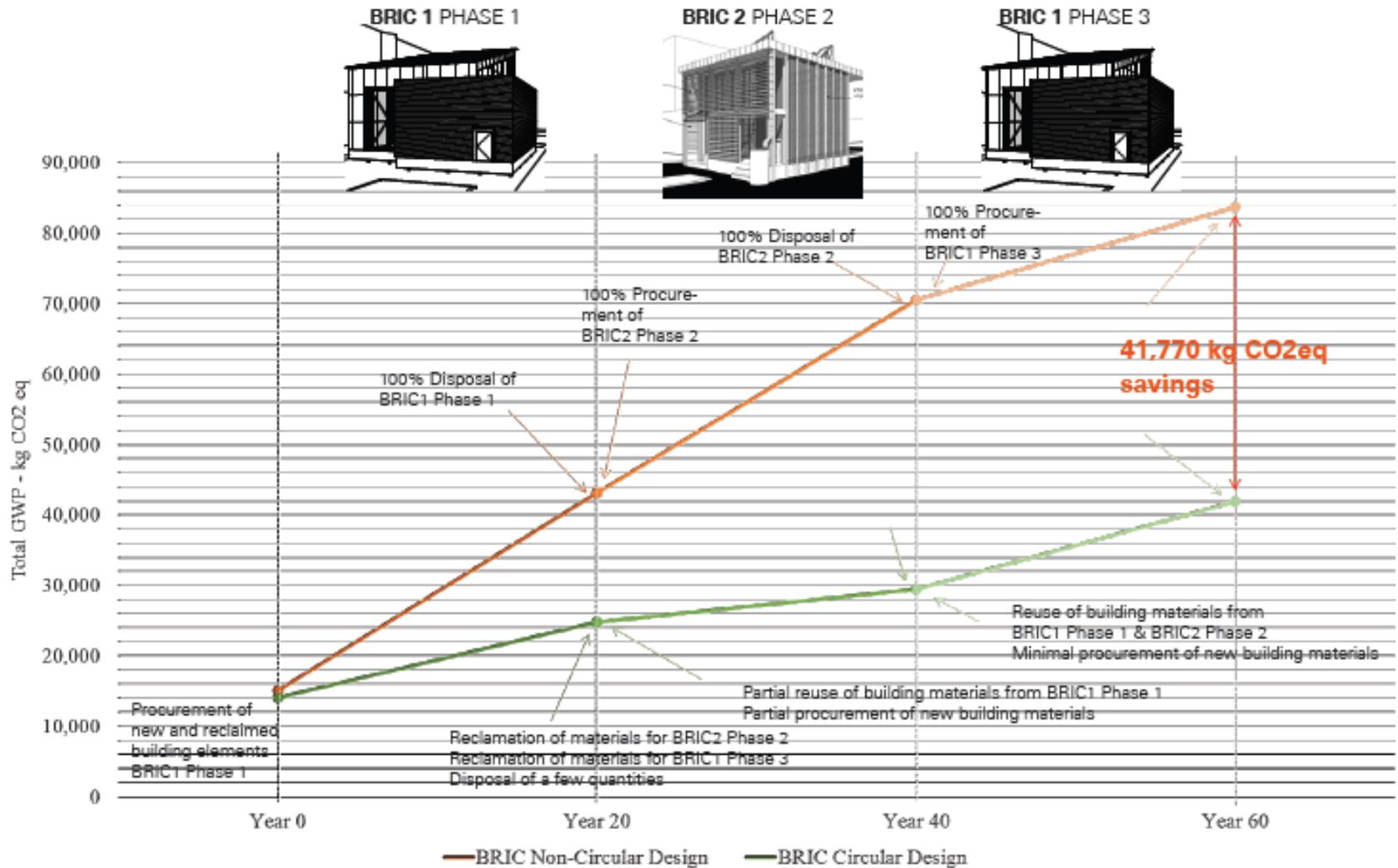


BRIC II



Source: Bruxelles Environnement; Caroline Morizur – BAMB

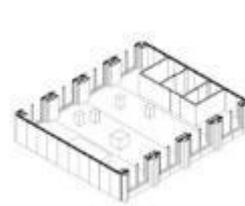


BRIC - IMPACT DE LA CONCEPTION REVERSIBLE SUR LA RÉDUCTION DES ÉMISSIONS CO₂ EQ

Source: BAMB



CIRCULAR RETROFIT LAB



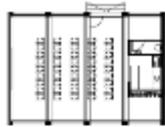
Dissemination Space – Lecture Café
Public



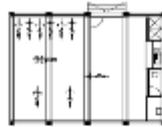
Eco Guesthouse
Residential



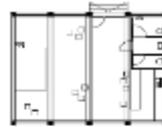
Temporary Plug-In Offices
Professional



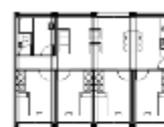
MATERIALS



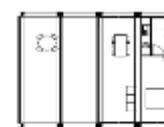
EXHIBITION 2/FLOOR



CONCRETE 2/FLOOR



VEGETABLE STUDENT KITCHEN



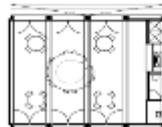
WALLPAPER



SMOKE + AIR / COMMON 3/FLOOR



MULTIFUNCTIONAL OPEN AIR BRIDGE



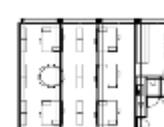
EXHIBITION 2/FLOOR



EXHIBITION 1/FLOOR



APPROXIMATE 1/FLOOR 2/2



MANUFACTURING OFFICE

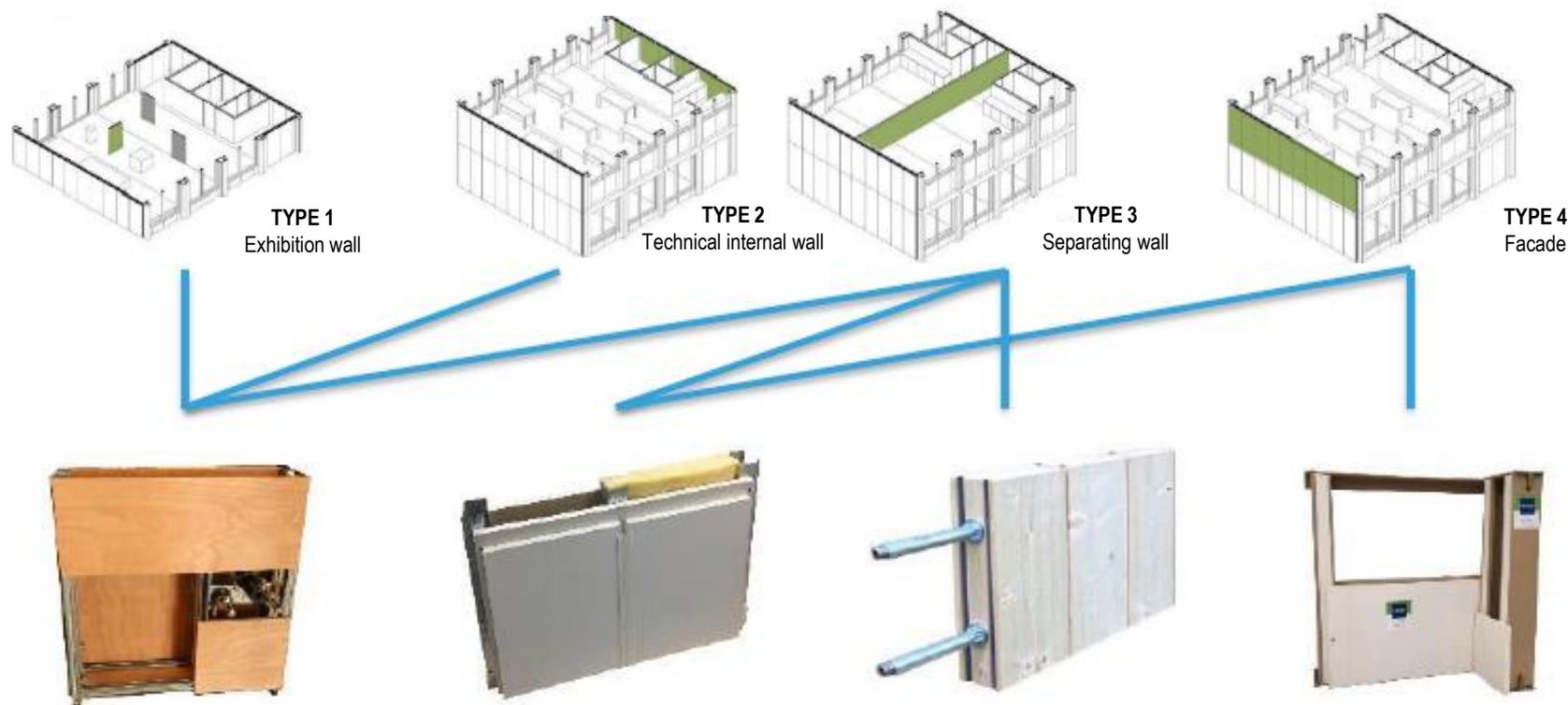


3 1/2 HOURS STUDIOS

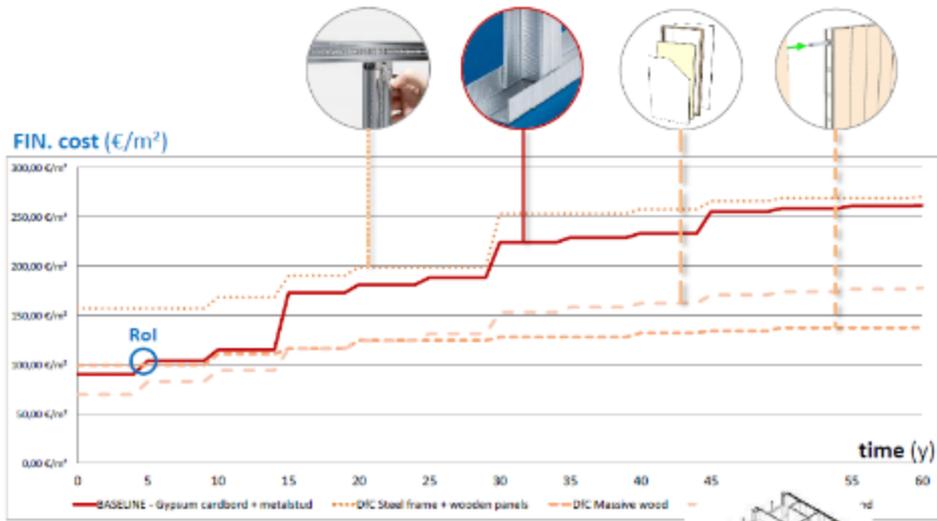
Circular Retrofit Lab – Vrije Universiteit Brussel



CIRULAR RETROFIT LAB

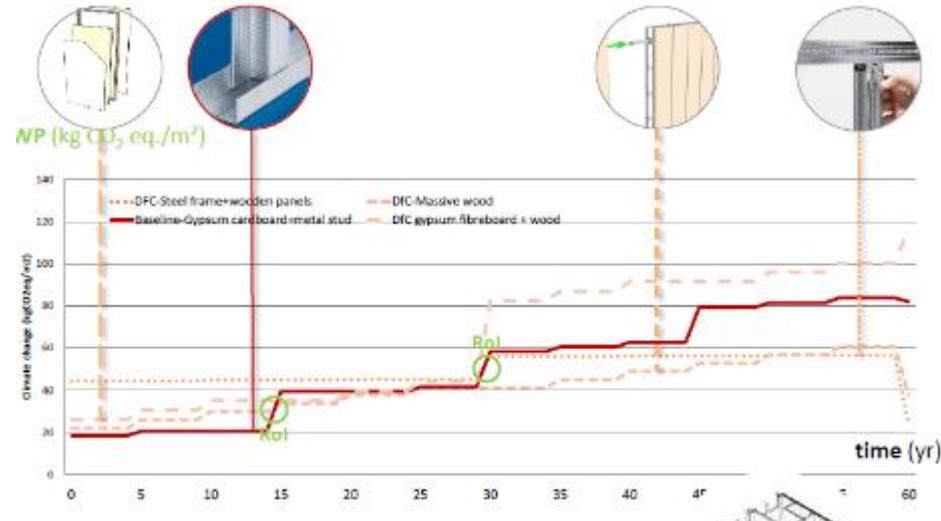
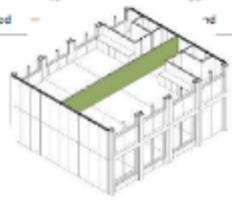


CIRCULAR RETROFIT LAB – EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET FINANCIER



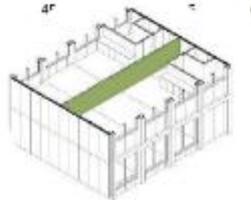
separating wall between dwelling units

Paduart & Debacker, Circulair Bouwen (2018)

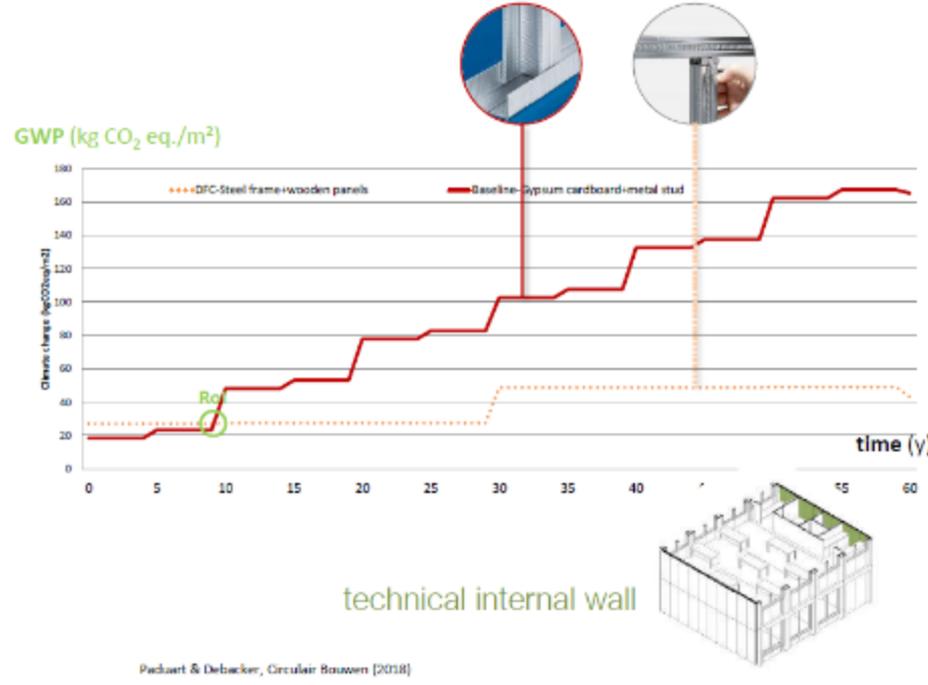
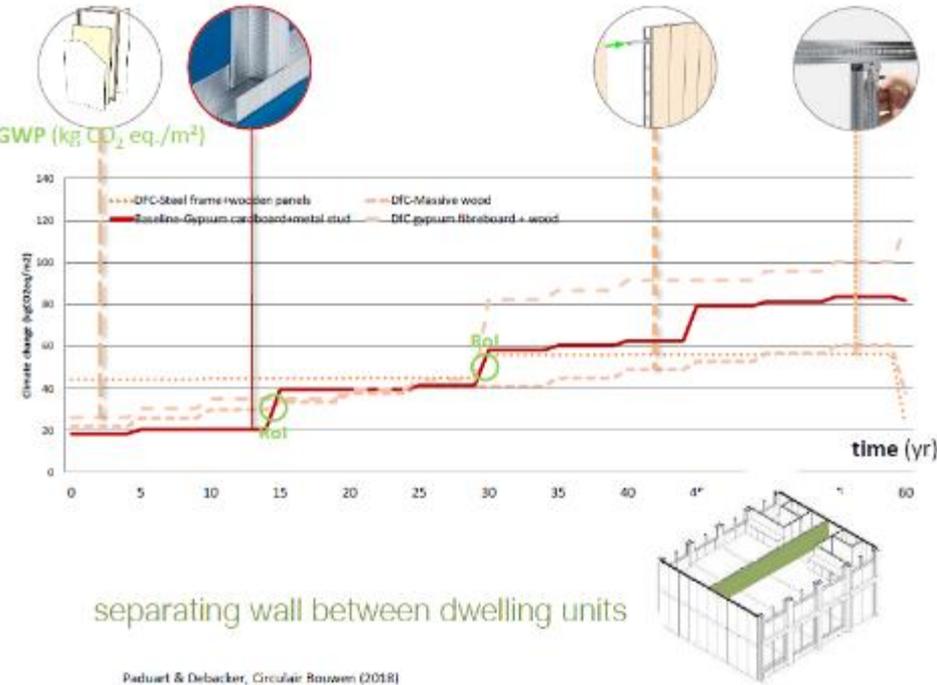


separating wall between dwelling units

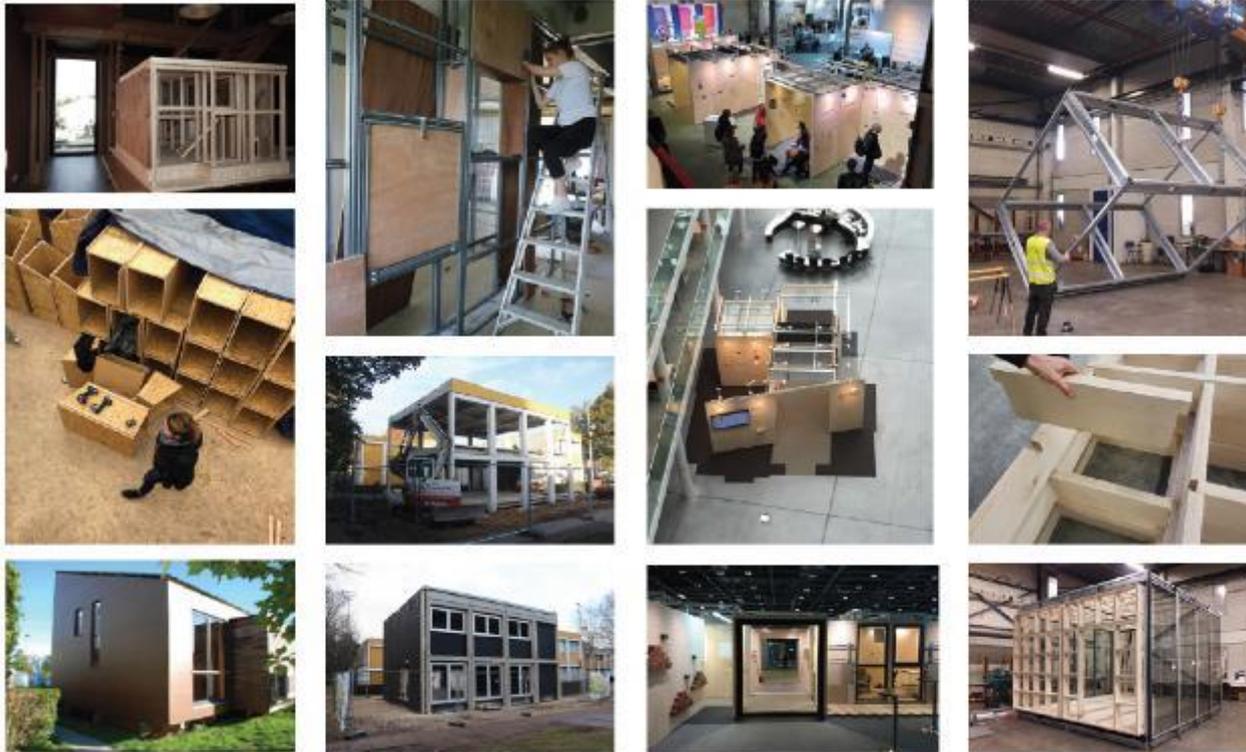
Paduart & Debacker, Circulair Bouwen (2018)



CIRCULAR RETROFIT LAB – EVALUATION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL



Réduction
de
75 à 90%
de la
production
des déchets



Réduction
jusqu'à 50%
des
émissions
de GES !

Source: BAMB





- *Différents concepts et théories doivent être appliqués pour réaliser une transition vers une économie circulaire*
- *Il est important de maintenir la valeurs des matériaux, produits et bâtiments la plus élevée possible le plus longtemps possible*
- *Pour cela il est essentiel de :*
 - *valoriser l'existant et intégrer le réemploi dans la conception et la pratique de construction*
 - *Bilan matière*
 - *Inventaire*
 - *Concevoir afin d'augmenter le potentiel de valorisation et réemploi dans le future de par une conception réversible (réversibilité spatiale et technique)*
 - *Check-list de conception réversible*
 - *Guide de conception réversible*



Sites internet



- ▶ Guide bâtiment durable
[Dossier | Construire réversible et circulaire](#)
[Dossier | Réemploi](#)
- ▶ TOTEM
Tool to Optimise the Total Environmental impact of Materials
<https://www.totem-building.be/>
- ▶ Bruxelles en transition vers une économie circulaire
<https://www.circulareconomy.brussels/>
- ▶ Plateforme Opalis
<https://opalis.eu/fr/documentation>
- ▶ Projet BAMB
Buildings As Material Banks
<http://www.bamb2020.eu>
- ▶ Projet BBSM
Bâti Bruxellois comme Source de nouveau Matériaux
<https://www.bbsm.brussels/fr/accueil/>
- ▶ Projet Interreg NWE FCRBE
Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements
<http://www.nweurope.eu/fcrbe>



Caroline HENROTAY

Gestionnaire de projet
Bruxelles Environnement

☎ + 32 2 775 79 44

✉ chenrotay@environnement.brussels



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

