

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

ECONOMIE CIRCULAIRE :
RÉEMPLOI

AUTOMNE 2022

Concevoir en intégrant la pensée « Cycle de vie »
(« Life Cycle Thinking » & « Life Cycle Design »)

Liesbet TEMMERMAN
CERAA



Plan de l'exposé

1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1. Du raisonnement linéaire « berceau à la tombe » vers « boucler la boucle »
2. Recycler... ou re-cycler
3. Avantages environnementaux du réemploi

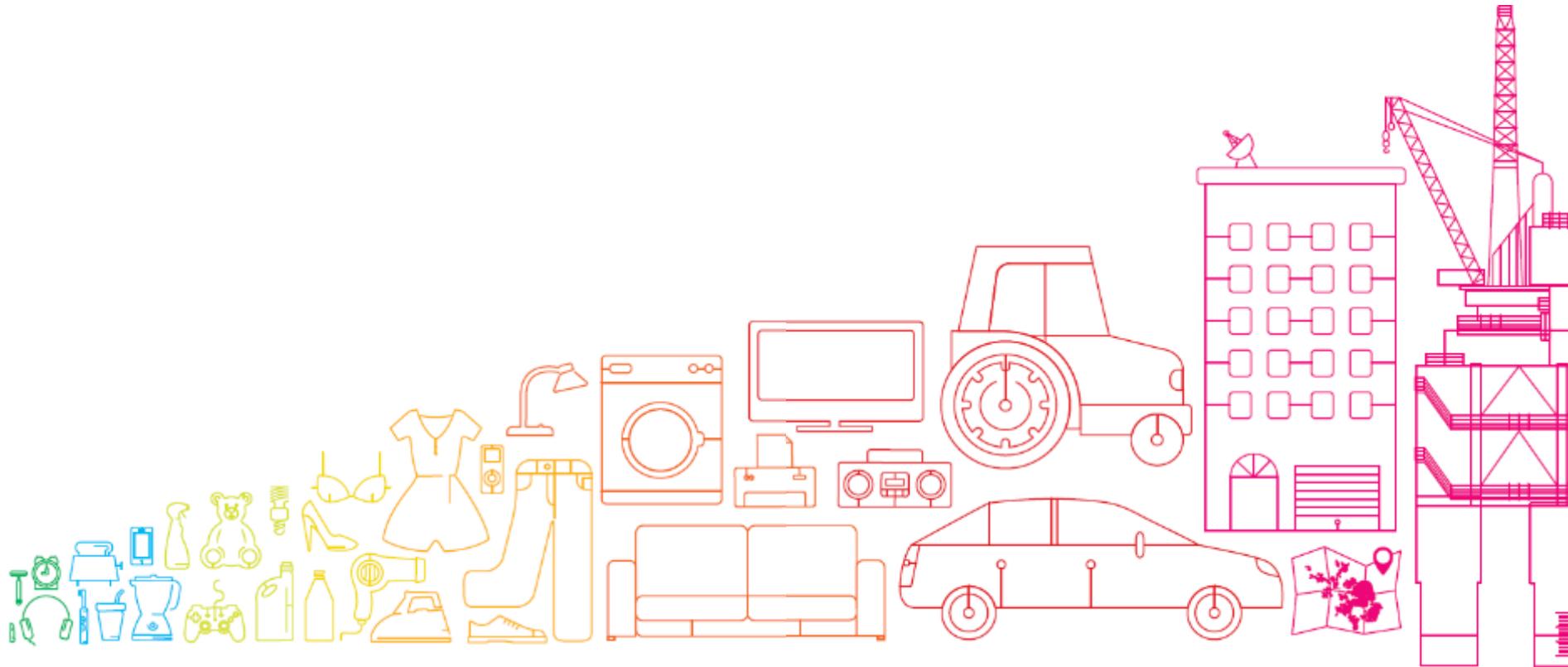
2. Concevoir « Cycle de Vie » (**Life Cycle Design**)

1. Intégrer la notion de hiérarchie constructive
2. Permettre le démontage / désassemblage
3. Rendre possible plusieurs cycles de la matière
4. Envisager la modularité
5. Concevoir adaptable et non statique

Annexe: Checklist « Design for Deconstruction »



1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)



Source: « *Designing for a circular economy: Lessons from The Great Recovery 2012 – 2016* », RSA Innovate UK – <http://www.greatrecovery.org.uk>

1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

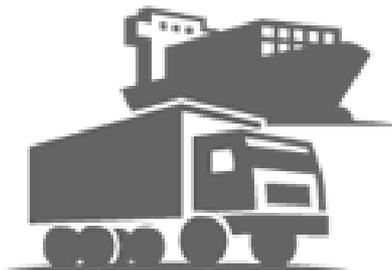
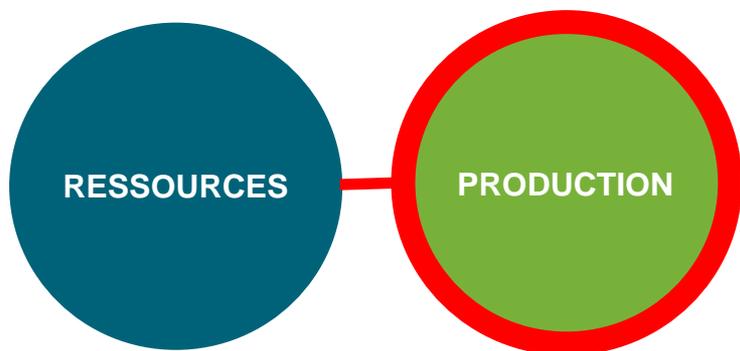
1.1 Du raisonnement linéaire « berceau à la tombe »...

RESSOURCES



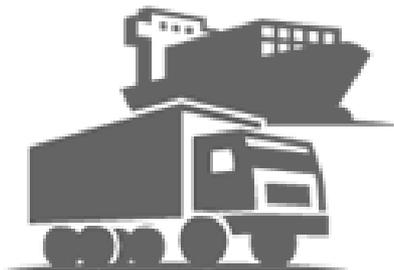
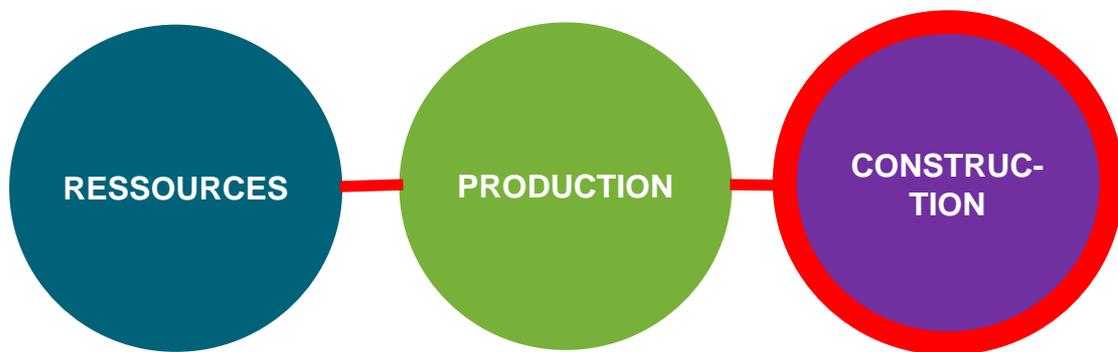
1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.1 Du raisonnement linéaire « berceau à la tombe »...



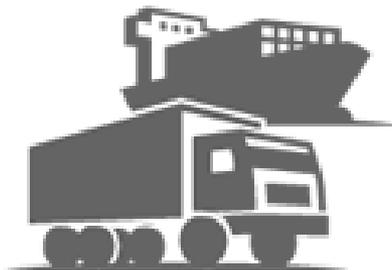
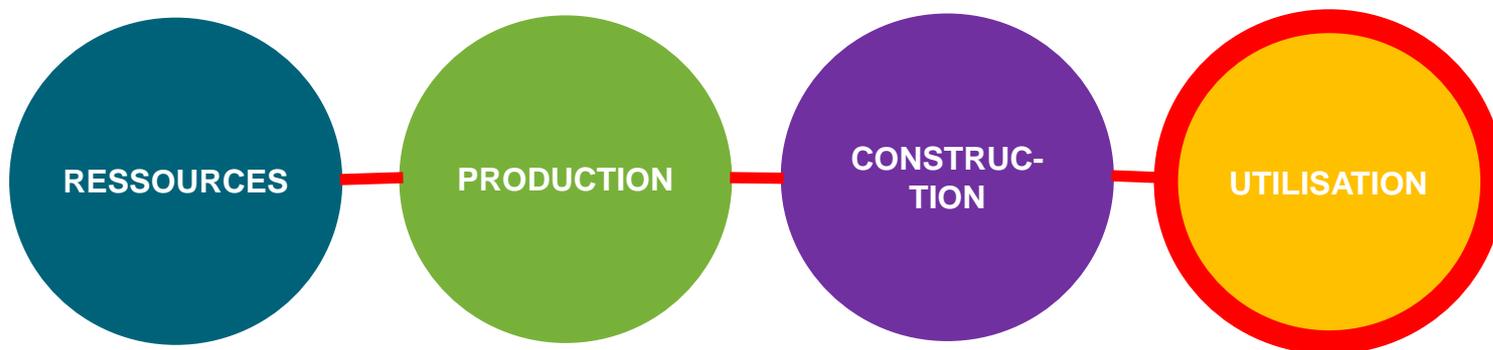
1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.1 Du raisonnement linéaire « berceau à la tombe »...



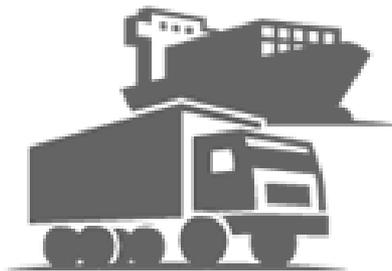
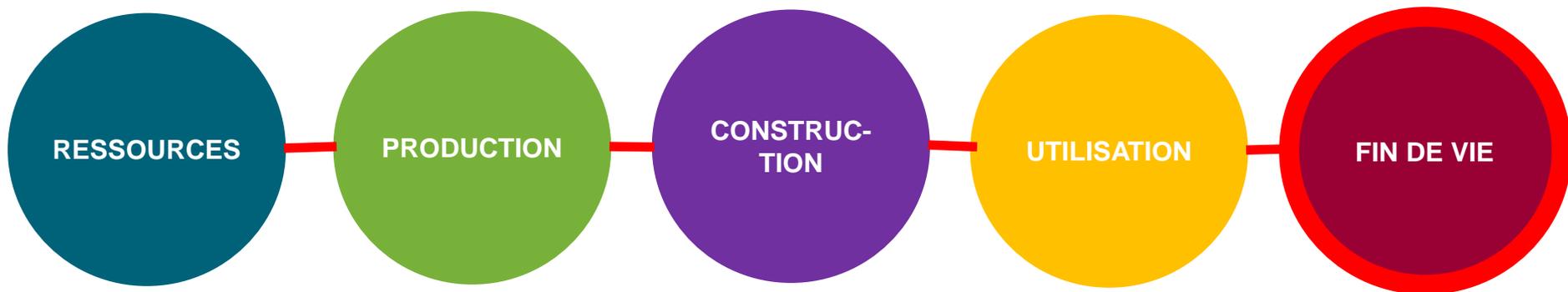
1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.1 Du raisonnement linéaire « berceau à la tombe »...



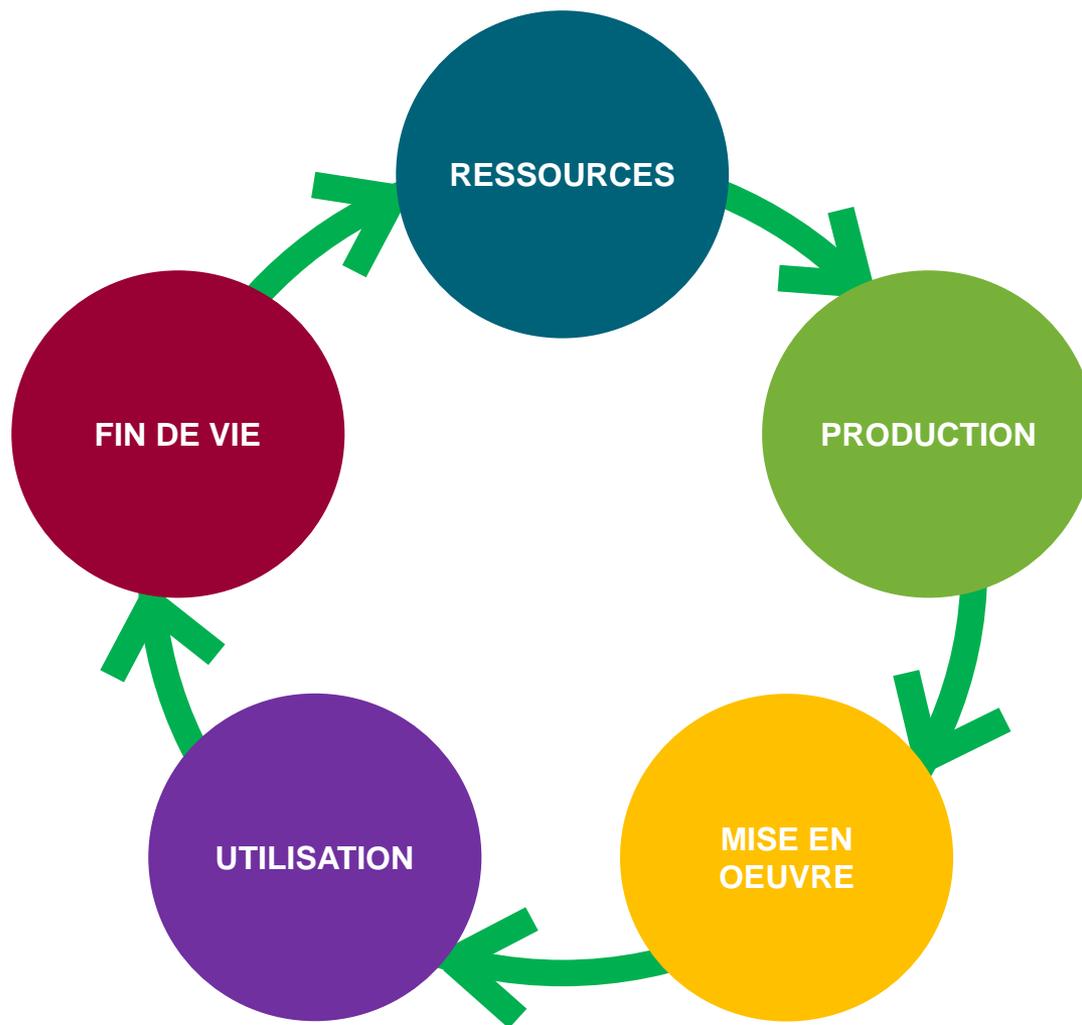
1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.1 Du raisonnement linéaire « berceau à la tombe »...



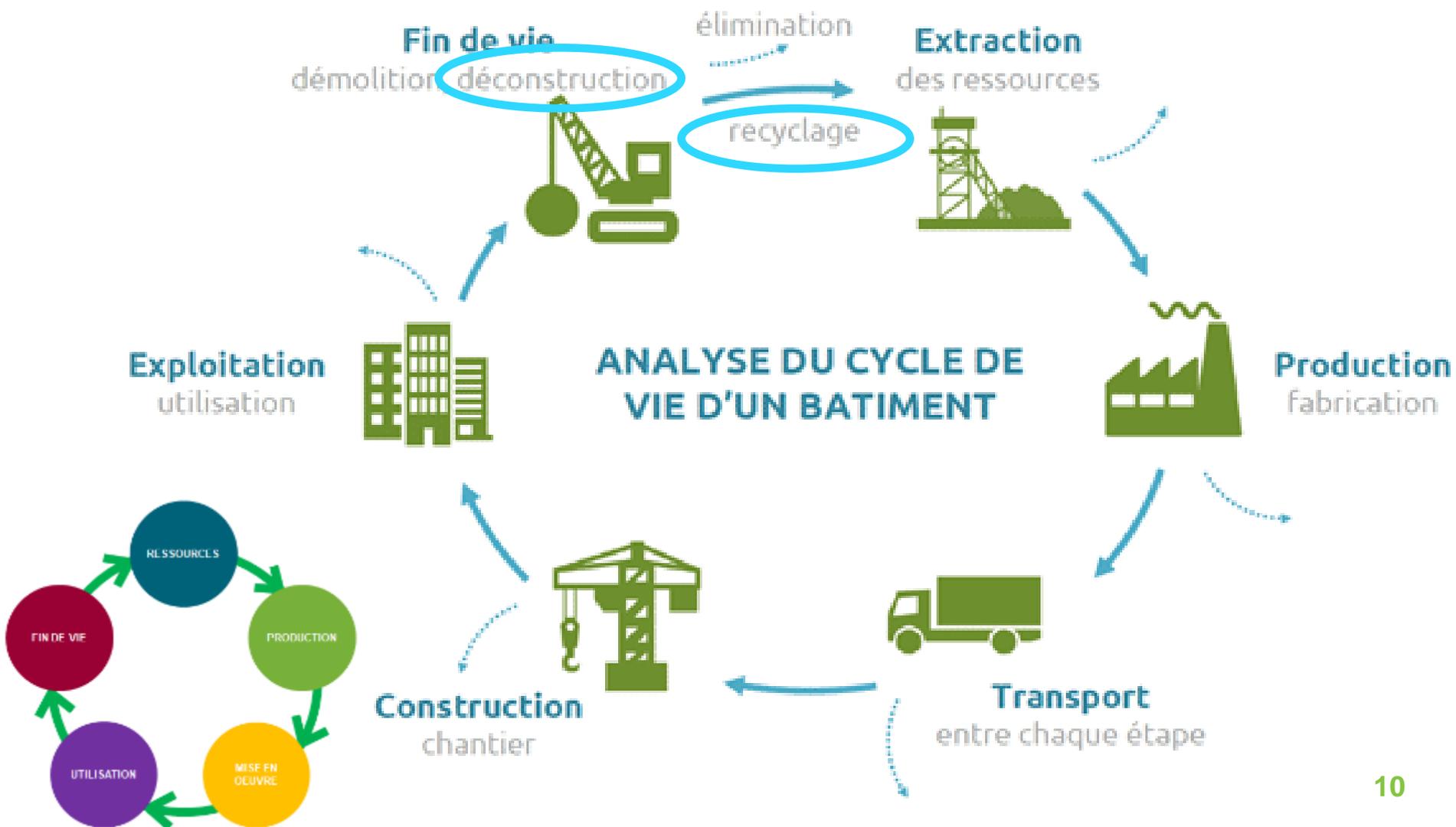
1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.1 ... vers « boucler la boucle »



1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

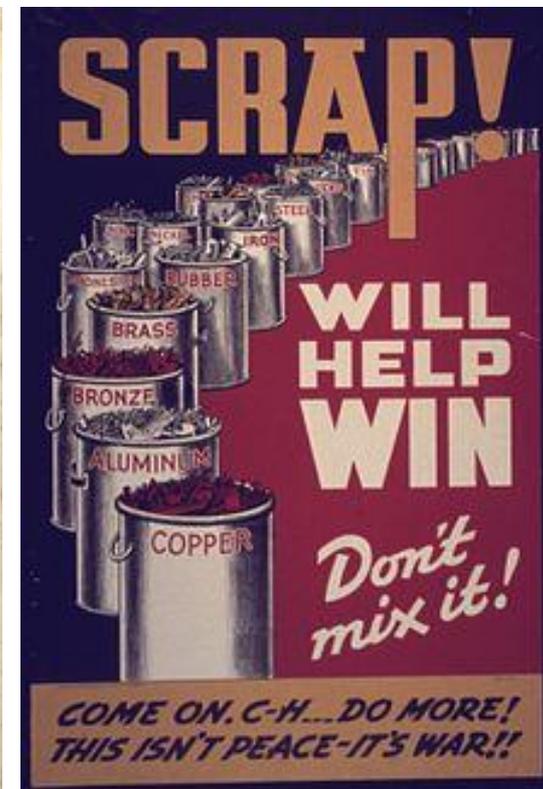
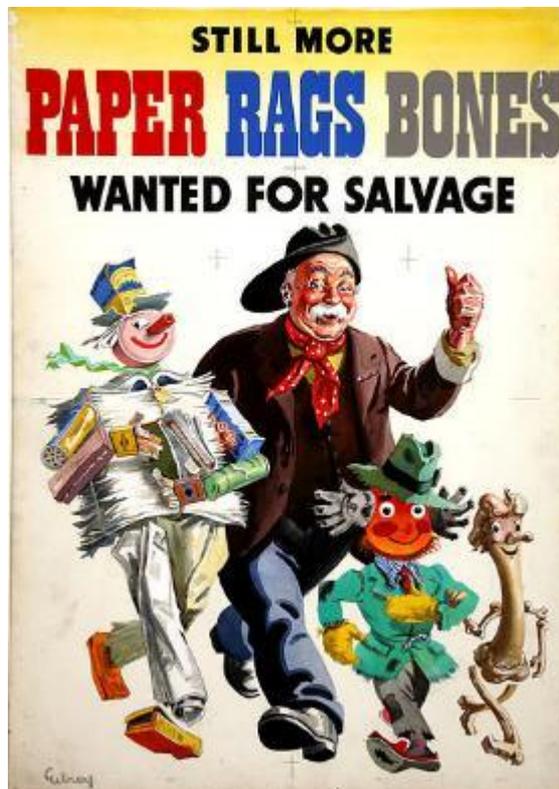
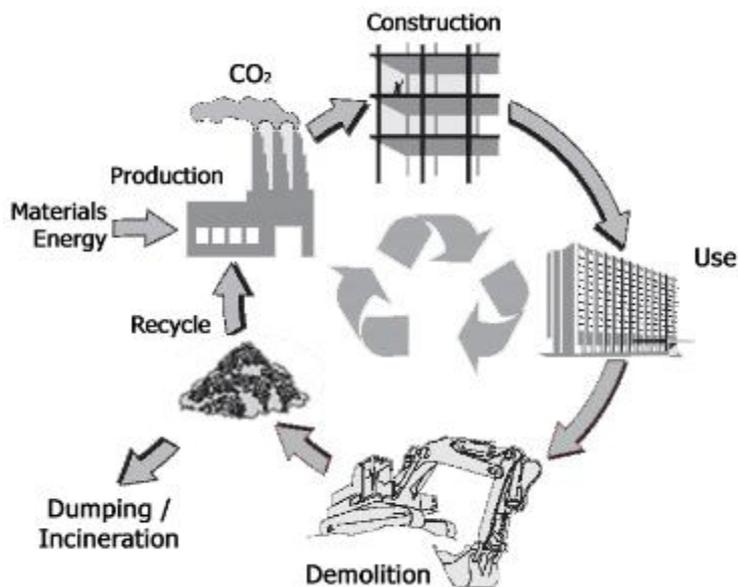
1.2 Recycler...



1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.2 Recycler...

Petite histoire du recyclage:



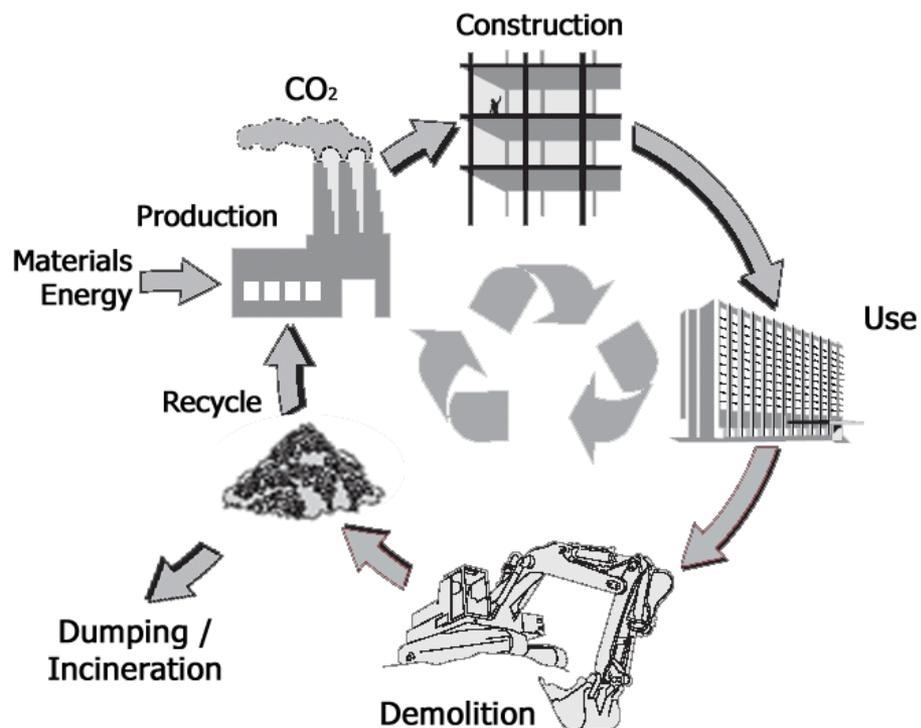
Affiches de promotion de la collecte de déchets, 2^e guerre mondiale



... une question de disponibilité / accessibilité (matérielle, financière) de **ressources**

1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.2 Recycler...



- ❖ Croissance exponentielle à partir des **années 1970** (pics du prix du pétrole).
- ❖ En 2014, l'Union Européenne accueillait sur son territoire environ **50% des centres de tri et de recyclage** au niveau mondial. Ce secteur représente plus de 60.000 entreprises, 500.000 travailleurs et un chiffre d'affaires de 24 milliards d'euros.
- ❖ L'objectif européen: atteindre un **taux de recyclage d'au moins 50%**. Actuellement, la moyenne est de 39%.



1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.2 Recycler... ou re-cycler

Directive 2008/98/EC on waste (*Waste Framework Directive*)

“sets the basic concepts and definitions related to waste management, such as **definitions of waste, recycling, recovery.** (...)”

The Directive lays down some **basic waste management principles**: it requires that waste be managed without endangering human health and harming the environment, and in particular without risk to water, air, soil, plants or animals, without causing a nuisance through noise or odours, and without adversely affecting the countryside or places of special interest.

Waste legislation and policy of the EU Member States shall apply as a priority order the following **waste management hierarchy**:"



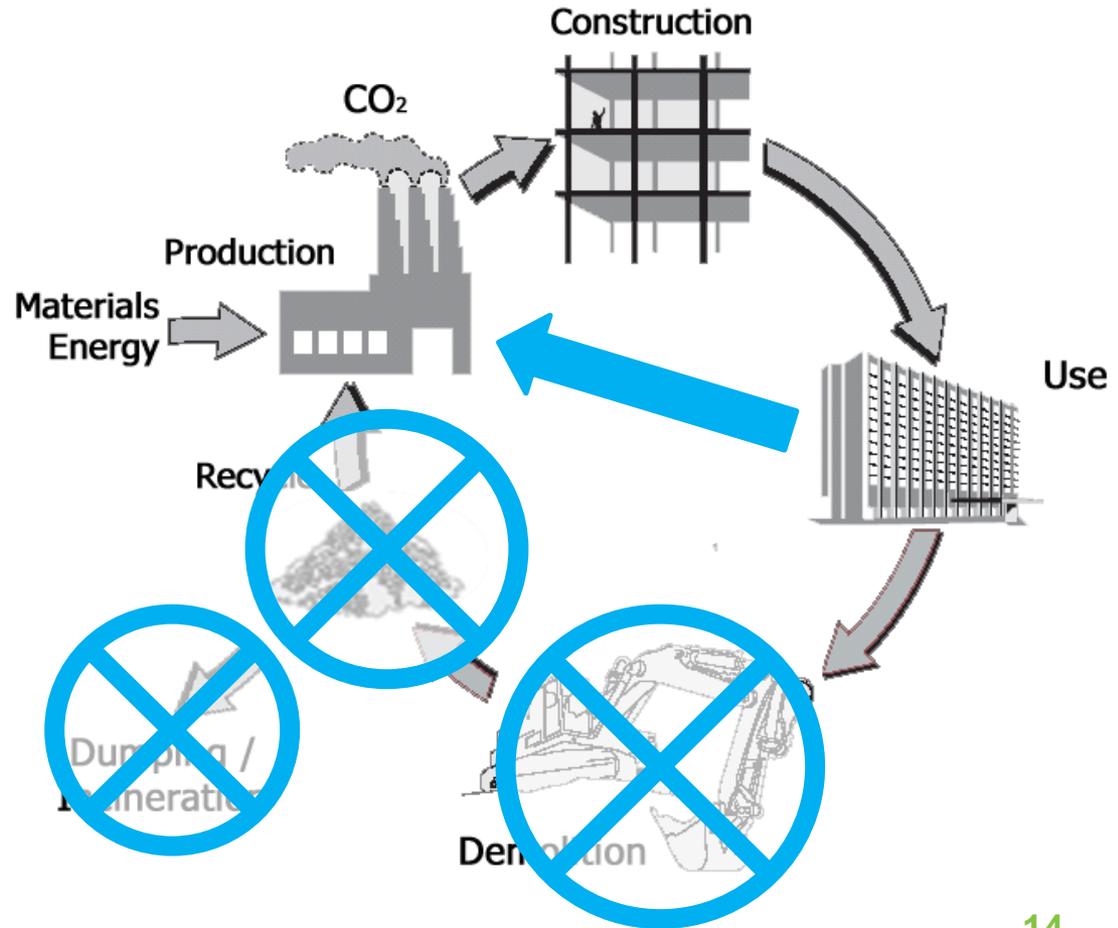
1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.2 Recycler... ou re-cycler

Design for Deconstruction



MATERIAUX / PRODUITS

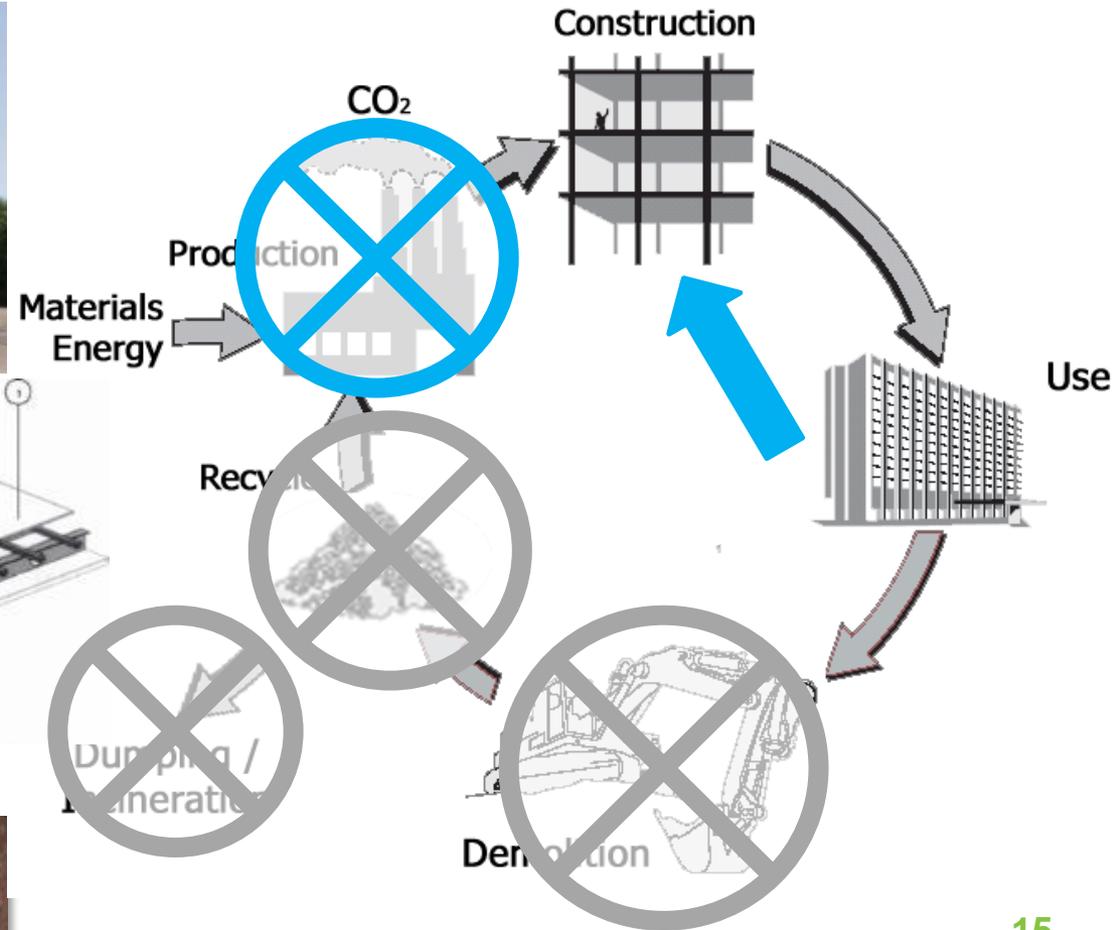
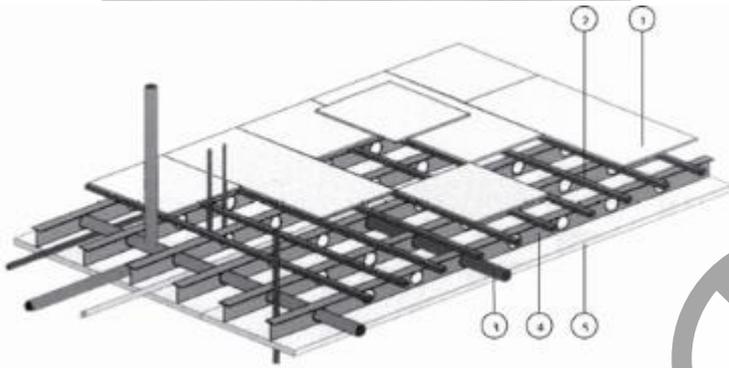


1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.2 Recycler... ou re-cycler

Design for Dissassembly

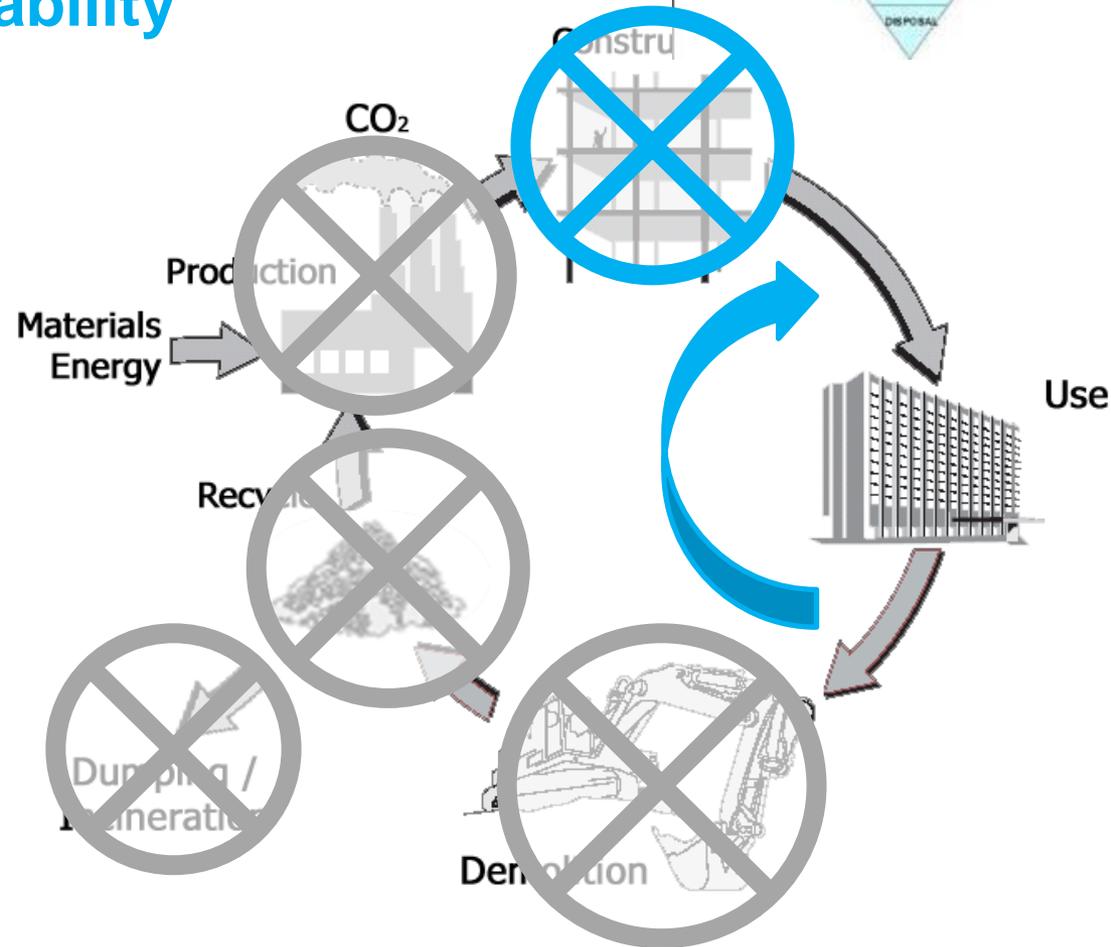
MATERIAUX / PRODUITS /
COMPOSANTES



1. Penser « Cycle de Vie » (Life Cycle Thinking)

1.2 Recycler... ou re-cycler

Design for Adaptability



BÂTIMENTS



1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.2 Recycler... ou re-cycler

En termes d'utilisation judicieuse de la matière, la rénovation présente l'avantage que les **potentiels de récupération** (du bâtiment, de ses composantes et des matériaux qui s'y trouvent) sont élevés et permet, **à condition que le bâtiment convienne au projet qu'on projette d'y inscrire**, de limiter les flux de matière appelés.

Travaux ayant fait l'objet d'une demande de permis d'urbanisme entre 2002 et 2012						
	Résidentiel			Non résidentiel		
	Neuf	Rénovation	% des PU introduits	Neuf	Rénovation	% des PU introduits
En Belgique	49,05%	50,95%	84,20%	43,74%	56,26%	15,80%
En RBC	18,96%	81,04%	88,67%	20,77%	79,23%	11,33%

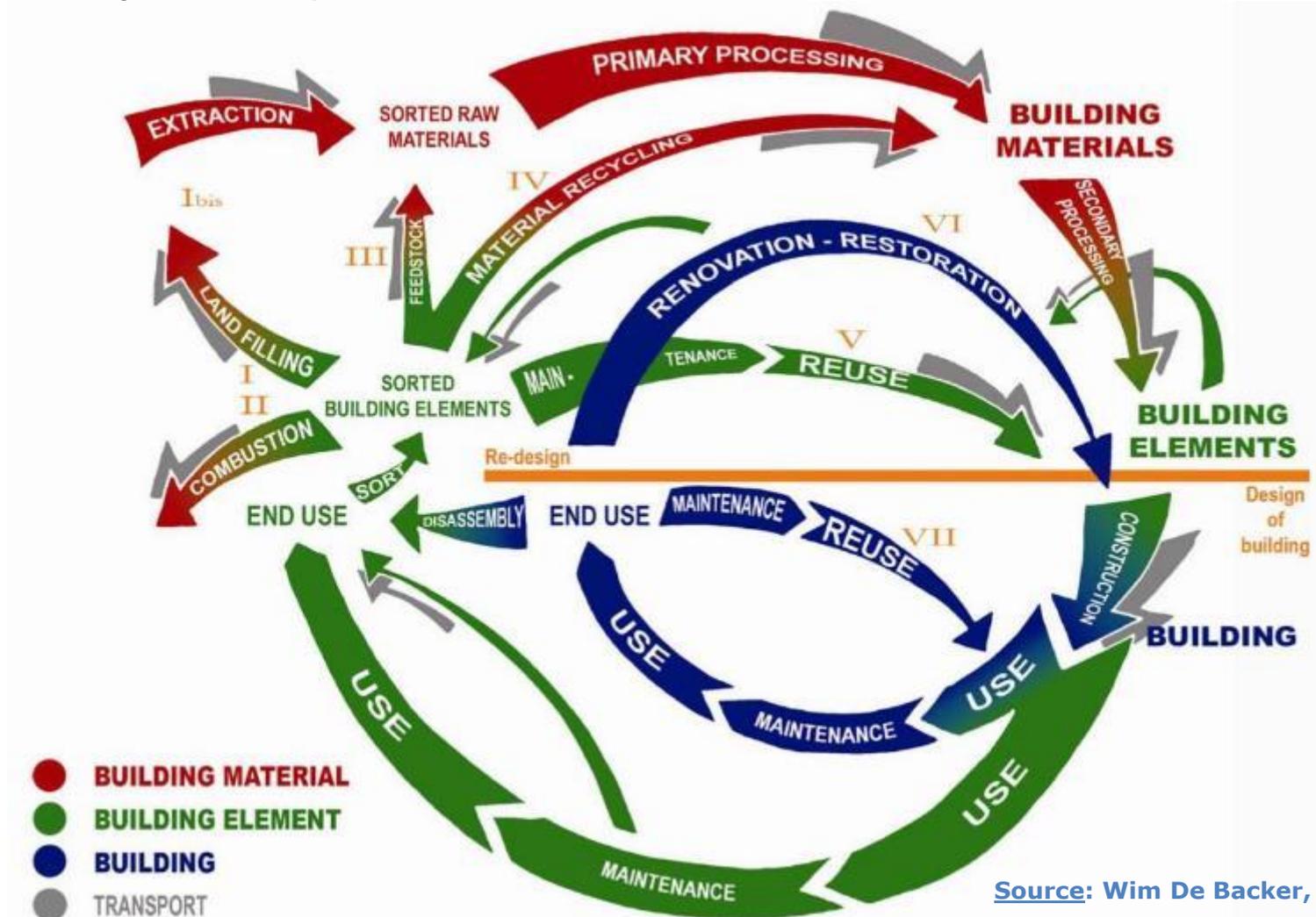
Source: SPF Economie



1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.2 Recycler... ou re-cycler

Il n'y a donc pas UNE « boucle de la matière », mais :

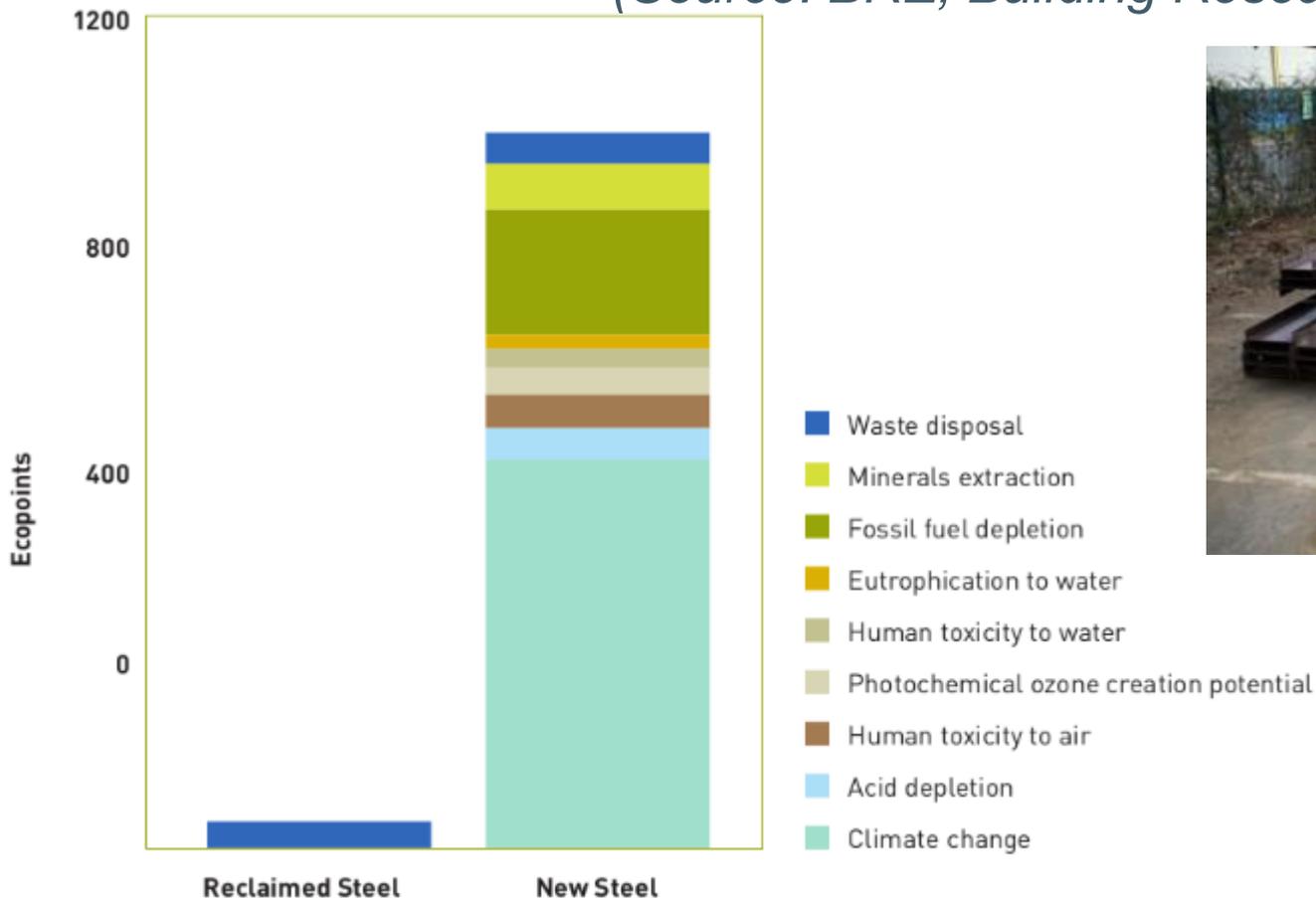


1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.3 Avantages environnementaux du réemploi

Calcul d'incidence environnementale comparant l'impact de la production de profils en acier neufs (cont. 60% de matière recyclée) avec celui de la récupération et du réemploi de profils en acier

(Source: BRE, Building Research Establishment, UK)



1. Penser « Cycle de Vie » (*Life Cycle Thinking*)

1.3 Avantages environnementaux du réemploi

Exemple:

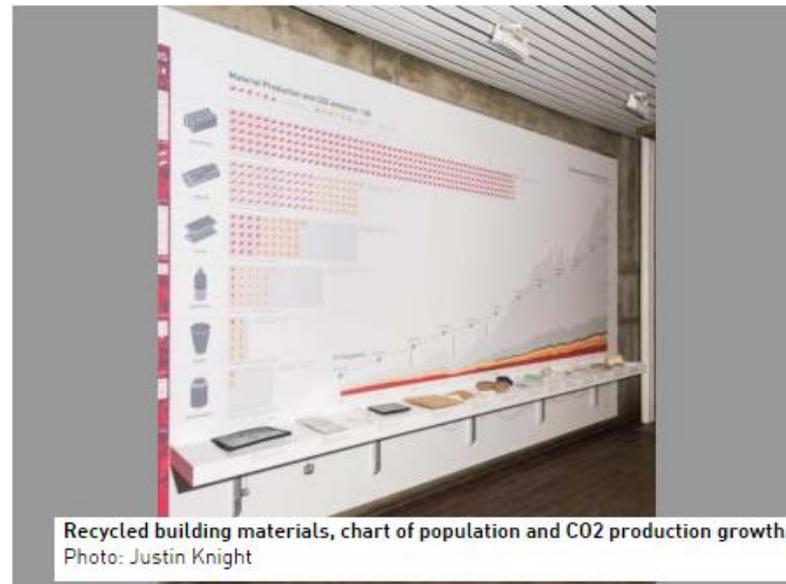
La structure en acier du projet BedZed (Royaume-Uni, 2002) est constituée de **98 tonnes de profils métalliques structurels de réemploi (95% du total)**.



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

Pour qu'un matériau / produit de construction, un(e) (composante de bâtiment) puisse être réutilisé(e), il est indispensable d'intégrer les bases du **Life Cycle Design**. Si un matériau est réemployé, ce réemploi est avant tout rendu possible par le fait que le matériau / produit peut être **désassemblé / déconstruit / démonté en amont de son réemploi**. Permettre ce désassemblage / démontage = permettre le réemploi. Il faut donc **en tenir compte dès l'esquisse du projet de rénovation / nouvelle construction**.

Life Cycle Design



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

Les principes de base

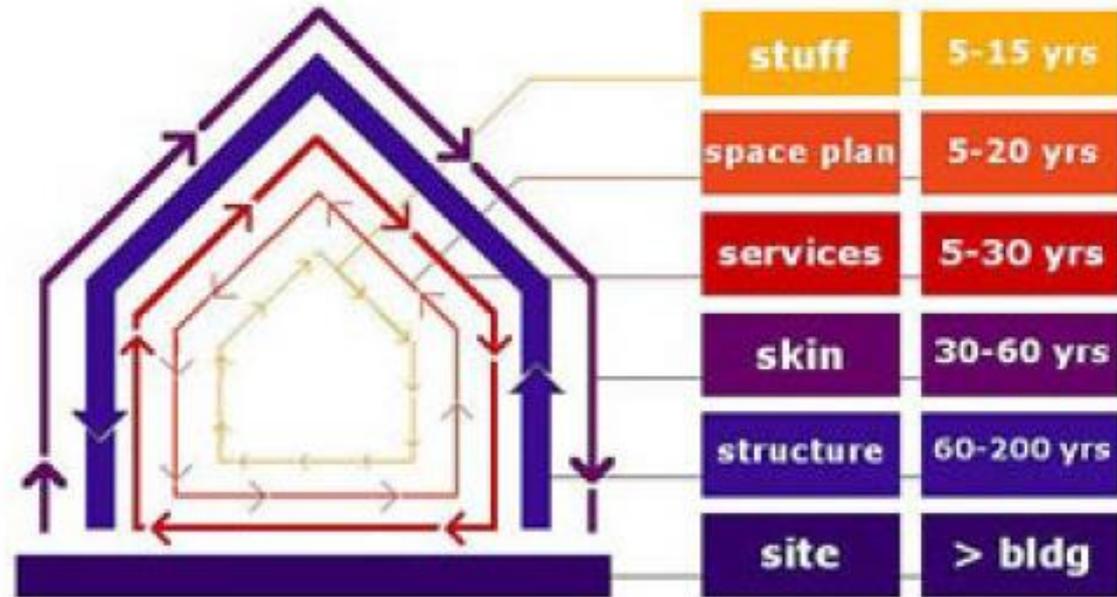
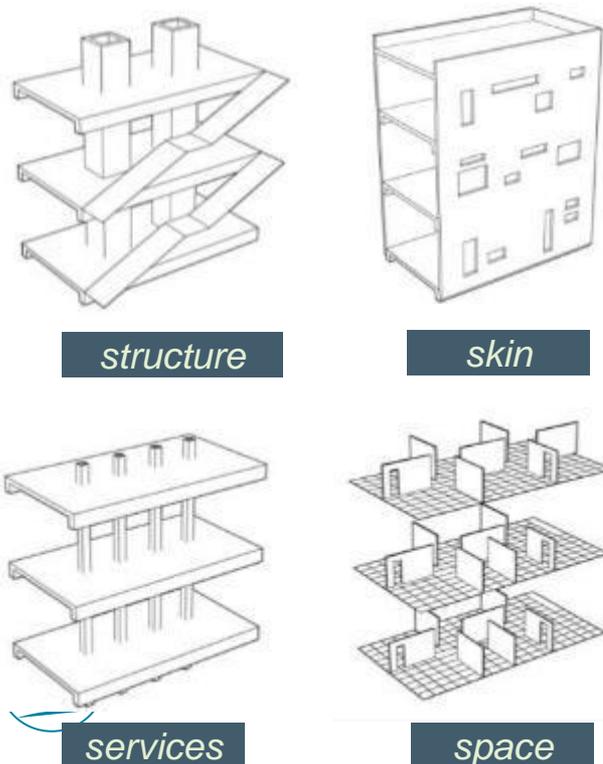
- ❖ Concevoir des bâtiments **adaptables**: permettre différents types d'occupation / utilisation du point de vue plan, coupe et structure;
- ❖ Prendre en compte les différentes “**couches de durabilité**” présentes dans un bâtiment, et leur **durée de vie** respective;
- ❖ Permettre un **accès aisé** à toutes les composantes afin d'en faciliter la **réparation, le remplacement, la déconstruction**;
- ❖ Mettre en oeuvre des **systèmes d'assemblage / fixation simples et réversibles**. Opter pour des connexions indépendantes.
- ❖ Choisir des **éléments et produits réutilisables**. Eviter d'utiliser des adhésifs, résines, couches de finition empêchant réutilisation/recyclage;
- ❖ Porter une attention particulière à l'**usure prévisionnelle des matériaux et composantes**, et prévoir la possibilité d'entretenir et remplacer ces éléments indépendamment les uns des autres.



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.1 Intégrer la notion de hiérarchie constructive

Bien qu'un bâtiment soit livré, à la fin des travaux, comme un ensemble, ses **composantes** n'ont pas toutes la même **durée de vie**.



Les couches de durabilité d'un bâtiment.
Source: « How buildings learn », Stewart Brand, 1994

2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.2 Permettre le démontage / désassemblage

L'**ordre d'agencement** des éléments et les **modes de fixation** sont déterminants.

NON ou difficilement REVERSIBLE	REVERSIBLE ou moins difficilement réversible
Ancrage chimique, soudage	Assemblage mécanique (vis, boulons,...), emboitement
Collage	Clouage, pose flottante
Matériaux coulés in situ	Éléments préfabriqués assemblés
Mortier-colle	Mortier à base de ciment, à base de chaux
Revêtements continus	Revêtements modulaires
...	...

! Certains types de colle et mortier permettent néanmoins une réversibilité de la connexion !

La connexion doit être ACCESSIBLE.



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.2 Permettre le démontage / désassemblage

Connexion	Avantages	Inconvénients
Vis	Facilement démontable (à condition qu'elles soient repérables)	<ul style="list-style-type: none">• Réutilisation limitée (vis + trous)• Coût
Boulon	<ul style="list-style-type: none">• Résistance aux forces• Réutilisable plusieurs fois	<ul style="list-style-type: none">• Peut se gripper / bloquer• Coût
Clou	<ul style="list-style-type: none">• Rapidité mise en œuvre• Coût	<ul style="list-style-type: none">• Difficile à enlever• Dégâts lors de l'enlèvement
Mortier	Composition possible en différents niveaux de résistance	<ul style="list-style-type: none">• Difficilement réutilisable (sauf à base d'argile)• Résistance aux forces couramment trop élevée (d'où difficulté de séparer les couches)
Résine	<ul style="list-style-type: none">• Résistance aux forces• Convient aux joints irréguliers	<ul style="list-style-type: none">• Quasi impossible de séparer les couches liées• (Très) difficile à recycler ou réutiliser
Adhésif	Disponible en différents niveaux de résistance aux forces	Dégâts lors de l'enlèvement

2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.2 Permettre le démontage / désassemblage

Les méthodes de fixation mécaniques favorisent le démontage, permettent une séparation en fractions nettes et favorisent le réemploi.

Posez-vous la question:

« La technique de construction, de pose que j'envisage, permet-elle à terme :

- *que le matériau, l'élément soit démonté sans dommages aux éléments voisins, aux autres matériaux en présence?*
- *de procéder au démontage / désassemblage sans que d'autres éléments doivent être démontés / désassemblés »*



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.2 Permettre le démontage / désassemblage

Exemple: Projet XX, Delft

- ❖ L'approche conceptuelle intègre la temporalité du bâtiment
- ❖ Après cette période, des travaux de rénovation auront lieu.
- ❖ Matériaux et éléments choisis afin de limiter au maximum leur impact environnemental.
- ❖ Tous les éléments de structure sont entièrement démontables



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.2 Permettre le démontage / désassemblage

Exemple: Déconstruction des éléments de seconde œuvre d'un immeuble de bureaux à Bruxelles



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.2 Permettre le démontage / désassemblage

Il est également primordial de dimensionner les éléments (ou d'effectuer leur choix) afin qu'ils soient faciles à manipuler...

- ❖ Dimensionner les composants à échelle humaine
- ❖ Dimensionner les éléments et composants de construction afin de permettre les manipulation prévues
- ❖ Opter pour des composants et systèmes légers



Source: <http://www.sleiderink.nl/product/faay-wanden/>



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.2 Permettre le démontage / désassemblage

Il est également primordial de dimensionner les éléments (ou d'effectuer leur choix) afin qu'ils soient faciles à manipuler...

! Cette approche est à **mettre en balance** avec d'autres contraintes, comme par exemple:

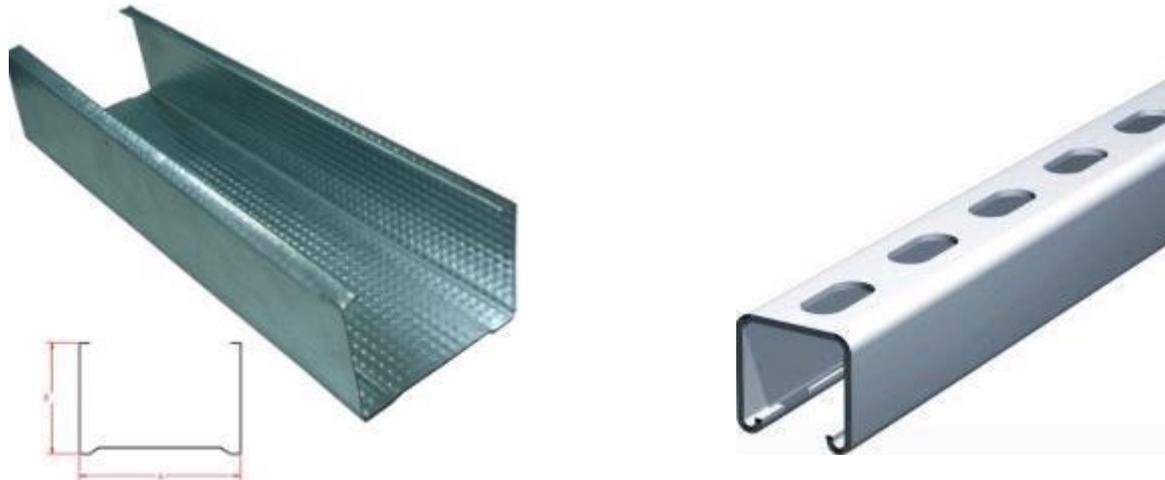
- ❖ Rapidité de construction
- ❖ Exigences techniques
- ❖ Utilisation d'éléments massifs (apport d'inertie au bâtiment)
- ❖ Préfabrication hors site
- ❖ ...



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.3 Rendre possibles plusieurs cycles de la matière

- ❖ Concevoir tous les éléments, et plus spécifiquement les connexions pour résister à un **montage et démontage répété** afin de **minimiser les dégâts et déformations**
- ❖ Choisir des **matériaux de haute qualité**, à **haute performance environnementale** et ayant une longue **durée de vie**
- ❖ Augmenter la durée de vie des composants en permettant la **réparation** ou le **remplacement** des connexions

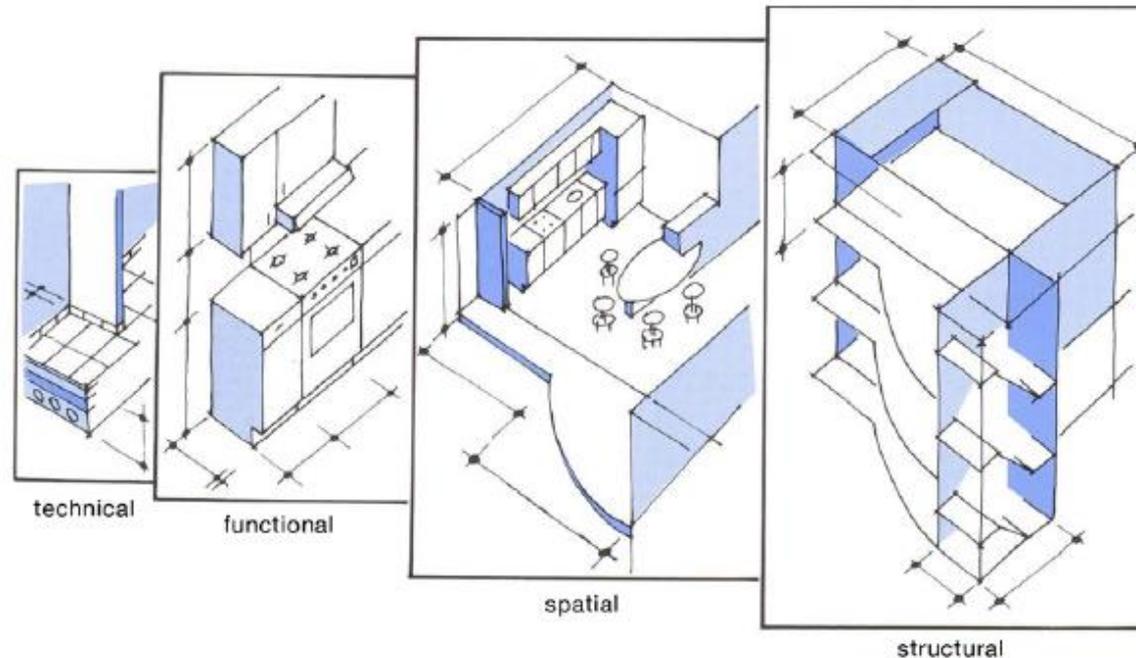


Deux types de fixations pour cloisons légères... pas égales devant le montage/démontage

2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.4 Envisager la modularité

Chaque bâtiment compte différents modules dimensionnels, habituellement déterminés à différents niveaux de conception (structure, techniques, espaces, fonctions).



Source: Frank De Troyer, ASRO-KULeuven, 2002

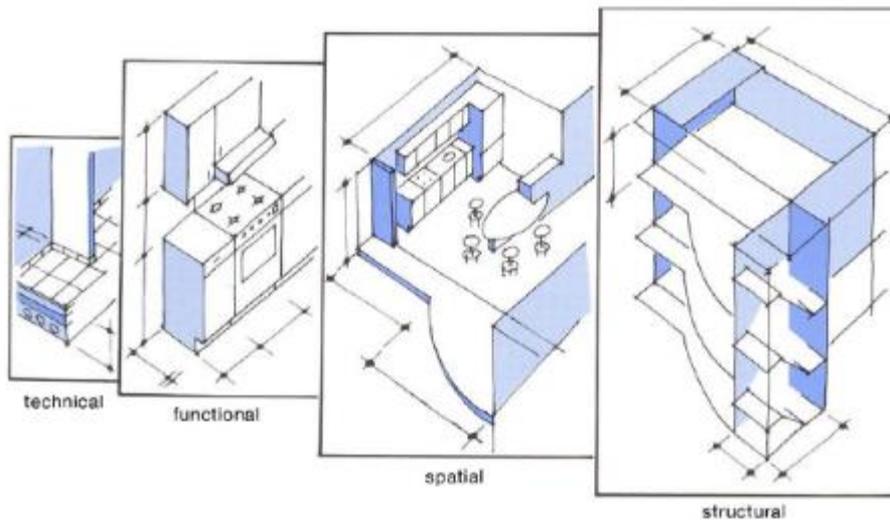


→ Importance d'une **conception intégrée et concertée** entre architecte, ingénieur / bureau d'étude et entreprise(s)³²

2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

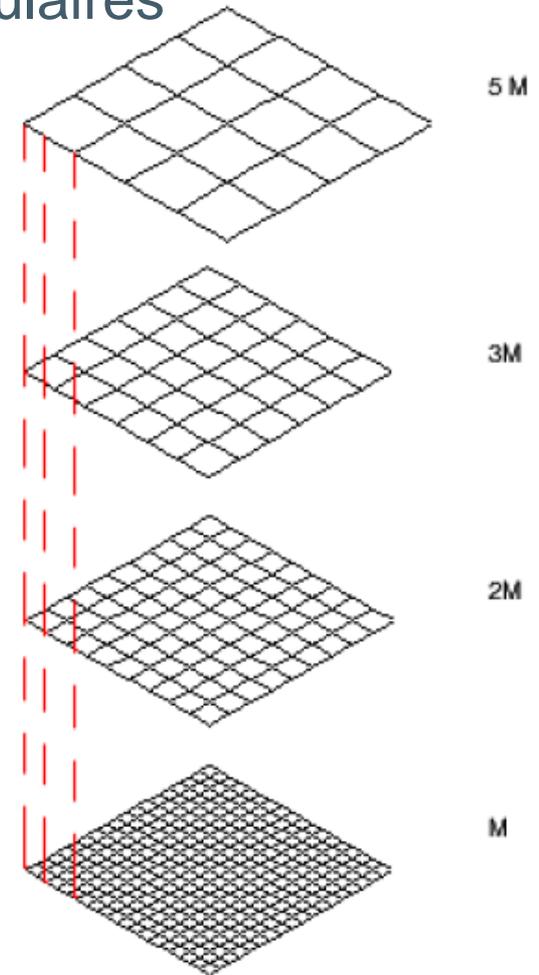
2.4 Envisager la modularité

! Attention aux incompatibilités modulaires



Source: Frank De Troyer, ASRO-KULeuven, 2002

→ Analyser le potentiel offert par la modularité **dans le cadre du projet**, la simplification des éléments directeurs sans multiplier les modules: **rechercher l'optimum.**

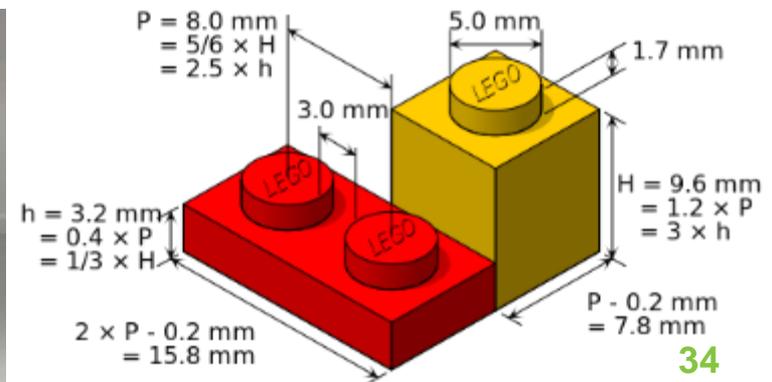
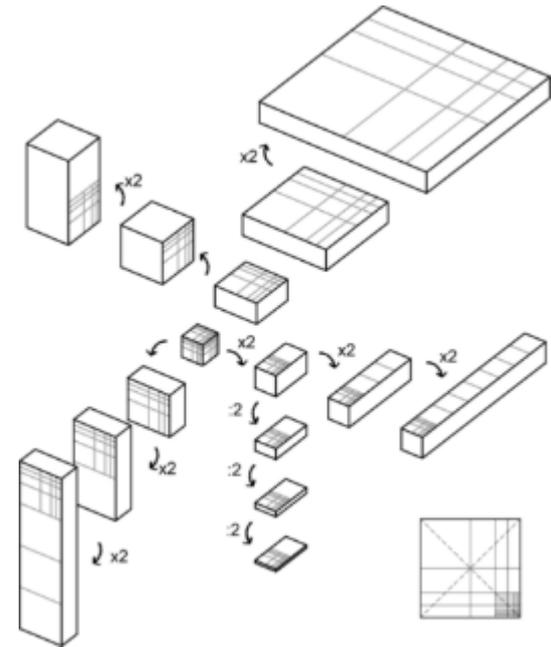
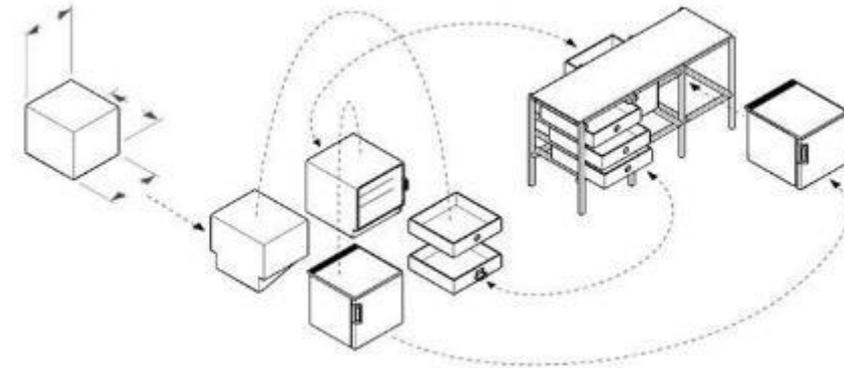
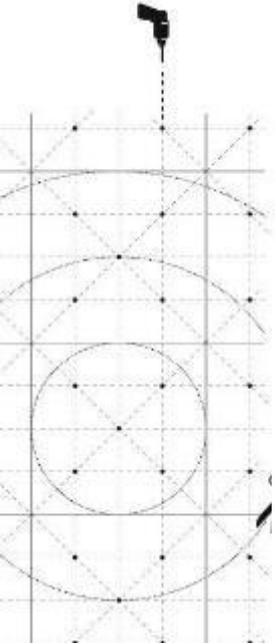


2. Concevoir « Cycle de Vie » (Life Cycle Design)

2.4 Envisager la modularité

Rechercher l'optimum:

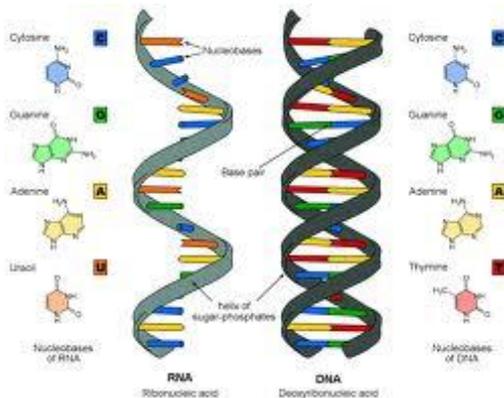
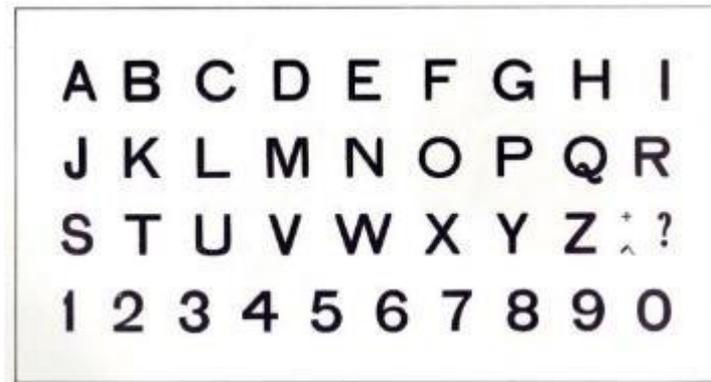
- ❖ Compatibilité dimensionnelle des systèmes
- ❖ Limitation du nombre d'éléments différents



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.4 Envisager la modularité

« *Est-ce que cela ne met pas trop de limites à la créativité architecturale* » ?



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.4 Envisager la modularité

Exemple: Aéropolis

immeuble de bureaux passif
(neuf), 1030 Schaerbeek -
Architectes: Architectes
Associés



Particularités:

- Façade composée de modules interchangeables, de hauteur identique pour chaque étage
- Trois largeurs de module permettent une infinité de possibilités d'aménagement de l'espace intérieur
- Modules démontables et séparables en flux nets: structures bois, isolation thermique, panneau métallique, panneau de verre, panneau acoustique intérieur, châssis, vitrage,...

2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.5 Concevoir adaptable et non statique

« Pourquoi ? »

HUMAIN



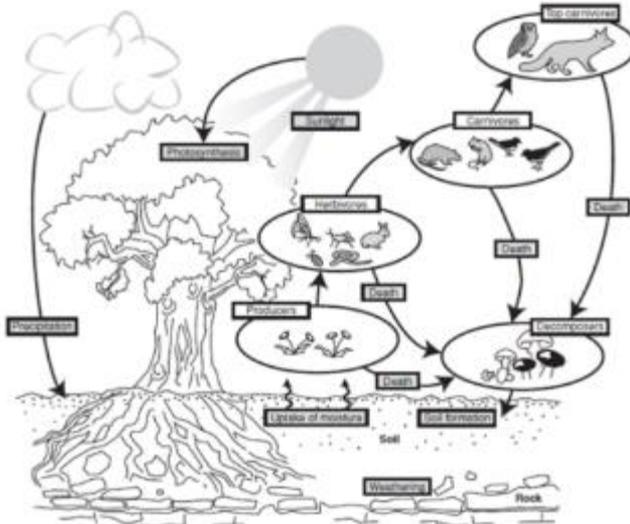
En constante évolution

BATI



Conception statique du bâti

NATURE



En constante évolution



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.5 Concevoir adaptable et non statique

« *Pourquoi ?* »

Bâtiments adaptables =

- ❖ Prolongement de la durée de vie utile
- ❖ Economie de ressources au cours du cycle de vie
- ❖ Réponse aux besoins changeants (occupants, typologie, reconversion...) - résilience
- ❖ Rentabilité financière (Life Cycle Costing >< investissement initial)

Les pratiques contemporaines dans le domaine de la construction sont basées sur une **durée de cycle de vie de 60 ans**.

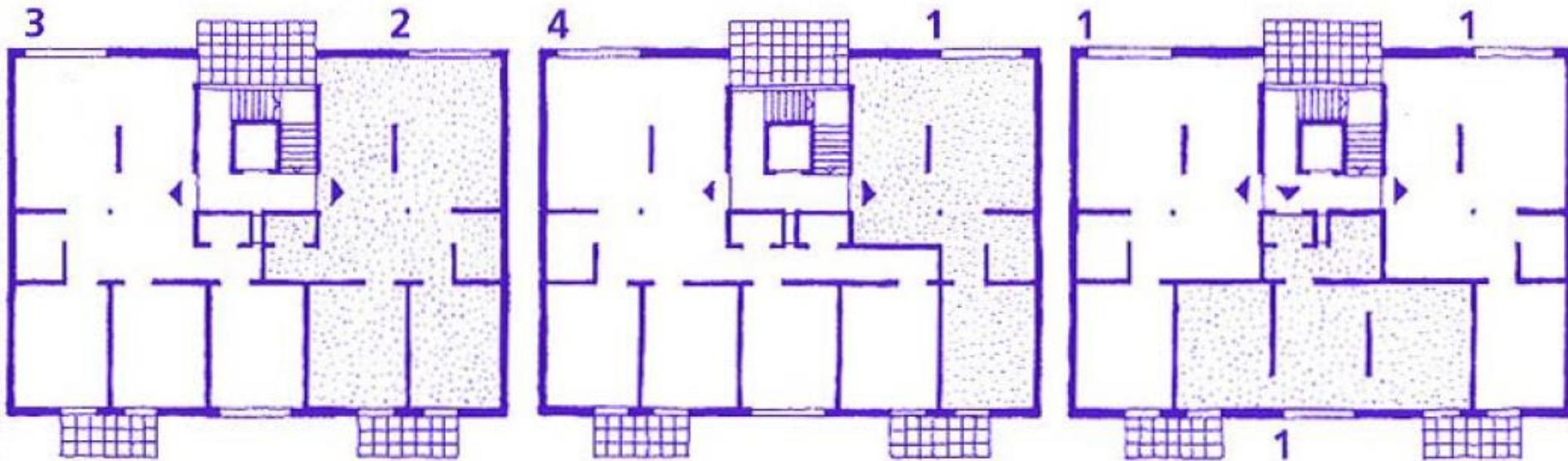
C'est très peu au regard du nombre de bâtiments qui nous entourent et qui ont été construits il y a 150 ans ou plus !



2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.5 Concevoir adaptable et non statique

Exemple d'étude, en phase de conception, pour l'adaptabilité des aménagements des étages d'un immeuble de logement collectif.



Scénario 1:

1 app. 3 chambres

1 app. 2 chambres

Scénario 2:

1 app. 4 chambres

1 app. 1 chambre

Scénario 3:

3 app. 1 chambre



Source: « *Ecological Construction Practice (2001) – A-Z Manual for Cost-conscious Clients* », H.R. Preisig, W. Dubach, U. Kasser & K. Viriden. Werd Verlag. CRB Zurich Université de Sciences Appliquées, Winterthur.

2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

2.5 Concevoir adaptable et non statique

Principe directeur = anticiper le(s) changement(s)

Quelques principes de bases:

- ❖ Regrouper les **zones à destination comparable** (ex. locaux techniques, zone de nuit / jour...)
- ❖ Porter une attention particulièrement à la **localisation** d'espaces tels **cuisines, sanitaires** OU en permettre l'**installation à terme à d'autres endroits** (possibilité de raccordement des techniques prévue)
- ❖ Permettre de **connecter / réunir / séparer / (re)diviser les espaces.**
- ❖ **Simplifier** autant que possible la **structure porteuse** du bâtiment (afin qu'elle offre différentes possibilités d'aménagement intérieur)

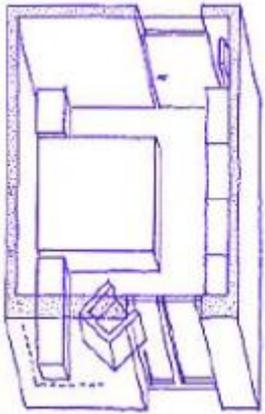


2. Concevoir « Cycle de Vie » (*Life Cycle Design*)

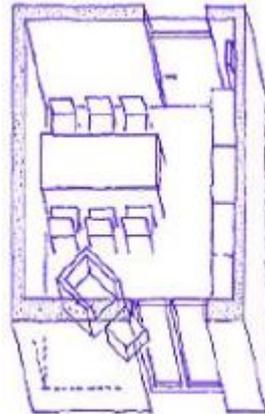
2.5 Concevoir adaptable et non statique

Exemple: « Lifetime Homes » (Royaume-Uni)

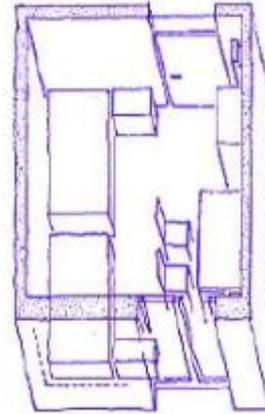
→ anticiper les besoins évolutifs des occupants, jusqu'au niveau de chaque pièce / espace du logement.



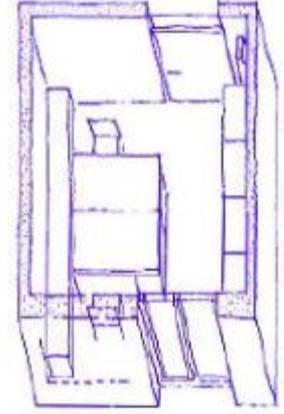
chambre 2 p.



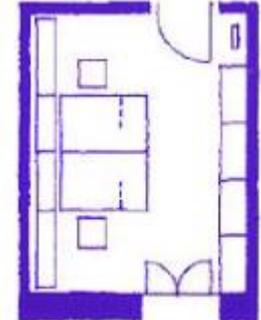
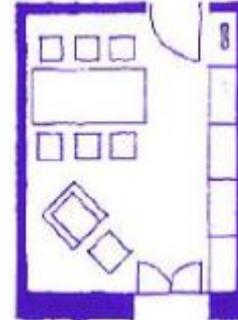
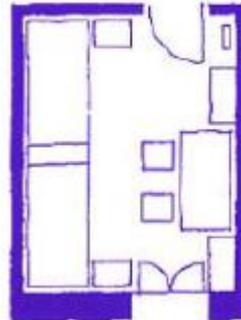
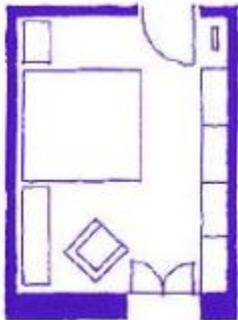
chambre 1 p.



espace de vie



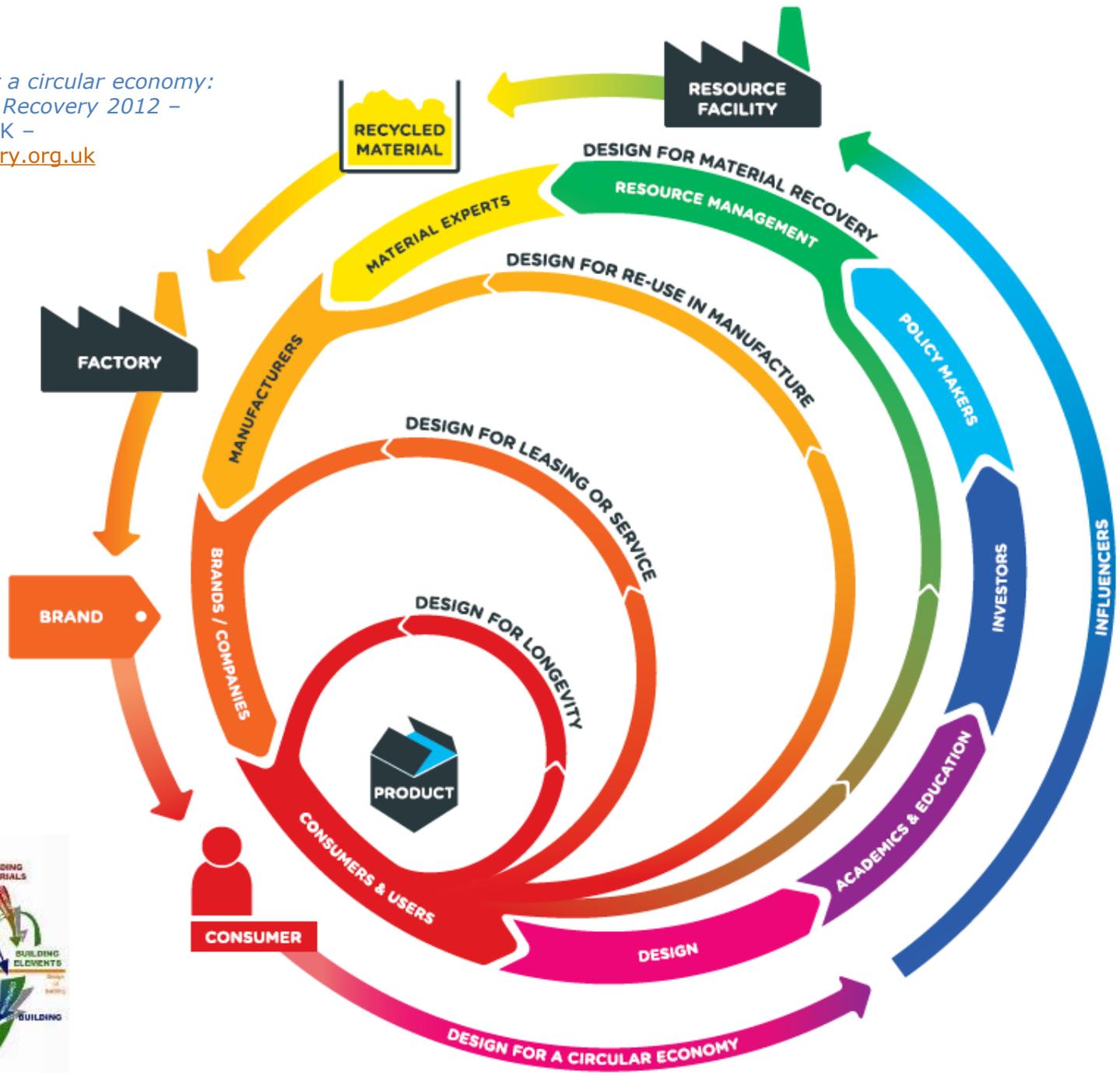
espace de travail



Source: « *Ecological Construction Practice (2001) – A-Z Manual for Cost-conscious Clients* », H.R. Preisig, W. Dubach, U. Kasser & K. Viriden. Werd Verlag. CRB Zurich Université de Sciences Appliquées, Winterthur.



Source: « *Designing for a circular economy: Lessons from The Great Recovery 2012 – 2016* », RSA Innovate UK – <http://www.greatrecovery.org.uk>



Références Guide Bâtiment Durable:



Guide Bâtiment Durable
.brussels

<http://www.guidebatimentdurable.brussels>



Thèmes 1

Composants du projet

Types de contenu 1

Rechercher



Newsletter

Glossaire

Actualités



0/9 INTROS 9/52 DOSSIERS 0/213 DISPOSITIFS 0/61 ÉTUDES DE CAS 0/20 VIDEOS

MATIÈRE ✕ DOSSIER ✕



Dossier | Choix durable des revêtements de sols intérieurs



Dossier | Choix durable d'un matériau de couverture de toiture



Dossier | Choix durable des matériaux de parement



Dossier | Choix durable des murs non-porteurs et cloisons 44

Références Guide Bâtiment Durable:

- **Dossiers du thème « Matière »:**

- › Intro | Problématique et enjeux d'une utilisation durable de la matière
- › Dossier | Le cycle de vie de la matière: analyse, sources d'information et outils d'aide au choix
- › Dossier | Choix durable des techniques constructives et des matériaux de structure
- › Dossier | Choix durable des matériaux d'isolation thermique
- › Dossier | Choix durable des matériaux de couverture de toiture
- › Dossier | Choix durable des matériaux de parement
- › Dossier | Choix durable des menuiseries extérieures
- › Dossier | Choix durable des murs non porteurs et cloisons
- › Dossier | Choix durable des revêtements de murs intérieurs et plafonds
- › Dossier | Choix durable des revêtements de sol intérieurs



Ainsi que des vidéos, études de cas et dispositifs – n'hésitez pas à y jeter un œil !

Outils, sites internet, etc... intéressants :

OUVRAGES:

- ANDERSON, J., THORNBAC, J., (2012), *A guide to understanding the embodied impacts of construction products*, Construction Products Association, Londres
- BAKER-BROWN, D. et al, (2017), *The Re-Use Atlas*, RIBA Publishing, Londres
- BORDEN, G. (ed.), (2011), *Matter: Material Processes in architectural production*, Routledge
- CRAWFORD, R., (2011), *Life Cycle Assessment in the Built Environment*, Routledge
- DEPLAEZ, A. et al, (2005), *Constructing architecture : materials – processes – structures*, Birkhäuser, Bâle
- HEGGER, M., AUCH-SCHWELK, V., FUCHS, M., ROSENKRANZ, T., (2009), *Construire: atlas des matériaux*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne
- HEGGER, M., DREXLER, H., ZUEMER, M., (2007), *Matérialité*, Birkhäuser, Bâle
- KÖNIG, H., KOHLER, N., KREIBIG, J., LÜTZKENDORF, T., (2010), *A life cycle approach to buildings*, Institut für international Architektur-Dokumentation, Munich
- MORGAN, C., STEVENSON, F., (2005), *Design and Detailing for Deconstruction*, SEDA Design Guides for Scotland : No. 1,
<http://bot.yildiz.edu.tr/ids09/ data/ readings/DESIGN%20AND%20DETAILING%20FOR%200DECONST.pdf>
- ST HILL, K. et al, (2016), *This is temporary*, RIBA Publishing, Londres



Liesbet TEMMERMAN

Administratrice déléguée & Coordination des études

Rue Ernest Allard 21 – 1000 Bruxelles

 02/537.47.51

 liesbet.temmerman@ceraa.be

CERAA



MERCI POUR VOTRE ATTENTION



ANNEXE: Checklist « Design for Deconstruction »

Envisager la déconstruction ultérieure **dès la conception** du projet du bâtiment : les éléments de réflexion à intégrer

- › Concevoir la structure, le gros-œuvre et le second œuvre de façon à ce qu'ils génèrent une **organisation spatiale** qui puisse répondre aux **besoins évolutifs des occupants**;
- › Permettre la **modification ultérieure de l'enveloppe** (en tout ou en partie) et de la division des espaces internes au bâtiment sans impact important sur la structure et le gros-œuvre;
- › **Anticiper** la modification et le remplacement des **équipements techniques** sans dégradation des autres couches de durabilité, avec un minimum d'incidence sur l'utilisation du bâtiment;
- › Intégrer la possibilité d'**entretenir, réparer, démonter et remplacer** les aménagements **sans altération** des autres composantes du bâtiment, en générant un minimum de déchets.
- › Etudier les détails, les assemblages et la modularité
- › Permettre, en **fin de vie**, le démontage, le remplacement, la réutilisation ou le recyclage de chaque élément constitutif du bâtiment.

