

WEBINAIRE

Economie circulaire

DÉMONTABILITÉ EN CONCEPTION

Principes techniques et
contextes d'usages

**Jeudi 8 décembre
de 13h à 14h**

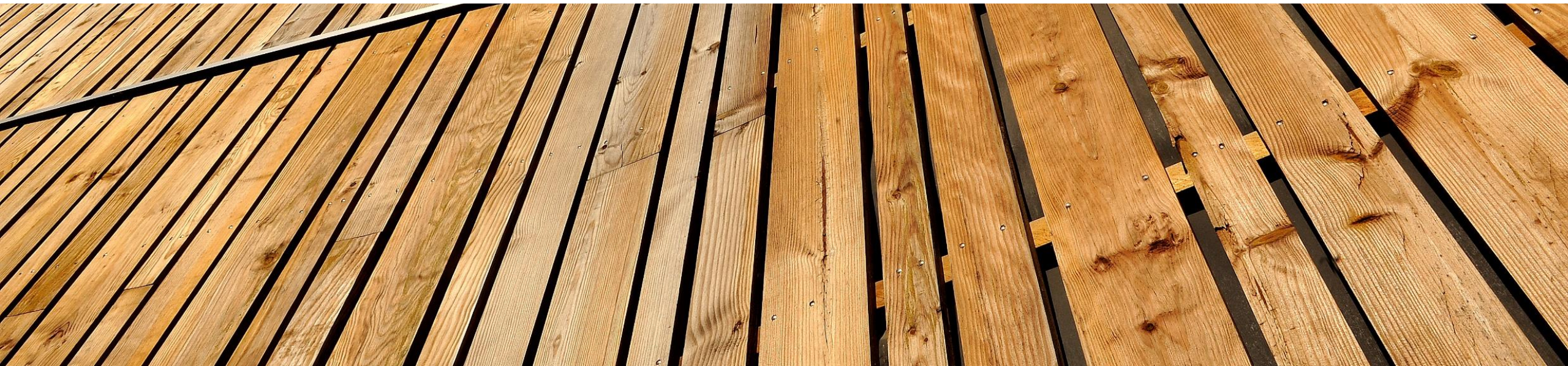
Avec
Benjamin Laclau
Ingénieur responsable
de projets, Nobatek/INEF4

Nobatek INEF4 
INSTITUT POUR LA TRANSITION ÉNERGETIQUE

envirobat 

RAEDIVIVA





En synthèse

NOBATEK/INEF4 : Centre de recherche appliquée

18 ans Créé en 2004



60 Ingénieurs, chercheurs et architectes. À

150 Projets en cours

B2B



R&D

4,8 M€ CA

SCIC Société coopérative d'intérêt

ITE Institut Transition Energétique



Notre mission :



Inventer, développer et diffuser des solutions innovantes et impactantes

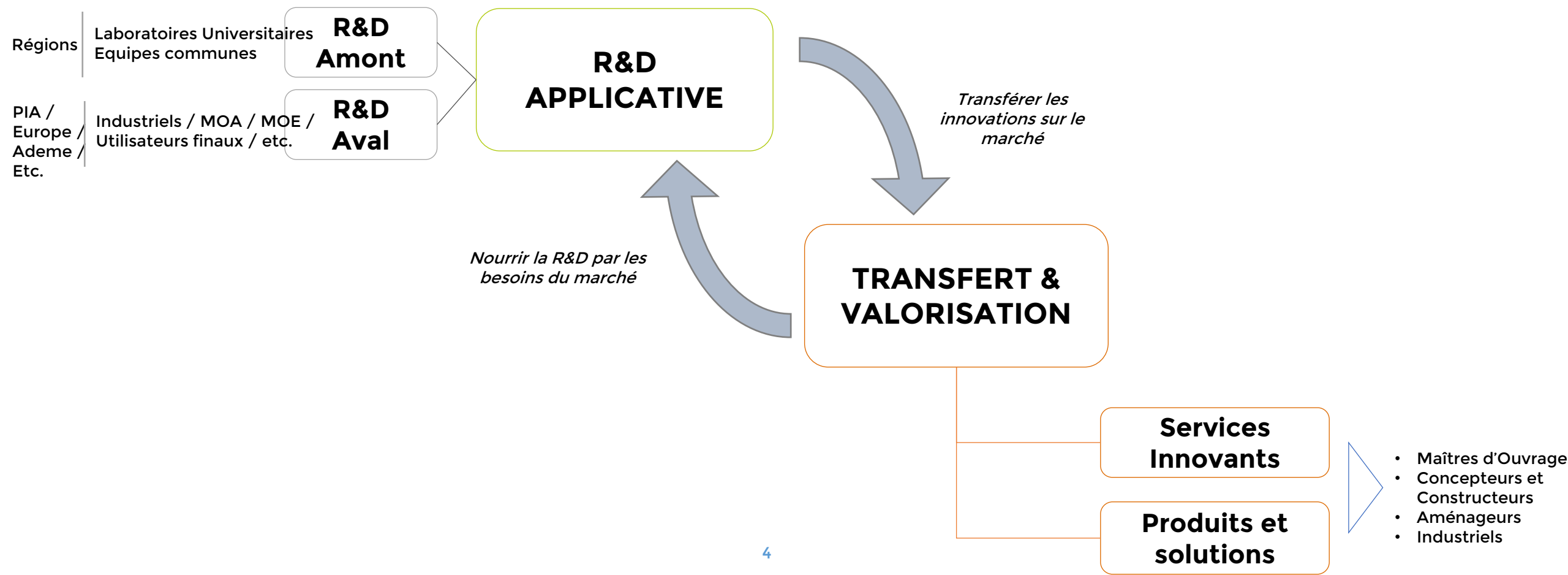


Pour la transition énergétique et environnementale de la filière bâtiment



Avec les acteurs de la filière pour s'assurer de la crédibilité marché des solutions

NOTRE MODÈLE



15 ans d'expertise sur l'économie circulaire....

....avec et pour l'ensemble de la chaîne d'acteurs



**RECYCLAGE FLUX
C&D**



RÉEMPLOI



**BIO SOURCÉ - BAS
CARBONE**



**PRODUITS
RECYCLÉS**



**CONCEPTION 0
DECHET**



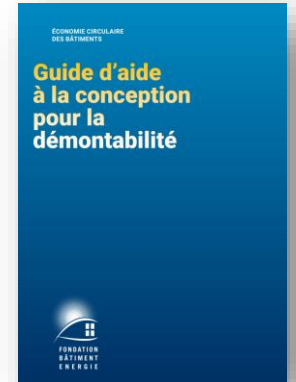
OUTILS DIGITAUX



CONCEPTION BÂTIMENTS CIRCULAIRES



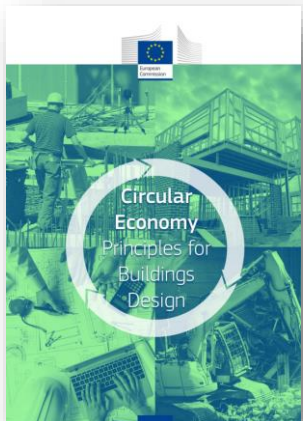
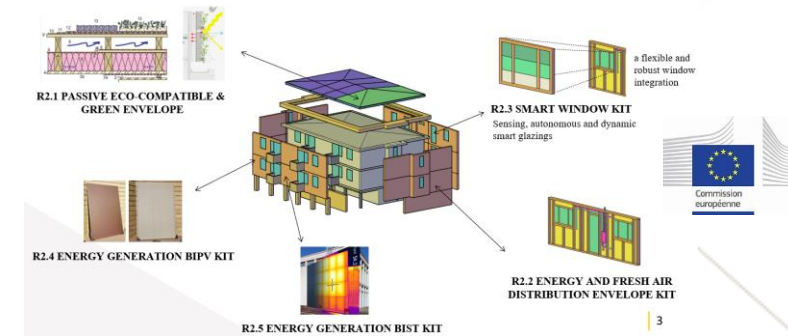
Vers la conception de bâtiments « ZERO déchets »



AMI Economie Circulaire: Guide national Conception pour la démontabilité



INDUSTRIALISED DURABLE BUILDING ENVELOPE RETROFITTING BY ALL-IN-ONE INTERCONNECTED TECHNOLOGY SOLUTIONS



Guide Européen
Circular Economy - Principles for Building Design



Contexte autour de l'Economie Circulaire

Impact de la **matière vs Energie**

Pourquoi une démarche en démontabilité ?

Pour quels **types de bâtiments** et pourquoi ?

Concepts à suivre et notions d'ingénierie à considérer

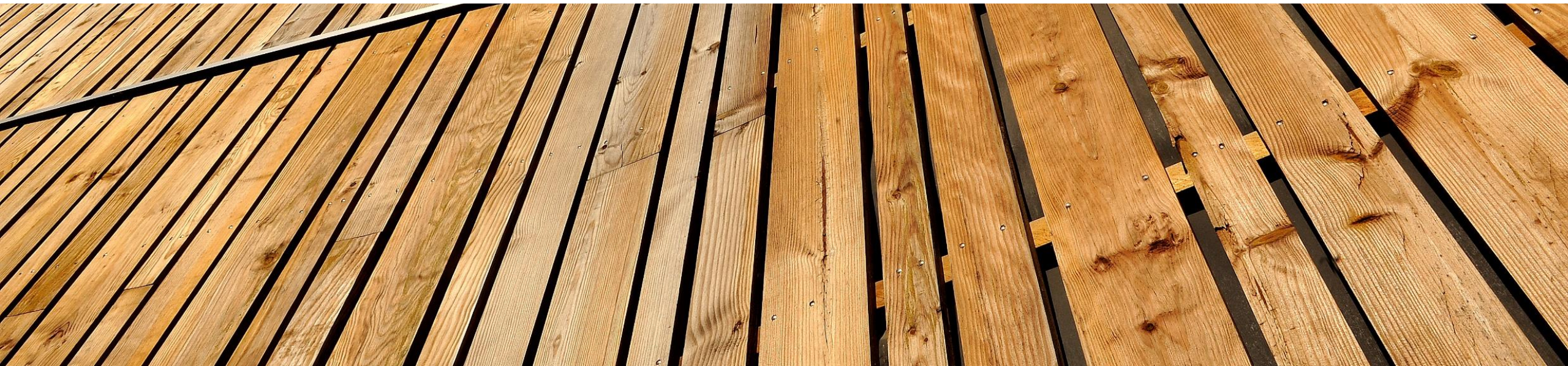
Supports à la conception

Références de bâtiments

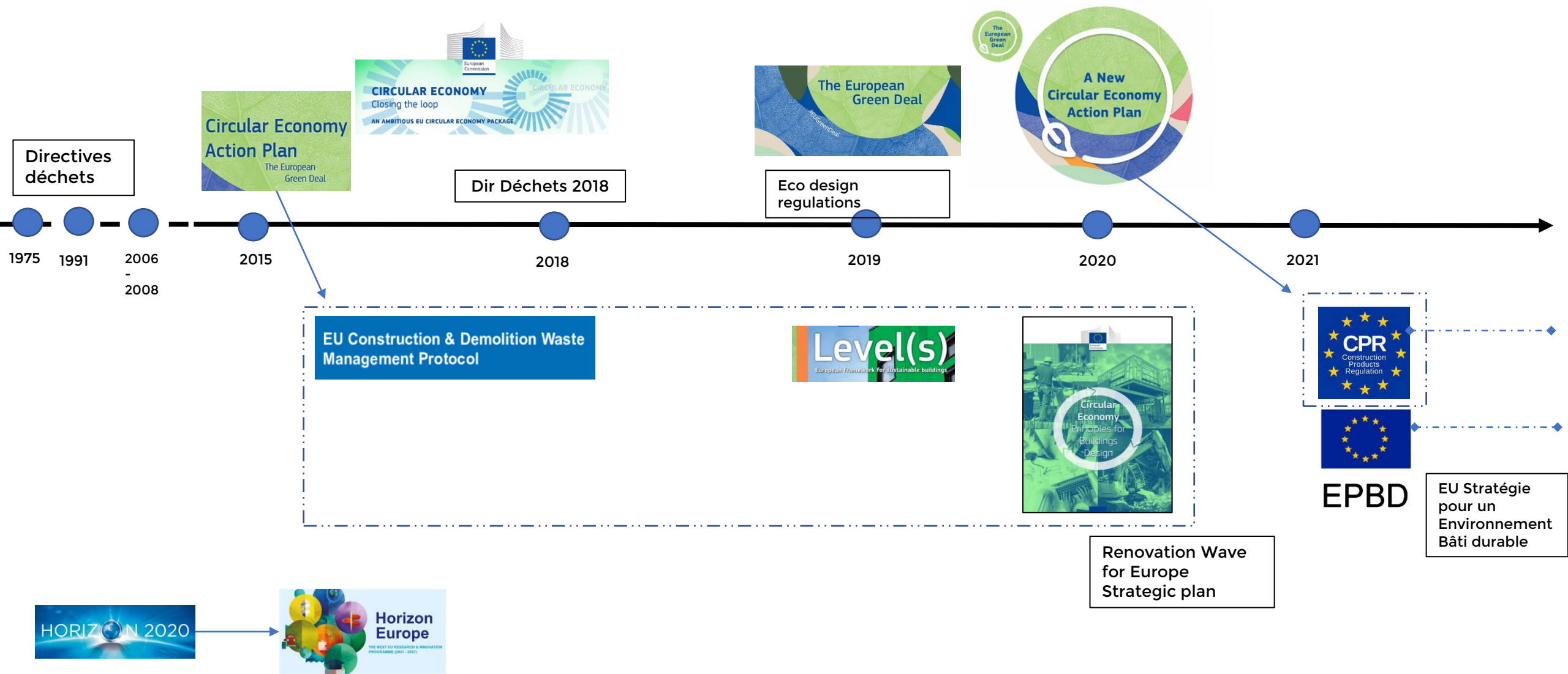
Sources d'informations techniques et les outils d'analyse



Contexte autour de l'Economie Circulaire



Cadre européen



Cadre Français

2015

LTECV > Loi pour

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE pour la
CRÉISSANCE VERTE

**PLAN RÉGIONAL DE PRÉVENTION
ET DE GESTION DES DÉCHETS
(PRPGD)**



2018



#LoiElan

Alliance
HOE
OSG FRANCE

Test HQE Performance
« Economie Circulaire »

Prise de conscience générale face à la crise des matières premières et la hausse des prix de l'énergie



2020



CHRONO - MTE

2022



CSTB
le futur en construction
EcoScale

- REP
- Fonds réemploi
- Diagnostic PEMD

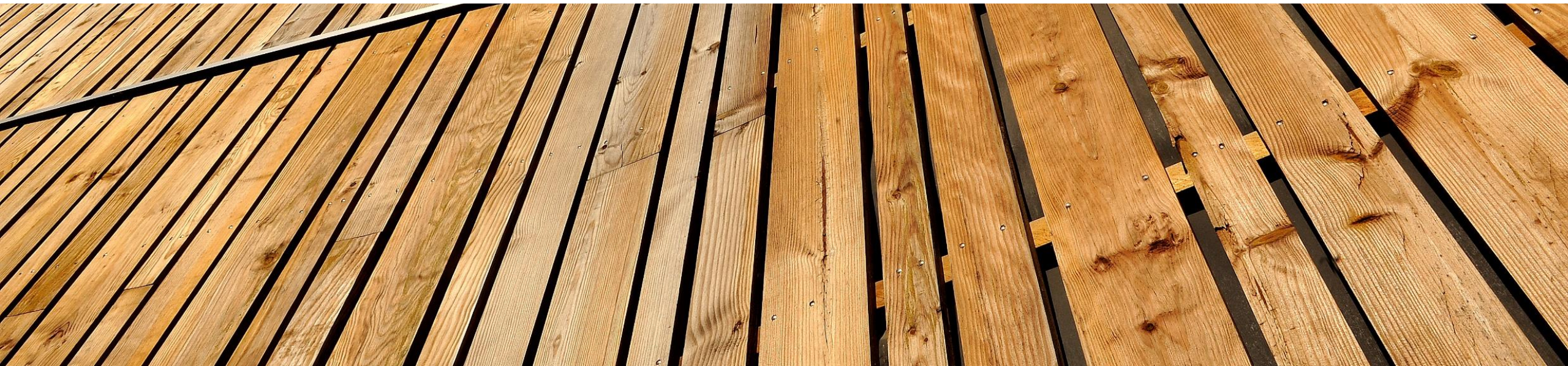
Conception démontable / Réversible :

- Guides
- Quelques opérations
- à démocratiser

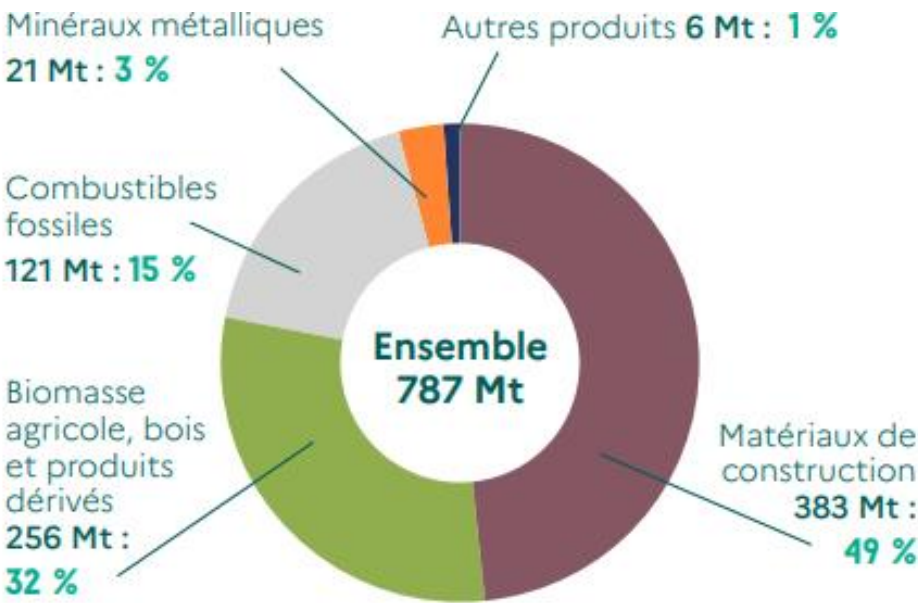




Impact de la matière vs Energie

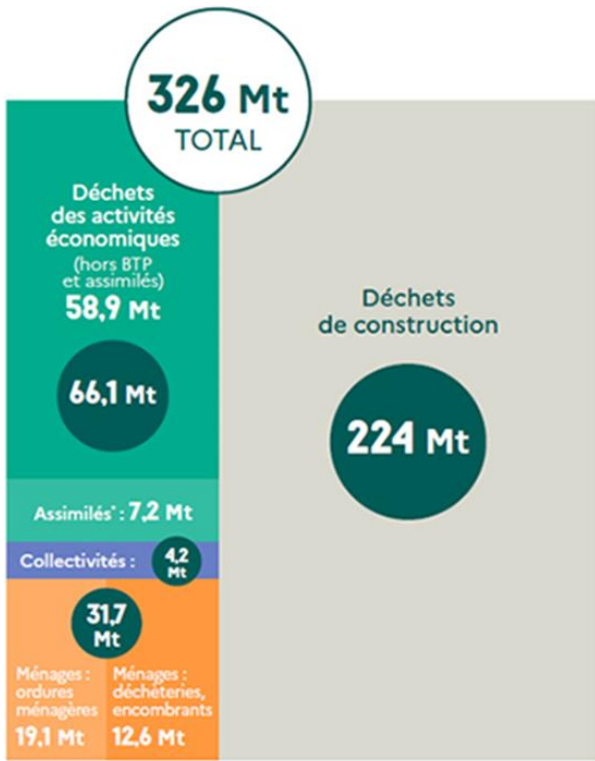


Le BTP est le premier consommateur de matières premières et générateur de déchets

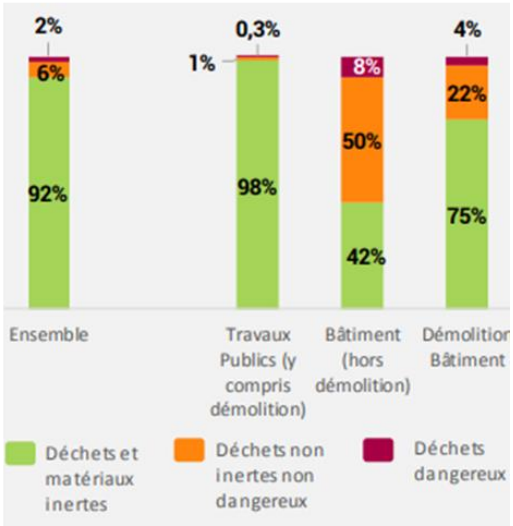
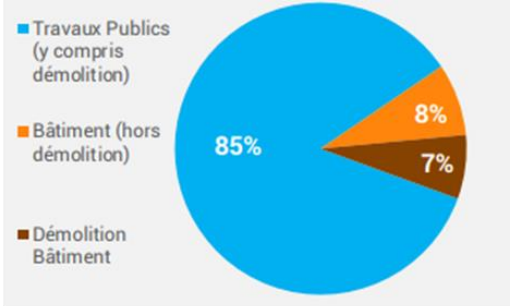


Source : Eurostat
Référence : Ref1_Matières mobilisées par l'économie française

11,7 tonnes par habitant (t/hab.an) > BTP env 6,5 t/hab.an



* Déchets des activités économiques (DAE) collectés par le service public
Source : RSD 2016, ADEME – Enquête Collecte 2017, estimations IN NUMERI



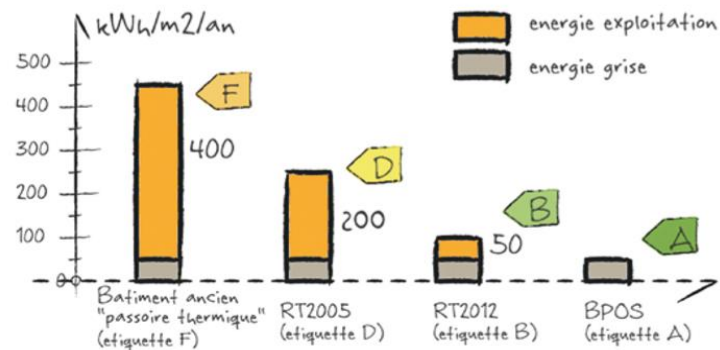
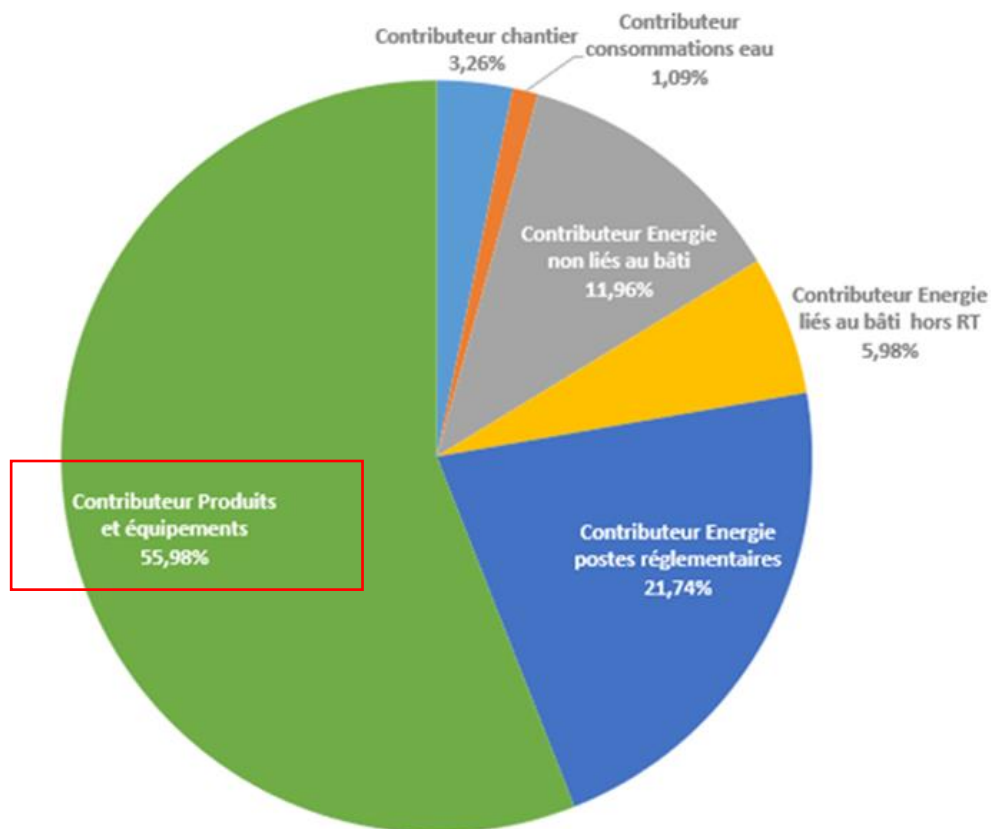


Figure 1 - Évolution de la proportion entre énergie grise et énergie d'exploitation du bâtiment - Source GT ICEB

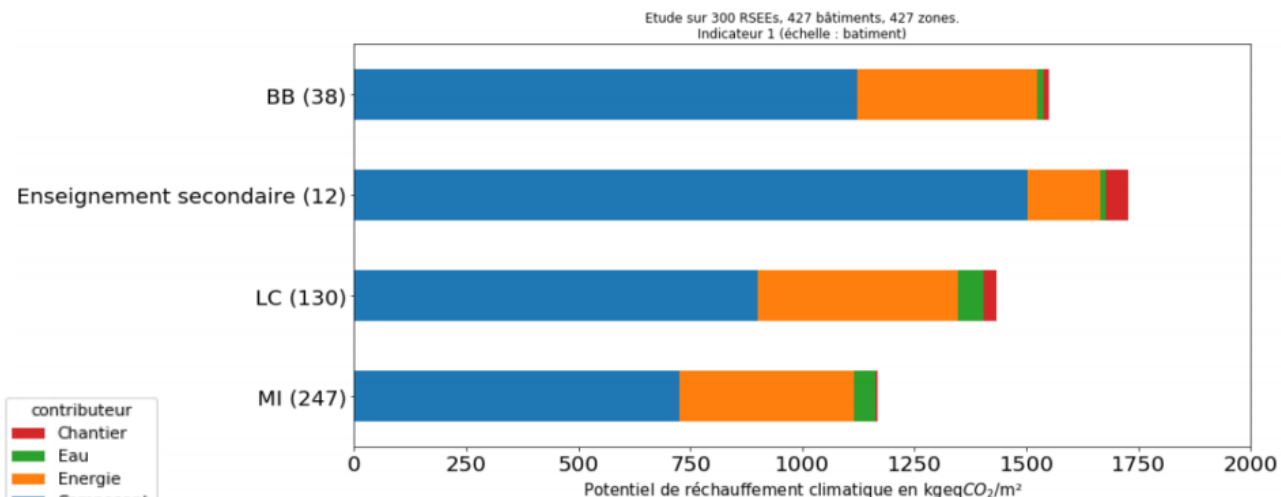


HQE Performance - Résultats de l'analyse statistique, Indicateur : changement climatique [kg eq. CO2/m²SHON/an] (médianes - DVP = 50 ans) pour 115 bâtiments de différentes typologies (DGALN, DHUP, & HQE Performance, 2019)

Part prépondérante de l'énergie grise

Source CSTB

Part des contributeurs par usage



Source : https://obec.izuba.fr/wp-content/uploads/2020/04/OBEC_WEBINAIRE_Volume_1_310320.pdf

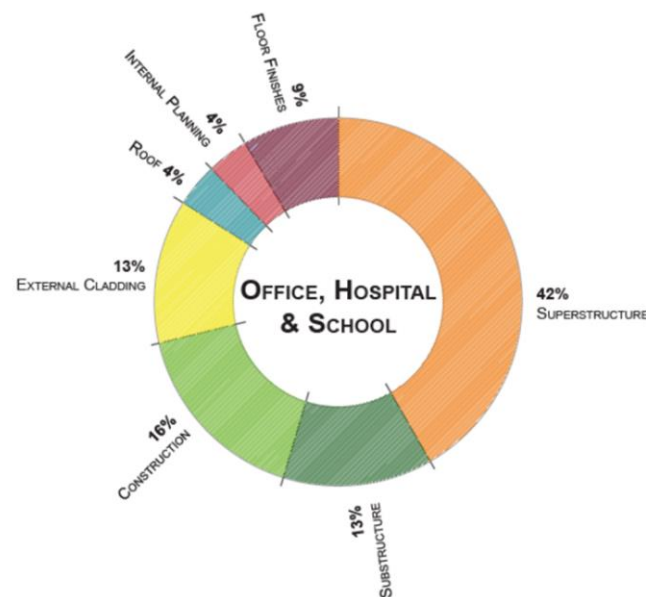
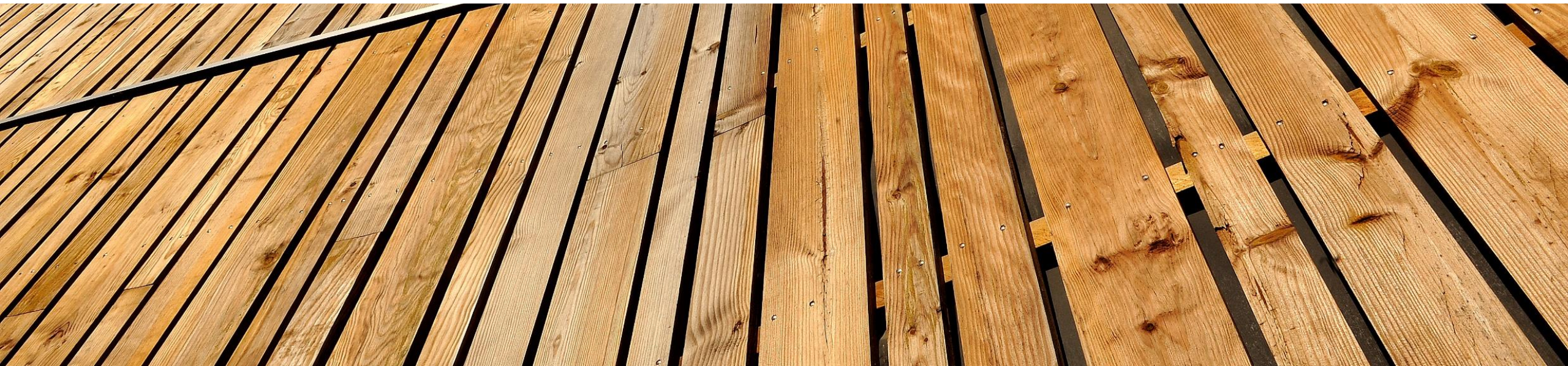


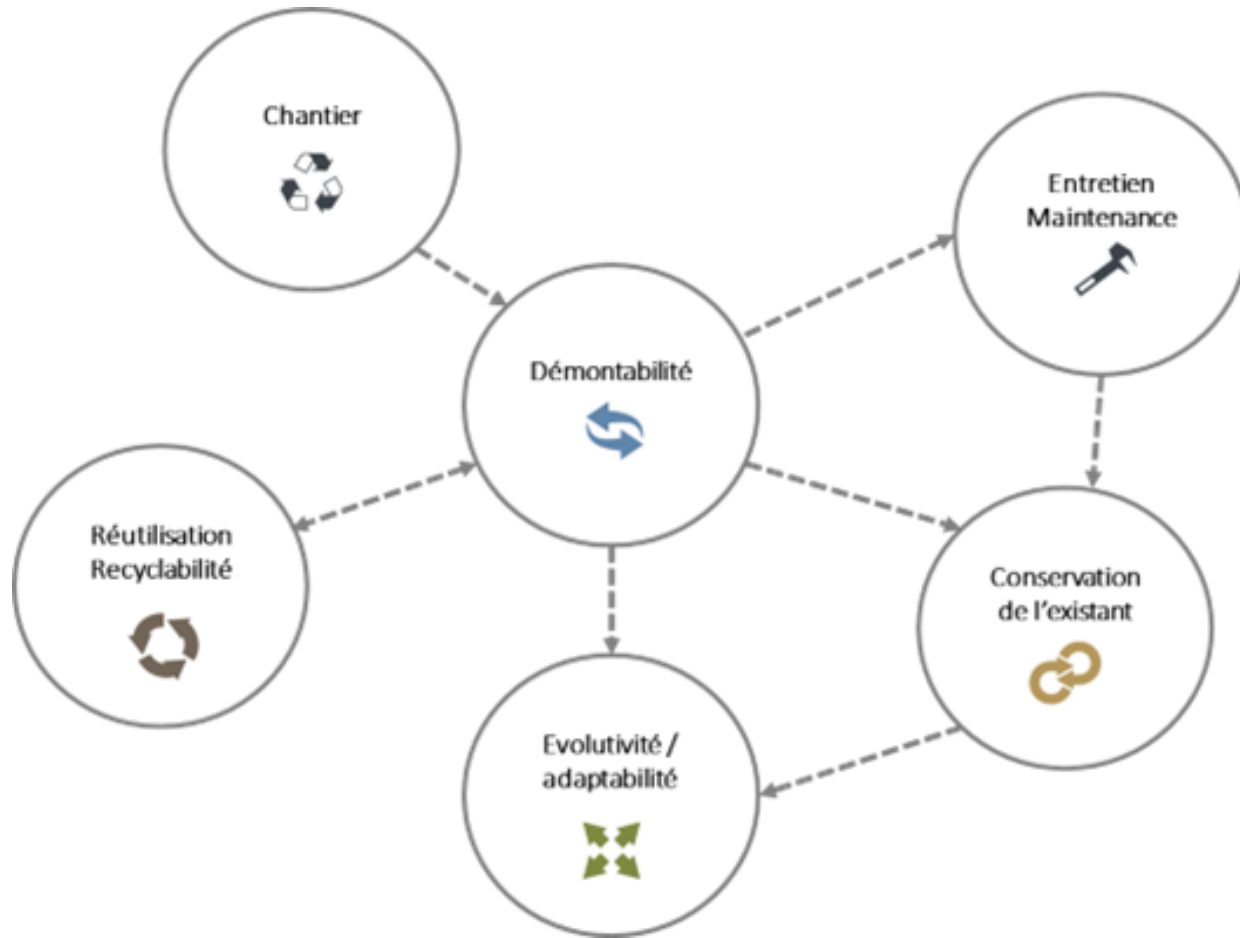
Figure 5 : Average breakdown in building elements of Embodied Energy (Qarout, 2017), (Kaethner & Burrridge, 2012)



Pourquoi une démarche en démontabilité ?



Démarche technique et organisationnelle proactive, considérant le **cycle de vie** du bâtiment et de ses composants, **servant une ou plusieurs finalités**



Réduction des déchets

(en phase de construction, d'exploitation, de rénovation, et en fin de vie)

Allongement de la durée de vie du bâtiment, et des composants.

Diminution de la consommation de matières
Réduction des émissions de GES et des pollutions



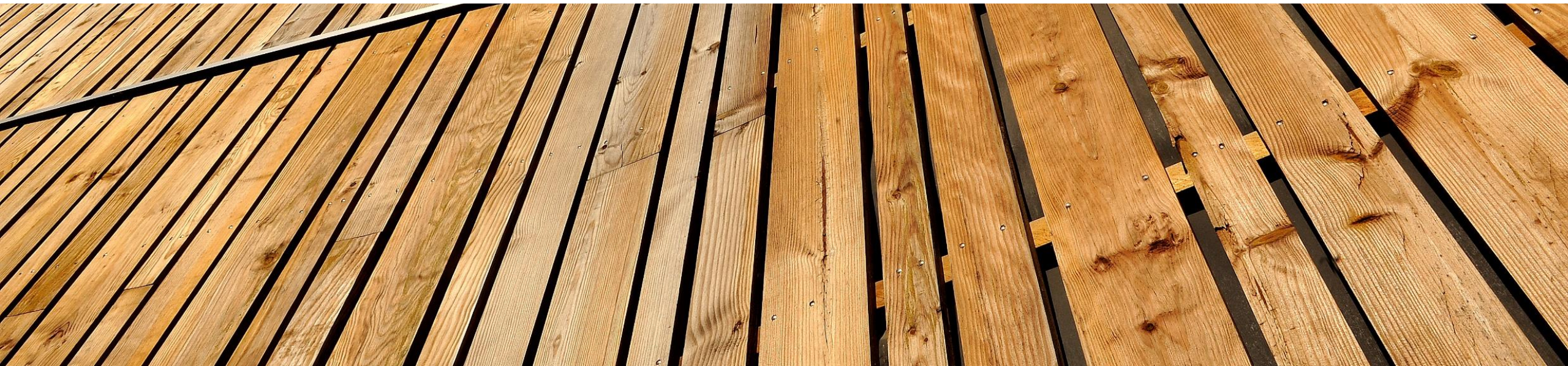
Réduction des coûts :

- d'entretien et de maintenance
- de rénovation / réhabilitation
- d'agrandissements / évolutions du bâtiment
- de changements d'usages
- généraux en allongeant la vie

Développement de l'économie locale

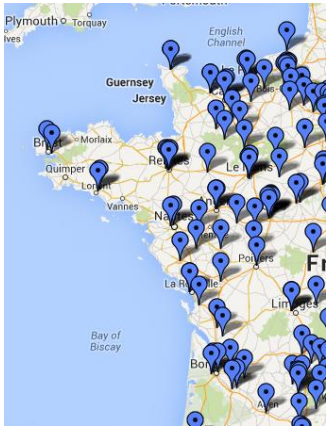


Pour quels types de bâtiments ?



Facteurs d'intérêt d'une conception pour la démontabilité :

- La **localisation** du bâtiment (pression immobilière, urbanisation, évolutions démographiques, etc)
 - Les **usages**, et cycles d'utilisation (changements d'intérieurs, de locataires, temporaire/urgence, temps des affaires, etc)
 - La composition des bâtiments et leur réglementation (niveaux de complexité, valeur intrinsèque des produits, etc)
 - Les cycles de **rentabilité économique** (coût global, type d'exploitation, énergies, entretien, etc)
 - La **faisabilité technique** pour les opérateurs.
 - La **performance environnementale** globale (cycle de vie, perf volontaire ou réglementaire, etc)
-
- Les **enjeux nationaux** en termes de volumes de bâtiments et de gisements de matières.
 - La **réglementation** (bâtiments, conception, déchets)
 - L'évolution des **contextes sur les matières premières, les énergies, la gestion des déchets** (tensions, sécurisation d'appro futures, politiques locales, etc)



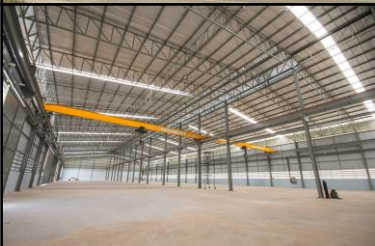
LUMC Research Centre (Leiden)





Tertiaires

Cycles de vie courts, évolutions fréquentes, modèles économiques particuliers, ouverture aux systèmes constructifs ouverts



Industriels et de commerces

Evolutions fréquentes, facilité de maintenance, systèmes constructifs simples, réemployabilité des éléments



Logements collectifs

Besoins d'adaptabilité, long cycle de vie général + réhabilitations, dégradations fréquentes, modèles économiques spécifiques, formes simples



Bâtiments de santé

Besoins d'adaptabilité, quantités importantes de matériaux et répétabilité

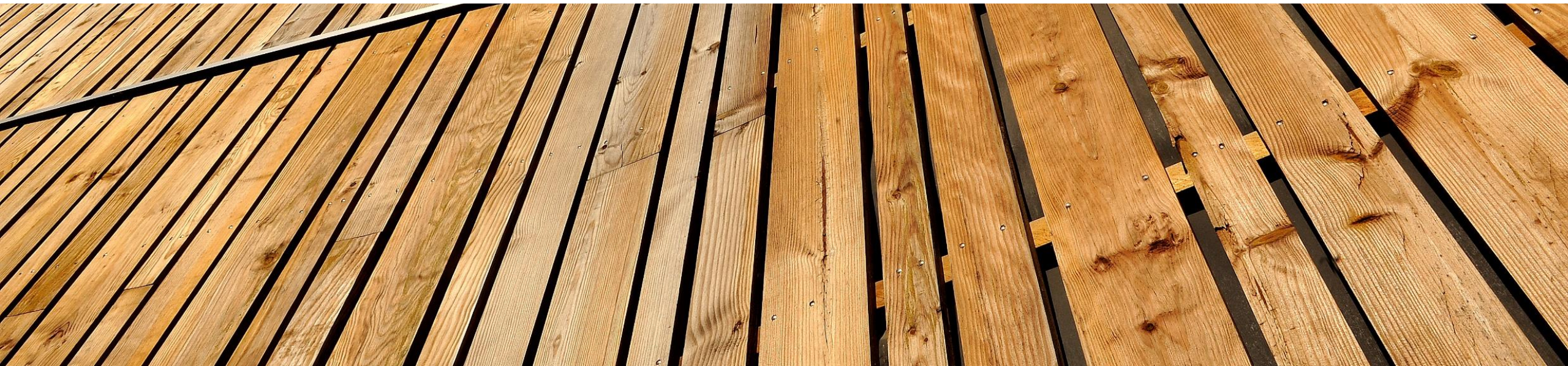


Hôtels

Cycles de vie courts de l'aménagement intérieur



Principes de la conception pour la démontabilité



Démarche de conception

9 grands principes transverses

DURABILITÉ

ACCESSIBILITÉ

SIMPLICITÉ

NORMALISATION

INDÉPENDANCE

POLYVALENCE

TOLÉRANCES

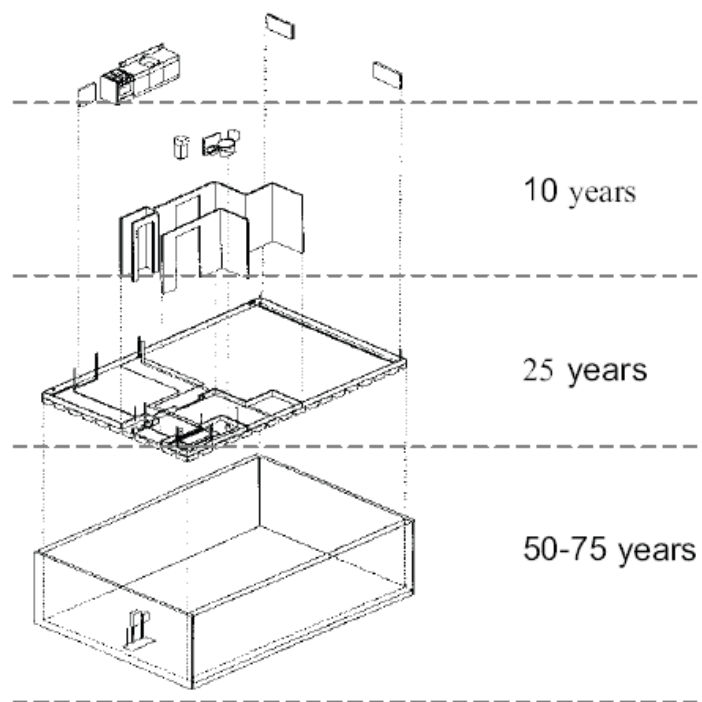
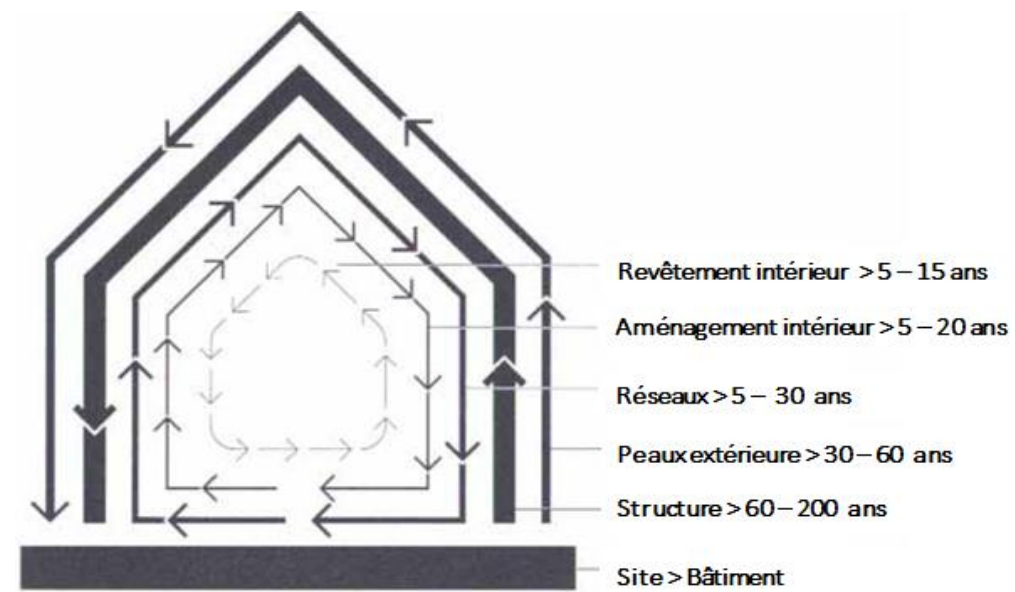
MAÎTRISE
LOGISTIQUE DE
DÉPOSE

SÉCURITÉ

DURABILITÉ	Choisir des éléments (systèmes, composants, produits, matériaux) durables et résistants permettant des opérations de montage / démontage sans dommages, la conservation de l'état convenable des éléments en vue d'un réemploi ou réutilisation.
ACCESSIBILITÉ	Prévoir un accès facile aux différents éléments et services pour qu'ils puissent être atteints et démontés sans perte de temps ni impact sur les éléments adjacents. La facilité d'accès doit être assurée d'autant plus pour les composants dont le cycle de vie est le plus court et les éléments nécessitant de l'entretien. La facilité d'accès est étroitement liée à l'indépendance et elle est souvent liée à la désolidarisation des « couches » d'un bâtiment ou des composants d'un ouvrage de construction qui ont des durées de vie très différentes. Le principe de « facilité d'accès » est détaillé dans la norme NF ISO 20887:2020¹²
SIMPLICITÉ	Favoriser la simplicité (des formes, éléments, assemblages) et minimiser la diversité de produits afin de faciliter les opérations de montage / démontage, et la capacité de réemploi des éléments. Le principe de « simplicité » est détaillé dans la norme NF ISO 20887:2020.
NORMALISATION	Utiliser des technologies et des méthodes de construction simples et compatibles avec les pratiques communes ou en voie de le devenir. Des technologies de construction très spécifiques avec une application très limitée ne seront pas intéressantes lorsque le bâtiment sera démonté. Le principe de « normalisation » est détaillé dans la norme NF ISO 20887:2020
INDÉPENDANCE*	Favoriser l'indépendance des ensembles/systèmes pour rendre possible la séparation des éléments lors du démontage, réduire l'impact ou les risques de dégradations sur les éléments adjacents. * Voir « Notions théoriques complémentaires pour la conception démontable » en page 10. Le principe « d'indépendance » est détaillé dans la norme NF ISO 20887:2020
POLYVALENCE	Utiliser des dimensions standards pour les composants, ensembles et systèmes afin de faciliter les opérations de montage/démontage, augmenter l'intérêt du démontage en favorisant la capacité de réemploi des éléments.
TOLÉRANCES	Prévoir des tolérances spécifiques permettant les manœuvres pendant le démontage. Le processus du montage/démontage nécessite des tolérances supplémentaires et plus grandes que pour le processus de fabrication et les processus d'assemblage couramment appliquées.
MAÎTRISE DE LA LOGISTIQUE DE DÉPOSE	Concevoir en visant les étapes de démontage : privilégier des composants « à taille humaine » ou manipulables avec des équipements mobiles standards en considérant la charge de travail ; Prévoir la mise en place d'équipements motorisés nécessaires au démontage et à la manutention des éléments de grande taille.
SÉCURITÉ	Intégrer la sécurité des opérations de démontage lors de la conception du bâtiment et de ses éléments. La sécurité des personnes lors des travaux est un facteur prépondérant dans le choix et la possibilité de la déconstruction plutôt que la démolition. Le principe de « sécurité de démontage » est détaillé dans la norme NF ISO 20887:2020

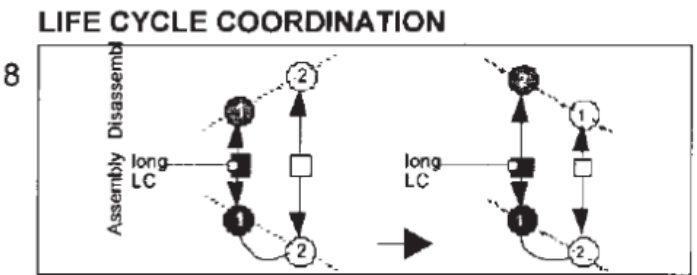
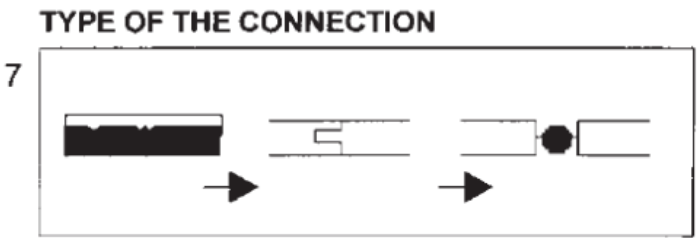
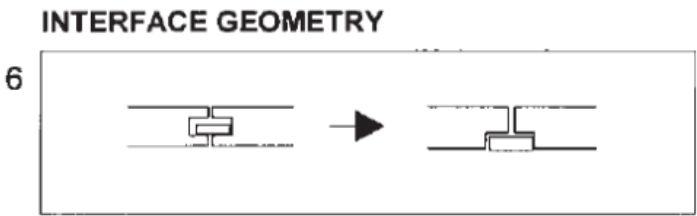
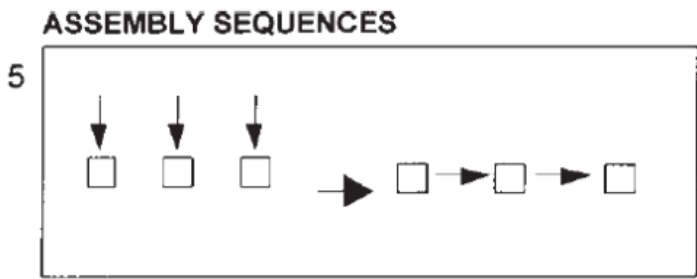
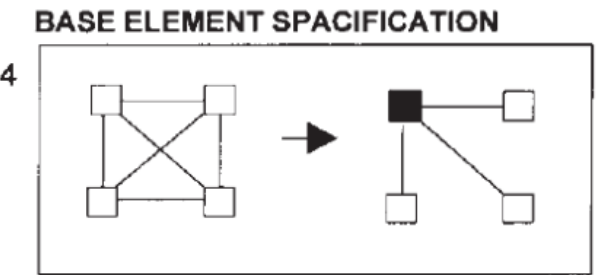
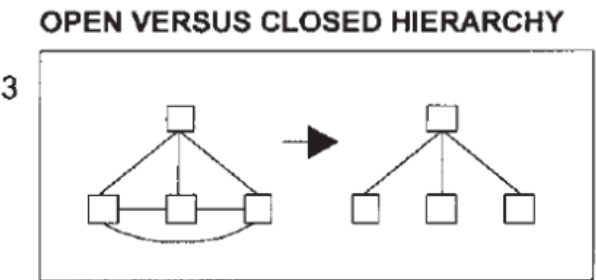
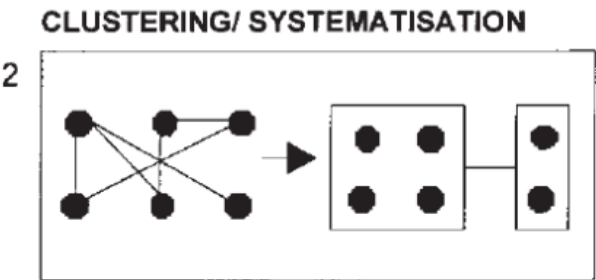
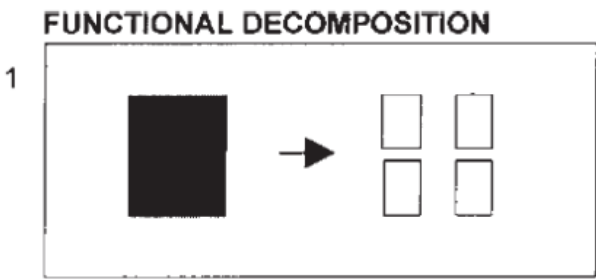
Notions théoriques et d'ingénierie

Théorie des couches



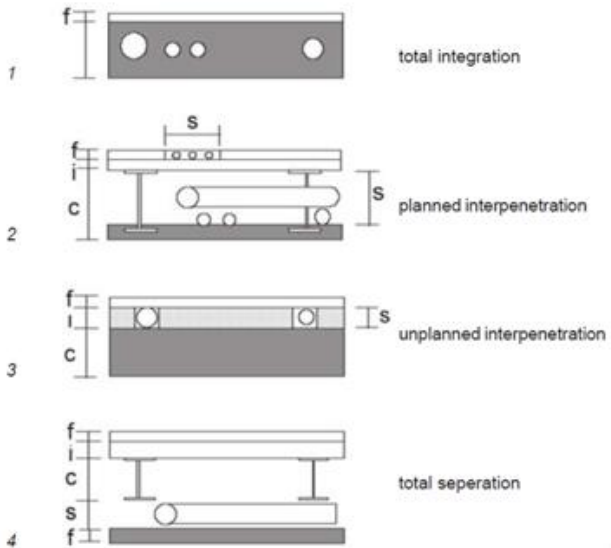
0 level	1 level	2 level	3 level	4 level
100 years	50-75 years	25 years	8-10 years	2-8 years
primar installations foundering	core installations construction accessories	distribution of installations facade roof	separation walls electrical installations	end appliances finishing loose furniture
FIXED				FLEXIBLE
DEMOUNTABLE EXCHANGEABLE REPLACEABLE LOOSE				
connections	⊕	⊕	⊕	⊕

Notions théoriques et d'ingénierie

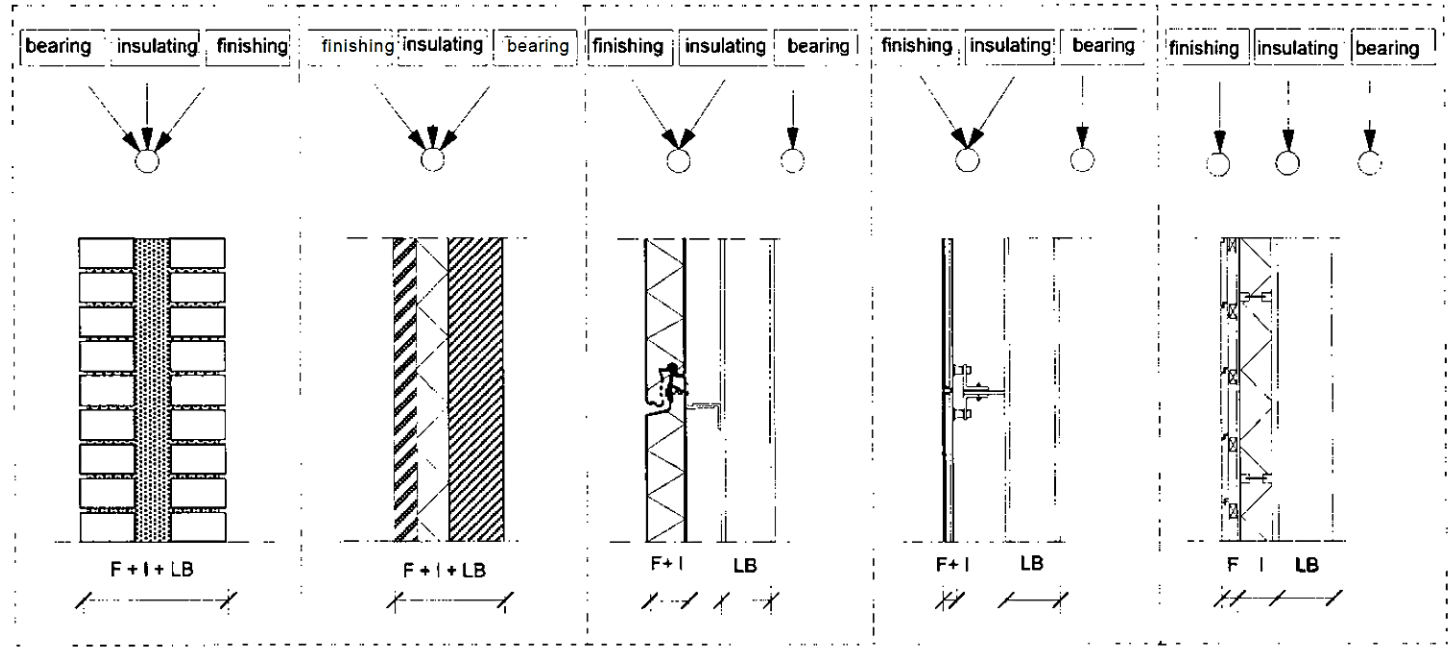


Notions théoriques et d'ingénierie

Décomposition fonctionnelle

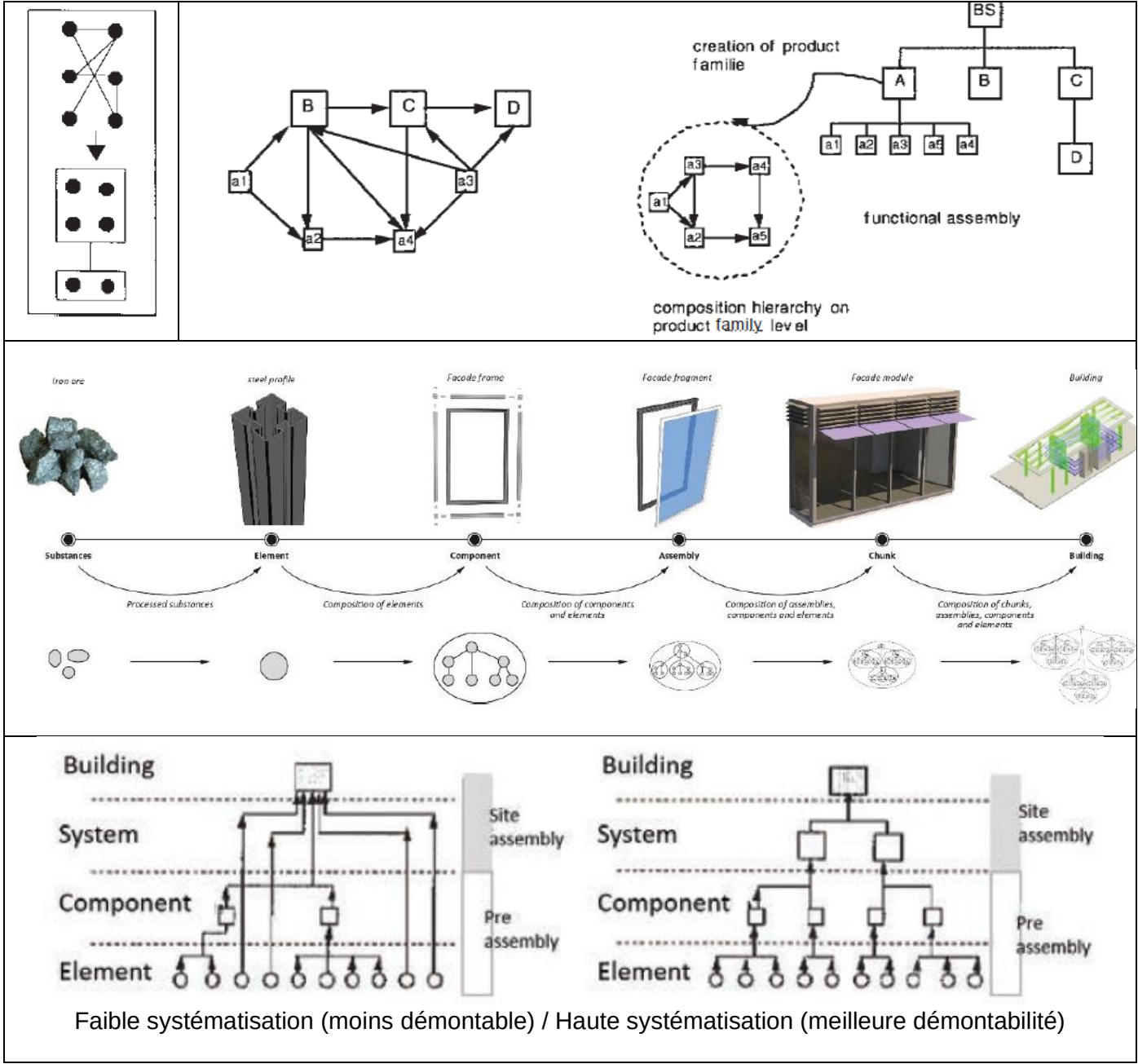


Traduction
C = construction
F = finition
S = réseaux
I = isolation
Planned interpenetration = interpénétration planifiée
Unplanned interpenetration = interpénétration non planifiée
Total integration = intégration totale
Total separation = séparation totale



Notions théoriques et d'ingénierie

Systémisation



Principes // Formes et structures

Bâtiments simples et linéaires

Structures simples et épurées

Travées ouvertes et régulières.

Filières sèches avec assemblages mécaniques

Solutions préassemblées

Standardisation

Séquençage des opérations de déconstruction

Considération de la charge de travail et la sécurité des personnes

Accessibilité des structures

Logistique de déconstruction

Informations détaillées



Principes // Enveloppe & façades

Architecture simple et linéaire

Dimensions standards et régulières

Façade du bâtiment non porteuse

Solutions préassemblées, « clustérisation »

« Décomposition fonctionnelle »

Solutions de type bardage démontable ou panneaux à finitions intrinsèques

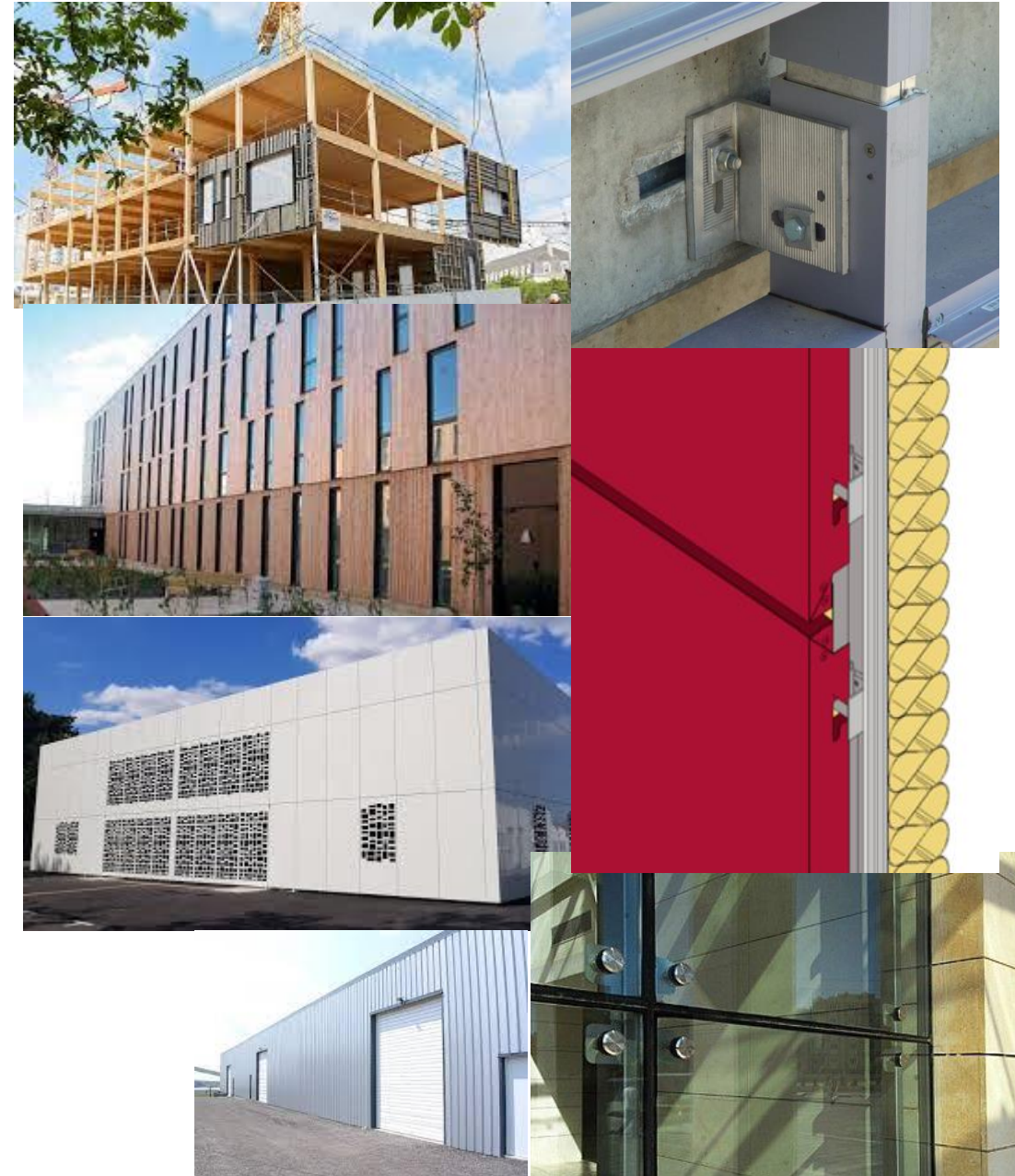
Assemblages démontables

Isolants sous forme de panneaux ou laines

Dispositifs d'accroche et de levage

Logistique de déconstruction

Informations détaillées (conception, logistique de dépose)



Principes // Assemblages

Assemblages mécaniques plutôt que chimiques ou noyés

Composants d'assemblages robustes

Matériaux des composants d'assemblages en fonction des sollicitations

Éléments de connexion standards, pouvant être démontés avec les outils classiques

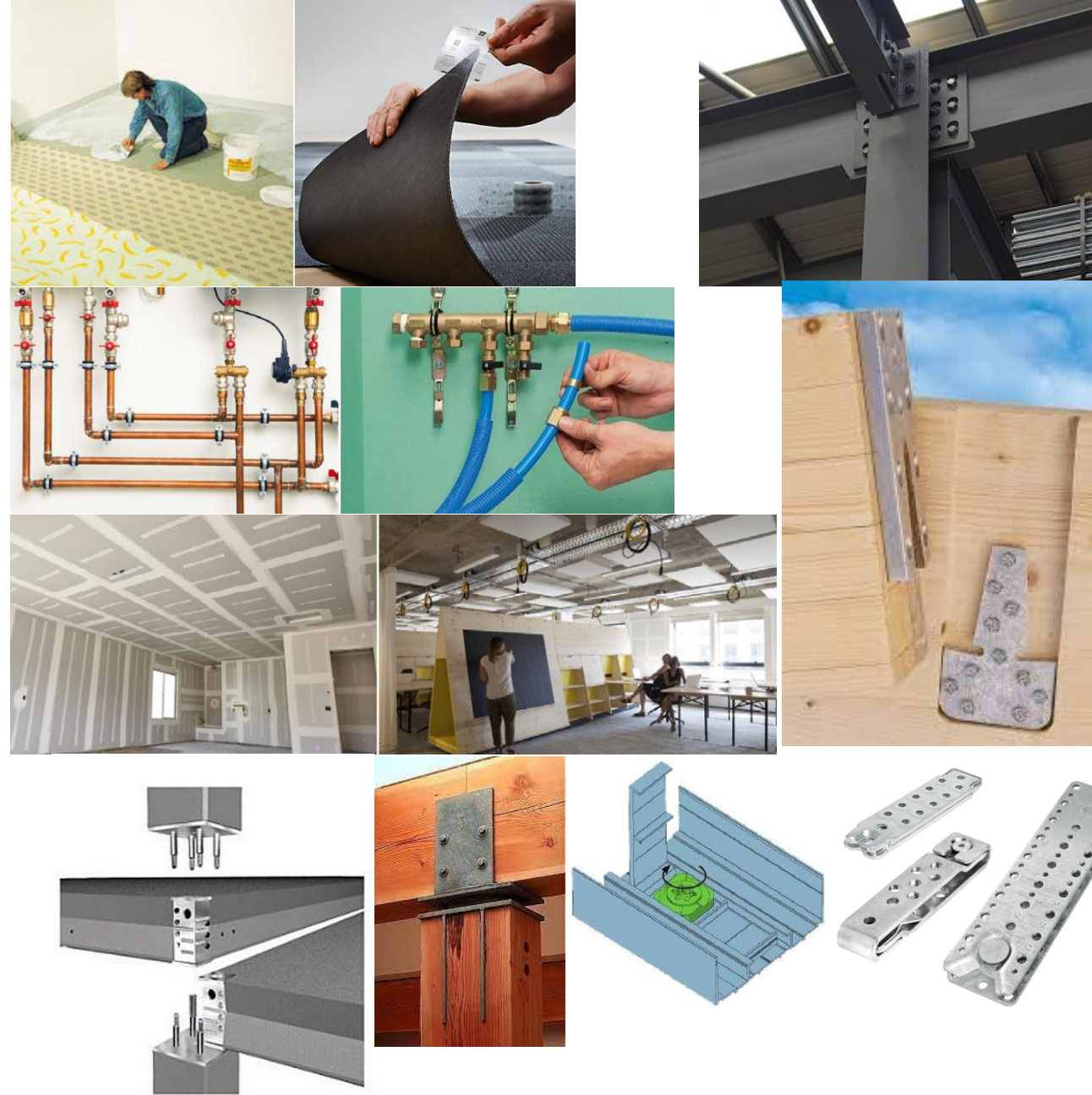
Assemblages homogènes, visibles et accessibles

Tolérances appropriées

Réduction du nombre de connexions

Notions théoriques de hiérarchisation, d'élément de base, de séquençage et d'interface des assemblages

Informations détaillées (conception, illustrations, outils utiles)



Principes // Matériaux

Nobles et de qualité

Robustes, résistant à leur environnement immédiat

Matières des composants d'assemblages en fonction des sollicitations

Solides ($\neq$ liquide, vrac, projeté)

Recyclables

Réduction du nombre de matériaux

Qui ne se déformeront pas

Finitions intrinsèques

Complexes et les sous-ensembles inséparables à éviter

Joints secs ou ajourés.

Documentation sur les produits



Principes // Equipements

Frugalité et bioclimatisme

Séparation des systèmes

Blocs d'équipements techniques préassemblés

Systèmes séparés des éléments porteurs, accessibles

Systèmes de raccordement « plug and play »

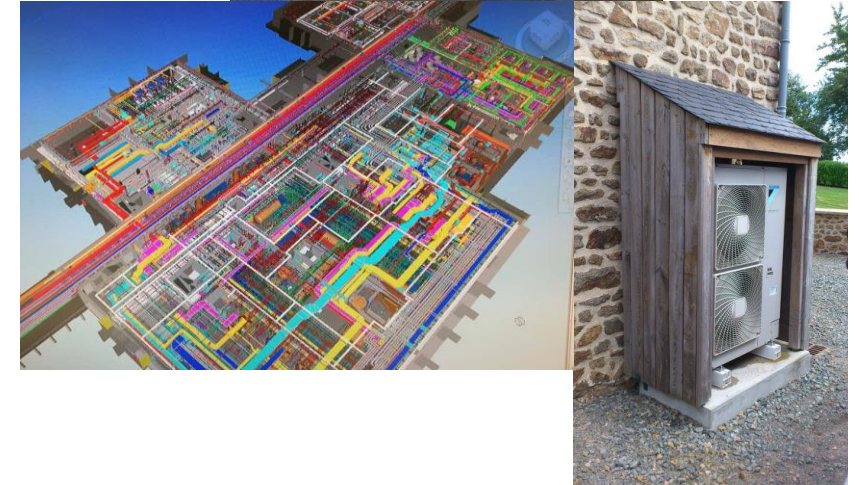
Chemins de câbles

Visibilité des équipements et réseaux

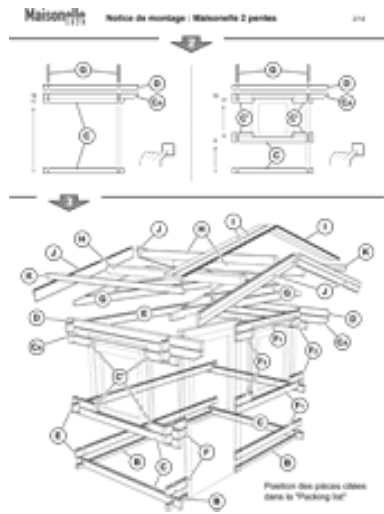
Assemblages réversibles, accessibles

Repérage explicite des réseaux

Documentation détaillée (produits, assemblage / dépose, entretien)



BIM
Carnets numériques
Protocoles de montage / démontage
Repérage des éléments



✓

✓

✓

✓

✓

✓

✓

!

!

!

CARNET NUMÉRIQUE DU LOGEMENT

Solutions // base de données

Conception pour la démontabilité
Commentaires sur principes et solutions présentés dans le guide de la Fondation Bâtiment Energie



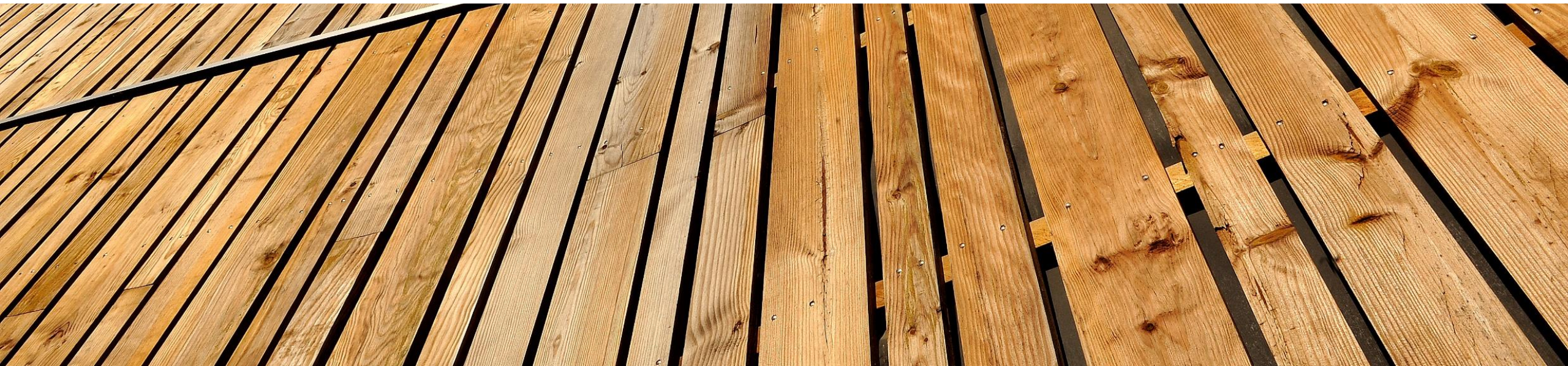
STRUCTURES

Table with 10 columns: Lots concernés, Solutions de référence non démontables, Principes, Solutions techniques possibles, Avantages, Inconvénients, Faisabilité technique (reconnaissance établie, solution diffusée...), Pratique métiers (maîtrise et partage, outils et méthodes...), Evaluation économique, Impact environnemental. Rows include Terrassement-Fondations and Gros œuvre béton - Maçonnerie.

Table with 10 columns: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10. Rows include Product, Type de solution, Chasse produit, Type de bâtiment visé, Fabricant, Matériaux, Disponibilité Pays, Stade d'évolution, En quoi est-ce démontable?, Descriptif, Site source, Liens, Images.



Méthodes, outils d'aide à la conception / d'évaluation



Différentes catégories >

Outils d'évaluation

- Drive 0
- Reversible BIM
- Disassembly and Deconstruction Analytics System (D-DAS)

Méthodes de calcul d'indicateurs

- Building Circularity Indicator (BCI)
- Disassembly potential measurement method 2.0

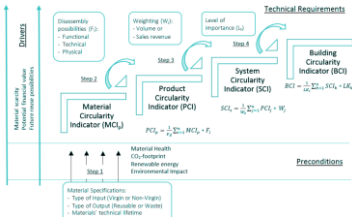
Normes

Guides

- CSA Z782-06 - Lignes directrices pour la conception en vue du désassemblage et de l'adaptabilité dans les bâtiments
- ISO 20887:2020 Conception pour la démontabilité et l'adaptabilité – Principes, exigences et recommandations

Process général

- Circular Construction Evaluation Framework (CCEF)
- Process INFINITE



- Guide d'aide à la conception pour la démontabilité (Guidelines for DfD)



Circular Buildings DISASSEMBLY POTENTIAL MEASUREMENT METHOD V2.0

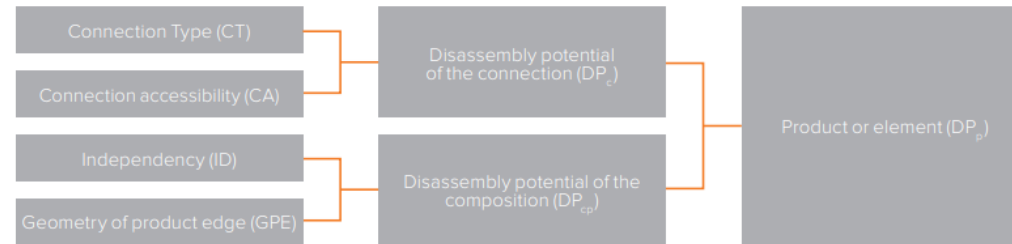
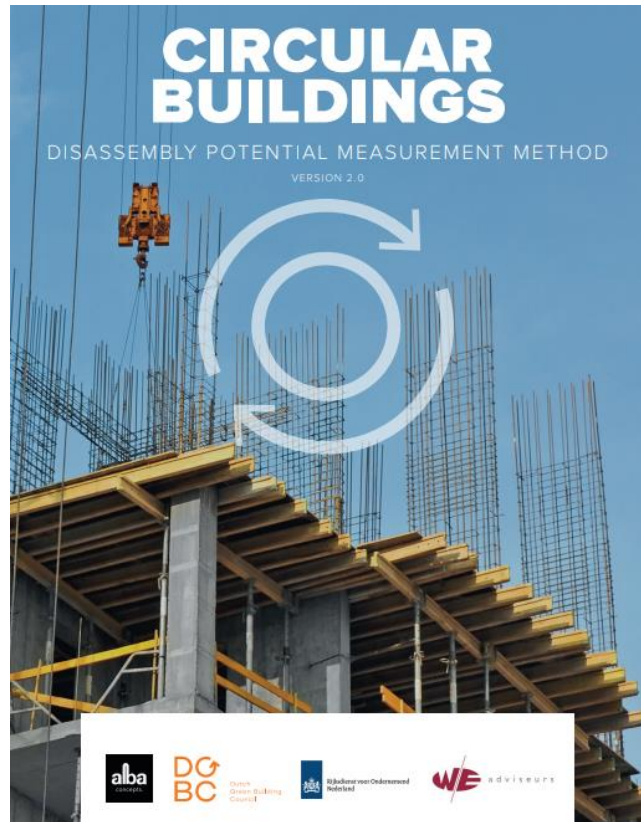
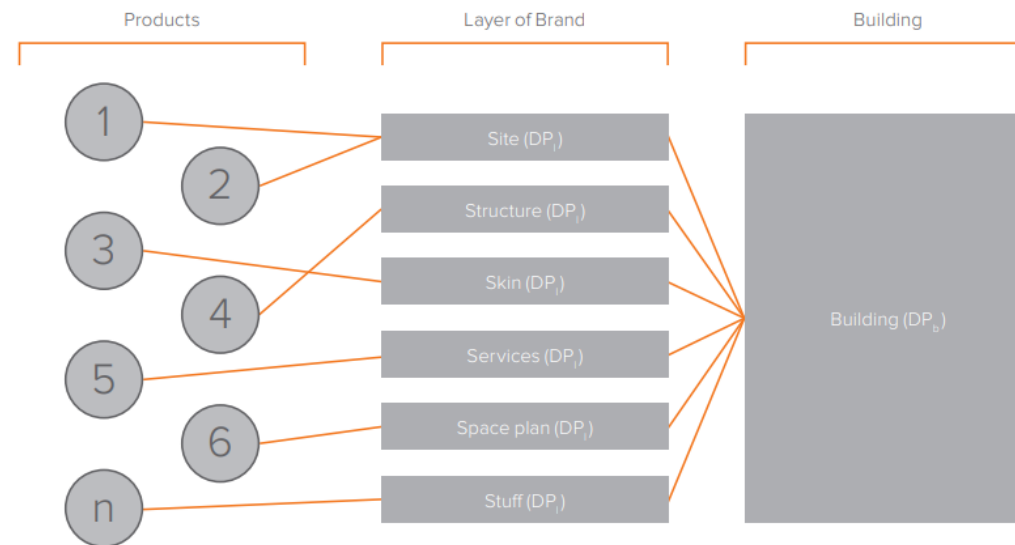


Figure 6: Step-by-step plan for assessing the disassembly potential of a product or element.



04.03 Disassembly potential of the connection (DPc)

The formula for determining the disassembly potential of the connection is:

$$DP_{c_n} = \frac{2}{\frac{1}{CT_n} + \frac{1}{CA_n}}$$

Connection type (CT)		Score
Dry connection	Loose (no fastening material)	1,00
	Click connection	
	Velcro connection	
	Magnetic connection	
Connection with added elements*	Bolt and nut connection	0,80
	Spring connection	
	Corner connections	
	Screw connection	
	Connections with added connection elements**	
Direct integral connection	Pin connections***	0,60***
	Nail connection	
Soft chemical connection	Caulking connection	0,20

04.07 Disassembly potential of the product or element (DPp)

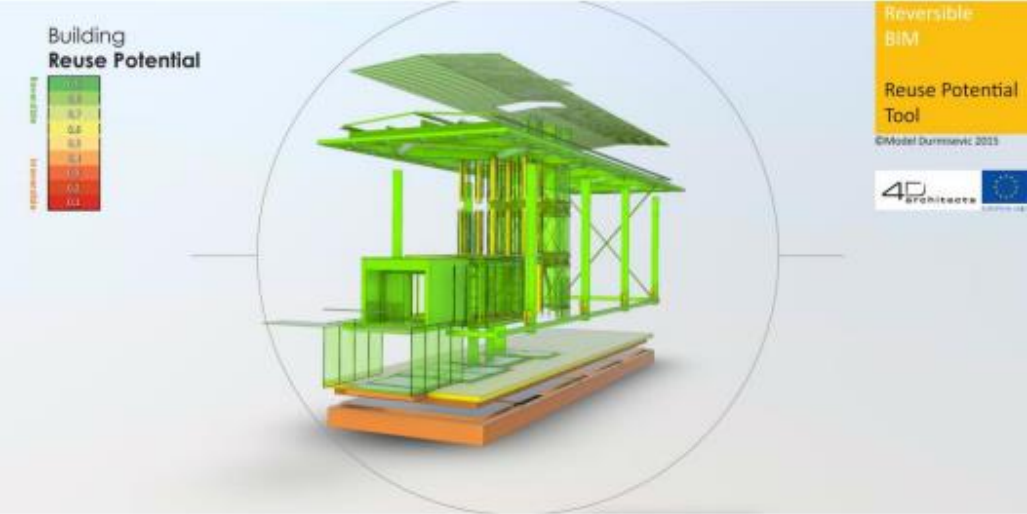
The formula for determining the disassembly potential of the product or element is:

$$DP_{p_n} = \frac{2}{\frac{1}{DP_{c_n}} + \frac{1}{DP_{cp_n}}}$$

04.08 Disassembly potential of the Layers of Brand (DPI)

$$DPI_n = \frac{1}{\sum_{i=1}^I ECI_n} \cdot \sum_{j=1}^J ECI_n \cdot DP_{p_n}$$

Reversible BIM Tool

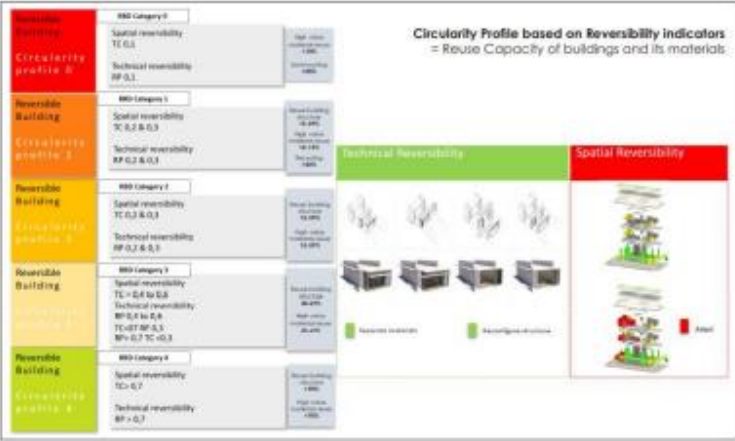


Circularity profile

www.gtb-lab.com

GTB Lab

Method Elma Durmisevic 2019 4D architects



Circular Building Profile is measured by mapping the Reuse Potential versus recycling and waste disposal.

Circular Building profile is a follow up of Reuse Potential calculation (method developed by E. Durmisevic and verified by EU H2020 project).



31%
Direct reuse



48%
Reuse by repair



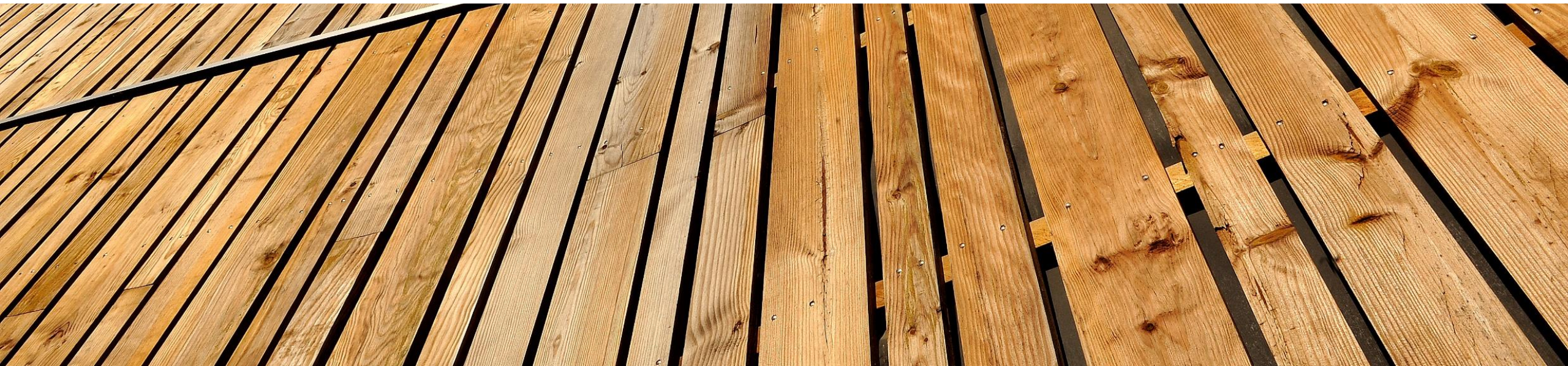
21%
Recycling



<https://youtu.be/VpXUY7qGiQk>



Références de bâtiments



Nom du projet	Année	Situation	Type bâtiment	MOE, MOA	Spécificité du caractère démontable	Informations	Source	Image
ZAC Pressoir	2014	Le Havre (76)	Bureaux	MOA: Communauté de l'Agglomération Havraise (CODAH) MOE : Ateliers 6,24	Projet entièrement démontable	Le bâtiment de la Zac du pressoir est le premier bâtiment biosourcé (niveau 3), démontable et réversible permettant de limiter son empreinte environnementale sur le site du projet.	Lien vers la présentation réalisée lors de la conférence Bazed : http://www.bazed.fr/wp-content/uploads/2015/09/ppt-zac-pressoir-conf-09.12.2015.pdf Site de l'architecte : http://www.ateliers6-24.fr/pages/references-architecturales.php?Reference=13-19 https://www.construction21.org/france/case-studies/fr/bureaux-modulables-zac-du-pressoir.html	
Concept bâtiment ZEST	2014	Démonstrateur	Tertiaire, logements	Commercialisé par Brunet	Projet entièrement démontable	Ce bâtiment nomade, construit en bois, en composites et isolants autour d'une ossature en acier, est conçu pour être monté ou démonté en moins de 48 heures, en s'affranchissant de tout réseau (eau, électricité)	https://acteursdeleconomie.latribune.fr/innovation/innovation-technologique/2015-12-09/brunet-expose-zest-un-habitat-100-autonome.html https://www.batiweb.com/actualites/eco-construction/zest-un-batiment-100-nomade-et-autonome-2015-12-23-27587 https://www.ideas-laboratory.com/projects/zest/ https://www.by-zest.com/qui-sommes-nous	
Préfabrique de l'innovation	2017	Villeurbanne (69)	ERP	MOA : Université de Lyon UDL MOE : Z Architecture, Cyprium (économiste), Pure Ingénierie et Tribu (Bureaux d'études)	Projet entièrement démontable	bâtiment temporaire et parfaitement démontable, voir même recyclable	http://www.ville-amenagement-durable.org/IMG/pdf/18_rch_prefabrique-innovation_69_vf_web-2.pdf http://www.z-architecture.fr/portfolio_page/pre-fabrique-de-linnovation-du-campus-lyon-la-doua-villeurbanne-69/ https://flores-amo.fr/pre-fabrique-innovation-lyon-paris/	
Maison qui déménage	2015	Jouy-en-Josas (78)	Logements	Commercialisé par Agilcare (Agilcare Construction et Univers et Conseils)	Projet entièrement démontable	conçus pour être assemblés, désassemblés et réassemblés, éco-conçus, sans déchet et sans empreinte. Construction sèche démontable en quatre jours. T3, 40m²	https://www.youtube.com/watch?v=7SG7JhxxePg https://www.construction21.org/france/case-studies/fr/la-maison-qui-demenage.html https://www.kisskissbankbank.com/fr/projects/la-maison-qui-demenage/tabs/description https://www.agilcare.co/maison-dexposition-parc-de-la-vilette-paris	
Office de tourisme en bambou	2012	Gard (30)	ERP	MOA: Commune de Saint Privat de Champclos MOE: Vision - Jean-François Daures-ZAE Terre de Barry, route de Barjac-30430-Saint Jean de Maruéjols-0603702286-projet@archivision.fr	Projet entièrement démontable	Un office de tourisme conçu selon les préceptes du Cradle to Cradle à savoir entièrement recyclable à l'infini et/ou démontable réalisé à partir de matériaux locaux majoritairement.	http://www.prixnational-boisconstruction.org/panorama-des-realizations-en-bois/item/7208-office-de-tourisme-en-bambous	

Siège social
NOBATEK/INEF4
(Anglet, 64)

patrick arotcharen agence d'architecture







**ZAC du Pressoir
(Le Havre, 76)**



**MOA : Communauté d'Agglomération
Havraise (CODAH)**

**Prog: Conception Réalisation de 7 200 m²
de bureaux en bois (3x 2400 m²)**

**Coût global de l'opération : 9 000 000 €
H.T. pour 3 tranches avec : • 3 500 000 €
H.T. pour le premier bâtiment (y compris
conception et VRD) ; et • 2 700 000 € H.T.
par tranche de 2 400 m**

Biosourcé, démontable, recyclable à 80%

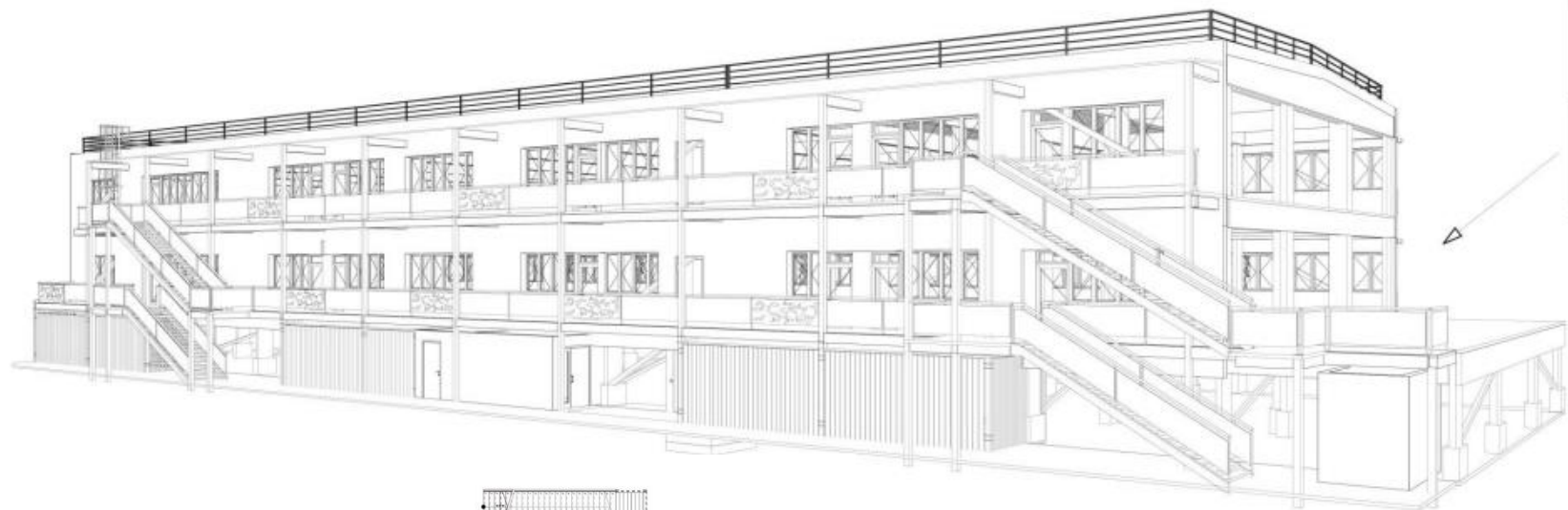
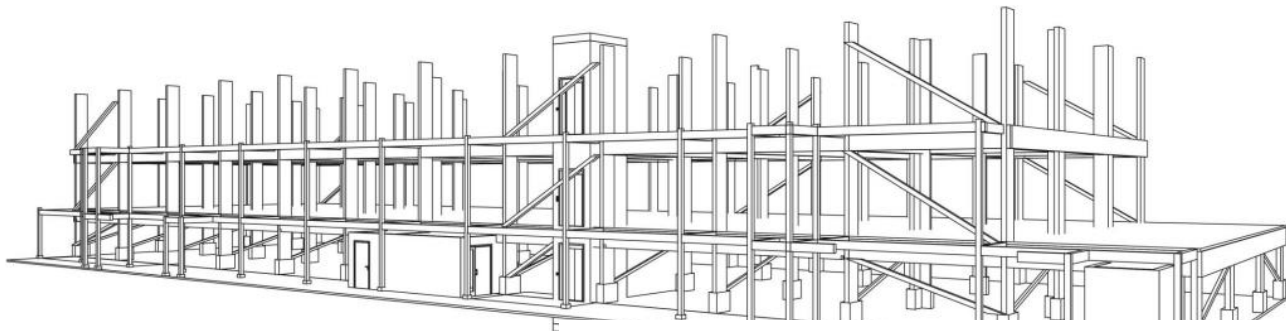
CEMATERRE : Mur de terre crue banchés

Carbone neutre

Label HqE Bâtiment Biosourcé Niveau 3

**Démontabilité : 81% en volume -
Produits séparables G.O : 90.5% -
Produits séparables de l'enveloppe : 100%
- Produits séparables de structure : 94.4%**



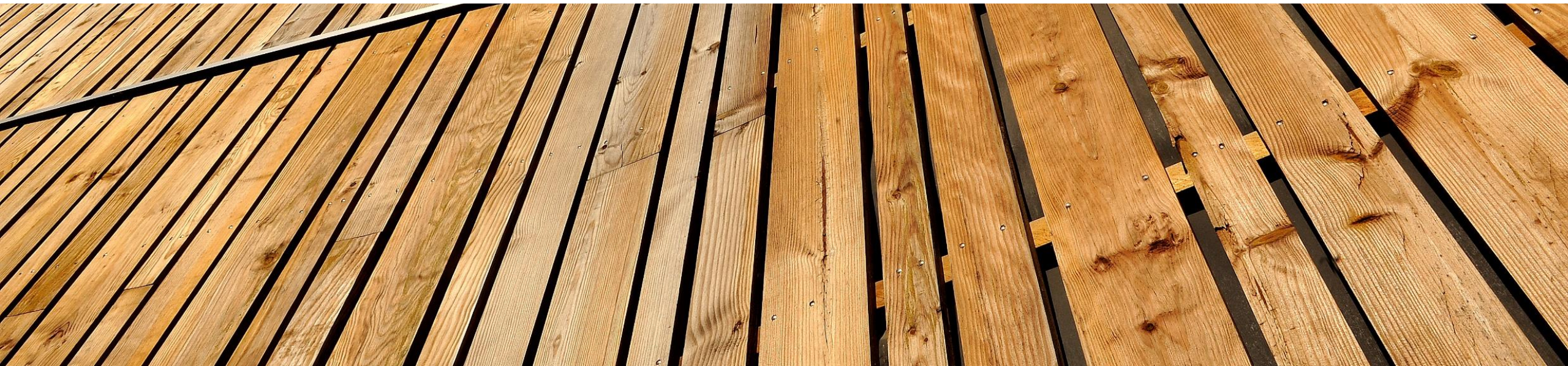








Sources d'informations utiles



Guides de la fondation Bâtiment Energie (lien webinaire; demande d'envoi)
Base de données solutions démontables (X2) (lien webinaire; demande d'envoi)
Liste d'exemples de projets (lien webinaire; demande d'envoi)



BAZED: <https://www.bazed.fr/>

Circular Economy Principles for Buildings Design (EU): <https://blog.nobatek.inef4.com/conception-circulaire-le-nouveau-guide-de-la-commission-europeenne-est-maintenant-disponible/>

ISO 20887:2020 Conception pour la démontabilité et l'adaptabilité – Principes, exigences et recommandations:
<https://www.iso.org/fr/standard/69370.html>

Transformable building structures : <https://www.openbuilding.co/literature/transformable-building-structures-design-for-disassembly>

EUROPEAN LABORATORY for GREEN TRANSFORMABLE BUILDINGS : <https://www.gtb-lab.com/>
CIRCULAR BUILDING KNOWLEDGE PLATFORM: <https://knowledgeplatform.gtb-lab.com/>

Intégrer l'économie circulaire. Vers des bâtiments réversibles, démontables et réutilisables
<https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/5405-integrer-l-economie-circulaire-9782863643839.html>





Benjamin LACLAU
blaclau@nobatek.inef4.com
Thomas GARNESSON
tgarnesson@nobatek.inef4.com



Jérémie JOUBERT
jjoubert@envirobatbdm.eu

