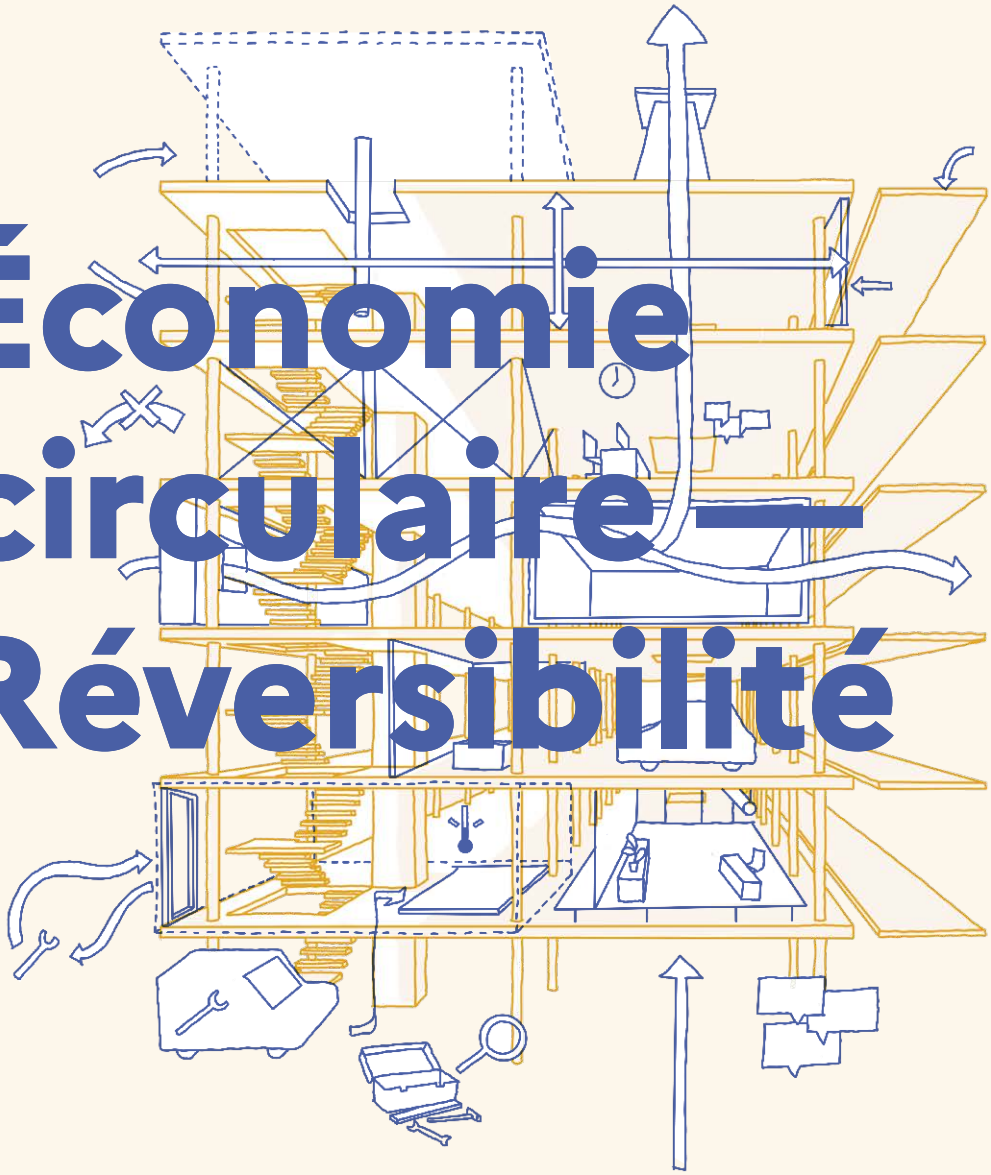
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE



Économie circulaire — Réversibilité

ILS L'ONT FAIT

Bonnes pratiques et pistes d'actions pour réduire les impacts environnementaux du bâtiment

setec Ingénieurs & Citoyens

REMIX RÉEMPLOI ET MATÉRIAUX

Ce document est édité par l'ADEME

ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

Coordination technique : Solène MARRY

Relecteurs : Mariangel SANCHEZ (AQC), Marianne BLOQUEL (ADEME), Laurent CHÂTEAU (ADEME), Maxime PASQUIER (ADEME), Solène MARRY (ADEME), Julien HERBERT (AQC), Florence GODEFROY (ADEME), Claire PINET (ADEME), Nadège OURY (HQE-GBC), David CANAL (ADEME), Sophie LAROCHE (ADEME), Sophie MIDY (ADEME), Olivier PERRET (DHUP)

Rédacteurs : Ingrid BERTIN (setec), Rafael SIMOES (setec tpi), Morgan MOINET (Remix), Maïlys MENDOUSSE (Remix), Servane MARTIN (Remix), Aurélien ACCOLAS (Remix)

Création graphique : Amandine MASSON, Rafael SIMOES (illustrations)

Impression : Imprimé en France sur papier certifié 100% PEFC - Imprimerie Grenier, labelisée Imprim'vert, ISO 26000, ISO 9001, ISO 14001, FSC, Print Environnement

Brochure réf. 011822

ISBN : 979-10-297-1969-1 - Avril 2022

Dépôt légal : ©ADEME Éditions, avril 2022

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Économie circulaire — Réversibilité

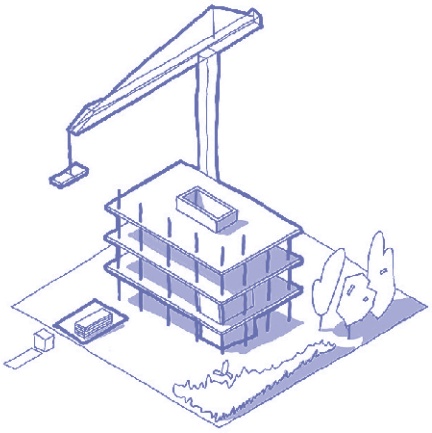
SOMMAIRE

Introduction 06

Contexte français et européen page **07**
Définitions page **09**
Indicateurs des bénéfices environnementaux page **12**

Économie circulaire 17

01. Approvisionnement durable page **19**
02. Écoconception page **25**
03. Écologie industrielle et territoriale page **31**
04. Économie de la fonctionnalité et de la coopération page **37**
05. Consommation responsable page **43**
06. Allongement de la durée d'usage page **49**
07. Recyclage page **55**

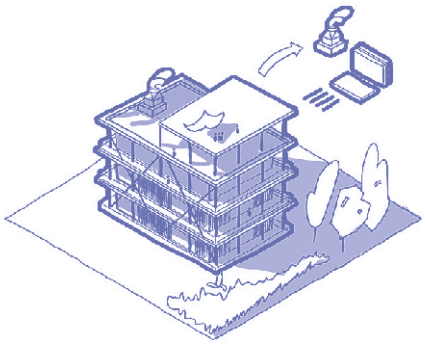


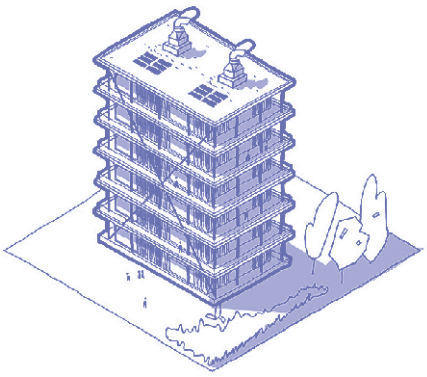
Réversibilité 61

01. Construction Réversible page **63**
02. Évolutivité page **69**
03. Démontabilité page **75**
04. Réemploi des matériaux page **81**
05. Chronotopie page **87**
06. Renforcement structural page **93**
07. Transformation page **99**
08. Adaptation du patrimoine page **105**

Conclusion 111

Synthèse des freins et des moteurs rencontrés page **113**
Conclusion page **114**
Chiffres clés page **116**
Ressources synthétiques page **120**
Bibliographie page **122**





INTRO

Catastrophes naturelles, crises climatiques et appauvrissement des ressources sont autant d'urgences environnementales auxquelles nous devons faire face. Alors que le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'évolution du Climat) ne cesse de nous alerter sur la nécessité de limiter le réchauffement climatique à 1,5°C, en France, le secteur de la construction et du bâtiment est à l'origine de plus d'un tiers des émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) et de 70% du volume total des déchets. Un changement des pratiques constructives est alors impératif.

Pour limiter les impacts sur l'environnement, la France et l'Europe se sont engagées à atteindre une neutralité carbone d'ici 2050 et se sont dotées de multiples textes législatifs. Ainsi la *Loi de Transition énergétique pour la Croissance Verte* prône le passage d'une économie linéaire à une économie circulaire. S'adressant à tous les secteurs de l'économie, elle vise notamment à réduire la pression sur les ressources naturelles par la préservation de l'existant, la consommation responsable, la valorisation matière et l'écoconception. Dans le secteur du bâtiment, ces principes se traduisent par un questionnement du programme, par le choix de matériaux et de systèmes constructifs durables et performants ainsi que par l'anticipation de la fin de vie des ouvrages, en étudiant le sujet de la réversibilité. La loi *Climat et résilience* institue quant à elle une étude du potentiel de changement de destination et d'évolution, y compris par surélévation, préalablement aux travaux de construction ou de démolition des bâtiments. Elle fixe aussi un objectif ZAN (Zéro Artificialisation Nette) qui implique d'analyser les besoins dans une logique de séquence ERC : éviter, réduire, compenser, afin de préserver les sols.

L'adoption du modèle d'économie circulaire nécessite un changement de paradigme pour faire avec le « déjà là » et repenser les projets à partir de gisements préexistants.

Ce recueil illustré propose des exemples de bonnes pratiques et de pistes d'action pour l'ensemble des piliers de l'économie circulaire appliquée au secteur du bâtiment avec un focus sur les enjeux de réversibilité du cadre bâti.

Un travail de benchmark a été réalisé pour identifier puis sélectionner des pratiques exemplaires. Les acteurs engagés, souvent pionniers, ont explicité les approches et solutions mis en œuvre pour inscrire leurs opérations dans une démarche d'économie circulaire. Ce recueil met en lumière des processus de conception et de réalisation appropriables et généralisables par l'ensemble du secteur du bâtiment, permettant de dépasser les difficultés techniques, assurantielles, logistiques, culturelles pour faire aboutir les projets.

La première partie du recueil est dédiée aux piliers de l'économie circulaire transposés aux pratiques du secteur du bâtiment. Chaque pilier est illustré de projets analysés et d'extraits d'interviews des acteurs de la construction.

La notion de réversibilité, permettant de faciliter la transformation d'un bâtiment par des actions variées, est développée dans la deuxième partie de ce recueil. Concomitante aux objectifs de l'économie circulaire, elle participe à la préservation de la matière.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE ET RÉVERSIBILITÉ
Approche contextuelle

ACTIONS POLITIQUES ET LÉGISLATIVES EUROPÉENNES

Depuis 2008, l'UE a largement réorienté sa stratégie politique relative à la gestion des ressources faisant de l'économie circulaire l'une de ses priorités.

Des plans d'actions globaux comme le *First circular economy action plan* sont également mis en place. Adopté en 2015, ce plan définit 54 actions en faveur d'une transition vers l'économie circulaire. Certaines trouvent des applications dans le secteur de la construction, d'autres peuvent l'influencer.

Le *Circular Economy Principles For Buildings Design* définit les principes de conception de bâtiments circulaires pour leur durabilité et leur adaptabilité. La définition d'un cadre et de guides dédiés aux acteurs de la construction, comme : *Level(s): european framework for sustainable buildings* permettent l'évaluation de la performance de durabilité des bâtiments, tout au long de leur cycle de vie et sur un ensemble d'impacts selon une logique de calcul en coût global.

LE CONTEXTE EUROPÉEN

Au niveau européen, plusieurs politiques encouragent la mise en place des pratiques d'économie circulaire. Ainsi, des plans d'action ont été publiés et sont en cours, tels que *Boucler la boucle* lancé en 2015 et le *Green Deal européen* lancé en décembre 2019. En 2020, la Commission Européenne a publié un guide « *Circular Economy - Principles for Buildings Design* », qui s'adresse aux acteurs de la construction pour les encourager à déployer les principes de durabilité, d'adaptabilité et de démontabilité.

Le projet européen FCRBE coordonné par ROTOR vise à augmenter de 50% la quantité d'éléments de réemploi circulant sur les territoires concernés par l'étude, d'ici 2032. Le projet couvre la Belgique, la France, le Royaume-Uni, les Pays-Bas, l'Irlande et le Luxembourg. Cette zone abrite des milliers de PME spécialisées dans la récupération d'éléments réutilisables mais est confrontée à des défis importants : le manque de visibilité, l'accès difficile à des chantiers importants et l'intégration du réemploi dans les pratiques de construction. L'identification faite au travers de l'étude de fournisseurs/revendeurs alimente l'annuaire du site opalis.eu. L'ADEME soutient cette démarche européenne au moyen du projet FIREELC. D'autres projets comme BAMB, CHARM et Digital Deconstruction favorisent aussi l'innovation et la collaboration européenne en matière d'économie circulaire.

LE CONTEXTE FRANÇAIS

Un tournant s'observe progressivement depuis la directive européenne 2008/98/CE fixant l'objectif de 70% de valorisation matière des déchets du BTP pour 2020. Depuis 2015, plusieurs lois et décrets renforcent les objectifs en faveur de la mise en place d'une économie circulaire en France.

- La loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) vise à permettre à la France de contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique et à la préservation de l'environnement.

- La loi «Climat et résilience» n° 2021-1104 du 22 août 2021 introduit de nombreuses références au recyclage urbain : mobilisation des friches et espaces déjà urbanisés, études préalables à la démolition, au recyclage foncier et à la réhabilitation du bâti.

- La réglementation environnementale 2020 (RE2020) qui est partiellement entrée en vigueur au 1er janvier 2022 permet de compter un impact carbone nul pour les matériaux de réemploi.

- La loi n° 2020-105 dite AGEC (loi anti-gaspillage pour une économie circulaire) favorise le développement de l'économie circulaire. Parmi les mesures, on trouve :
  - Le diagnostic Produits-Équipements-Matériaux-déchets (PEMD),
  - Une Incitation à se fournir en matériaux recyclés biosourcés et réemployés dans les achats publics,
  - La Responsabilité Élargie au Producteur (REP) appliquée aux produits et matériaux de construction du secteur du bâtiment.

LES ACTEURS

En France, la circularité a d'abord trouvé des applications dans des projets manifestes. Depuis, les filières et les acteurs de la construction s'organisent pour favoriser le développement de l'économie circulaire et de la réversibilité dans les projets de construction. En 2014, l'exposition *Matière grise* au Pavillon de l'Arsenal a mis en évidence la nécessité de l'économie circulaire pour répondre aux enjeux environnementaux auxquels fait face le secteur de la construction, vorace en ressources et émetteur de déchets.

Certains de ces acteurs collaborent avec l'ADEME à des programmes de recherche et d'expertise. Par exemple l'étude «Identification des freins et des leviers au réemploi de produits et matériaux de construction», l'étude REPAR, puis REPAR 2 pilotée par Bellastock et le CSTB, posent les bases d'outils de projet et d'un dialogue commun entre les acteurs de la construction, pour commander, prescrire, mettre en œuvre, évaluer et assurer. Le booster du réemploi mène une démarche inédite qui rassemble des maîtres d'ouvrages, des bureaux d'études et d'autres acteurs qui souhaitent généraliser les pratiques pour massifier le réemploi.

L'AQC (Agence Qualité Construction) travaille sur la maîtrise des risques en lien avec le réemploi de produits de construction. Sa C2P (Commission Prévention Produits) inclut des réflexions sur les risques assurantiels et la chaîne de responsabilités. Elle énonce, en collaboration avec Ville & Aménagement Durable (VAD), les points de vigilance et recommandations pour la réversibilité des bâtiments. Les agences d'architecture Anne Demians et Canal ont proposé des théories aboutissant à la réalisation de bâtiments réversibles.

L'assurabilité évolue en conséquence pour tenter d'inclure ces pratiques récentes. À titre d'exemple, la Fédération Française de l'Assurance (FFA) souhaite que des règles professionnelles soient déployées, afin que le réemploi puisse relever, à terme, de la technique courante.

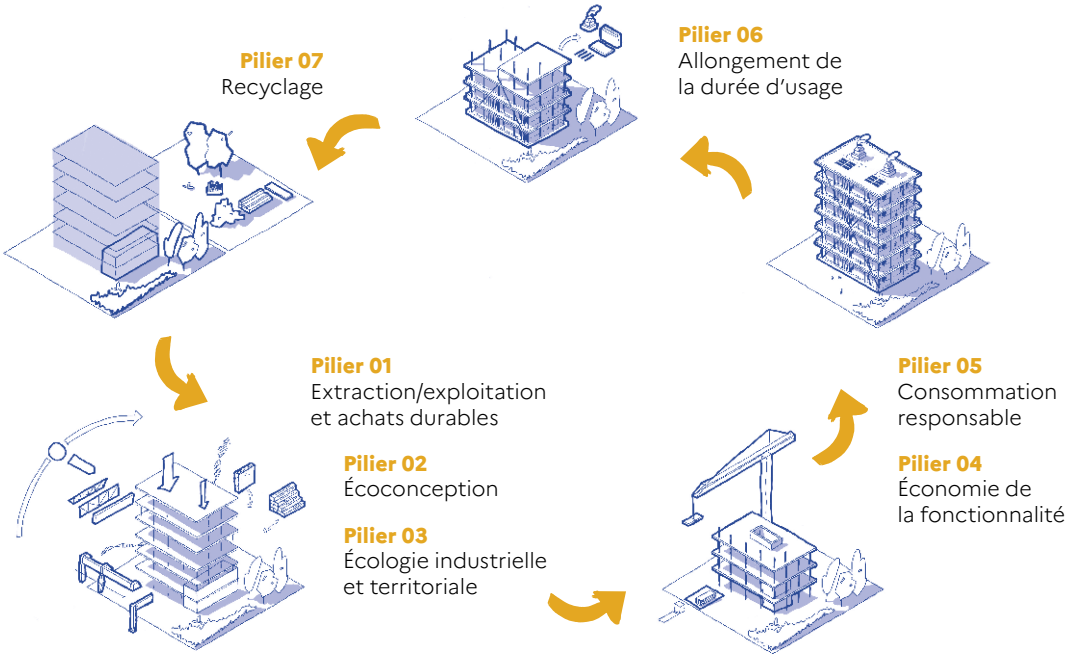
L'atelier économie circulaire, de la Fondation Bâtiment Energie créée à l'initiative de l'ADEME et du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), a abouti à la publication de guides, en mars 2021, qui préfigurent les règles professionnelles pour le réemploi de plusieurs familles de matériaux.
Depuis de nombreuses années, l'ADEME est impliquée sur le sujet de l'économie circulaire appliquée au secteur du bâtiment en soutenant les initiatives d'acteurs de la filière comme la plateforme collaborative Démoclès autour des pratiques de déconstruction sélective de bâtiments. L'ADEME contribue aussi au partage de retours d'experience et des bonnes pratiques par le recensement de projets exemplaires comme effectué par BAZED, à l'expérimentation avec l'Alliance HQE-GBC et au soutien des acteurs territoriaux grâce à ses Directions Régionales.

SYNTHÈSE DES PILIERS ET LEVIERS

appliqués au secteur de la construction : mise en parallèle des 7 piliers de l'ADEME et des 15 leviers de l'Alliance HQE-GBC

↓ Les piliers de l'économie circulaire appliqués au bâtiment

Source : ADEME



COMMENT APPLIQUER LES PILIERS DE L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE AU SECTEUR DU BÂTIMENT ?

Le concept d'économie circulaire s'est démocratisé au cours des dix dernières années et, pour assurer la transition des activités vers ce nouveau paradigme, les institutions ont initié des études pour définir, cadrer et fixer les modalités de son application.

L'ADEME définit l'économie circulaire comme « un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement, tout en développant le bien-être des individus »[1]. Les champs d'action ont été classés en 7 piliers.

Comme la définition du concept d'économie circulaire est multisectorielle, des stratégies d'adaptation propres à chaque secteur s'imposent. Ainsi, l'Alliance HQE-GBC a précisé, à la demande de l'ADEME, 15 leviers d'actions spécifiques à son application au domaine du bâtiment pour offrir une grille d'analyse unique, permettant de classer et comparer l'ensemble des opérations étudiées, pour chacune des étapes du cycle de vie des constructions et ainsi identifier et lever les freins critiques[2]. On note que cette analyse de la circularité à l'échelle du bâtiment s'enrichit d'un travail multiscalaire, avec une réflexion notamment au niveau urbain[3].

Pilier 01

L'approvisionnement durable (extraction/exploitation et achats durables) minimise les rebuts d'exploitation et l'extraction de matières premières en favorisant la réutilisation et/ou l'optimisation de matériaux déjà manufacturés ou en employant des matériaux renouvelables issus d'une exploitation durable.

Leviers HQE-GBC : *N°3* *Approvisionnement durable,* ***N°11*** *Réemploi et réutilisation.*

Pilier 02

L'écoconception est une démarche visant la maîtrise des impacts environnementaux sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment. Les leviers d'écoconception sont nombreux. Afin de lutter contre l'obsolescence de l'ouvrage, son potentiel de réversibilité ou encore la possibilité de réemployer les éléments qui le composent peuvent être pris en compte.

Leviers HQE-GBC : *N°5* *Conception durable,* ***N°10*** *Démontabilité et déconstruction sélective,* ***N°14*** *Planification.*

Pilier 03

L'écologie industrielle et territoriale a pour objectif d'optimiser la consommation des ressources sur un territoire donné, notamment grâce à l'échange de flux et à la mutualisation des besoins par l'instauration de synergies entre les projets et les acteurs.

Leviers HQE-GBC : *N°1* *Connaissance des gisements et potentialités,* ***N°2*** *Synergies,* ***N°15*** *RSE et évaluation.*

Pilier 04

L'économie de la fonctionnalité et de la coopération est une démarche économique centrée sur la valeur, les usages et la coopération. Elle vise le développement de solutions où l'usager achète du temps d'utilisation d'un objet ou d'un outil plutôt que l'objet ou l'outil lui même. On passe ainsi d'une logique de propriété à une logique d'usage, de service. Elle facilite l'intensification de l'usage des bâtiments qui limite la vacance ou la construction de nouveaux bâtiments.

Leviers HQE-GBC : *N°4* *Optimisation des besoins,* ***N°6*** *Économie de la fonctionnalité.*

Pilier 05

La consommation responsable privilégie une consommation plus frugale en énergie et en ressources, favorisant la réduction des déchets, la mise en œuvre de produits peu émetteurs de Composés Organiques Volatils (COV) et le choix de mobiliers réemployés. Le consommateur limite ainsi son impact environnemental par ses habitudes et par ses achats.

Leviers HQE-GBC : *N°13* *Sensibilisation.*

Pilier 06

L'allongement de la durée d'usage repousse la production d'un élément neuf (en remplacement d'un élément pré-existant) dont la production aurait occasionné une consommation de matière et d'énergie. Cela implique que les ouvrages ou produits soient réparables ou réemployables.

Leviers HQE-GBC : *N°7* *Pérennité des produits et équipements,* ***N°8*** *Évolutivité du bâtiment,* ***N°9*** *Approche en coût global.*

Pilier 07

Le recyclage permet d'éviter l'extraction de matières premières en réinjectant la matière recyclée dans le process de fabrication. Le recyclage a un coût énergétique non négligeable, et doit ainsi se limiter aux éléments qui ne peuvent pas être réemployés.

Leviers HQE-GBC : *N°12* *Recyclage.*

LES 15 LEVIERS DE L'ALLIANCE HQE-GBC

↑ Les leviers de l'économie circulaire appliquée au bâtiment définis par l'alliance HQE-GBC

Source : Alliance HQE-GBC

LES INDICATEURS DES BÉNÉFICES ENVIRONNEMENTAUX

Pour la réalisation de ce recueil, une étude bibliographique, visant à quantifier les impacts et la réalisation d'entretiens d'acteurs impliqués dans des projets où l'économie circulaire et la réversibilité étaient des enjeux importants, a permis d'établir des indicateurs. La diversité des propos recueillis et des pratiques se retrouve synthétisée au sein de la grille d'analyse présentée ci-contre.

Lors des entretiens menés auprès des porteurs de projet figurant dans le présent guide, une sélection d'indicateurs a été élaborée en fonction des approches des différents concepteurs. Certains accordant une importance au taux de matière valorisée, d'autres souhaitant, avant tout, mettre en avant les acteurs locaux ou mobilisés dans une démarche d'économie sociale et solidaire, etc.

La notion de réversibilité développée ici est avant tout liée à des dispositifs architecturaux, à leurs dimensions spatiales et aux systèmes d'assemblages, ce qui rend difficile une indication environnementale sur son bénéfice. Les bénéfices sont visibles à plus long terme, en évitant la déconstruction puis une reconstruction. Les indicateurs qui permettent une prise en compte globale des enjeux d'économie circulaire et de réversibilité structurent les fiches de ce recueil en établissant un cadre commun malgré des projets très hétérogènes.

Légende

- ● sujet fortement développé dans le projet
- ● sujet abordé
- ○ sujet non-abordé
- — sujet non-applicable

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

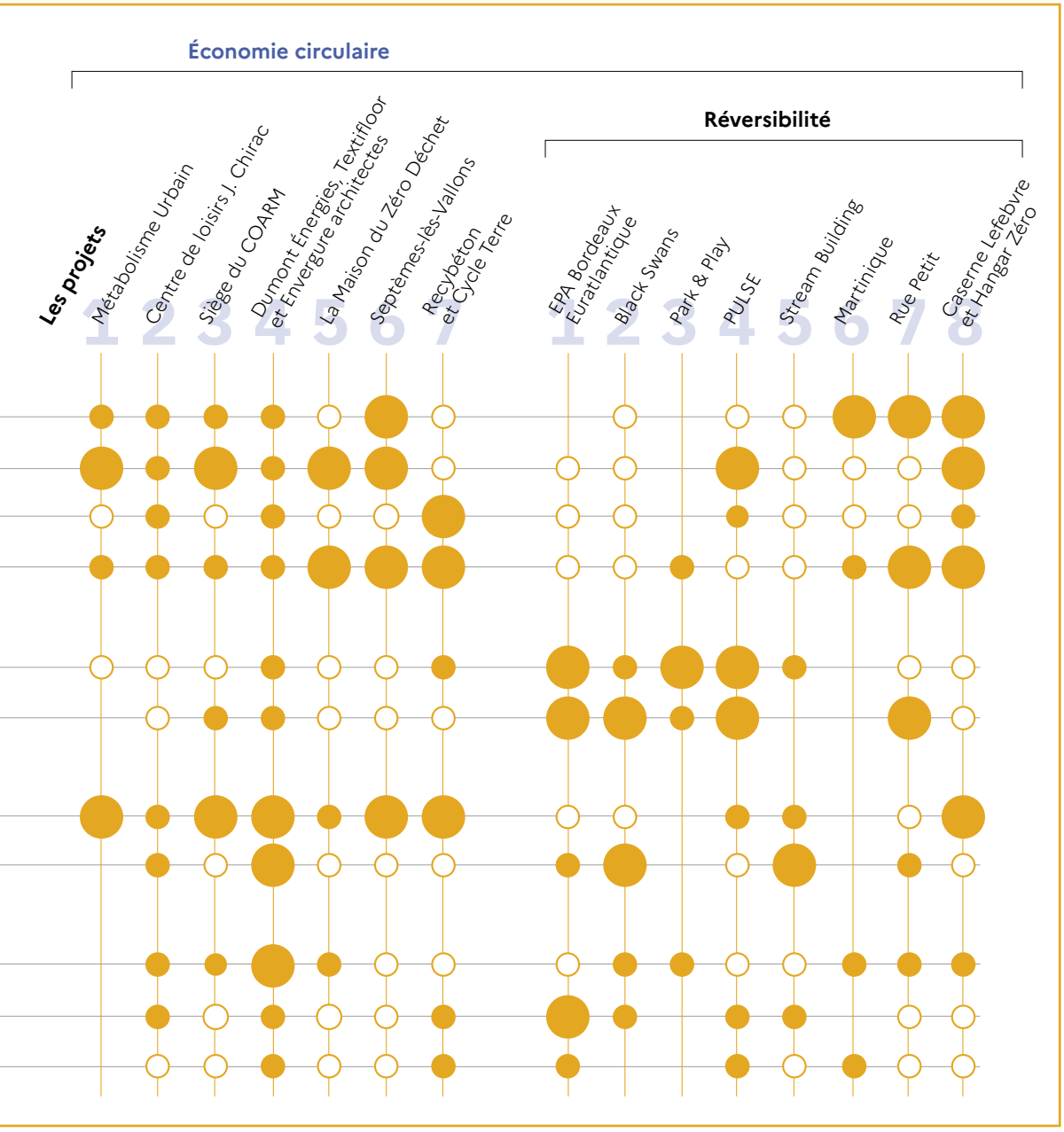
- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie


Économie circulaire
Réversibilité
Les projets
1 Métabolisme Urbain
2 Centre de loisirs J. Chirac
3 Siège du COARM
4 Dumont Énergies, Textifloor et Envergure architectes
5 La Maison du Zéro Déchet
6 Septèmes-lès-Vallons
7 Recybéton et Cycle Terre
1 EPA Bordeaux Euratlantique
2 Black Swans
3 Park & Play
4 PULSE
5 Stream Building
6 Martinique
7 Rue Petit
8 Caserne Lefebvre et Hangar Zéro

L'APPROCHE « MATERIAL FLOW ANALYSIS » OU MFA

La Réglementation Environnementale 2020 (RE2020) incite fortement au réemploi en considérant un poids carbone nul pour les matériaux réemployés. La mise en œuvre de ces matériaux est un atout important pour la réduction de l'impact carbone des bâtiments. Les données récupérées sur les projets présentés, bien qu'encore insuffisamment disponibles, sont plutôt proches de la méthode MFA (indicateurs de quantités de matières secondaires valorisées en entrée et de matières secondaires valorisables en sortie), car les acteurs comptabilisent parfois la matière réemployée, réutilisée ou recyclée en réalisant des métrés.

L'agence HQE-GBC développe l'analyse des flux de matières (MFA) permettant de calculer les indicateurs de circularité sur la vie d'un bâtiment, en s'appuyant sur les FDES (Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire) et PEP (Profil Environnemental Produit), facilement accessibles aux opérateurs, via la base de données gratuite : INIES. L'analyse des flux de matières est une méthode quantitative, qui vise à les représenter schématiquement. Elle préfigure un outil d'écoconception.

La méthode a été expérimentée sur 23 projets, dont les retours d'expérience sont disponibles sur le site internet de l'Alliance HQE-GBC (www.hqegbc.org), et permet de consolider les indicateurs. La méthode s'organise de cette manière :

- lister les initiatives d'économie circulaire de l'opération,
- réaliser l'Analyse du Cycle de Vie (ACV) du bâtiment,
- réaliser une analyse des flux de matières à l'échelle du bâtiment (MFA) pour les projets sélectionnés suite à l'étude ACV,
- réaliser une étude sur les scénarios de fin de vie (en option) pour les chantiers en rénovation,
- faire un retour d'expérience du test.

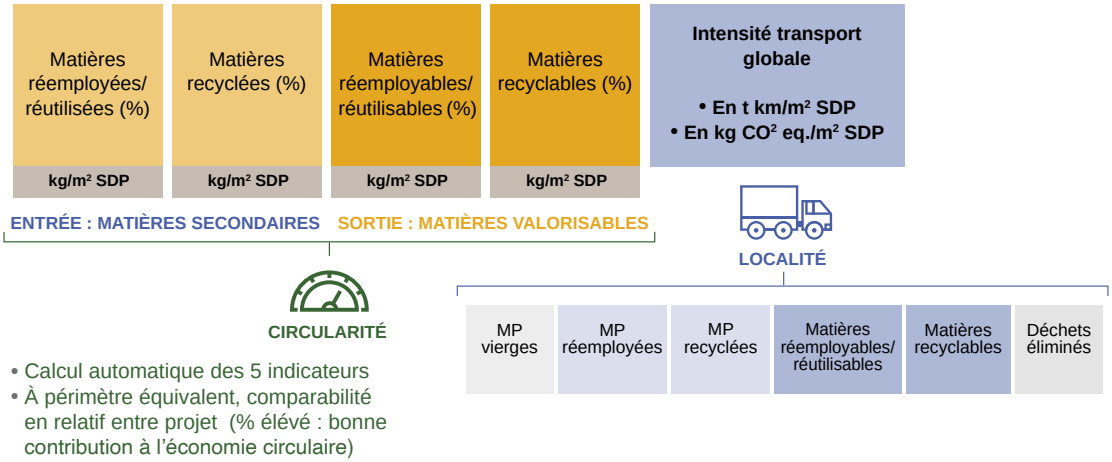
Pour développer et éventuellement généraliser ces indicateurs, il est nécessaire d'obtenir plus de précisions concernant :

- les ressources entrantes,
- le potentiel de valorisation des flux sortants,
- une fiabilisation et contextualisation des données,
- une intégration d'indicateurs permettant une meilleure prise en compte de la démontabilité et de la réversibilité de l'ouvrage.

L'Alliance HQE-GBC met actuellement au point, avec EVEA et le CSTB, un outil de calcul pour faire ressortir les indicateurs de circularité.

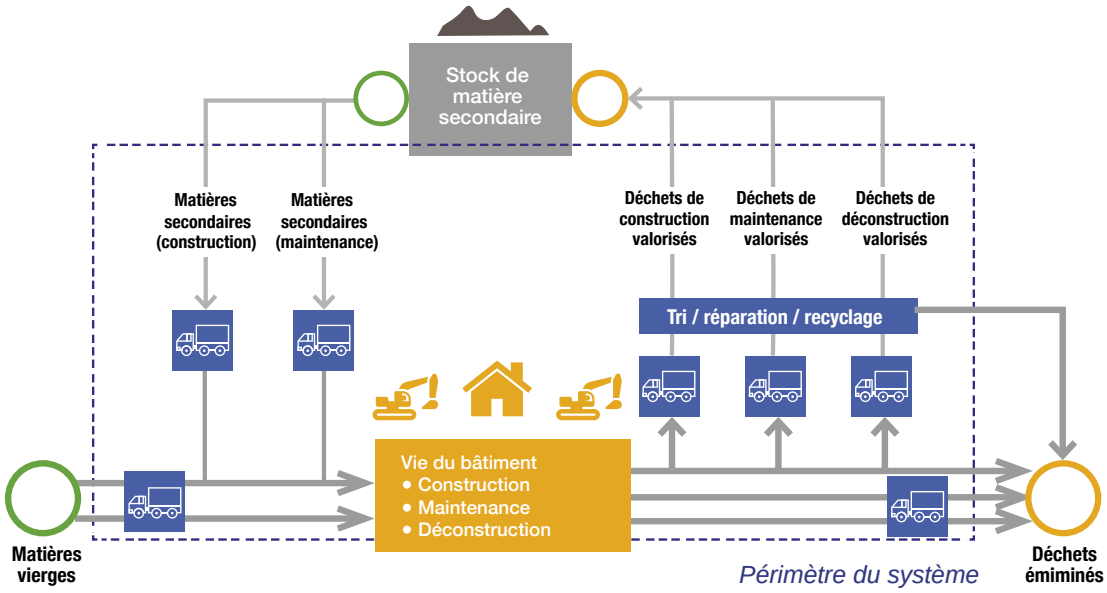
↓ Les indicateurs du MFA

Source : Alliance HQE-GBC, Cerqual, EVEA



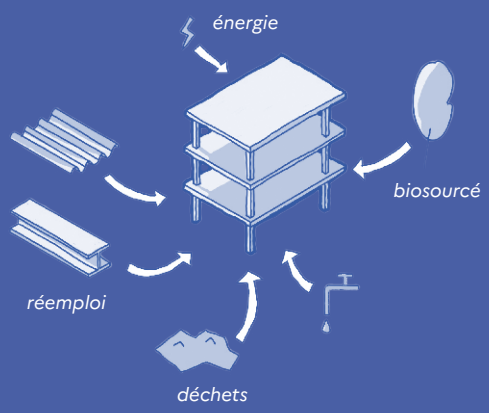
↓ Principes du MFA Bâtiment et périmètre du système

Source : Alliance HQE-GBC, Cerqual, EVEA
http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2020/12/BrochureTestHQEPerformance_EC-1.pdf

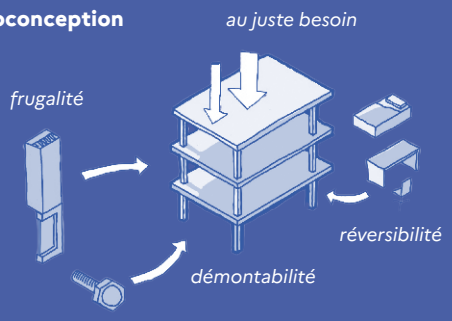


1. Économie circulaire

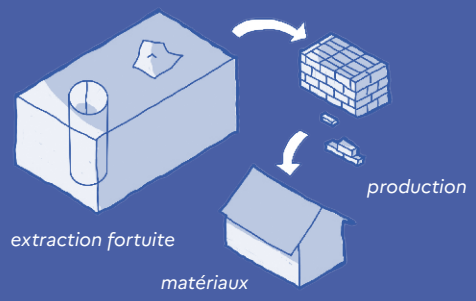
01. Approvisionnement durable



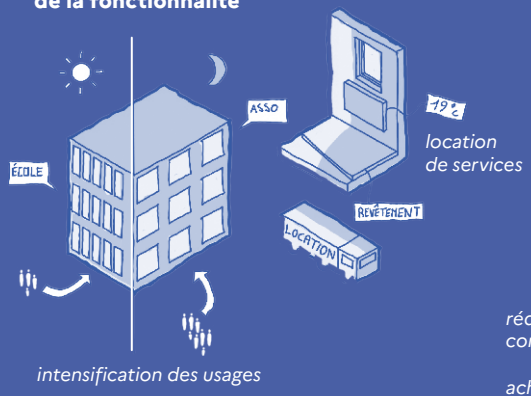
02. Écoconception



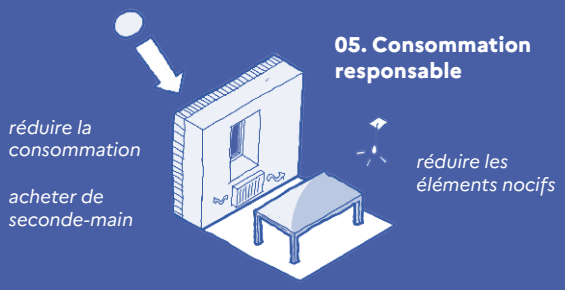
03. Écologie indstrielle et territoriale



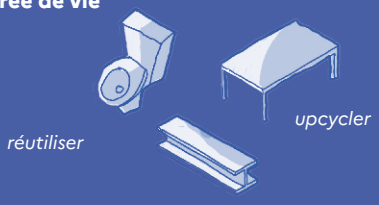
04. Économie de la fonctionnalité



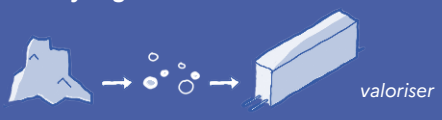
05. Consommation responsable



05. Allongement de la durée de vie



07. Recyclage



IMPLANTATION DES PROJETS
ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Pilier 01
Plaine Commune
+ Anderlecht, Belgique

Pilier 02
Rosny-sous-Bois
+ Londres, Royaume-Uni

Pilier 03
Saint-Denis, La Réunion
+ Amsterdam, Pays-Bas

Pilier 04
Hauts-de-France
+ Deft, Pays-Bas

Pilier 05
Paris
+ Venlo, Pays-Bas

Pilier 06
Septèmes-les-Vallons
+ Colombelles
+ San Antonio, Texas, États-Unis

Pilier 07
Paris
+ France,
+ Belgique
+ Allemagne

00 Projets français
00 Projets internationaux

Pilier 01

Approvisionnement durable

Entretiens

Justine Emringer
Cheffe de projet économie circulaire, Plaine Commune,

Cécile Marzorati
Architecte
Chargée de projets et d'études réemploi des matériaux et urbanisme de transition, Bellastock.

MÉTABOLISME URBAIN – PLAINE COMMUNE

Une expérience de coordination des pratiques de construction à l'échelle territoriale

L'approvisionnement en matières et énergies se doit d'être durable pour minimiser les impacts environnementaux des opérations et ne pas remettre en cause l'accès des générations futures aux ressources. Il s'agit de limiter l'extraction de matière et les rebuts d'exploitation en définissant le juste besoin et en limitant le gaspillage. Le réemploi, la réutilisation, l'utilisation de matériaux renouvelables, tout en respectant leur capacité de régénération, le recyclage, la limitation des distances de transport et l'optimisation de la mise en œuvre, sont des voies d'approvisionnement durable.

Afin d'impulser ces démarches dans les opérations de son territoire, l'établissement public territorial Plaine Commune a commandité une étude : *Métabolisme Urbain*. Des synergies entre acteurs se sont mises en place favorisant l'approvisionnement local de la matière et des compétences, par l'étude de la mine urbaine, ainsi que par le développement des pratiques de réemploi et de recyclage.

↑ Travaux de démolition sur le territoire de Plaine Commune

© Bellastock pour Plaine Commune

Date
2017-2020

Territoire
Plaine Commune

Programme
Initiation de démarches territoriales d'économie circulaire dans le secteur du BTP

MOA
Établissement public territorial Plaine Commune

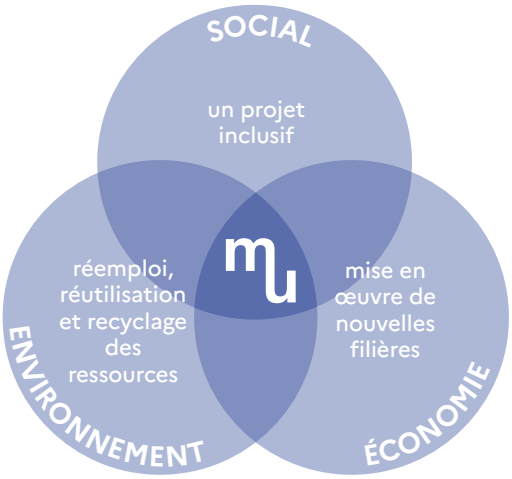
Partenaires
Bellastock + Encore Heureux + Auxilia Conseil + Albert&Co + Phares + Recovering + CSTB + Halage

Présentation

L'établissement public territorial Plaine Commune, qui réunit neuf communes de Seine-Saint-Denis dans le Grand Paris, constitue l'un des territoires clés du développement urbain francilien. 30 à 40% de son foncier est concerné par une opération de renouvellement urbain à l'horizon 2030. Le territoire accueillera notamment le Village Olympique des Jeux Olympiques de 2024 et sera desservi par le Grand Paris Express.

Plaine Commune souhaite faire des pratiques d'économie circulaire des matériaux du Bâtiment et des Travaux Publics (BTP) l'un des moteurs de son développement et place le sujet au cœur de ses projets d'aménagement. En 2017, l'établissement public territorial a lancé une étude opérationnelle nommée *Métabolisme Urbain*, du nom du concept éponyme [4] [5] [6].

L'objectif de ces trois années d'étude était de soutenir le développement des pratiques de réemploi, de réutilisation et de recyclage des matériaux du BTP.



↑ **Les axes du projet *Métabolisme Urbain***

Source : © Bellastock pour Plaine Commune

L'étude s'est déroulée en 3 phases :

1/ La mise en place de l'expérimentation

30 sites pilotes représentatifs de la diversité des opérations du territoire (opérations ANRU, ZAC, démolitions, réhabilitations, constructions, etc.) ont été choisis par les Directions Opérationnelles du Territoire pour leurs états d'avancement et leurs programmes variés. Des diagnostics ressources ont été réalisés par Bellastock et Albert&co sur un échantillon représentatif de chacun de ces sites, afin d'identifier les ressources potentielles et de préfigurer la mise en place de synergies entre opérations.

2/ L'accompagnement des acteurs et le développement des filières

Les entreprises Recovering et Le Phare ont accompagné la création de plateformes de tri, de stockage et de valorisation des matériaux.

En parallèle, l'agence d'architecture Encore Heureux a rédigé le cahier des charges d'un outil numérique permettant de cartographier et diffuser l'offre et la demande en matériaux de réemploi sur le territoire de Plaine Commune.

3/ Le bilan méthodologique

À l'issue des 3 années de projet, le groupement a produit un bilan identifiant ce qui avait fonctionné et était réplicable dans la démarche, ainsi que ce qui présentait un potentiel d'amélioration. Ces opérations, encore novatrices dans le BTP, nécessitent d'être accompagnées par une montée en compétence des acteurs, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et entreprises, rôle qu'a assuré Auxilia Conseil au sein du groupement.

Le Métabolisme Urbain : envisager des pratiques de constructions circulaires sur un territoire du Grand Paris

L'établissement public territorial Plaine Commune résume ainsi les principaux bénéfices de l'étude du métabolisme urbain :

- **Limiter** la consommation de matériaux neufs,
- **Réduire** les déchets de chantier et améliorer leur tri,
- **Réduire** la circulation de camions,
- **Favoriser** l'emploi local,
- **Changer** le regard des professionnels sur la notion de déchet.

Dans une démarche d'économie circulaire, les territoires, notamment urbains, doivent être considérés comme des gisements de matériaux de construction, la ville devient alors une « mine urbaine ». L'enjeu est d'identifier l'offre et la demande en matériaux et de pouvoir quantifier et qualifier ceux-ci à travers des diagnostics ressources qui sont des diagnostics opérationnels complémentaires à celui réglementaire, le diagnostic Produits, Équipements, Matériaux, Déchets (PEMD). Les gisements concernés peuvent être de différentes natures. À titre d'exemple, l'étude *Métabolisme Urbain* a notamment ciblé la terre cuite (briques pleines et tuiles), le bois, le béton, et les menuiseries extérieures.

Lors de cette étude, l'équipe du projet a souligné l'importance de la réalisation et de la diffusion des retours d'expériences auprès des acteurs du secteur de la construction, en particulier des maîtres d'ouvrage. Les outils numériques ont également révélé leur efficacité pour le référencement des gisements disponibles et de la demande. Ils favorisent notamment la mise en relation des acteurs, chantiers et plateformes de stockage. Trouver du foncier disponible, même temporairement, pour accueillir les installations logistiques et les installations de stockage, est un sujet qui mérite de l'attention.

Afin d'identifier les acteurs locaux compétents sur les sujets relatifs au réemploi, à la réutilisation et au recyclage, Plaine Commune a lancé en 2019 un Appel à Manifestation d'Intérêt (AMI) intitulé « Construisons ensemble les nouveaux circuits de valorisation des matériaux du BTP ». Cet AMI a notamment permis de mettre en place des synergies entre acteurs économiques. La participation du CSTB a permis d'accompagner les acteurs sur les sujets de modélisation économique des opérations.

Un des freins majeurs qui persiste est lié à notre culture dépréciative du « déchet ». Les professionnels du secteur et le grand public doivent encore prendre conscience de l'intérêt des pratiques d'économie circulaire dans le bâtiment. Cela doit passer par des mesures incitatives, voire coercitives, mais aussi par des actions de sensibilisation : ouverture de chantier, chantiers participatifs, architectures de stock…

L'étude *Métabolisme Urbain* a permis de mesurer les opportunités tout en outillant et en sensibilisant les acteurs du secteur [7]. Il a également soulevé des questionnements auxquels il est encore nécessaire d'apporter des réponses. Si les acteurs sont motivés et les freins identifiés, le développement massif des pratiques dépendra désormais de la volonté des donneurs d'ordres à se mobiliser sur ces sujets, afin de soutenir le développement de modèles d'aménagements innovants.

À RETENIR

Les 3 rôles à jouer par la maîtrise d'ouvrage selon Justine Emringer,
Cheffe de projet Métabolisme Urbain chez Plaine Commune

Impulser

- L'intégration des enjeux d'économie circulaire dans un projet nécessite une préparation en amont. Ils doivent être pris en compte dès les études pré-opérationnelles et figurer dans le cahier des charges. Une charte d'économie circulaire constitue un document de référence solide auquel les acteurs peuvent se référer. Le diagnostic ressources joue un rôle fondamental dans le développement d'une démarche circulaire et doit être systématisé (en complément du diagnostic PEMD, réglementaire, dans le cas où celui-ci doit être réalisé).
- La logique expérimentale constitue un bon point de départ pour impulser une démarche d'économie circulaire. Pour prendre tout son sens, elle doit néa moins permettre la mise en place de modèles reproductibles par les acteurs de l'aménagement et de la construction.

Outiller

- L'accompagnement des acteurs du territoire s'impose par la mise en place de formations pour les artisans, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et par le soutien au développement de plateformes de stockage, de tri, etc.
- Les exigences en matière d'économie circulaire devraient être intégrées au Plan Local d'Urbanisme intercommunal (PLUi) pour garantir leur mise en pratique dans les projets du territoire.

Suivre

- La maîtrise d'ouvrage joue un rôle capital dans le suivi et l'accompagnement des acteurs qui développent une démarche d'économie circulaire.

  La clarté de la définition de ses exigences environnementales est un facteur clé de leur intégration aux projets par les maîtrises d'œuvre et les entreprises. La formulation des Dossiers de Consultation des Entreprises (DCE) et notamment des Cahiers des Clauses Techniques Particulières (CCTP), les réunions de négociation et de lancement et celles de suivi des chantiers constituent des moments clés pour garantir le respect des exigences fixées.

> « Ces dernières années, l'intérêt pour les questions d'économie circulaire a explosé ! On a vu apparaître des nouveaux métiers avec des professionnels proposant des services d'AMO, de dépose, de reconditionnement des matériaux [...] et des dispositifs réglementaires nouveaux soutenant ces pratiques [...] mais qui restent insuffisants dans leurs ambitions et leurs moyens. »
>
> **Cécile Marzorati,**
> Chargée de projets et d'études réemploi des matériaux et urbanisme de Transition chez Bellastock

DONNÉES

Enjeu du projet

30 à 40%
de la surface du territoire
de Plaine Commune est concernée par le renouvellement urbain à l'horizon 2030, d'où l'importance d'étudier la démarche de métabolisme urbain pour la généraliser.

Gestion des ressources

Limitation de la production de déchets
40 tonnes de matériaux réemployés,

400 km de trajets en camion évités sur le territoire,

6 flux de matériaux identifiés pour leur potentiel de développement par des filières locales : béton, terre cuite, bois, serrurerie-métallerie, menuiseries extérieures et terres d'excavation.

Responsabilité sociale

Mobilisation des acteurs locaux et ESS
70 emplois créés

Impact économique

7 couples « gisement - domaine d'emploi » ont été étudiés du point de vue de la viabilité économique et technique. Le prix d'une fourniture en matériau neuf a été comparé à celui de la fourniture d'un matériau de réemploi, qui inclut les coûts de dépose, de reconditionnement et de logistique.

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

EXEMPLE INTERNATIONAL

Programme européen FCRBE

Aujourd'hui en Europe, la majorité des matériaux de construction part à la benne alors que leur durée de vie n'est pas dépassée. Seul 1% des matériaux sont réemployés[8]. Le projet européen FCRBE (Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements) porté par Rotor a été lancé en 2018 afin de faciliter les flux de ressources en Belgique, en France et au Royaume-Uni. Il se base sur la création de plusieurs éléments :

- un annuaire numérique regroupant les acteurs et opérateurs du réemploi sur les territoires de l'étude,
- un guide méthodologique technique pour la mise en place d'opérations de déconstruction plutôt que de démolition,
- des guides conseils pour la mise en œuvre des matériaux de réemploi.

Ces outils seront testés par 36 sites pilotes et les résultats seront communiqués aux organismes publics et aux professionnels afin de faciliter l'intégration de ces pratiques dans la construction mais aussi dans les projets de législations nationales et européennes.

↑ Carrelages démontés et conditionnés pour le transport

© Luc Boegly

Pilier 02

Écoconception

Entretien

Charlotte Picard,
Architecte chargée de mission, Direction Recherche et Innovation, Mairie de Rosny-sous-Bois.

CENTRE DE LOISIRS J. CHIRAC

Une architecture régénérative qui limite son impact environnemental

L'écoconception inclut la maîtrise des impacts environnementaux sur le cycle de vie complet d'un ouvrage. Ainsi, les impacts liés à la construction, la déconstruction et l'exploitation du bâti sont limités dès la phase de conception. L'écoconception privilégie l'utilisation de matériaux réemployés et biosourcés, ou à moindre impact en faisant preuve de sobriété dans l'utilisation de la matière. Elle prône l'efficacité énergétique et la limitation de l'artificialisation des sols. L'ACV est une méthode permettant de quantifier un ensemble d'impacts environnementaux selon des indicateurs, dépassant la notion limitée d'impact carbone. L'écoconception prend aussi en compte des critères moins tangibles comme l'obsolescence et le potentiel de réversibilité ou de réutilisation. Le centre de loisirs Jacques Chirac illustre le concept d'écoconception que la ville de Rosny-sous-Bois, à la fois maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, développe à travers la limitation de l'impact environnemental d'une construction, et l'enrichissement de l'écosystème du projet.

↑ Le centre J. Chirac et ses tours permettant la ventilation naturelle

© Ville de Rosny-sous-Bois

Date
2019

Lieu
5-7 rue Jacques Offenbach, 93110 Rosny-sous-Bois

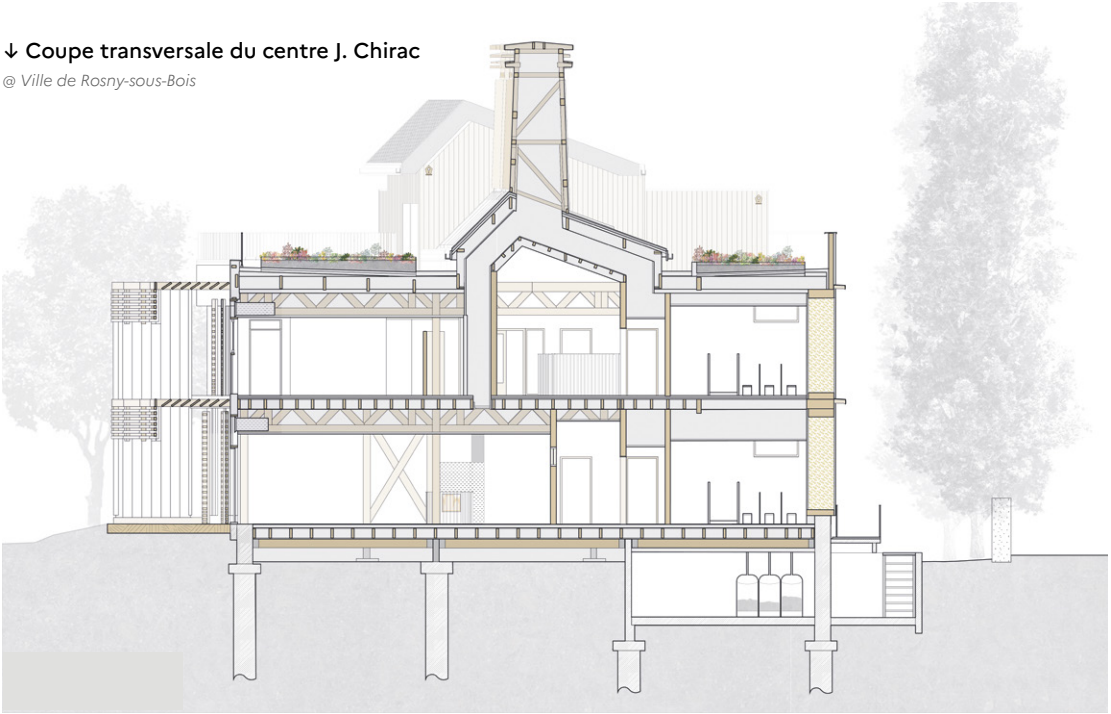
Programme
Salle polyvalente + salles d'activités manuelles + salle d'expression corporelle + cuisine pédagogique + bureaux

MOA / MOE / BE
Ville de Rosny-sous-Bois

Partenaires
Living School + Le centre de la terre + Agence régionale de la biodiversité Île-de-France + BatiDéHom + Rialland CharpenteHalage

↓ **Coupe transversale du centre J. Chirac**

@ Ville de Rosny-sous-Bois

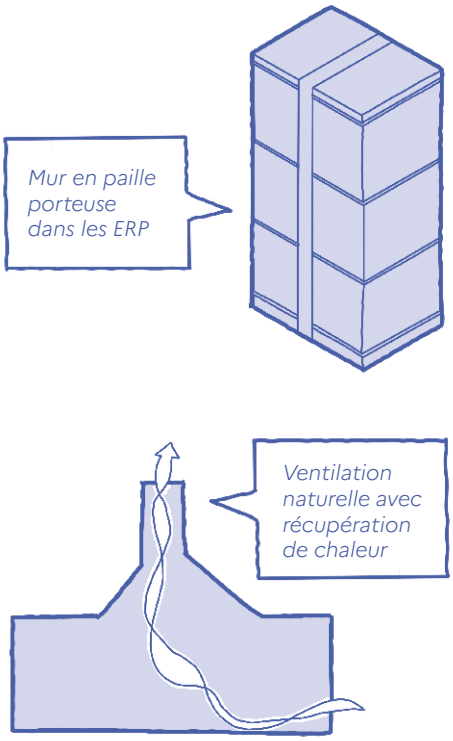


Présentation

Le centre de loisirs Jacques Chirac est un bâtiment bioclimatique passif qui accueille jusqu'à 180 enfants hors période scolaire. Il a été conçu et construit par la ville de Rosny-sous-Bois pour y accueillir des programmes liés à l'enfance. Ce projet a été mené par une maîtrise d'œuvre interne à la ville, composée d'un service architecture, structure et fluide, qui facilite un travail collaboratif et itératif sur les différentes phases du projet, de la programmation à l'exploitation.

La ville de Rosny-sous-Bois remplit son devoir d'exemplarité en tant qu'acteur public en œuvrant pour le bien commun à court terme, et en anticipant la venue de nouveaux élèves à long-terme.

De nombreux ateliers participatifs sont menés pour que le chantier soit un apprentissage ludique d'une autre manière de construire. Par exemple, les enfants ont fabriqué des briques de terre crue et ont étudié leur futur lieu de vie par un travail journalistique (les petits Repor-Terre). [9]



Économie circulaire

Matériaux vertueux, systèmes passifs et usages frugaux

L'écoconception est une source d'innovation : deux projets de R&D soutenus par l'ADEME ont été menés, à travers le projet du centre J. Chirac, pour valider des principes frugaux. Le projet PPERP en 2018 a permis le développement des murs en paille porteuse pour les bâtiments de type ERP avec des essais au feu et à la compression. Un deuxième projet VNAC, a développé la ventilation naturelle avec récupération de chaleur. Ces deux sujets de recherche trouvent des applications directes dans le projet du centre de loisirs minimisant l'impact et pérennisant un savoir-faire pour une application plus large.[10]

Cette transmission aux plus jeunes d'une éducation environnementale permet de lever les freins culturels que l'on peut rencontrer avec les adultes. Cet apprentissage est un prérequis pour agir. Charlotte Picard, architecte chargée de projet sur l'opération, nous donne l'exemple des toilettes sèches du centre pour palier un système d'assainissement qui aurait été complexe et coûteux. Les adultes ont eu des *a priori* culturels alors que les enfants n'ont pas été dérangés.

La volonté de la ville de Rosny est de considérer à la fois la démarche environnementale et la démarche sociale grâce aux ateliers participatifs faisant intervenir les Rosnéens, par exemple pour la fabrication des briques de terre crue pour l'abri à vélo du centre, mais aussi pour une initiation au traitement du bois brûlé. L'écoconception peut prendre des aspects inattendus, ou éloignés des idées préconçues du confort thermique. Les tricoteuses de Rosny ont tricoté des gilets pour l'école des Boutours et assuré le confort autrement que par l'augmentation de la température de consigne du chauffage. Les projets des écoles de Rosny-sous-Bois et de ce centre sont également le moyen d'accueillir des personnes en réinsertion professionnelle.

↓ Les espaces intérieurs se composent principalement de matériaux biosourcés.

© Juan Sepulveda

> « Le plus satisfaisant c'est quand on arrive à faire des ateliers avec les enfants parce qu'ils apprennent et comprennent très vite et on se dit que l'on a réussi à sensibiliser un enfant à notre action sur l'environnement et notre impact. »
>
> **Charlotte Picard,**
> Architecte chargée de mission, Direction Recherche et Innovation, Mairie de Rosny-sous-Bois.

Matériaux vertueux et systèmes passifs

Une attention est portée à l'approvisionnement, en circuit court, encourageant des méthodes d'agriculture soutenable comme l'agroforesterie et l'agriculture biologique valorisant des co-produits, sans générer de pression supplémentaire sur les terres. La préservation d'une forêt riche en biodiversité pose la question de son épuisement et des méthodes de sylviculture, pour cela, les modes constructifs sont adaptés à la ressource francilienne. La charpente est réalisée en bois massif avec des systèmes de poutres treillis afin de valoriser les bois de petites sections. Le bois est également utilisé pour les menuiseries extérieures, la couverture, et les bardages. L'aménagement intérieur se compose de bois massif, d'isolant en coton recyclé, et de peintures à l'huile de colza bio qui permettent d'éviter l'exposition à certains COV (Composés Organiques Volatils) nocifs.

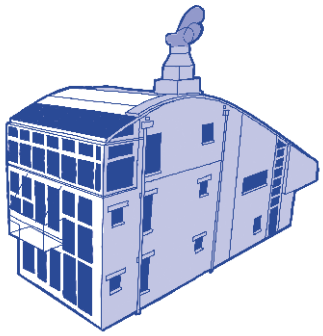
Le centre de loisirs Jacques Chirac est un bâtiment passif grâce à son isolation en paille, laquelle constitue également son enveloppe porteuse. Les déperditions des parois sont limitées par l'utilisation de triple vitrage. Le centre assure une production solaire de chauffage et sa ventilation se fait naturellement avec récupération de chaleur : les prises d'air en façade sont reliées directement avec des échangeurs et l'air est tiré par les tours à vent, éléments reconnaissables du projet. Un poêle de masse, alimenté au bois, offre un système de chauffage supplémentaire ainsi qu'un chauffage inter-saisonnier grâce à une cuve de stockage d'eau (réutilisée).

L'écosystème est préservé par l'aménagement extérieur : l'eau de pluie stockée est distribuée par les bouches d'arrosage pour les jeux d'eau et permettent de favoriser les îlots de fraicheur. La toiture terrasse plantée joue le rôle de réserve de la biodiversité.[11]

EXEMPLE INTERNATIONAL

BedZED - Beddington Zero Energy (fossil) Development

BedZED est un quartier résidentiel de 82 logements construit en 2001 situé au sud de Londres et conçu selon les principes de l'écoconception par l'architecte Bill Dunster. Le projet a été précurseur dans l'intégration des démarches d'ACV (Analyse du Cycle de Vie) à la fois pour la construction et les besoins énergétiques à l'échelle du bâtiment. Cette logique s'étend aussi à une réflexion systémique sur la vie du quartier. Le transport à vélo et les transports en commun sont privilégiés. La mixité programmatique y est largement développée : bureaux, commerces, logements, lieux culturels, espaces verts ainsi qu'un centre de cogénération pour la production d'énergie et de chaleur.
Les matériaux utilisés sont en partie issus du réemploi à une échelle locale. À titre d'exemple, 95% de la structure acier en est issue.[12]

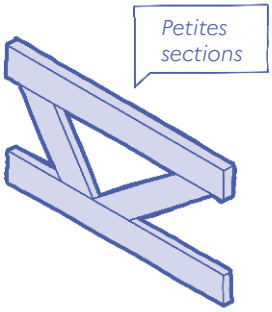


DONNÉES

Gestion des ressources

Les 4 indicateurs ont été mobilisés.

- Matériaux biosourcés et locaux,
- Utilisation du bois de manière massive ou en structure treillis pour favoriser les petites sections et les essences locales,
- Technologies Low-Tech,
- Méthodes de production soutenable : sylviculture douce et agriculture biologique.



Responsabilité sociale

Mobilisation des acteurs locaux et ESS

- Mobilisation d'entreprise locale ou d'insertion sociale,
- Mobilisation citoyenne grâce aux chantiers participatifs.

Intensité d'utilisation
Regroupement des activités dans un seul bâtiment permettant de libérer des locaux pour en faire de nouvelles classes.

Impact économique

Limitation des coûts de construction et réduction des coûts d'entretien
Échanges entre l'équipe de conception et les usagers pour faciliter l'exploitation du bâtiment et éviter les blocages.

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

À RETENIR

Aujourd'hui, les équipes de la mairie ont peu de temps à consacrer aux calculs d'impacts environnementaux. De manière intuitive, ils considèrent qu'ils font le choix le moins impactant par une réflexion poussée sur la frugalité et la réduction de la quantité de matière : le remplacement du bois par de la paille structurelle en est un parfait exemple. Le fait de se passer de membrane d'étanchéité issue de la pétrochimie en poussant la réflexion sur l'enduit en est un autre.

Recherche et développement de méthode constructive frugale
Les choix techniques sont envisagés dès la conception pour faciliter l'exploitation du bâtiment et discutés en amont avec le contrôleur technique pour éliminer les blocages éventuels.

Intégration des usagers à la conception et à la réalisation des ouvrages
Le programme du projet est issu des échanges entre les futurs usagers et l'équipe de conception. Les usagers sont principalement les enfants de Rosny-sous-Bois, la construction de ce bâtiment est un excellent moyen de transmettre et de « former les écocitoyens de demain ».

Utilisation de ressources biosourcées, locales et systèmes low-tech
Certaines techniques constructives ou matériaux ayant des impacts environnementaux trop forts sont écartés au profit de matériaux biosourcés ou de technologies low-tech.

Possibilité de généralisation à d'autres communes
Les résultats probants des réalisations de la ville de Rosny-sous-Bois sont partagés avec la volonté de créer une dynamique sur d'autres communes en rendant publics les travaux, les recherches et enseignements permettant d'innover. Des visites sont réalisées pour promouvoir ces pratiques vertueuses. Le fonctionnement pluridisciplinaire et basé sur une réflexion itérative entre la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre au sein d'une équipe interne à la ville permet de lever les freins à la concrétisation des ambitions environnementales du projet.

Pour aller plus loin :

- France Bois Forêt (2021) La construction biosourcée, Conception écosystémique, 15 juillet. Disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=DgZsMvJJq7o&ab_channel=FranceBoisFor%C3%AAt (Consulté en octobre 2021).
- Frugalité heureuse et créative (2020) « Vers une conception écosystémique », avec Emmanuel Pezrès, 13 octobre. Disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=G–5SIX8ANA&t=4654s&ab_channel=Frugalit%C3%A9heureuseetcr%C3%A9ative (Consulté en octobre 2020).

Pilier 03

Écologie industrielle et territoriale

Entretiens

Clémentine Thénot et Marine Martineau,
Architectes,
Co-Architectes.

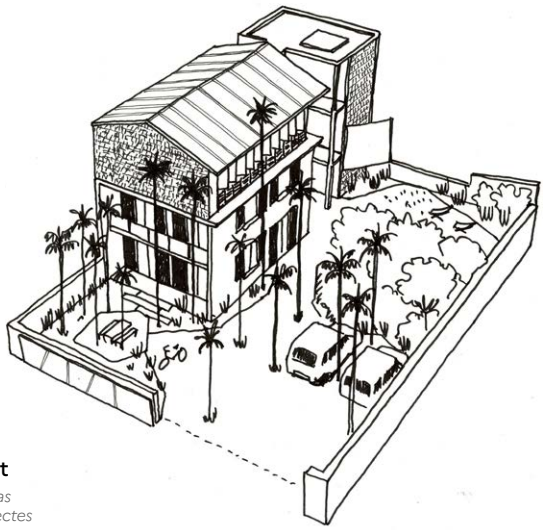
SIÈGE DU COARM

(Conseil de l'Ordre des Architectes de la Réunion et de Mayotte)

L'île de la Réunion, un microcosme régional qui interroge sur la gestion et l'optimisation des ressources

«L'Écologie Industrielle et Territoriale (EIT) vise à optimiser les ressources sur un territoire, qu'il s'agisse d'énergies, d'eau, de matières, de déchets mais aussi d'équipements et d'expertises, via une approche systémique qui s'inspire du fonctionnement des écosystèmes naturels.»[13] Dans le cas spécifique du bâtiment, l'EIT a pour objectif l'optimisation de la consommation des ressources sur un territoire donné, notamment grâce à la mise en place de synergies entre projets et acteurs par la mutualisation des besoins. Il s'agit, entre autres, d'étudier la manière dont les rebuts issus de l'activité de certains acteurs peuvent devenir des ressources pour d'autres et être ainsi valorisés.

Les îles telles que Mayotte ou La Réunion sont des microcosmes régionaux où il est possible d'étudier avec précision les modalités d'approvisionnement et de gestion des ressources. Les limites naturelles de leurs territoires simplifient l'étude de la question du réemploi en facilitant l'identification des filières, actions et acteurs impliqués. Les freins auxquels se confrontent les démarches d'économie circulaire apparaissent aussi plus clairement.



→ **Croquis du projet**

Source : Arnaud Jamet alias Robinson pour Co-Architectes

Date
2020 – en cours

Lieu
Saint Denis, La Réunion

Programme
Bureaux - Réhabilitation

MOA
Ordre des architectes Réunion - Mayotte

Partenaires
Co-Architectes & Adhoc + S2R + EBOI + Paysages

Présentation

Le projet du siège du COARM consiste en la réhabilitation, la surélévation et l'extension d'une case SATEC, logement modeste en béton des années 70, typique de La Réunion. C'est un projet de petite échelle qui cherche à implémenter une démarche de réemploi sur l'île. Du fait de l'absence de réseau d'acteurs du réemploi préétabli, cette initiative a été coûteuse en temps et n'a été possible que par la volonté de réaliser un projet démonstrateur et parce que son envergure était restreinte.

La conception par l'agence Co-Architectes, associée à Ad Hoc et EMCI, a été guidée par un certain nombre de contraintes :

- **Programmatiques :** création de sanitaires, circulations PMR, ascenseur, escalier, salle de conseil et de formation.
- **Bioclimatiques :** nécessité d'une ventilation naturelle et utilisation de matériaux naturels.
- **Architecturale :** intervention minimale sur le bâti existant.

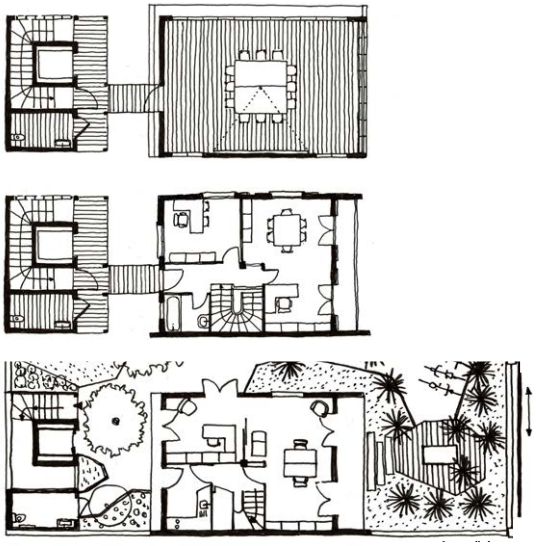
Ces contraintes ont permis à l'équipe de se concentrer sur le réel enjeu du projet, à savoir, mettre en œuvre une démarche circulaire, fondée sur deux principes :

- concevoir le projet avec des matériaux locaux de réemploi,
- réduire la production de déchets dès la conception.

Pour ce projet, les architectes ont re-questionné leur démarche habituelle. Afin de mieux organiser la structuration de l'équipe et de ces missions, une personne de l'agence Co-Architectes a été spécifiquement chargée de la question du réemploi et de l'économie circulaire pour ce projet.

Habituellement, le dessin se fait préalablement au sourçage des matériaux. Pour ce type de projet la conception s'est faite en trois étapes :

- dessin préalable d'une trame à remplir, le projet n'est que partiellement dessiné et évoluera en fonction des gisements disponibles,
- recherche des ressources : les éléments et matériaux seront sourcés et stockés selon leurs caractéristiques techniques, plastiques et architecturales mais également leurs potentiels d'assemblage,
- réintégration des ressources dans le dessin : créer des rajouts, patchworks mobilisant la capacité de l'équipe à innover, détourner et composer.



← **Plan des niveaux**

Source : Arnaud Jamet alias Robinson pour Co-Architectes

Économie circulaire

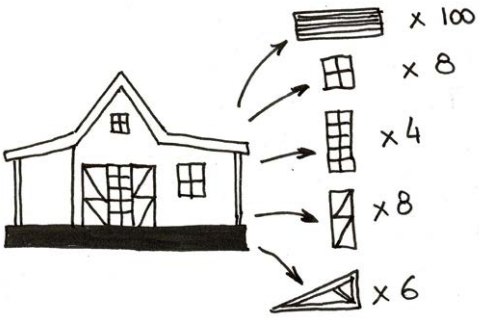
La nécessaire structuration d'une filière de réemploi permettant de prévenir la production des déchets du BTP sur l'Île

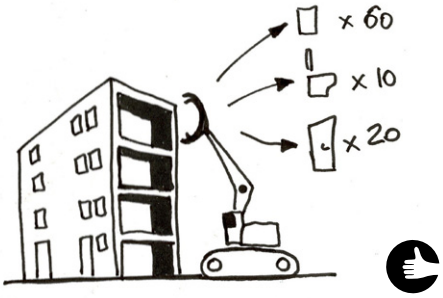
En travaillant avec l'Ordre des architectes et un réseau d'entreprises locales, l'équipe s'est principalement approvisionnée via trois types de sources :

- **Les excédents de stock,** notamment de parquets et d'éléments de structure bois (douglas), viennent majoritairement de l'entreprise EBOI. Ce type de gisement simplifie le réemploi en facilitant notamment la traçabilité.

- **Le réemploi de matériaux issu de curages/démolitions,** notamment des des tôles de toiture en aluminium, des fenêtres, des portes, des luminaires. En partenariat avec l'entreprise S2R, chargée du gros œuvre, l'équipe de Co-Architectes a visité des chantiers de démolition pour répertorier et diagnostiquer les gisements disponibles, avant qu'ils n'aillent à la benne. Dans certains cas, ne pouvant garantir la nature et les caractéristiques de ces gisements, des échanges ont été menés avec un contrôleur technique afin qu'il puisse juger de la capacité de ces éléments à être mis en œuvre dans l'ouvrage de destination.

- **Le bois local,** pour la structure du second-œuvre et le voligeage de toiture, c'est un bois local, le Cryptomeria, qui est privilégié. Actuellement à la Réunion, tous les matériaux de menuiserie sont importés. Les difficultés d'approvisionnement liées à la crise sanitaire de la Covid 19 ont permis le développement d'une filière bois locale plus économique que le pin issu de l'importation.





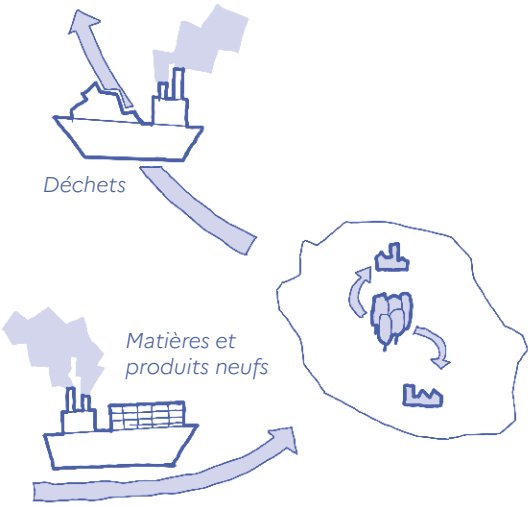
↑ **Schéma bilan des matériaux réemployés issus du curage et de démolitions**

Source : Arnaud Jamet alias Robinson pour Co-Architectes

« Ceci n'est pas un projet. Une démarche plutôt. »

Texte de présentation du projet Co-Architectes

Les initiatives d'écologie industrielle et territoriale :



L'Île est un monde fini où il est relativement simple de quantifier les intrants et les sortants. Dans cette situation géographique particulière, il est possible d'observer en accéléré les flux de matière et d'énergie au niveau du territoire et d'en tirer des leçons. La pandémie a eu d'importantes conséquences sur le monde de la construction, générant une hausse du coût des matières premières, le ralentissement de leur acheminement, la raréfaction des ressources et la prolifération des déchets. En se penchant sur ces questions, les architectes ont identifié le maillon manquant à ce type de démarches et la nécessité particulière d'une mise en relation des acteurs et des ressources via des plateformes.

Développer une plateforme numérique :
Les besoins de construction de l'île dépassent largement les ressources accessibles sur son territoire, d'où la nécessité d'avoir recours à l'importation. Des matériaux entrent sur le territoire, mais les déchets eux restent[14]. Aussi, depuis 2010, la CERBTP (Cellule Économique du Bâtiment et des Travaux Publics de La Réunion, association jouant un rôle d'observatoire économique du secteur de la construction sur l'île), développe la « Bourse aux matériaux », une plateforme numérique de vente et de don pour favoriser le réemploi, la réutilisation ou le recyclage. Son objectif est de détourner un maximum de matériaux de la filière déchets tels que :

- les invendus initialement destinés à la benne ou à l'export,
- les excédents de chantier,
- les matériaux issus de la déconstruction.

Développer une plateforme logistique :
Visant un autre public, les particuliers, l'association Synergie Pei propose depuis 2019 la « Brocante aux matériaux » : une plateforme logistique physique de dépose (de chutes de chantiers, récupération de matériaux, rebuts de stock…) et de revente. Cette plateforme propose des matériaux aux particuliers pour 10% de leur valeur sur le marché.

Ces exemples d'écologie industrielle et territoriale partagent une approche opérationnelle qui vise à favoriser la mutualisation, le réemploi, la réutilisation et le recyclage des ressources.

Pour aller plus loin :

- Co-architectes. Réemploi et ressources locales, développement d'une démarche collaborative sur l'Île de la Réunion. Matière Péi, juillet 2021, n°1 ; et septembre 2021, n°2.
- Matériaux Réemploi. (2018) Annuaire. Disponible sur : http://materiauxreemploi.com/category/annuaire/ (Consulté le : 02/11/2021).
- Metabolic. Circular Cities, designing post-industrial Amsterdam. Disponible sur : https://www.metabolic.nl/publications/circular-buiksloterham-designing-post-industrial-amsterdam/ (Consulté le 15/12/2021)
- JOURNET, Nola. (2018) economiecirculaire.org La Bourse Aux Matériaux. Disponible sur : https://www.economiecirculaire.org/initiative/h/la-bourse-aux-materiaux.html (Consulté le : 21/12/2021).

DONNÉES

Gestion des ressources

Préservation de l'existant

80 m²
réhabilités et
89 m² d'extension

Utilisation de matériaux réemployés

4 vasques

300 m² de platelage en bois

Bois de palette décloué
pour du bardage intérieur

200 m² de parquet

200 m² de parquet utilisé en bardage

20 m³ de bois de charpente

4 madriers en bois pour les fixations
des grilles de façade

9 fenêtres

23 portes fenêtres

1000 luminaires néons

Impact économique

Limitation des coûts de construction

150 000 €
économisés avec l'intégration
de matériaux réemployés
au lieu de matériaux neufs.

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

À RETENIR

Jusqu'à aujourd'hui, à la Réunion, l'architecture écologique était principalement orientée vers la conception bioclimatique, et la question des ressources était généralement laissée de côté. De fait, la marge de progression du réemploi est encore grande pour absorber la quantité de déchets produits sur l'île par le secteur du BTP. L'émergence de telles pratiques nécessite une acculturation par la connaissance de réalisations exemplaires et par la structuration de la filière, aussi il est nécessaire de :

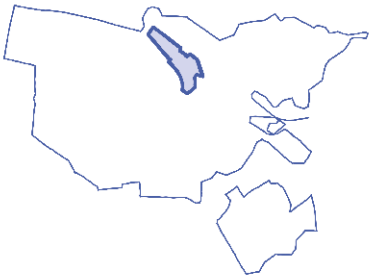
- développer la formation en lien avec le réemploi (sensibilisation aux principes de déconstruction et à la gestion des matériaux de seconde main) dans le cadre des formations initiales et continues des architectes et artisans du bâtiment,

- généraliser, lors des opérations de curage/démolition, la réalisation d'un diagnostic ressources, dans lequel sont identifiés les matériaux pouvant être réemployés. Ce diagnostic doit avoir lieu en amont des phases d'appel d'offre pour les opérations de démolition et réhabilitation (en particulier lorsque le diagnostic PEMD n'est pas obligatoire),

- développer des plateformes logistiques et de stockage des matériaux de réemploi ainsi que les plateformes numériques de mise en réseau, qui puissent garantir la traçabilité des matériaux pour des questions assurantielles et environnementales,

- encourager les acteurs mettant en place des démarches circulaires grâce à un soutien financier institutionnel pour les entreprises engagées en faveur des pratiques de dépose plutôt que de démolition.

EXEMPLE INTERNATIONAL
BUIKSLOTERHAM, Amsterdam, Pays-Bas



Face à la croissance exponentielle des populations urbaines, la ville d'Amsterdam a lancé un projet de reconversion d'une ancienne zone industrielle portuaire d'environ 100 ha.
L'équipe réunie autour de Metabolic Architects a associé la municipalité, des entreprises et des associations d'habitants pour organiser un dialogue ancré dans le territoire[15]. La transition post-industrielle du quartier vers des infrastructures majoritairement tertiaires se fait en ayant largement recours à l'économie circulaire :

- **transformation de l'infrastructure industrielle en lieu de gestion de déchets :** la chaleur et l'énergie produites peuvent être diffusées dans le quartier,

- **déconstruction de nombreuses friches industrielles pour pour réemploi des matériaux** dans des projets de constructions neuves sur le territoire,

- **utilisation des canaux pour le transport** commun fluvial à énergie douce,

- **raccordement aux systèmes d'égouts** en y rajoutant un méthaniseur et une centrale de récupération des eaux de pluie.

Pilier 04

Économie de la fonctionnalité et de la coopération

DUMONT ÉNERGIES, TEXTIFLOOR ET ENVERGURE ARCHITECTES

L'économie de la fonctionnalité et de la coopération est une démarche économique centrée sur la valeur, les usages et la coopération, visant à répondre à la transition écologique et aux enjeux sociétaux. [16]

Cette définition s'applique à un ensemble varié d'acteurs et de pratiques.

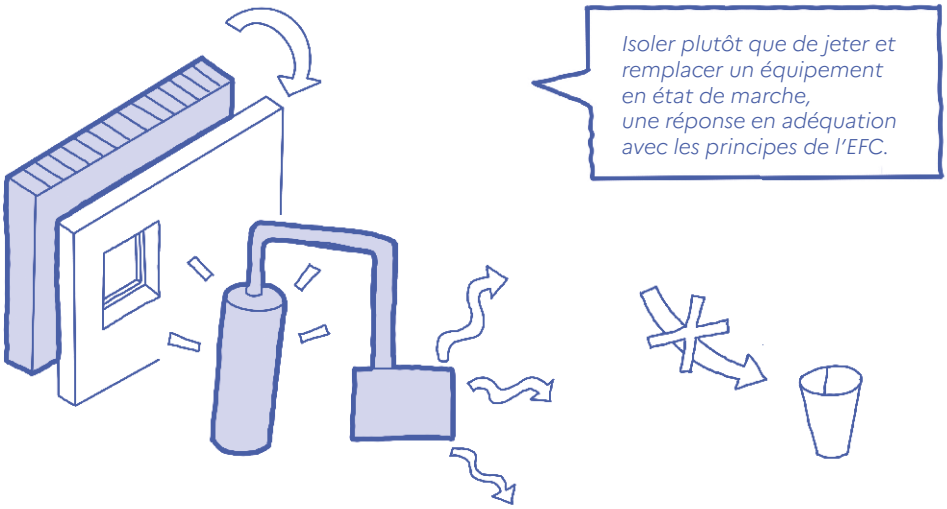
L'économie de la fonctionnalité est une transformation globale du modèle économique d'une entreprise et de son écosystème partenarial. Une coopération importante avec les parties prenantes d'un projet lié à l'habitat, une participation active des usagers dans le processus de conception permettent une économie basée sur l'usage et sur la valeur produite afin de dépasser les habitudes de conception qui fonctionnent généralement en silo. C'est une évolution profonde des modes de production, de consommation, de financement…

L'usage est privilégié sur la possession du produit : on achète un service lié à l'utilisation d'un produit (chaudière, moquette…) et non le produit lui-même. Cette stratégie permet de garantir le fonctionnement ou la pérennité d'un produit, sa traçabilité, puis de faciliter son réemploi ou son recyclage à la fin de son cycle d'usage.

L'économie de la fonctionnalité peut aussi être appréhendée à l'échelle du bâtiment avec l'intensification de son usage pour éviter la vacance ou la construction de nouveaux bâtiments. La mutualisation des besoins et la mixité fonctionnelle des lieux sont aussi des moyens de mise en œuvre de l'économie de la fonctionnalité. Elle se matérialise par la logique de la chronotopie, notion étudiée plus en détail dans le chapitre partie « réversibilité » du présent ouvrage.

Ces fonctionnements « de rupture » permettent une moindre consommation des ressources naturelles et accélèrent la circularité en assurant un meilleur service à l'usager. Ils évitent l'obsolescence programmée par une pérennité de l'usage et la proposition de solutions de réparation.

Le groupe « habiter », lancé par le club Noé[17], une association qui regroupe des acteurs économiques des Hauts-de-France qui s'engagent dans l'économie de la fonctionnalité et de la coopération, réinterroge cette notion en intégrant les enjeux environnementaux, sociaux et économiques afin d'habiter durablement. Le choix du terme « habiter » reflète l'importance du bien vivre de l'usager, pour cela une coopération d'acteurs divers et variés est nécessaire pour assurer l'écoconception, la performance énergétique, avoir une réponse au juste besoin… Cette pluralité des actions mène à une pluralité d'acteurs, qu'ils soient maîtres d'œuvre, maîtres d'ouvrage ou entreprises. [18]



L'ENTREPRISE DUMONT ÉNERGIES

Un service de confort thermique plutôt qu'une chaudière

Dumont Energies, acteur des métiers du génie climatique, de la plomberie, de la ventilation et de l'électricité, développe des pratiques durables et sociales basées sur l'économie de la fonctionnalité et de la coopération. Son modèle économique ne repose plus exclusivement sur la vente du matériel de chauffage, pouvant pousser à son remplacement plutôt qu'à sa réparation en cas de panne. La valeur ajoutée de l'entreprise est donc basée sur son expertise en termes de maintenance et d'optimisation des installations.

Plutôt que de vendre un bien, Dumont Energies vend un service adapté au réel besoin du client qui n'achète plus une chaudière mais un service, comme une température de confort.

Didier Dumont donne un exemple très concret de l'économie de la fonctionnalité. En réponse à un client qui souhaitait acheter une chaudière, l'entreprise a analysé avec lui son besoin réel. Le choix ne portait plus sur la sélection d'une chaudière mais questionnait son utilité. Le client faisait face à une situation d'inconfort thermique, le conseil apporté était d'abord de solutionner le manque d'isolation, de remplacer des menuiseries qui n'étaient plus étanches plutôt que de changer la chaudière. S'intéresser aux causes réelles a permis d'éviter le remplacement d'une chaudière fonctionnelle et de favoriser une rénovation thermique en partenariat avec d'autres artisans. La finalité n'était pas le remplacement mais une amélioration de la qualité de vie et la satisfaction du client.

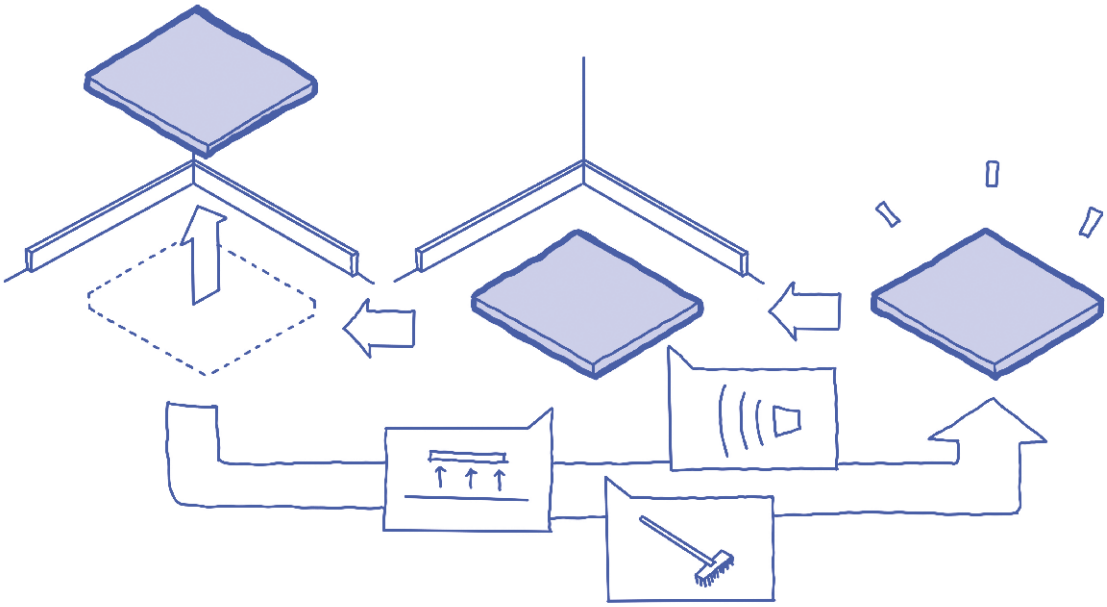
La coopération prend ici toute son importance avec des partenariats entre entreprises qui adoptent cette démarche d'économie de la fonctionnalité et de la coopération pour tenir ensemble les objectifs de performance thermique de l'habitat.

TEXTIFLOOR

De la location de moquette à un « service intégré »

L'entreprise ne propose pas une simple location de revêtement de sol mais une offre de maintenance et de conseil pour que la durée de vie du revêtement soit augmentée. Le conseil et la maintenance ont un intérêt environnemental, ils permettent également au client une amélioration du service rendu. Textifloor s'occupe de la gestion des revêtements de sol. En cas d'usure, les revêtements usagés sont donnés et parfois réemployés, pour un usage où l'élément est déclassé. Lorsqu'ils ne peuvent plus être utilisés, ils sont recyclés. Une innovation dans la pose évite l'utilisation de colle et donc améliore la réemployabilité et le recyclage. L'accompagnement dans le choix du revêtement se base sur le bien-être au travail (acoustique, qualité de l'air…).

La location d'un revêtement de sol est traditionnellement basée sur des indicateurs de performance comme la rapidité de mise en œuvre, la qualité de la pose et un coût réduit. Des nouveaux indicateurs prennent en compte l'usage, la fonction, la facilité de sa maintenance, et son recyclage en fin de vie. La coopération est encore importante, notamment au travers du dialogue qui s'opère avec l'entreprise de nettoyage pour que la durée de vie du produit soit allongée par le choix de méthodes adaptées. Textifloor reste désormais propriétaire des revêtements de sol et propose la maintenance et le conseil à son client pour s'assurer de la durabilité et de sa satisfaction.



Une offre de maintenance et de conseil pour éviter le déchet.

ENVERGURE ARCHITECTES

Une architecture partagée pour mieux répondre aux usages

L'économie de la fonctionnalité trouve écho dans la pratique des architectes qui mettent au cœur de leur démarche de conception, la participation et la coopération de l'ensemble des acteurs pour mieux répondre aux besoins.

L'économie de la fonctionnalité et de la coopération valorise le travail réel de l'architecte consacré à la conception de l'habitat en portant une attention particulière aux besoins des usagers du bâtiment, à la co-construction des solutions et aux effets positifs produits. Pour Fabien Prouvost, c'est ce qui fait le cœur du métier de l'architecte. Habituellement, l'architecte facture à l'heure ou au pourcentage du marché de travaux. Cela incite à construire « en volume ». Fabien Prouvost contractualise différemment en mettant en avant son travail réel, la « matière grise » mobilisée, l'intégration des usagers, la co-conception avec les parties prenantes, les effets positifs créés… La facturation est différente pour chaque client, en fonction du sujet et du projet. La coopération entre la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'oeuvre, les usagers et les entreprises permet de progresser dans ce sens et de construire des projets de manière concertée.

La compréhension du besoin permet une réflexion sur la non-construction en évitant la production d'un bâtiment et l'énergie nécessaire à son fonctionnement, ainsi qu'une potentielle artificialisation des sols. « L'objectif est de changer de paradigme, pour construire (beaucoup) moins, mais (beaucoup) mieux », selon l'entreprise.

Envergure architectes imagine des modèles nouveaux de rentabilisation des espaces bâtis par la mutualisation, l'imbrication des services et la multiplication des usages, qui apportent de nombreuses économies : de foncier, de construction, de chauffage, de maintenance, d'entretien, etc. Ils réinterrogent le besoin en fonction de la temporalité : la chronotopie.

Le dialogue, élément essentiel de la coopération, de la réponse au juste besoin.

DONNÉES

Gestion des ressources

Préservation de l'existant

- Répondre au juste besoin en utilisant les ouvrages et équipements existants
- Adopter un principe de non-construction

Utilisation de matériaux réemployés/ recyclés
Les matériaux sont repris pour être réemployés ou recyclés

Limitation du la production de déchets
La durée de vie des éléments en place est allongée

Résilience du bâti

Démontabilité anticipée et réversibilité des usages
La récupération des éléments sans action destructive est favorisée

Responsabilité sociale

Mobilisation des acteurs locaux et ESS

- Des emplois sauvés et créés,
- De la coopération entre les entreprises et avec les usagers.

Intensité d'utilisation
Les usages des espaces sont intensifiés

Impact économique
Limitation des coûts de construction
Une réponse au juste besoin évite les actions peu utiles

Réduction des coûts d'entretien
Un dialogue entre l'entreprise et l'usager pour la maintenance

Réduction des coûts en fin de vie
La matière est préservée ou utilisée dans le maximum de ses capacités

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

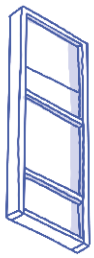
Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

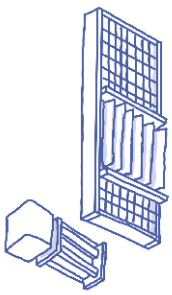
- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

À RETENIR

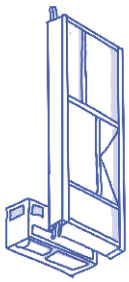
- Une **coopération plus importante** entre les acteurs dans la définition du projet et de sa réalisation
- Repenser les méthodes constructives et les modèles économiques pour **allonger la durée de vie des éléments**
- Bénéficier **d'un service plutôt que d'être propriétaire** d'un bien
- Ses solutions adaptées aux **usages réels**



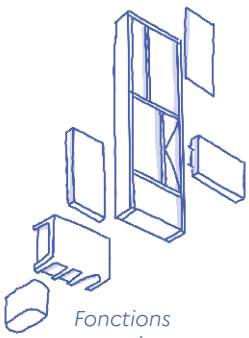
Fonction basique de la façade



Fonction énergétique



Fonction confort



Fonctions avancées

EXEMPLE INTERNATIONAL

Projet pilote de leasing de façade à la TU Delft (Université de technologie de Delft).

Une équipe de recherche de la TU de Delft développe un modèle d'entreprise circulaire basé sur l'utilisation de façades multifonctionnelles. Le client n'est plus propriétaire de l'enveloppe du bâtiment, mais loue un usage à un prestataire de services par le biais d'un contrat de performance. Plutôt que d'acheter les panneaux de façade, le client loue les services de performance énergétique et de confort d'utilisation. Cette approche circulaire de la rénovation des bâtiments neufs permet la préservation des composants qui sont remplacés par de nouveaux composants plus efficaces. Les anciens sont déconstruits, puis les pièces sont réutilisées pour produire la génération suivante. En 2016, un projet pilote a permis l'expérimentation du remplacement de la façade d'un bâtiment de la TU de Delft.

Pilier 05

Consommation responsable

Entretien

Guillaume Nicolas, enseignant-chercheur. Architecte du projet de la Maison du Zéro Déchet.

LA MAISON DU ZÉRO DÉCHET

Prendre en compte l'impact environnemental dans son comportement de consommateur

La notion de consommation responsable est liée aux différents critères de choix des matériaux. Il s'agit de privilégier un approvisionnement local, la réduction des déchets, la mise en œuvre de produits réemployés et peu émetteurs de COV, etc. Le consommateur, le concepteur ou l'usager limitent ainsi leurs impacts environnementaux par leurs habitudes et par leurs achats.

À l'initiative de l'association «Zero Waste France», la Maison du Zéro Déchet s'installe en 2020 dans l'ancienne caserne de Reuilly [19]. Livrée en «coque vide», la Maison du Zéro Déchet s'est attelée à son aménagement intérieur, en inscrivant le réemploi au cœur de sa démarche, en accord avec ses objectifs associatifs : sensibiliser à la réduction des déchets.

↑ L'ancienne caserne de Reuilly réhabilitée

@ Ingrid Bailleul

Date
2020

Lieu
1 passage Emma Calvé
75012 Paris

Programme
Magasin zéro déchet,
local associatif + bureaux

MOA
La Maison du Zéro Déchet

MOE
Guillaume Nicolas

Partenaires
Yegros + atelier TAC
+ Extramuros
+ Carton plein
+ Fondation Feu Vert

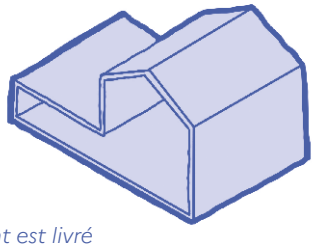
↑ Le second-œuvre est limité dans la salle de réunion.
@ Stefano Borghi

Présentation

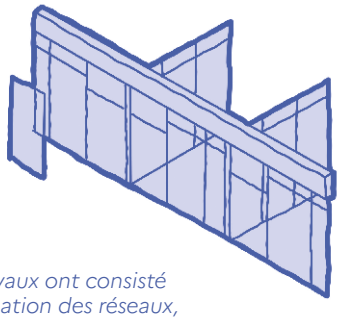
L'ancienne caserne de Reuilly a été réhabilitée par Paris Habitat avec Mir Architectes. Des pavillons d'entrée agrandissent l'existant et répondent à de nouveaux besoins : une ouverture vers un extérieur appropriable et une terrasse au R+1.

Livré en « coque vide », il n'y a pas eu de déconstruction ni de dépose de matériaux. Les travaux ont consisté en la création des réseaux (eau, électricité, chauffage…), de la définition des différents espaces (cloisons, circulations), et la création des sols (chapes, carrelage et parquet).

Les travaux se sont déroulés de janvier à mai 2020. Les délais et le budget étant courts, l'ambition et la collaboration de la maîtrise d'ouvrage (pour le sourcing des matériaux), du maître d'œuvre et de l'entreprise ont permis de mettre en place le réemploi de nombreux matériaux.



Le bâtiment est livré en « coque vide »



Les travaux ont consisté à la création des réseaux, des sols et le cloisonnement des espaces

Économie circulaire

Prendre en compte l'impact environnemental dans son comportement de consommateur

L'architecte a inscrit la volonté de réemploi au sein même du CCTP (cahier des clauses techniques et particulières), et rédigé une lettre d'engagement précisant cet impératif. L'entreprise s'est engagée à privilégier les matériaux en réemploi sourcés par la maîtrise d'ouvrage par rapport à des matériaux neufs. L'entreprise était tenue de fournir un calendrier précis de ses besoins en matériaux, afin que le maître d'ouvrage, particulièrement investi dans la démarche de réemploi, ait la possibilité de sourcer un équivalent en réemploi.

Le réemploi implique nécessairement de faire preuve de flexibilité sur le chantier : il s'agit parfois de faire évoluer les besoins et le calendrier. Les calendriers des chantiers où sont déposés les matériaux ont également leurs propres contraintes. Le principal frein au réemploi a été de trouver les bons matériaux disponibles au bon moment. Cependant, le chantier a été réalisé dans un laps de temps « classique ».

L'adaptabilité requiert aussi de faire preuve d'imagination lorsque les matériaux récupérés ne conviennent pas parfaitement. Les détails dessinés par l'architecte en phase de conception sont parfois remis en cause sur le chantier, il est alors nécessaire de s'adapter, en accord avec l'entreprise de construction, pour trouver les meilleures alternatives.

Par exemple pour la maison du zéro déchet, le dessin de la cloison vitrée a été ajusté car le verre feuilleté, issu du réemploi, ne pouvait pas être recoupé. L'architecte a alors proposé de ne pas aligner certains panneaux pour pouvoir en réutiliser un maximum. Par ailleurs vingt éclairages de sécurité ont été récupérés sur un chantier, mais ceux-ci étaient faits pour être encastrés dans un faux plafond. L'électricien a proposé une solution pour les accrocher directement sur les chemins de câbles visibles au plafond.

« Si c'était à refaire, nous passerions plus de temps à sourcer certains matériaux clés difficiles à trouver (radiateurs) et éviterions de passer trop de temps à sourcer des câbles (trop petites quantités à trouver) ou du carrelage (souvent détruit). Le temps investi en interne sur le sourcing s'est également révélé utile pour l'intégralité du suivi de chantier, nous permettant d'aller plus loin que le rôle du simple commanditaire. Sur le plan financier, si des économies ont été réalisées sur l'achat brut des matériaux réemployés, elles ont été réinvesties en main d'œuvre pour les retravailler. Le réemploi permet ainsi de répartir différemment les coûts liés au chantier, et de privilégier le coût de main d'œuvre sur celui des matériaux. » [20]

Pauline Debrabandere,
Responsable du programme Territoires
chez Zero Waste France

→ L'ossature des parois vitrées est issue du réemploi.
@ Arthur Pilon

↓ Les meubles de la boutique se composent d'éléments surcyclés.
@ Stefano Borghi

« Nous avons eu la chance de travailler avec une entreprise générale d'échelle artisanale, Yegros SARL, déjà très sensibilisée à la question du réemploi et l'appliquant déjà pour minimiser le gaspillage. Elle a compris dès le début du chantier notre souhait de faire un maximum de réemploi et a été à la fois force de proposition sur le sujet et d'adaptation pour trouver des solutions à partir des matériaux sourcés. »

Guillaume Nicolas,
enseignant-chercheur. Architecte du projet

Des restes de carrelage donnés ou récupérés ont permis de concevoir des « bandes » par endroits, servant à indiquer les circulations. L'architecte et la maîtrise d'ouvrage très impliquée, ont conçu un calepinage aléatoire pour le carrelage de la boutique, afin de s'adapter aux éléments disponibles.

Le contrôleur technique avait été préalablement préalablement informé de la volonté du maître d'ouvrage d'avoir recours au réemploi. L'expérience de l'architecte et sa capacité de dialogue ont permis de lever les doutes. Les points discutés avec le contrôleur technique ont été plutôt habituels : l'accès aux personnes à mobilité réduite ou la sécurité incendie.

Le réemploi n'a pas été un prétexte pour répondre au-dessus des prix estimés (700€/m²). L'entreprise était prête à jouer le jeu, très conciliante, pour surmonter les imprévus qu'implique cette pratique. Sa réactivité et ses astuces ont permis de répondre aux exigences du contrôleur technique.

Un don provenant d'un chantier d'aménagement de l'enseigne Habitat a permis de récupérer du parquet. La déconstruction a été réalisée par Yegros pour préserver les matériaux au maximum. L'entreprise a négocié afin de se faire payer la déconstruction. Cet argent a permis de financer les machines nécessaires au reconditionnement du parquet. La mise en contact s'est faite via un appel à matériaux lancé sur les réseaux sociaux de Zero Waste France.

Le mobilier de la boutique associative a été fabriqué selon des principes d'upcycling de matériaux dans une démarche d'économie sociale et solidaire avec les jeunes du quartier et la *Fondation Feu Vert*. Ils ont été réalisés avec des chutes de parquet issu d'un ancien terrain de basket en partie inondé, de portes de placards présentes dans la Caserne de Reuilly et de matériaux provenant du stocks de l'association *La Réserve des Arts*.

DONNÉES

Gestion des ressources

Utilisation de matériaux réemployés

98%

300 m² de parquet réemployé (poncé, reverni), soit **100%** du parquet, don d'un chantier d'aménagement

30 m linéaires de cloisons vitrées (redécoupées), soit **100%** des cloisons vitrées, issues d'un chantier de déconstruction

20 éclairages de sécurité (BAES), soit **90%** des BAES, issus d'un chantier de déconstruction

8 m² de carrelage provenant de fin de chantier, soit **10%** du carrelage issus de dons de particuliers

55 luminaires de seconde main, soit **70%** des luminaires sourcés via des plateformes de réemploi

Limitation de la production de déchets
Upcycling pour la fabrication des meubles

Responsabilité sociale

Mobilisation des acteurs locaux et ESS

- Une volonté de faire de l'aménagement de la Maison du Zéro Déchet un exemple de bonnes pratiques
- Participation de structures d'économie sociale et solidaire pour la fabrication des meubles

Impact économique

Limitation des coûts de construction
Respect du budget malgré les potentiels imprévus du réemploi

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

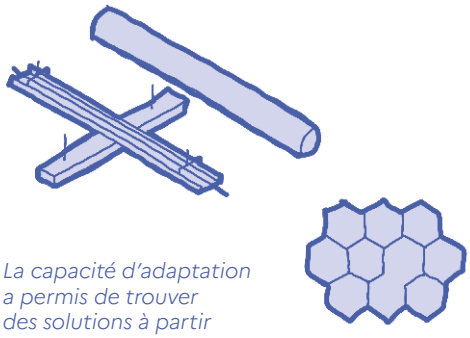
À RETENIR

La maîtrise d'ouvrage s'est particulièrement investie en prenant part aux missions de sourcing des matériaux à réemployer, et de co-conception (calepinage du carrelage, etc.). Toutes les maîtrise d'ouvrage n'ont pas cette compétence en interne, ni les moyens associés.

Une forte entente avec l'entreprise doit être mise en place, notamment pour trouver des matériaux de réemploi. Il convient de lister très précisément ses besoins, avec un degré de détail très élevé : quantités, dimensions exactes, matériau idéal et matériaux envisageables en deuxième ou troisième option.

On observe que le réemploi représente une part importante des matériaux utilisés. Malgré un engagement de tous, on trouve dans la Maison du Zéro Déchet des éléments neufs comme la peinture, et une grande majorité du carrelage.

Le réemploi de certains matériaux, comme les montants de menuiseries intérieures en aluminium, présents en faible volume, mais représentant un impact environnemental potentiellement important ont été pris en compte, bien que les impacts réels n'aient pas été calculés.



La capacité d'adaptation a permis de trouver des solutions à partir des matériaux sourcés.

EXEMPLE INTERNATIONAL
City Hall Venlo

L'Hôtel de ville de Venlo, aux Pays-Bas, a été conçu selon les principes du Cradle to Cradle (C2C) qui promeut l'upcycling (le surcyclage) pour le maintien de la qualité des matières premières tout au long des cycles de vie d'un matériau. Achevé en 2016, l'Hôtel de ville est construit en portant une attention particulière sur la fin de vie du bâtiment et des matériaux qui le constituent. Un guide de désassemblage a été élaboré, les matériaux sont démontables, la mise en œuvre de produits pouvant entraver le réemploi ou la recyclabilité a été évitée. Les aménagements intérieurs sont flexibles et indépendants de la structure, permettant une adaptation en fonction de l'usage. Des principes bioclimatiques et de récupération/réutilisation de l'eau sont mis en place pour réduire les besoins en énergie et en eau. Cette première expérience réussie du C2C a conduit à l'intégration de ses principes aux futurs projets de construction de Venlo[21].

↑ La façade végétalisée de l'Hôtel de ville de Venlo
@ Stijn Poelstra

Pilier 06

Allongement de la durée d'usage

Entretiens

Charlotte Lovera,
Architecte HMONP,
Atelier Aïno,
Sébastian Eymard,
Architecte - associé,
Encore Heureux
Architectes.

RÉHABILITATION À SEPTÈMES-LÈS-VALLONS

Réhabiliter et réutiliser pour ne pas démolir

L'allongement de la durée d'usage conduit à prolonger la vie par la réparation ou le reconditionnement, permettant d'éviter la production d'un élément neuf qui aurait occasionné une consommation de matière et d'énergie. Cela n'est possible qu'à condition d'anticiper la réparabilité, la démontabilité, la réversibilité et la réemployabilité. Un groupement mené par atelier Aïno transforme aujourd'hui le cœur de Septèmes-lès-Vallons, commune de dix mille habitants limitrophe de Marseille. L'engagement de l'atelier le pousse à favoriser la réhabilitation plutôt que la démolition, génératrice de déchets. Quand la destruction des construction ne peut être évitée, certains des rebuts sont valorisés. L'atelier Aïno intègre aussi des matériaux biosourcés, en favorisant les filières courtes.

L'allongement de la durée d'usage d'un matériau ou d'un composant nécessite de l'anticipation et du temps de caractérisation, ce qui est aujourd'hui un frein pour une systématisation du réemploi. Les actions de préservation mises en place à Septèmes-les-Vallons sont dues à la motivation personnelle des acteurs, et au temps important consacré à la réalisation des études et du sourcing.

↑ L'axe structurant de la commune - l'avenue du 8 mai 1945

Crédits : Atelier Aïno

Date
En cours

Lieu
Septèmes-les-Vallons

Programme
Logements

MOA
Septèmes-les-Vallons

MOE
Atelier Aïno

BE
SolAIR + Eliaris + EPC
+ A2MS + Chorus + Wak

↑ 7 réhabilitations

Crédits : Atelier Aïno

Présentation

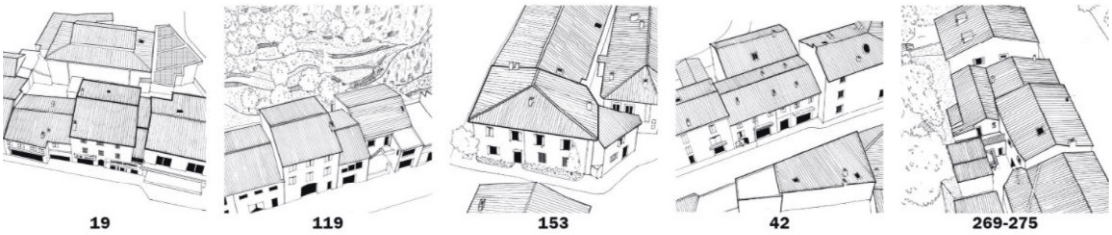
La commune de Septèmes-les-Vallons a développé un projet exemplaire de réhabilitation de sept immeubles [22]. Cela a conduit à des réflexions en termes de formes urbaines ou de qualités paysagères, tout en luttant contre la dégradation du bati, et en améliorant l'offre de logement social. Le projet vise à conserver, réparer et magnifier ce patrimoine emblématique, porteur de l'esprit de village et de l'identité locale, tout en luttant contre son délabrement et en évitant sa démolition. Les immeubles seront restructurés, isolés et/ou réhabilités en fonction de leur état et de leur possibilité d'évolution, leur durée de vie est allongée. L'allongement de la durée d'usage s'opère de deux façons : par une action sur le bâti structurel existant qui est ainsi maintenu grâce à sa réhabilitation, et par une action d'utilisation de matériaux de réemploi présents sur site ou leur envoi en filière pour valorisation.

L'objectif du projet est multiple :

- **Développer une offre de logement** communale écologique et confortable, en mettant en exergue les filières locales (matériaux biosourcés et entreprises du territoire).
- **Générer un effet levier** pour encourager les propriétaires de la commune à engager des travaux de rénovation énergétique sur leur bien afin de massifier la rénovation du patrimoine ancien.
- **Poser les jalons du développement d'un écoquartier à partir de l'existant**, par la montée en compétence des entreprises locales sur les questions d'économie circulaire.

↓ 5 situations

Crédits : Atelier Aïno



Économie circulaire

Les matériaux pouvant faire l'objet d'un allongement de la durée d'usage sont caractérisés selon quatre stratégies :

- « **INSITU** » les éléments sont réutilisés dans le site,
- « **FIL** » les éléments sont envoyés en filière,
- « **7REHAB** » les éléments sont réutilisés sur les sept sites de projet,
- « **EXISTANT** » les éléments sont laissés en place.

Un accompagnement nécessaire

Une pré-candidature est en cours à l'Appel à Projets « Filidéchets » qui vise à promouvoir des projets innovants et expérimentaux présentant un fort potentiel de reproductibilité[23]. Il s'agit d'expérimenter l'économie circulaire, par l'optimisation de la valorisation, et la réduction de la quantité de déchets. L'allongement de la durée d'usage conduit au recours à la réparation, l'utilisation de matériaux de réemploi ou de réutilisation. La volonté de travailler en circuit court permet la montée en compétence des entreprises locales. Pour le projet Hélios à Grasse, la démarche Filidéchets a permis le développement d'une méthode de désamiantage des faïences. Cette ancienne maison de repos sera requalifiée en 18 logements en maximisant ainsi le réemploi sur site et en préservant son identité [24].

Une attention portée à la matière

L'atelier a une approche de la matérialité par le design. La réutilisation ou le réemploi sont mis en valeur pour montrer qu'il s'agit d'un travail qualitatif et réplicable. Un travail attentif du calepinage est donc mené pour les carreaux cassés. Le retour d'expérience de l'atelier montre l'importance de réfléchir à l'harmonie de l'existant plutôt que de démolir. À Septèmes-les-Vallons, certains logements étaient réhabilités mais certains choix esthétiques posaient question. Un travail d'harmonisation de l'existant a permis d'engendrer le moins d'actions possible sur l'existant.

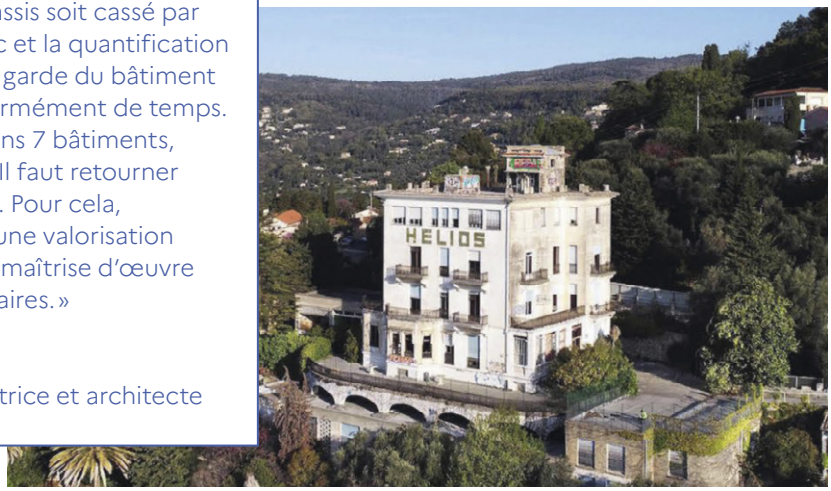
Une attention portée aux savoirs locaux

Une extension pour un bâtiment a été imaginée à partir du bois local provenant de la commune : le pin d'Alep. Malgré une volonté de respecter le circuit court, aucune entreprise locale ne savait travailler cette essence. Ce projet sera démonstrateur de l'utilisation du pin d'Alep.

« Concrètement, au lieu d'un détail, on en dessine deux, car il faut prévoir l'éventualité qu'un châssis soit cassé par exemple. Le diagnostic et la quantification des éléments que l'on garde du bâtiment existant prennent énormément de temps. Par exemple, nous avons 7 bâtiments, soit 7 cas particuliers. Il faut retourner sur le site très souvent. Pour cela, il est essentiel d'avoir une valorisation du temps passé par la maîtrise d'œuvre sous la forme d'honoraires. »

Charlotte Lovera
Atelier Aïno, co-fondatrice et architecte

↓ Hélios, une ancienne maison de repos à Grasse
Crédits : Atelier Aïno



AUTRE EXEMPLE FRANÇAIS
La Grande Halle de Colombelles

Afin de reconvertir le site, la SEM Normandie Aménagement et Encore Heureux ont initié une démarche collaborative pour imaginer le futur de cette halle en béton en un lieu de travail et de culture. La Grande Halle fut l'occasion d'appliquer une démarche ambitieuse de réemploi dans le cadre d'un établissement recevant du public (ERP). Avec un processus engageant l'ensemble des parties prenantes, de la maîtrise d'ouvrage aux entreprises, de nombreux éléments sont ainsi issus de chantiers de déconstruction de la région : radiateurs, sanitaires, bois, faïences, fenêtres et portes coupe-feu… [25]

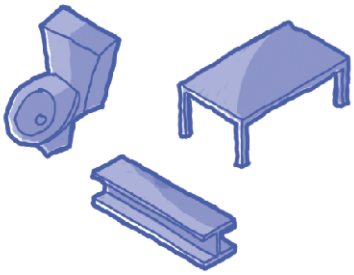
Des innovations dans la pratique de l'économie circulaire ont été mises en pratique :

- un lot N°01 spécifique, appelé « lot réemploi », confié à l'association Le WIP, assurait la fourniture des matériaux de réemploi et la logistique,
- pour les autres lots, les cahiers des clauses techniques particulières (CCTP) comportaient des variantes obligatoires de travaux avec matériaux de réemploi, et à défaut une variante en neuf.

↑ L'ancienne halle devenue tiers-lieu
@ Cyrus Cornut

EXEMPLE INTERNATIONAL
Hughes Warehouse

Hughes Warehouse est un projet de transformation d'un entrepôt en bureaux en minimisant les impacts environnementaux liés aux matériaux et en redynamisant le quartier par la réhabilitation d'une friche. Conçu en 2012 par l'agence Overland Partners Architects dans le centre-ville de San Antonio aux États-Unis, un réemploi créatif, avec le moins d'actions sur la matière a permis un projet économe financièrement avec une architecture soignée et qualitative. L'agence considère que le bâtiment le plus durable est celui déjà construit et que l'on réutilise. Les matériaux superflus sont évités, la structure est laissée apparente. Le réemploi sur site a été maximisé grâce au surcyclage pour fabriquer le mobilier, les cloisonnements, les revêtements de sol ou les ouvertures. Une ACV complète a été menée en prenant en compte la production, l'entretien, le remplacement et la fin de vie des éléments. Une économie de 48% de l'énergie grise a été permise grâce à la préservation et au réemploi. [26]



DONNÉES
RÉHABILITATION À SEPTÈMES-LÈS-VALLONS

Gestion des ressources

Préservation de l'existant
Réhabilitation de **7** immeubles délabrés

Utilisation de matériaux réemployés

- **75** portes intérieure conservées sur site, **16** envoyées vers une plateforme de réemploi
- **4** receveurs de douches conservés sur site, **6** envoyés vers une plateforme de réemploi
- **13** WC conservés sur site, **2** envoyés vers une plateforme de réemploi
- **12** lavabos conservés sur site, **2** envoyés vers une plateforme de réemploi
- **14** châssis vitrés conservés sur site
- **653** carreaux de revêtements de sol de terre cuite conservés sur site, **318** réemployés d'un autre site

Les hypothèses de calcul reposent sur une valeur d'impact évité égale à la valeur de cet impact pour un produit ou équipement équivalent neuf selon sa FDES.
Ainsi, en réemployant ces éléments, 55 605 kg eq. de CO_2 ont été économisés sur l'ensemble du projet[27].

Limitation de la production de déchets
Inscription au programme « Filidéchets»

Responsabilité sociale

Mobilisation des acteurs locaux et ESS
Montée en compétence des entreprises locales pour la remise en état puis la remise en œuvre de matériaux existants

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

À RETENIR

- Sensibiliser les bureaux d'études à l'économie circulaire par la formation ou la transmission des éléments d'auto-formation.

- Accompagner les collectivités territoriales en amont en phase programmation : Atelier Aïno mène une mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la programmation des opérations de réhabilitation des centres des petites communes du Var et insuffle les bonnes pratiques liées au réemploi, aux réhabilitations plutôt qu'aux constructions, et aux démolitions qu'il faut éviter.

- Adopter et réinterroger les méthodologies de diagnostic ressources : les architectes de l'Atelier Aïno utilisent les méthodologies de REPAR2. Elles formulent le besoin d'un diagnostic plus itératif entre les phases de projet. Lors du diagnostic, il est difficile d'anticiper la réutilisation des gisements repérés. Le diagnostic ressources pourrait être complété au fur et à mesure avec des niveaux de détails différents en fonction des phases.

Pour aller plus loin :

- Bellastock (2020) DEPOT LIVE SHOW #3 — Discussions avec les revendeurs de matériaux !, 26 mai. Disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=xZDHXo9I1fI&ab_channel=Bellastock (Consulté le 26/05/2021).

Pilier 07

Recyclage

Entretien

Paul Emmanuel Loiret,
Maître de conférences, enseignant-chercheur LEAV – Président de Cycle Terre, Mue Expérience.

RECYBÉTON ET CYCLE TERRE

Traiter les déchets : recycler le béton et les terres d'excavations

La notion de recyclage est définie par l'article L541-1-1 du code de l'environnement comme « toute opération de valorisation par laquelle les déchets [...] sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. » Il s'agit de réintroduire la matière composant un produit dans un cycle de production industrielle pour fabriquer de nouveaux objets. Le recyclage se présente comme une alternative à l'exploitation des ressources naturelles, renouvelables ou non. La dépendance vis-à-vis de gisements parfois lointains est alors réduite.

En France, le recyclage du béton est un enjeu majeur puisqu'il est aujourd'hui le premier déchet du bâtiment et qu'il n'est, en général, pas réemployable. De 2012 à 2018, 47 acteurs se sont mobilisés dans le Projet National RECYBÉTON pour étudier les conditions du recyclage de béton dans le béton[28]. Pour limiter l'extraction de matières premières en zone naturelle, le projet Cycle Terre s'est quant à lui intéressé aux déchets des travaux publics pour créer des éléments de construction à faible impact carbone[29]. Ainsi, le projet Cycle Terre propose la transformation de terres excavées en briques de terre crue, en enduits ou en panneaux pour cloisons.

↑ **Le béton, premier déchet du bâtiment**

@ Matthew Henry, Burst.

Date
2012 – 2018

Lieu
France

Programme
Études Recybéton

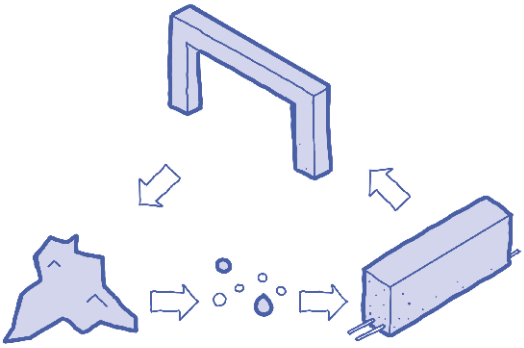
Financement
Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer ; Agence Nationale de la Recherche

Partenaires
47 organismes sur la base d'un engagement volontaire (entreprises de BTP, bureaux d'études, ingénieries, industries, laboratoires publics et privés, universités, écoles d'ingénieurs...)

RECYBÉTON

Recycler le béton, premier déchet du bâtiment

En France, le béton est un matériau largement employé en construction depuis l'après-guerre, si bien qu'il est aujourd'hui le premier déchet du bâtiment : « le gisement annuel du béton de déconstruction est estimé à 19 ou 20 millions de tonnes. »[30]



Le recyclage permet de réduire l'extraction de ressources.

Par ailleurs, l'impact d'un béton neuf sur les ressources naturelles est important – exploitation de gravières pour le granulat et le sable, énergie nécessaire et émissions de CO_2 liées à la fabrication du ciment. Dans la mesure où il continue d'être prescrit et qu'il n'est pas conçu pour être réemployé, son recyclage dans le béton de construction est un enjeu d'autant plus important pour sa valorisation et sa circularité. Dans ce contexte le Projet National RECYBÉTON, visait à généraliser l'utilisation de bétons recyclés et à en faciliter la prescription. L'ouvrage « Comment recycler le béton dans le béton ? »[31] a ainsi été publié suite à des recherches variées, portant sur les propriétés structurelles, la durabilité ou encore les formulations des bétons contenant des granulats recyclés.

Le recyclage s'inscrit dans une démarche circulaire car il récupère les déchets pour les valoriser ; au lieu de les éliminer en les stockant en décharge ou en les enfouissant. Le résultat du recyclage, la matière première secondaire, permet de limiter l'appel à des ressources naturelles. Le recyclage a cependant un coût énergétique supérieur à celui du réemploi, par lequel les « matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus ».[32] À ce titre, le recyclage constitue un choix de valorisation de second ordre (respect de la hiérarchie des modes de traitement instaurée législativement par la LTECV).

Pour le recyclage du béton, le concassage après une démolition crée :

- des granulats de béton recyclés (éléments les plus volumineux) qui peuvent être introduits dans les nouveaux bétons,
- une fraction fine (éléments plus fins) qui peut être substituée partiellement au clinker.

L'un des enjeux du projet Recybéton était d'étudier l'impact de l'utilisation de granulats recyclés dans le béton car ses propriétés sont différentes de celles des granulats naturels, ce qui implique d'ajuster les formulations traditionnelles. Une conséquence est l'introduction de plus de ciment, produit hautement énergivore et émissif. Braymand et al. ont observé que l'ACV selon la norme EN 15804 ne fait pas apparaître de bénéfice avec des granulats recyclés pour l'impact « changement climatique », mais que l'emploi de granulats recyclés est avantageux pour « la préservation des ressources granulaires naturelles et la limitation des sites de stockage des déchets, qui contribuent à la réduction des surfaces consommées (critères environnementaux et sociétaux) ».[33]

↓ Le bâtiment de la Fabrique de Cycle Terre

© Schnepp Renou

Date
2017 – en cours

Lieu
Sevran (Fabrique)

Programme
Cycle Terre

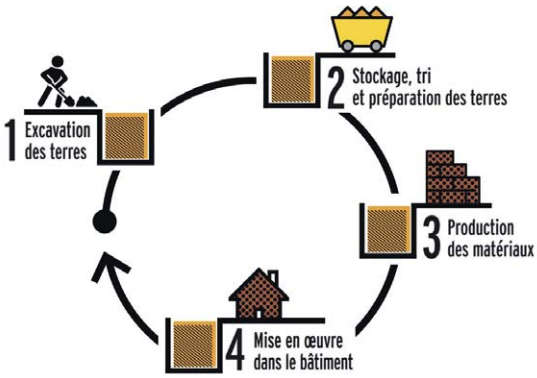
MOA
Ville de Sevran + Grand Paris Aménagement

Groupement
Joly et Loiret + Antea Group, Quartus + Amàco, laboratoire CRAterre-ENSAG + Labex AE&CC-ENSAG + Université Gustave Eiffel + IFSTTAR + laboratoire Science Po + Compétence emploi + Société du Grand Paris + Société de stockage de terres ECT.

CYCLE TERRE

Recycler les terres d'excavation, premier déchet des travaux publics

Le recyclage peut aussi faire rentrer dans la boucle du bâtiment des matériaux issus d'autres domaines pour limiter l'appel aux ressources naturelles. En ce sens, le projet Cycle Terre s'est intéressé aux terres d'excavation, déchet majeur des travaux publics, pour créer des éléments de construction de bâtiments.



↑ La circularité dans le projet de Cycle Terre

Source : Paul-Emmanuel Loiret & Serge Joly, arch.

Le projet Cycle Terre réunit des acteurs hétéroclites (institutions publiques, laboratoires, architectes, industriels, etc.) dont la synthèse de compétences a permis de créer une filière de recyclage des terres d'excavation sur la ville de Sevran.

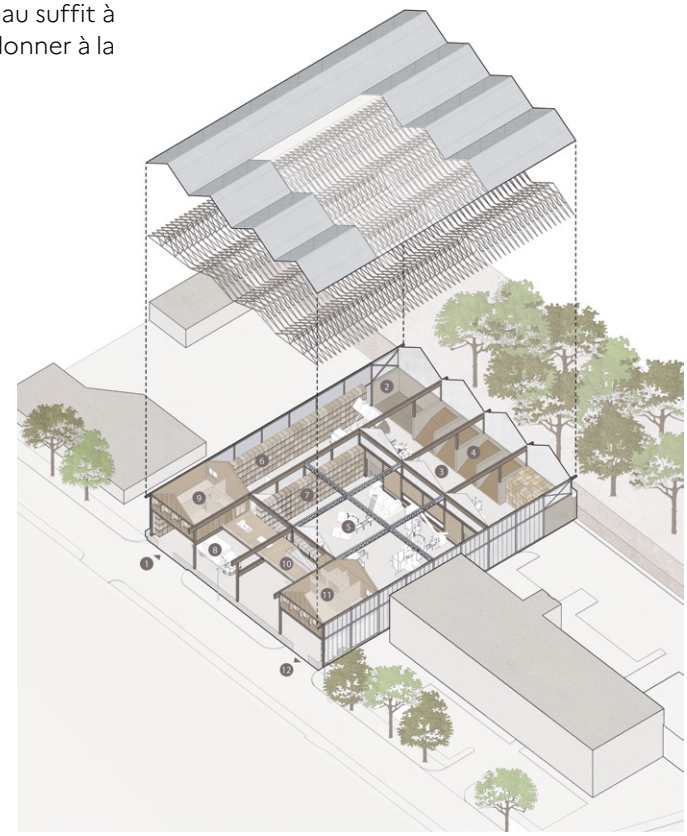
C'est l'appel à projets de recherche « Le Grand Paris des déblais », en 2017, qui a permis de mener à bien l'étude « Du déblai à la brique de terre crue » présentée par l'agence Joly & Loiret, Amàco, la briqueterie d'Allone et ECT. De cette proposition a découlé la construction d'un premier bâtiment expérimental le groupe scolaire des Hauts du Moulin à Villepreux. S'en est suivie la création d'une *Fabrique* qui transforme les terres excavées issues des travaux du Grand Paris en matière première secondaire pour fabriquer des briques, des enduits et des plaques à base de terre crue, alternatives au plâtre.

Le projet Cycle Terre porte une démarche d'économie circulaire par la valorisation des terres excavées qui, sinon, servent aux comblements de carrières, voire sont stockées sur des terrains agricoles. Le déplacement de ces volumes considérables de terres a, de plus, un coût énergétique majeur. Leur recyclage en matériaux de construction permettrait de limiter les surfaces dédiées à leur stockage mais aussi de réduire l'extraction de matières premières issues de carrières.

Les principes de l'économie circulaire sont également intégrés par l'anticipation de la fin de vie des matériaux. Ainsi, la majorité des produits proposés ne sont ni cuits ni stabilisés. Les transformations apportées aux terres extraites sont peu gourmandes en énergie (compression, mélange ou extrusion) et offrent aux produits, s'ils ne sont pas réemployés, l'avantage incontestable d'être recyclables avec un apport énergétique minime : l'ajout d'eau suffit à rompre les liaisons chimiques et à redonner à la terre son état initial.

L'emploi de produits à base de terre crue s'inscrit aussi dans une démarche d'économie d'énergie par les qualités de confort qu'offre le matériau.

Au-delà de la matière, le projet porte des valeurs sociales : la structure de sa fabrique impose une relocalisation des emplois. Cycle Terre s'est construit un modèle dont les avantages sont tout à la fois économiques (avec des prix de matériaux compétitifs), sociaux (par l'intégration des habitants, la formation des entreprises et le caractère local de l'activité) et environnementaux (avec de faibles niveaux d'énergie grise).



→ La Fabrique à Sevran : lieu de fabrication des produits en terre

Source : Paul-Emmanuel Loiret & Serge Joly, arch.

DONNÉES

RECYBÉTON

47 acteurs mobilisés

Gestion des ressources

Utilisation de matière recyclée
10% pour la part de granulats recyclés sur la production nationale totale de granulats

Limitation de la production de déchets

20 millions de tonnes de « déchets » de béton à valoriser avec trois enjeux majeurs : la réduction de la consommation des ressources naturelles, des mises en décharges et des distances de transport

CYCLE TERRE

13 partenaires mobilisés

Gestion des ressources

Limitation de la production de déchets

8 000 tonnes recyclées par an (objectif de traitement par an de la Fabrique de Cycle Terre en phase démonstrateur)

20 à 35 millions de tonnes de déblais produits par an en Île-de-France d'ici 2026 (*Source Predec*)

43 millions de tonnes de déblais générés par le seul Grand Paris Express

400 millions de tonnes de déblais générés par l'ensemble des constructions du Grand Paris d'ici 2030

90% des déchets urbains sont des terres d'excavation (issues notamment des travaux d'excavation, de fondations, de terrassements, de la création de tunnels, etc.)[29]

20 à 30 % des déblais d'Île-de-France ont été recyclés.

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

À RETENIR

Le recyclage se confronte en premier lieu à la question du sourçage des matériaux ayant le statut de déchet.

Au cours des recyclages, la plupart des matériaux perdent progressivement leurs qualités : la traçabilité devient alors un enjeu pour le multi recyclage. C'est en particulier le cas des granulats de béton recyclés qui, « si la substitution est totale, la détérioration des propriétés avec le nombre de recyclages est très rapide ». [33]

Pour le domaine de la terre crue, c'est l'hétérogénéité de la ressource qui est un sujet majeur : selon la zone géographique, la profondeur et la période d'excavation, les terres peuvent avoir des propriétés granulométriques, chimiques et hygrométriques très variées. La collaboration avec des géotechniciens en amont de l'extraction permet de lever certaines problématiques.

La mise en place de protocoles nouveaux impose un travail de recherche appliquée qui s'inscrit dans un temps long pour obtenir les retours d'expérience. L'établissement d'ATEx (Appréciation Technique d'Expérimentation), comme celle réalisée par Cycle Terre, peut se présenter comme une solution temporaire en attendant une potentielle intégration comme technique courante.

EXEMPLE INTERNATIONAL
Le recyclage du béton en Europe

Le projet européen SeRaMCo, 2017-2020, cherchait à trouver des exutoires à haute valeur ajoutée aux granulats et fractions fines issus du concassage du béton pour recyclage. Il s'agit encore une fois d'essayer de remplacer le réflexe de l'utilisation de ressources primaires par des ressources recyclées. Le projet visait à développer et commercialiser des produits et éléments en béton préfabriqués à partir d'agrégats recyclés issus du BTP.

Suite à la phase d'études industrielles et universitaires, le projet est actuellement en phase d'expérimentation sur trois régions pilotes en Belgique, en Allemagne et en France (Moselle) dans le but de développer un modèle économique viable, et d'apporter du soutien aux différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement afin de permettre une commercialisation des produits en Europe du Nord-Ouest.

↑ **Centre de tri et de recyclage de RECYMEX SA**
@ TRADECOWALL SC

Pour aller plus loin :

- Institut Paris Région, Bâtir l'aménagement circulaire. Les carnets pratiques n° 12. [En ligne] Paris, 2021, 116 p. Disponible sur : https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/000pack2/Etude_2588/cp12_bat_web.pdf (Consulté le 03/11/2021).
- Mousavi, Marjan. Territorial Environmental Modeling of Cement Concrete Demolition Waste (CCDW) Management with a Life Cycle Approach, Mémoire de thèse de l'Université Bretagne Loire, 2018, 261 p.
- LOIRET, Paul-Emmanuel. Penser & construire avec les déblais de terre, ressource principale de nos villes. Le cas de Cycle Terre, première fabrique européenne de matériaux issue du recyclage des terres du Grand Paris. Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère [En ligne], 2021, 17 p. Disponible sur : https://journals.openedition.org/craup/7218 (Consulté le 03/11/2021).

2. Réversibilité

La réversibilité est la capacité des ouvrages à s'adapter dans le temps à des changements de besoins, dus à une évolution des usages ou du contexte, notamment climatique. L'Agence Qualité Construction (AQC) a identifié comme corollaires les notions de démontabilité, d'évolutivité, de modularité, d'hybridation et de transformation. [34]

Ces dernières décennies, de nombreuses démolitions se sont imposées en raison d'un changement non anticipé des usages : la réversibilité apparaît alors comme une réponse aux problématiques d'obsolescence.

Pour ce qui est des sujets de changement climatique, l'étude de la résilience et de l'adaptation proposée par l'Alliance HQE-GBC identifie l'adaptabilité et la réversibilité comme un levier :
« L'adaptation passe par des exigences en matière de construction neuve et de rénovation, dans ce cadre les notions de réversibilité et d'adaptabilité peuvent apporter des réponses face à la question de l'incertitude. Elle passe aussi par la capacité à adapter et à transformer un bâti existant qui s'inscrit dans un contexte spécifique architectural, urbain, patrimonial et parfois social. » [35]

La réversibilité s'inscrit dans une démarche d'économie circulaire en permettant de préserver les structures en place le plus longtemps possible puis en rendant son état initial à l'environnement. À l'écoconception, à l'économie de la fonctionnalité et à l'allongement de la durée d'usage se lient les notions d'évolutivité dès la phase conception, de démontabilité, de chronotopie, de réparation et d'accommodation de l'existant par la transformation de l'usage.

IMPLANTATION DES PROJETS
RÉVERSIBILITÉ

Réversibilité 01
Bordeaux
+ Bruxelles, Belgique

Réversibilité 02
Strasbourg
+ Dorbin, Autriche

Réversibilité 03
Beynost
+ Nancy
+ Manitoba, Canada

Réversibilité 04
Saint-Denis

Réversibilité 05
Paris
+ Haarlem, Pays-Bas

Réversibilité 06
Martinique
+ La Défense

Réversibilité 07
Paris 19
+ Palaiseau
+ Rotterdam, Pays-Bas

Réversibilité 08
Mulhouse
+ Le Havre
+ Ningbo, Chine

00 Projets français
00 Projets internationaux

01 Construction Réversible : élaborer une théorie et la mettre en pratique

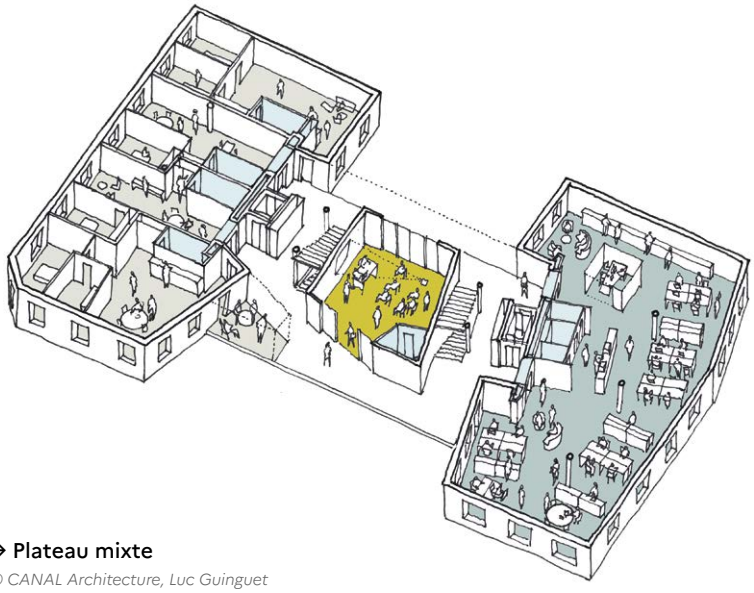
Entretien
Patrick Rubin,
Architecte et co-fondateur, CANAL Architecture.

EPA BORDEAUX EURATLANTIQUE

La réversibilité : une théorie en réaction au réflexe de démolition

En France, nous héritons d'un patrimoine bâti principalement mono-programmatique qui présente des freins majeurs quant à une évolution des usages, alors que ceux-ci sont en perpétuelle mutation. Il apparaît que construire pour un usage unique voue une construction à une déconstruction sélective, voire à la démolition.

L'avenir de la construction serait alors de placer la réversibilité au cœur de la conception des bâtiments, notion définie par Patrick Rubin comme la « capacité programmée d'un ouvrage neuf à changer facilement de destination (bureaux, logements, activités…) grâce à une conception qui minimise, par anticipation, l'ampleur et le coût des adaptations »[36]. L'élaboration de théories conceptuelles sur la réversibilité de nos bâtiments s'impose comme un impératif d'actualité.



→ **Plateau mixte**
© CANAL Architecture, Luc Guinguet

Date
2019 – en cours

Lieu
Îlot 5.2b, ZAC Saint Jean Belcier, quartier de l'Ars, Bordeaux

Programme
Immeuble multi programmatique - Neuf

MOA
Egidia / Elithis

Partenaire
CANAL Architecture

Certifications
E+C- (E3C1), Label HQE Excellent (logements) et Très Bon (tertiaires), Biosourcé Niveau 1

Une théorie selon 7 principes

Construire Réversible (2017), ouvrage collégial publié et dirigé par Canal Architecture, fait aujourd'hui référence dans le domaine. Le livre présente les résultats d'une recherche théorique sur les enjeux architecturaux, sociétaux, économiques et juridiques de la construction réversible.

Une méthodologie de conception d'ouvrages a été élaborée selon sept principes constructifs, industrialisables et qui se veulent être facilement mis en œuvre.

1. Épaisseur du bâtiment : 13 m pour des espaces traversants.

2. Hauteur sous plafond : 2 m 70 entre les standards de logements à 2 m 50 et de bureau à 3 m 30.

3. Circulation : placettes et pontons extérieurs assurent les circulations verticales et horizontales et peuvent évoluer en balcon ou micro-jardin.

4. Procédé constructif : poteaux-dalles, procédé semi-industrialisé avec des poutres noyées dans les dalles pour un passage aisé des réseaux et pour limiter les ponts acoustiques. Ce système de construction est flexible pour l'agencement et peut s'appliquer à des formes urbaines variées : barre, plot, îlot.

5. Distribution des réseaux : sans reprise structurale grâce à la prévision de gaines verticales couplées aux circulations.

6. Enveloppe : moins de 30 % des composants à modifier pour s'adapter aux changements de programme, logements ou bureaux. Elle doit donc être sobre, générique et modulable avec une expression de façade hybride. C'est aussi l'un des enjeux principaux de la performance environnementale qui doit être intégré au processus de fabrication industrielle.

7. Doubles niveaux : RDC actif et toit habité permettent l'intégration du bâtiment dans son environnement immédiat avec un socle dynamique (de bureaux, activités, commerces, services) ou de logements « maisons de ville » en duplex entre rue et jardin.

Une première mise en pratique de ces théories est en cours de réalisation par Canal Architecture à Bordeaux. Le permis de construire a été déposé en décembre 2021. Il s'agit du premier démonstrateur conçu sur le socle du « permis d'innover » de la loi ELAN. Sa réussite résulte d'un ensemble d'évolutions juridiques qui ont succédé à la parution en avril 2017 du livre *Construire Réversible*.

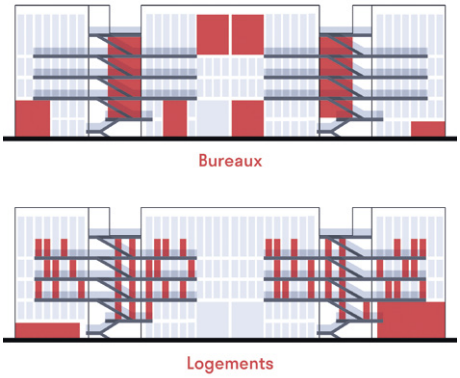
- **Août 2018 :** la loi ELAN et son « permis d'innover » permet aux maîtrises d'ouvrage publiques et privées de s'affranchir, dans certaines zones précises, comme les opérations d'intérêt national (OIN), du strict respect de certaines règles de construction et d'urbanisme.

- **Septembre 2018 :** l'État lance un appel à manifestation d'intérêt (AMI) pour soutenir la loi ELAN et tester les initiatives juridiques et normatives permettant de promouvoir les démarches de conception réversible.

TEBIO À BORDEAUX EURATLANTIQUE

La mise en pratique de principes théoriques

Le bâtiment TEBiO sert de projet démonstrateur des principes théoriques établis dans le livre *Construire Réversible*, rendu possible par une dérogation du permis de construire permettant la nouvelle catégorie sans affectation programmatique : « bâtiment capable, évolutif dans ses usages, sans destination prédéfinie » [37]. Afin de permettre une multiplicité de scénarios programmatiques, le bâtiment met en pratique les enseignements de l'ouvrage : épaisseur de 13 m maximum, hauteur sous plafond de 2 m 70, un système constructif poteaux-dalles avec des poutres (22 cm) noyées dans la dalle permettant de faciliter le passage de réseaux aériens en sous face de plancher, des faux planchers de 19 cm pour des réseaux, une circulation verticale extérieure au bâti, un système de circulation horizontale en ponton et un rez-de-chaussée actif qui accueillera le jardin d'enfant de l'Ars. L'immeuble peut ainsi accueillir 500 personnes sur ses 15 plateaux réversibles avec jusqu'à 60 logements T2 et T3 ou des espaces de travail ouverts (open space) ou des modules fermés. En s'appuyant sur cette trame théorique, le bâtiment développe ensuite des solutions spécifiques à son contexte.



↑ Les possibilités de changements d'usages

Source : CANAL Architecture, Construire Réversible

1. Le choix d'une certaine volumétrie et insertion urbaine

Le bâtiment développe une typologie en H (deux volumes reliés par des pontons centraux), sur une parcelle contrainte de 1 140 m². Le premier volume à l'est monte au R+7, tandis que le deuxième à l'ouest monte au R+9, pour une hauteur maximale de 33 m. Jusqu'au cinquième étage de vastes pontons équipés de salles à louer de 240 m² viennent lier les deux volumes. Les matériaux choisis sont sobres : revêtement aluminium en façade, maille transparente autour des circulations, decks en bois à chaque étage.

« La transformation d'un immeuble conçu réversible coûte 30% de son prix initial. En revanche s'il n'est pas conçu réversible la transformation peut coûter de 100 à 130% du prix initial. »

Patrick Rubin, architecte et co-fondateur de CANAL Architecture.

2. Une économie de temps permise par des principes d'industrialisation, de préfabrication et de modularité

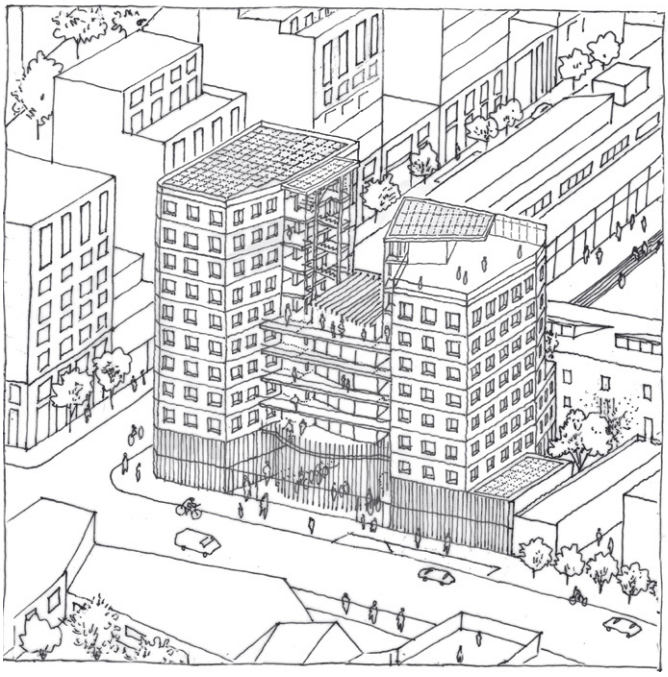
« Un gain de 4 mois de délai est estimé »[37] grâce à l'instauration des principes suivants dans le bâtiment :

- Le choix d'une structure poteaux-dalles, permettant une facilité d'assemblage du bâtiment et des plateaux.
- La façade est conçue transformable et générique. L'aspect neutre de l'immeuble est dû à la multiplicité des fonctions qu'il abritera successivement. Les façades sont constituées d'une ossature bois préfabriquées et d'un modèle de fenêtres unique.
- Des modules et pods sanitaires équipés sont installés dans le bâtiment.

3. La réversibilité normative du bâtiment permise par des dérogations particulières

Norme sur les charges d'exploitation : les charges d'exploitations des planchers du bâtiment TEBiO sont de 150 kg/m², en deçà des charges de bureaux (250 kg/m²) définies par les Eurocodes. CANAL Architecture justifie cette décision par la réduction des archives dans les bureaux et le besoin de portance amoindrie par la digitalisation des lieux de travail.

Norme d'isolation entre bureaux et logement : « De par la réversibilité du bâtiment, la disposition des zones à occupation continue/discontinue entre logements et bureaux n'est pas définie au préalable. Ainsi, les parois séparant les bureaux des logements doivent présenter un coefficient de transmission thermique U ≤ 0.36 W/m².K ».[37]



← Illustration façade Nord

© Canal architecture, Luc Guinguet

DONNÉES

Résilience du bâti

Démontabilité anticipée
Les modules de façade anticipent les changements de bureaux à logements.

Réversibilité des usages
150 kg/m² de charges d'exploitation pour les bureaux et les logements – la réduction des charges d'exploitation pour les bureaux est justifiée par la numérisation de l'archivage alors que les Eurocodes imposent 250kg/m².

Bureaux et/ou logements : programme indiqué au permis de construire rendu possible par le permis d'innover.

Regroupement des circulations et salles humides pour tous les programmes qui permet de changer un étage ou des parties d'étages en un autre programme.

Des plateaux libres avec peu de poteaux, facilitent l'agencement et les changements.

Dessin de combinaisons programmatiques et différents scénarios possibles dès la conception.

2m70 : une hauteur sous plafond adaptée tant aux logements qu'aux bureaux.

Impact économique

Limitation des coûts de construction
4 mois de chantier économisés à la construction – par le choix d'une structure poteaux-dalles, façade ossature bois préfabriquée, pods sanitaires à poser.

Source : CANAL Architecture, Egidia, Elithis. (29 juin 2021)
Construire Réversible à Bordeaux, EPA Bordeaux-Euratlantique

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

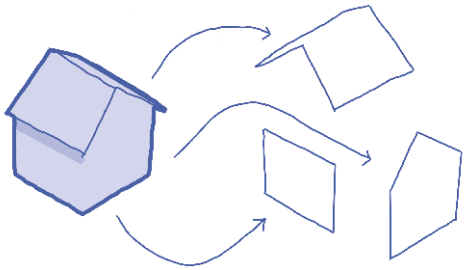
- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

À RETENIR

- **Les normes et réglementations cumulées**
  Pour garantir une réversibilité efficiente, il est nécessaire de considérer les exigences normatives et réglementaires les plus élevées : d'acoustique pour les logements, d'incendie pour les menuiseries, de circulation et d'issues de secours. Cela engendre un surcoût lors de la construction qu'il est possible d'équilibrer par la mise en place de solutions économiques et pérennes telles que la mise en œuvre d'éléments industrialisés (hors site) ou de modules préfabriqués (ex : salle de bain).

- **L'importance de la pérennité**
  Canal Architecture identifie la pérennité du bâti comme un enjeu majeur pour le secteur du bâtiment. En effet, la pérennité des ouvrages est une condition *sine qua non* de la réversibilité : lorsqu'un changement de programme a lieu, les adaptations du bâtiment aux nouveaux usages ne peuvent être envisagées que si la durée de vie résiduelle de sa structure est suffisante. La nécessité de reprises lourdes, coûteuses en énergie et en matière limiterait toute volonté de réversibilité.

EXEMPLE INTERNATIONAL
BAMB (Building As Material Banks)



Le projet BAMB (Building As Material Banks) a pour but de contribuer à la transition vers un fonctionnement circulaire du secteur du BTP au niveau européen. En 2019 un guide-protocole « *Reversible Building Design* » a été développé : il permet d'expliciter les habitudes et réflexes à mettre en place par la chaîne des acteurs de la construction, avec un accent particulier sur la phase de conception.

L'outil européen BAMB[38], testé sur 6 projets pilotes (4 expérimentaux et 2 réhabilitations) permet de faciliter la déconstruction et de guider la conception de constructions réversibles ou transformables dans le futur (afin de récupérer des matériaux dans le meilleur état possible en prévoyant leur déconstruction en amont). Cela se fait via une grille d'évaluation qualitative des caractéristiques spatiales et techniques permettant, via des indicateurs et outils de calcul, d'estimer le potentiel technique de réversibilité.

Pour aller plus loin :

- Canal Architecture. Transformation des situations construites. Paris, 2020, 181 p. Disponible sur : https://canal-architecture.com/wp-content/uploads/2021/04/2020.06_Transformation-des-situations-construites_LT.pdf
- Favoriser l'innovation : le permis d'expérimenter est né (2019) Ordre des architectes. Disponible sur : https://www.architectes.org/actualites/favoriser-l-innovation-le-permis-d-experimenter-est-ne (Consulté le 3/11/2021)

02 Évolutivité : anticiper les changements d'usages

Entretien
Anne Démians,
Architecte,
Architectures
Anne Demians.

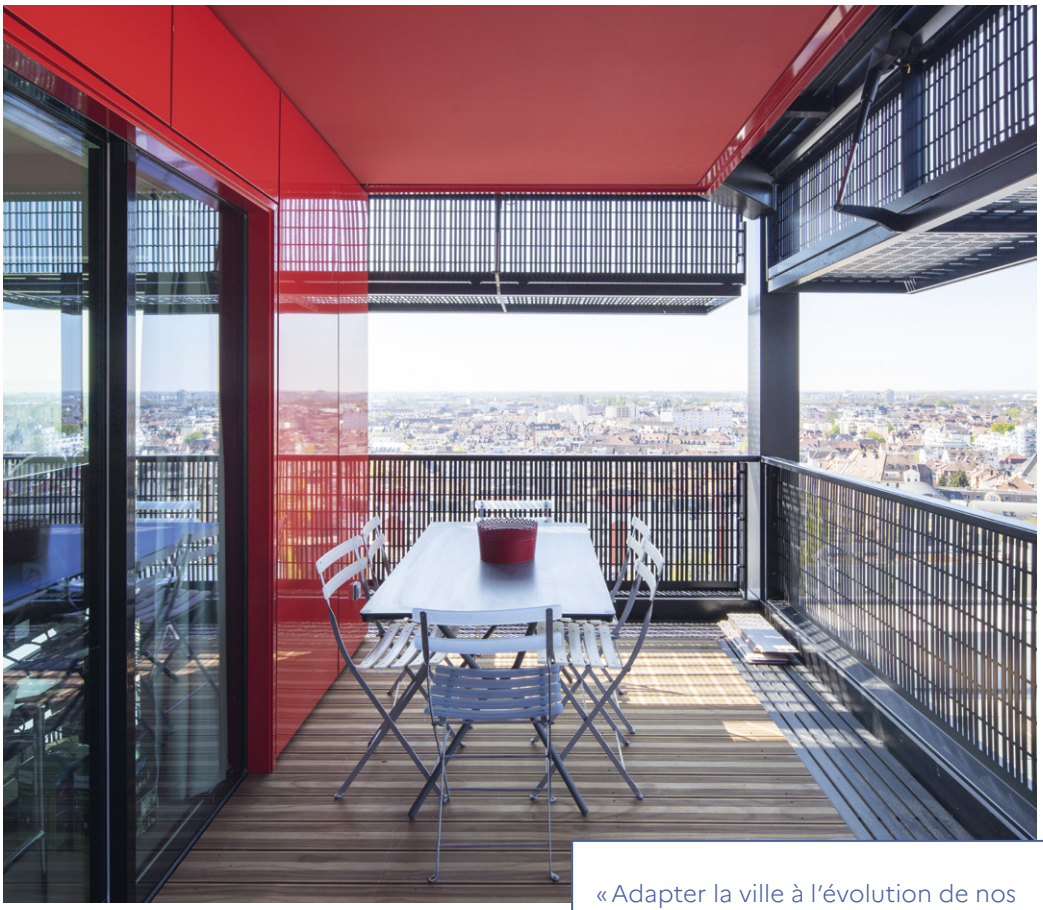
BLACK SWANS

Lutter contre l'obsolescence programmatique des constructions

Anticiper les besoins futurs passe par des principes liés aux caractéristiques dimensionnelles d'un bâtiment, une hauteur libre des étages et une trame de façade qui concilient par exemple les contraintes des logements et des bureaux. L'évolutivité, ou la modularité, est la capacité à la flexibilité et à l'élasticité afin de faciliter les changements d'affectation. L'Agence Qualité Construction (AQC) a listé dans une étude récente les points de vigilance aux différentes phases d'une opération (programmation, conception, chantier, réception et exploitation)[39]. L'évolution des usages peut être anticipée en fixant des objectifs de réversibilité, en proposant des aménagements alternatifs avec des « plans de réversibilité », en décrivant les séquençages, les outils et les compétences nécessaires. L'anticipation d'un changement de destination doit se fonder sur les réglementations, normes d'usage et besoins techniques qui ne sont pas identiques selon la destination de l'ouvrage. L'enjeu est d'assurer la mise à niveau ultérieure sur les questions acoustique, de sécurité incendie, d'accessibilité, de structure, etc. Le projet Black Swans illustre la notion d'anticipation.

↑ Les 3 tours Black Swans :
des programmes différents dans une architecture identique
@ Jean-Pierre Porcher

Date
2013 – 2019
Lieu
36 rue du Bassin d'Austerlitz, Strasbourg
Programme
Mixte (logements + bureaux + hôtel + résidence étudiante + résidence services)
MOA
Icade
MOE
Architectures Anne Demians
BE
VP & Green
+ Alto Ingénierie



↑ **L'espace extérieur en configuration logement**
@ Martin Argyroglo

Présentation

Black Swans est situé sur le site de la presqu'île André Malraux à Strasbourg, et s'inscrit dans un projet de reconquête des friches portuaires initié par l'Eurométropole. Il s'agit d'un ensemble immobilier multiprogramme de 30 000 m² répartis dans 3 tours. Le projet se compose de logements en accession, d'un hôtel, d'une résidence étudiante et de commerces.[40]

« Adapter la ville à l'évolution de nos modes de vie actuels, c'est installer une réflexion sur le temps long de sa transformation historique, économique, culturelle, et permettre une agilité renouvelée. Il n'y a pas de disparité de matériaux dans les opérations mixtes qui font la ville. Que ce soit Bordeaux, Paris ou autre, on a l'impression d'un même ensemble urbain, qui n'est pas climatiquement adapté. L'architecture doit prendre en compte de manière plus forte ce lien entre la réversibilité, le climat et la légitimité de son implantation par rapport à l'histoire d'un site. »

Anne Démians
Architecte, Architectures Anne Démians

Réversibilité

Anne Démians développe la réversibilité d'usage pendant la phase conception par des choix forts qui permettent le passage sans effort d'un programme de logements à un programme de bureaux. Le programme est pensé alors que la destination n'est pas encore définie. Elle dissocie « l'acte de construire de celui d'en préciser le contenu pour retarder autant que nécessaire l'affectation des surfaces construites ».

50% de la programmation des surfaces ont changé entre le programme initial et le bâtiment livré. Avoir intégré la réversibilité a permis de prendre en compte ces changements sans difficulté parce que l'aménagement intérieur, cloisons et plafonds, sont les seuls variants.

Une réflexion sur la fabrication de la ville et particulièrement sur l'enjeu de la mixité est au cœur des préoccupations de Black Swans.

Ici, la mixité est formalisée par un principe conceptuel identique pour les programmes de logements et de bureaux. L'architecte a mis en œuvre un dispositif qui s'appuie sur une trame unique de 6,66 m compatible avec des bureaux et des logements. Cette homogénéité du traitement des programmes permet la mixité attendue, une minimisation des coûts et des structures capables et mutables dans le temps en fonction du besoin. Une attention particulière sur le choix des matériaux (l'utilisation de l'aluminium qui limite le besoin d'entretien) et la qualité de la mise en œuvre constructive est primordiale pour assurer la pérennité des tours Black Swans, en plus de leur capacité à être réversibles.

L'indifférenciation entre bureaux et logements apporte globalement plus de qualités aux usagers. Les programmes sont considérés de la même façon, ce qui génère des logements avec une meilleure hauteur sous plafond et bénéficiant de balcons extérieurs.

La rationalité constructive et les dimensions géométriques sont liées aux conditions climatiques de Strasbourg : climat froid en hiver, chaud en été. L'épaisseur et la hauteur des tours ainsi que la façade s'adaptent pour tirer profit ou se protéger du soleil, et bénéficier de l'inertie thermique des matériaux. Ce modèle ne peut donc pas être répliqué tel quel, mais doit être adapté au contexte climatique.

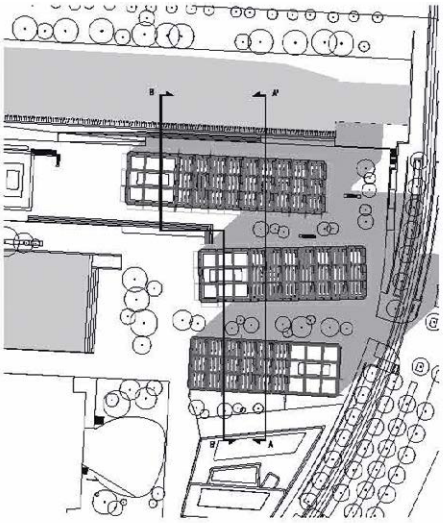
Une structure capable en adéquation avec les cycles économiques

Alors que le phénomène de la vacance des bureaux a tendance à croître, des réflexions sont menées pour imaginer leur transformation en logements. Une structure capable, c'est-à-dire, une structure dont l'usage peut être facilement transformée sans restructuration lourde, permet aux promoteurs de s'inscrire dans une logique de circularité en limitant les risques financiers et de parer à l'éventualité du changement de programme en fonction du besoin. La réversibilité peut permettre d'augmenter la rentabilité immobilière. Si le bâtiment de bureaux devient obsolète, il peut être transformé en logements, et donc éviter une restructuration lourde, voire une démolition. La durée de vie est allongée, la matière est préservée.

Dissocier l'acte de construire de l'affectation programmatique

Une future banque de matériaux ?

Le projet d'Auteuil réunit sur un îlot 200 logements sociaux et 200 appartements en accession à la propriété. Quatre architectes ont travaillé à ce projet (Anne Démians (mandataire), Rudy Ricciotti, Francis Soler et Finn Geipel). Ils ont coopéré pour le choix des matériaux matériaux et des systèmes constructifs pour avoir une cohérence architecturale. Ce principe peut permettre de construire la banque de matériaux de demain, les éléments sont caractérisés et sont déployés pour une opération importante. L'industrialisation du gros-œuvre et de la façade par la répétition de la trame et/ou de l'enveloppe, permet une rationalité constructive, une optimisation des coûts, et anticipe l'efficacité dans la réversibilité et la démontabilité future.[41]



↑ **Similarité des dimensions géométriques et des distanciations entre les trois tours Black Swans**

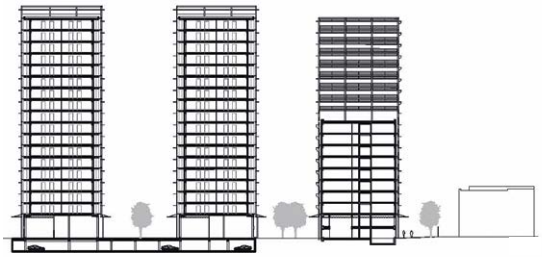
Source : Architectures Anne Démians

Dans un contexte d'urgence climatique, la réversibilité doit-elle être rendue obligatoire ?

En 2016, Anne Démians et Icade ont déposé le label IDI : Immeuble à Destination Indéterminée promouvant le caractère réversible d'une construction, sans pénalisation de l'aspect esthétique de la façade, ni remise en cause technique. Cette réversibilité annoncée doit être prouvée au moment du permis de construire. Pour Anne Démians, la réversibilité est une nécessité et s'intègre dans une démarche réellement bas-carbone. Il s'agit « d'arrêter de concevoir des bâtiments que l'on détruira dans 15 ans, de faire des territoires entiers de bâtiments vides et non utilisés, d'arrêter de construire sur des territoires vierges et d'artificialiser ».

L'importance de la sensibilisation des élus

Comprendre l'échelle du territoire et son contexte est nécessaire pour ne pas répliquer des projets qui ne sont pas adaptés. Pour Anne Démians, les maires sont isolés et devraient être épaulés par des experts dans ces domaines.



↑ **Coupe transversale**

Source : Architectures Anne Démians

DONNÉES

Résilience du bâti

Démontabilité anticipée
Éléments de second-œuvre facilement transformables pour le changement d'usage

Réversibilité des usage

30 000 m²

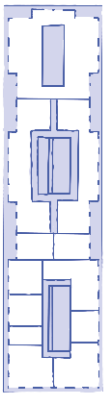
d'espaces à usage indéterminé

50% de la programmation modifiée entre le programme initial et le bâtiment livré

Structure pérenne et éléments de second-œuvre facilement modifiables pour le changement d'usage

Responsabilité sociale

Intensité d'utilisation
Le programme s'adapte en fonction des besoins du territoire



Plateau libre

Configuration Bureau

Configuration Logement

Impact économique

Limitation des coûts de construction
Réduction des coûts de transformation

Réduction des coûts d'entretien
Choix de matériaux pérennes pour la structure

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

À RETENIR

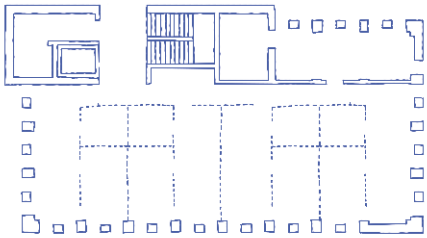
L'anticipation de la réversibilité a été rendue possible par les dispositions suivantes :

- Une trame unique en plan et en coupe qui permet d'adapter les programmes à toutes les destinations diverses.
- Les noyaux de descentes verticales sont au centre du bâtiment et les façades sont porteuses ; seul l'aménagement intérieur varie. Des mesures conservatoires permettent de s'adapter aux réglementations particulières des logements et des bureaux.
- Les coursives enserrent le bâtiment et permettent d'apporter des espaces extérieurs aux deux programmes : coursive pour les bureaux, balcon pour les logements.
- Une industrialisation justifiée par la réversibilité est nécessaire pour maîtriser les coûts et la qualité.

Pour aller plus loin :

- ENSA Strasbourg (2018) Anne Démians, Architecte | Des immeubles pas tout à fait finis, 29 novembre. Disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=OG74lX-qAces&ab_channel=EnsaStrasbourg (Consulté en septembre 2021).
- MATIÈRES N°12 Matières, la nouvelle revue de l'architecture Acier #12, octobre 2021.
- Christian Robischon (2018) Le bâtiment réversible, programme pour muter. Le Moniteur. 9 mars. (Consulté en septembre 2021).

EXEMPLE INTERNATIONAL
Life Cycle Tower



Conçue par l'agence Hermann Kaufmann Architekten en 2012 dans la ville de Dorbirn en Autriche, la Life Cycle Tower est un démonstrateur sur différents enjeux cruciaux pour l'écoconception des bâtiments : la performance énergétique grâce à une enveloppe passive, le développement des matériaux biosourcés et la construction hors-site. La réversibilité est une résultante de ces enjeux. La disposition du plan découle des matériaux utilisés (structure mixte bois-béton), et de la méthode de fabrication. L'architecte développe des changements d'usages simplifiés. Des variantes de logements ont été développées permettant de projeter un changement d'usage ou une démontabilité des éléments grâce aux assemblages à sec comme des vis et des encoches. Les éléments techniques sont intégrés de manière à éviter la confrontation avec les éléments de la structure ou de l'enveloppe. Le système permet de libérer des coques vides, facilement modulables, aménageables en fonction des programmes.[42]

03 Démontabilité : concevoir le bâtiment comme une banque de matériaux

Entretien
Eric Raddaz,
Directeur Général,
Gagnepark.

PARK & PLAY

Désassembler pour préserver la matière

Le concepteur doit encourager l'anticipation de la démontabilité en prévoyant les assemblages adéquats pour gérer la déconstruction en fin de vie. La démontabilité correspond à la capacité d'un bâtiment à être démonté de façon non destructive, pour le déplacer, ou pour restituer le site à son état d'origine.
Ainsi, chaque composant doit être accessible aisément afin d'en faciliter la déconstruction, par le biais notamment de systèmes de fixations simples, réversibles et indépendants. Les connexions chimiques sont, quant à elles, à éviter. Les éléments de construction ont une capacité de réemploi variable en fonction du type d'assemblages (démontable ou non). La construction hors-site (ou préfabrication) est une bonne option, dans la mesure où la cinématique de montage et de démontage est simplifiée. Concevoir des ouvrages réversibles permet d'allonger considérablement la durée de vie de la matière et donc de réduire les impacts environnementaux. Ces ouvrages sont conçus pour vivre de multiples vies. La réversibilité est une alternative à l'obsolescence et à la démolition des bâtiments.

↑ Le démonstrateur Park & Play
© Park & Play

Date
2020
Lieu
Beynost
Programme
Parking
MOA
Park & Play
MOE
Park & Play
BE environnement
étamine
Matériaux
Acier + Bois + Béton

Présentation

Le devenir des parkings est un enjeu important, la réduction progressive de la place de l'automobile dans notre société nécessite d'imaginer ou d'anticiper le changement de destination et la démontabilité de ces ouvrages[43]. Ce sont des catalyseurs de la réversibilité et de la déconstruction. Dans cette optique, la volonté de Park & Play de répondre au juste besoin se concrétise dans une offre locative, modulaire et évolutive de places de parking, une mise en pratique du pilier « économie de la fonctionnalité ». La démontabilité des éléments et la réduction de l'impact carbone est à reconsidérer à l'aune des émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) de la mobilité qui représente 29% des émissions françaises (selon le rapport national d'inventaire du CITEPA), et de l'usage des « parkings » qui incite à l'utilisation de la voiture individuelle.

L'entreprise Park & Play a réalisé un démonstrateur pour expérimenter une solution de parking préfabriqué, entièrement démontable, utilisant le bois pour les planchers afin de réduire son impact carbone.

Le changement du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public, dont les parcs de stationnement couverts, en 2006, a permis le développement des parcs de stationnement largement ventilés. Ce changement a permis de requestionner les normes de la prévention incendie et de proposer des modes constructifs alternatifs au béton.

Park & Play met en avant les avantages de la construction hors-site, du point de vue technique et économique mais aussi environnemental par l'optimisation des ressources, de la qualité, des coûts et des délais. Afin de réduire l'impact environnemental du parking, des solutions mixtes de structures légères sont privilégiées.

Le parking aérien encourage les solutions facilement montables et démontables, bénéfiques pour l'économie circulaire. La matière est préservée et les parkings représentent de véritables banques de matériaux dont les éléments sont parfaitement caractérisés. Park and Play, dans son offre locative, s'occupe de gérer le stock. Ces éléments modulaires peuvent être facilement démontés pour être ensuite réemployés sur un autre site, sans impact sur le foncier.

Des limites non rédhibitoires pour le réemploi des structures sont rencontrées : le béton armé coulé dans les poteaux métalliques rend le recyclage des poteaux difficile en plus d'alourdir l'impact carbone. Un renforcement est parfois nécessaire quand son usage change, en effet, le parking , par ses caractéristiques intrinsèques, peut facilement changer d'usage, comme par exemple pour devenir un lieu de stockage.

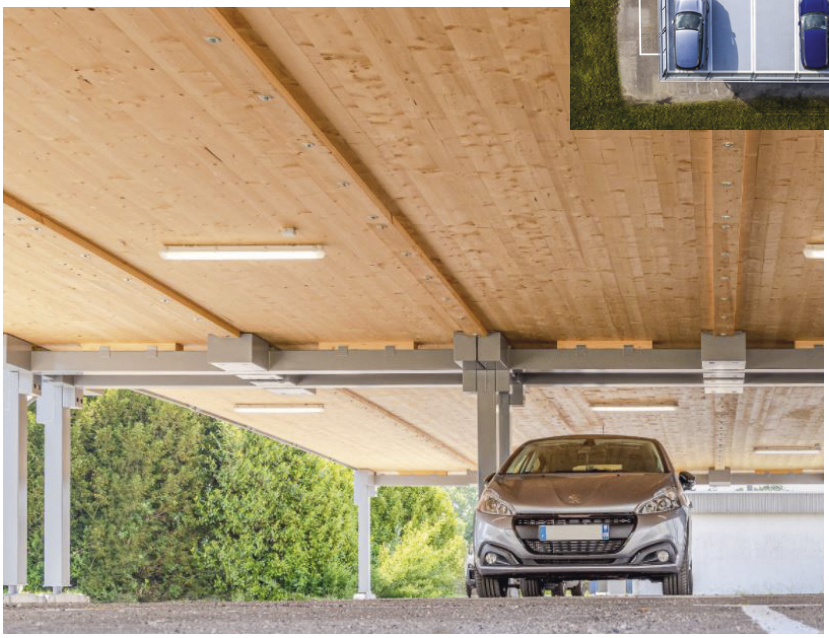
Réversibilité

La standardisation et l'assemblage des éléments pour leur réutilisation

Une attention particulière est portée à l'approvisionnement des matériaux avec une volonté d'utiliser des matériaux plus vertueux et proches des ateliers de production. Les matériaux de construction utilisés dans les parkings sont biosourcés ou issus du recyclage. L'acier, principal matériau des parkings, est élaboré à partir de ferrailles et mitrailles collectées par les filières de recyclage puis refondues dans un four électrique. Les planchers se composent de deux couches de bois lamellé croisé (CLT) et de poutres en lamellé collé. Le bois utilisé sur cette opération est d'origine européenne hors France, parce qu'il a été difficile de se fournir en bois français. La mixité de l'acier, du béton et des planchers alvéolaires bois a été brevetée et validée par un contrôleur technique : les sujets cruciaux que sont la stabilité au feu et les caractéristiques mécaniques du bois sont ainsi résolus.

↑ Un parking qui se déploie en R+1

© Park & Play



← Un parking préfabriqué bois-acier

© Park & Play

Pour démontrer quantitativement les bénéfices environnementaux du parking, Park & Play a mené avec le bureau d'études Étamine un comparatif pour 3 variantes de parkings :

- le parking mixte acier-béton et plancher alvéolaire en bois Park & Play,
- un parking mixte acier-béton développé par Gagnepark,
- une solution de parking en béton.

L'impact carbone s'élève à environ : 490 kg eq CO_2 /m² pour le parking mixte acier-béton développé par Gagnepark, soit 33% de moins qu'un parking entièrement en béton.
Il apparaît donc que les principes constructifs mixtes peuvent permettre la réduction de l'impact carbone.

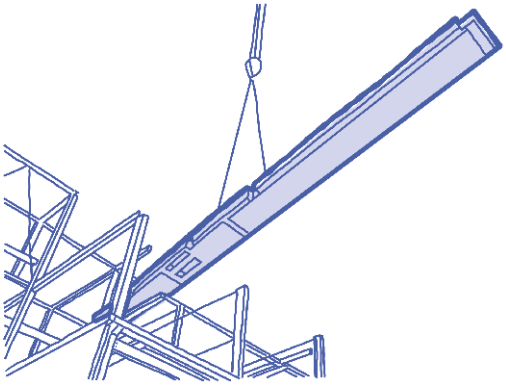
Le point de vue du bureau d'études

Étamine relève le fait qu'il est difficile d'intégrer l'avantage de la démontabilité de ces structures dans les estimations des impacts environnementaux. La particularité de ces parkings d'être réversibles, démontables et réemployables n'a pas été intégrée dans les calculs. Il n'existe pas, à ce jour, de retour d'expérience [44].

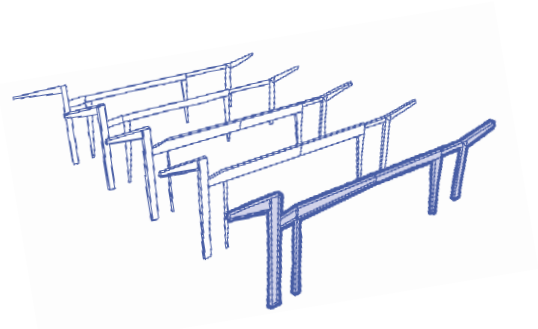
L'hypothèse qui pourrait être considérée est liée à la préservation des matériaux par leur réemploi à la fin du premier cycle d'utilisation. Une solution qui serait démolie, puis soit recyclée soit mise en décharge, subit alors une perte de qualité de sa matière dans sa valorisation. Cependant la trame de parking de 2,5 m semble trop contraignante pour envisager d'autres usages ou le réemploi des éléments pour d'autres programmes.

À RETENIR

- **La construction hors-site**
  Le recours à la construction hors-site peut permettre l'optimisation des matériaux mis en œuvre, la réduction des déchets générés pour leur production et une rapidité de mise en œuvre sur les chantiers aux nuisances réduites.



- **La démontabilité et l'offre locative**
  Ces constructions assemblées à partir d'éléments répertoriés constituent des banques de matériaux dont les éléments sont parfaitement caractérisés.



Les structures métalliques sont plus facilement réutilisables.

DONNÉES

Gestion des ressources

Limitation de la production de déchets

- L'offre locative permet d'éviter la mise en décharge ou au recyclage des éléments.
- La construction hors-site permet l'optimisation des processus constructifs et la réduction des déchets.

Résilience du bâti

Démontabilité anticipée
Le caractère éphémère de ces ouvrages nécessite la réflexion de leur démontabilité.

Réversibilité des usages
Des scénarios de changement d'usage du parking ont été testés.

Impact économique

Limitation des coûts de construction
Une installation en évitant des infrastructures importantes et la construction hors-site permet la réduction des coûts.

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

AUTRE EXEMPLE FRANÇAIS

Les bureaux de la Solorem, une structure mixte acier-bois démontable qui permet un aménagement modulable, Beaudouin et Husson, architectes.

Le projet se compose d'une volumétrie simple renforcée par l'unicité du bardage bois extérieur. Cet équipement a été conçu pour être réversible et démontable. Les bureaux peuvent évoluer sans que la structure ne soit modifiée : elle est orientée longitudinalement pour ne pas gêner l'aménagement et l'organisation des espaces. Les éléments sont facilement accessibles pour assurer l'entretien ou le remplacement. La structure acier qui compose l'ossature est complétée par des planchers en caissons bois. Le chantier est monté à sec, ce qui réduit les nuisances et assure une réalisation rapide. [45]

© Luc Boegly pour Beaudouin et Husson

EXEMPLE INTERNATIONAL

La cuisine, Winnipeg Folk Festival

Ce bâtiment constitue l'espace cuisine d'un festival de musique qui a lieu au Canada. Conçu en 2012 par l'agence Syverson Monteyne Architecture, ce projet se base sur la récupération et la réutilisation d'un bâtiment industriel qui était voué à la démolition. Les éléments de la charpente métallique ont été démontés puis remontés selon l'agencement des architectes qui pouvaient donner libre cours à leur imagination, la contrainte étant liée au nombre et aux dimensions des pièces à disposition. L'ingénieur structure a évalué la qualité des éléments pour permettre leur utilisation en toute sécurité. Les structures acier permettent un réemploi facilité grâce à la durabilité des pièces et leurs assemblages qui facilitent la démontabilité. La faculté de déconstruction était un paramètre important pour cette structure éphémère, qui lorsqu'elle ne sera plus utilisée, pourra être démontée sans laisser de trace sur le site. [46]

© Monteyne Architecture

04 Réemploi des matériaux : valoriser les matériaux de second œuvre

Entretiens

Jean Bocabeille,
Architecte, co-gérant,
BFV Architectes,
Olivier Fassio,
Architecte, co-gérant,
BFV Architectes et
chargé de projet PULSE.

PULSE

Permettre la démontabilité du second œuvre

La réversibilité du second œuvre est l'un des moyens de prolonger la durée de vie d'un bâtiment. En effet, penser un second œuvre réversible permet de s'adapter à l'évolution des besoins et usages tout en conservant la structure, la façade et les réseaux, dont les impacts sur le changement climatique et la préservation des ressources naturelles sont majeurs.
Mettre en place un second œuvre facilement démontable et réemployable doit être intégré dans les phases d'études en amont. Pour être efficient, il est essentiel de coupler cette réflexion de réversibilité du second œuvre avec la conception du gros œuvre.

Les espaces tertiaires sont très souvent renouvelés en raison des changements de locataires, de l'image que veulent se donner les entreprises et des évolutions rapides des besoins. Penser la réversibilité du second œuvre a été mis au cœur de la conception du projet Pulse.

↑ **Façade du bâtiment Pulse (donnant sur la place du Front Populaire)**
© Delangle pour BFV Architectes

Dates
2017-2019

Lieu
Place du Front Populaire, Saint-Denis

Programme
Immeuble bureaux - Neuf

MOA
ICADE Tertial

Partenaires
BFV Architectes + Bellastock + Artelia + Barthès + Arcora + Avls + Spooms + Mathis

Certifications
HQE excellent, BREEAM excellent, BBCA excellent, label E+C- et E2C1

↑ Vue sur la structure en bois de Pulse depuis son atrium

© Delangle pour BFV Architectes

Présentation

Pulse est un immeuble de bureaux de sept étages d'une surface de plancher de 29 549 m² situé à Saint-Denis. C'est un immeuble au plan simple : un quadrilatère hébergeant un atrium en son cœur, d'un aspect monolithique, discret dans sa matérialité intérieure et extérieure. Un découpage du volume permet d'animer la façade et offre aux usagers des terrasses avec vue sur la ville.

Le sous-sol héberge des places de stationnement et des locaux techniques. Au rez-de-chaussée, le bâtiment accueille un restaurant, une cafétéria et des commerces. Les bureaux se trouvent sur les plateaux libres aux étages. Le découpage des niveaux permet de rendre certaines parties indépendantes.[47]

Le bâtiment fait preuve d'une logique d'ouverture et de transparence dans son architecture et sa matérialité : grands plateaux libres, utilisation de bois et revêtements clairs, ouverture visuelle offerte par des grandes baies entre ville et atrium.

Le projet Pulse a pu obtenir, grâce à une maîtrise d'ouvrage motrice et engagée, de nombreux labels (BBCA excellent et E+C- avec le niveau E2C2) exigeant une démarche de projet « très ambitieuse en termes d'énergie »[48]. Les objectifs bas carbone (performance énergétique et minimisation de l'énergie grise embarquée) ont notamment poussé à « l'utilisation de l'ACV (Analyse du Cycle de Vie) comme un véritable outil d'aide à la conception »[48]. Ces ambitions ont été atteintes grâce aux matériaux biosourcés et ceux issus du réemploi.

« Le problème n'est pas technique mais économique : la construction circulaire doit pouvoir générer une économie. »

Jean Bocabeille, co-gérant de BFV Architectes.

Réversibilité

Le déroulement des opérations tertiaires est spécifique dans ses temporalités de conception et de construction. En effet, dans la majorité de ces projets, une première maîtrise d'ouvrage commande et dirige un projet de coque vide, c'est à dire sans finition. Une seconde maîtrise d'ouvrage, le preneur, qui loue les espaces, intervient ensuite et réalise le second œuvre selon ses exigences propres. L'agence BFV a eu la possibilité de pouvoir être maîtrise d'œuvre lors de ces deux phases sur le projet Pulse, ce qui a permis de pousser le sujet de la réversibilité du second œuvre. En entretien, Olivier Fassio, associé de l'agence d'architecture BFV, témoigne ainsi des enjeux de chacune de ces phases.

PHASE 1 : instaurer une base permettant une grande réversibilité d'usage et une liberté d'agencement

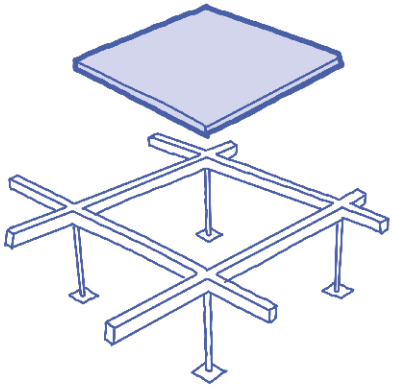
Maîtrise d'ouvrage : ICADE Tertial

Les études du projet ont été menées avec des spécialistes d'Artelia (bureau d'études TCE) afin de produire un bâtiment durable et réversible : intégration de matériaux biosourcés, de réemploi, études et conception attentives à la durée de vie avec la mise en pratique de l'Analyse du Cycle de Vie. Cela a mené à une logique de préfabrication hors-site, de modularité, permettant un assemblage aisé et rendant possible une déconstruction anticipée des éléments.

Le gros œuvre :
La structure choisie est une structure mixte bois-béton. Le béton est limité au minimum : les sous-sols et les fondations. Au-dessus se développe une structure bois qui représente « 600 m³ de pin avec des poteaux-poutres en lamellé collé et des planchers-dalles en lamellé croisé » [49]. Cette ossature bois est boulonnée et donc démontable.

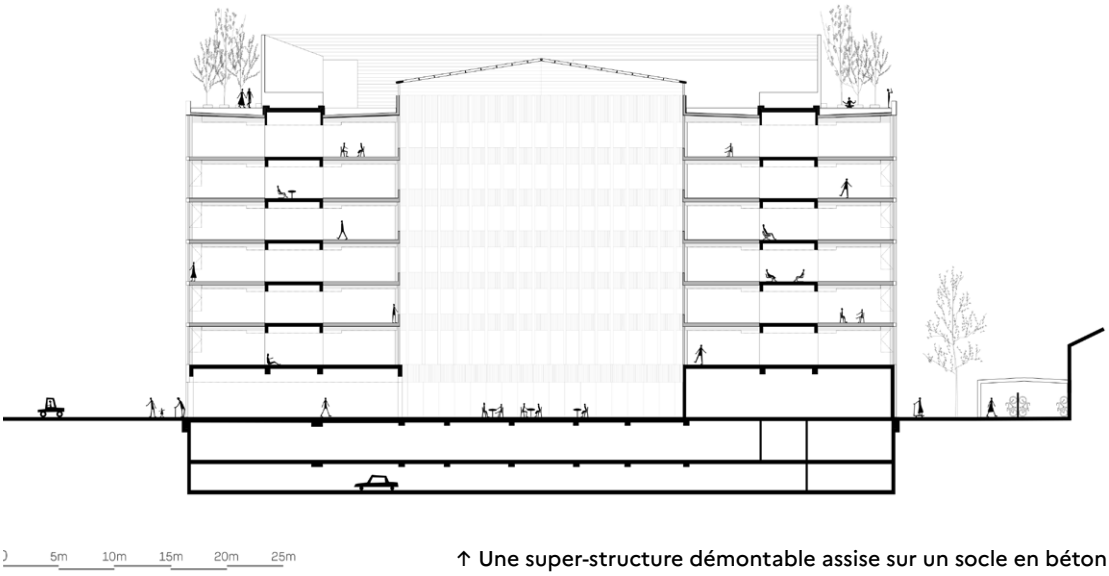
Les poutres intermédiaires laissées apparentes « sont rainurées afin de permettent d'y installer parois et cloisons sans se fixer aux faux-plafonds » pour faciliter les réaménagements.

Le second œuvre :
Les réseaux aériens circulent entre ces poutres et sont recouverts de faux plafonds [49]. Les grands plateaux libres sont recouverts de dalles de faux-plancher qui permettent de faire circuler d'autres réseaux [50]. Faux planchers et faux plafonds sont facilement démontables s'il était nécessaire de les changer ou de déconstruire le bâtiment.



Les éléments de façade suivent également cette logique : le revêtement extérieur en lattes d'aluminium anodisé est facilement démontable et les 8000 fenêtres identiques permettront à l'avenir, en envisageant la déconstruction du bâtiment, de présenter un gisement conséquent pour le marché du réemploi.

Ces choix permettent de préserver l'état global du bâtiment aussi bien que l'état de chaque élément : la durée de vie est prolongée en prévoyant des mises en œuvre réversibles d'éléments pouvant être démontés et réemployés.



↑ **Une super-structure démontable assise sur un socle en béton**

Source : © BFV Architectes

PHASE 2 : Assurer la circulation des matériaux de second œuvre lors des changements de locataires

Maîtrise d'ouvrage : Solideo

Les choix structurels et matériels adoptés pour le gros œuvre et le second œuvre lors de la première phase permettent l'installation facilitée d'aménagements modifiables, modulables et réversibles.

L'immeuble Pulse est à présent loué, jusqu'à la fin des Jeux de 2024 au Comité d'Organisation des Jeux Olympiques de Paris (COJO). La localisation du bâtiment, et la démarche environnementale, ont été des éléments convaincants pour le COJO. De plus, la question de la réversibilité d'usage par la démontabilité du second œuvre est centrale pour l'aménagement des Jeux de 2024 ; à l'issu des Jeux, de nombreux équipements sportifs et locatifs devront être requalifiés et transformés. Il est donc nécessaire de prévoir une transition qui minimise la création de déchets. À cet égard, le COJO déclare que « l'ensemble du mobilier est éco-conçu avec un réemploi post-Jeux déjà identifié »[51].

DONNÉES

Gestion des ressources

Utilisation de matériaux réemployés

21 800 m²
de dalles de faux plancher réemployées, soit **73 %** de la surface totale de plancher

1 000 m² de parquet lames bois sur chant

1 500 ml de mains courantes dont **220 ml** réemployées

Moquettes reconditionnées issues du réemploi

Utilisation de matière recyclée

70% de matières secondaires en entrée pour le lot cloisonnement

Résilience du bâti

Démontabilité anticipée

64% des matières valorisables en sortie, dont **70%** pour le gros œuvre

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

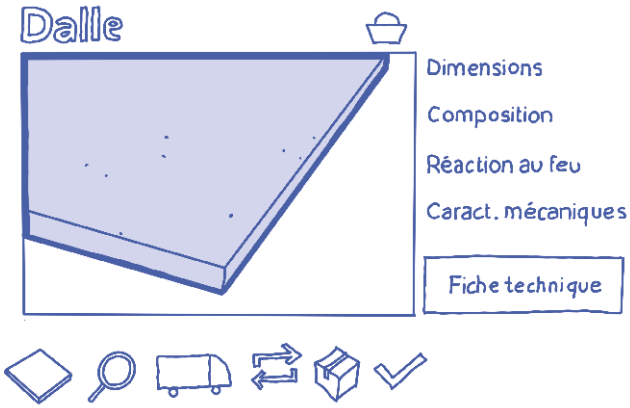
Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

À RETENIR

Une logique de réemploi déjà amorcée
Pulse est un exemple de projet de grande envergure qui a participé à la structuration de la filière de réemploi des dalles de faux-planchers techniques par son application à grande échelle avec 20 000 m² réemployés, soit 73% de la surface de plancher totale[48]. Cette opération, gérée par l'entreprise Mobius, a ainsi permis de lever les barrières techniques et assurantielles. En effet, « les dalles de faux plancher ont les mêmes propriétés techniques et assurantielles qu'un produit neuf et affichent un bilan carbone inférieur de 89% (8,68 contre 76,2 kg eq CO_2/m^2) »[52]. Anticiper le démontage des éléments permet de faciliter les opérations de reconditionnement comme celles proposées par Mobius.



Mobius propose des annonces des dalles de faux plancher technique sur le site mobius-reemploi.fr

La déconstruction : un levier économique essentiel
Au-delà des bénéfices environnementaux, la déconstruction sélective peut générer une économie lors de la revente des matériaux sur les plateformes de réemploi et permet des bénéfices sociaux par la création d'emplois nécessaires aux opérations de démontage, de tri, et de reconditionnement des matériaux pour la remise du produit sur le marché.

Pour aller plus loin :

- Mobius réemploi. (2022) Disponible sur : https://www.mobius-reemploi.fr/
- Alliance HQE. Fiche de retour d'expérience - Pulse 2019. Disponible sur : http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2020/12/Fiche-REX-Pulse-HQEPerfEC2019.pdf
- ADEME. Objectif bâtiment bas carbone, retour sur le dispositif OBEC. 2019, 4 p. Disponible sur : https://normandie.ademe.fr/sites/default/files/objectif-batiment-bas-carbone-retour-dispositif-obec.pdf

05 Chronotopie : optimiser l'utilisation temporelle d'un lieu

Entretiens

Guillaume Mangeot, Architecte Associé, directeur d'agence, PCA-STREAM / Philippe Chiambaretta, Architecte.

STREAM BUILDING

Prendre en compte les rythmes urbains et les interactions spatio-temporelles

Chronotopie : *du grec chronos « le temps » et topos « le lieu ».*
La chronotopie est une notion issue d'une recherche internationale menée depuis les années 70 sur la question des rythmes urbains et des interactions temps-espaces. Un lieu chronotopique est un lieu prenant simultanément en compte les dimensions temporelles et spatiales. Le philosophe Thierry Paquot explique que « l'approche chronotopique vise précisément à connaître les usages temporalisés et genrés des lieux fréquentés par des publics. Pour le dire autrement, il s'agit d'observer la vie d'un lieu sur vingt-quatre heures, en distinguant le jour de la nuit, les jours de la semaine et les saisons, pour faciliter sa mutation et ses éventuels réemplois ». [53]
Le projet Stream Building, après une étude chronotopique préalable, offre un bâtiment adapté à une ville dense, plurifonctionnel, appropriable et optimisé pour un usage 24h/24.

↑ Façade donnant sur le parvis du Tribunal de Paris

© PCA-STREAM

Date
Lauréat en 2016, construction 2020-2022

Lieu
ZAC Clichy-Batignolles, Paris 17e

Programme
Immeuble multi programmatique - Neuf

MOA
Covivio

Partenaires
PCA Stream + Hines + Eurosic + Topager + Spaces, Zoku, Noctis + NU ! Association Espaces + Djuric Tardio Architectes + Quartier Libre + Transsolar + CC Ingénierie + Charpente Concept + VS-A Group + CSD Faces + Khephren + Ceres + Spie Batignolles

Certifications
BREEAM Excellent, HQE Exceptionnel

↑ **Les systèmes constructifs du Stream Building : structure bois, planchers CLT et façade modulaire**
© Jean-Philippe Mesguen pour PCA-STREAM

Présentation

En 2015, la Ville de Paris lance un appel à projets « Réinventer Paris » sur 23 sites parisiens démonstrateurs pour des initiatives urbaines. En février 2016, le projet Stream Building est lauréat du site Clichy-Batignolles. Le site, qui donne sur le parvis du Tribunal de Grande Instance, est un emplacement clé : à l'intersection de flux de transports et à proximité de la Porte de Clichy. Le projet doit intégrer Clichy et ses habitants dans son programme malgré la « barrière » du périphérique.

En 2016, l'agence d'architecture PCA Stream finalise une recherche théorique sur l'anthropocène et l'évolution des espaces urbains : Stream 02 et Stream 03. Dans ces recherches sur la ville-métabolisme, ils réalisent une étude dans laquelle ils développent une grille analytique (nature, mobilités, usages, bâti, infrastructures) permettant de décomposer un lieu en différents indicateurs mesurables (gestion de l'eau, énergie, confort, inclusivité, durabilité) pour guider la conception.

Le projet Stream Building cherche à intégrer les méthodes développées lors de cette recherche et à y ajouter une étude chronotopique afin de prendre en compte tous les usages du lieu, sans les prédéfinir, en visant un fonctionnement urbain adapté aux nouveaux modes de vie contemporains plus décloisonnés et connectés. Pour cela, il était nécessaire d'enquêter préalablement auprès des habitants, usagers, visiteurs et passants du quartier pour définir leurs attentes.

Le groupement Stream Building lance un « diagnostic territoire » qui regroupe aménageurs, entreprises, startups, et associations d'habitants (PCA Stream, Topager, Noctis, Spaces, Zoku, Espaces et NU !) afin d'identifier les besoins en ressources du quartier. Cela a permis de définir les besoins multi-programmatiques du projet :

- bureaux à la demande,
- espaces de coworking,
- restaurants,
- lieu festif en terrasse,
- commerces de vrac,
- toiture agricole,
- brasserie locale.

Réversibilité

Le Streambuilding : optimiser les horaires d'usages par la mixité programmatique

Mettre en place une démarche chronotopique dans le bâtiment [54]

1. En jouant sur les horaires de fonctionnement :
Regrouper en un bâtiment les activités habituellement réalisées dans plusieurs bâtiments, par l'optimisation des horaires d'utilisation permet l'alternance des usages et l'augmentation du taux d'occupation (part de temps pendant laquelle le lieu est utilisé).
Exemple : *Les bureaux fonctionnant de 8h à 20h, fermés les week-ends et vides en août sont partagés avec des activités dont les plages horaires ne se superposent pas.*

2. En intégrant de nouveaux utilisateurs :
La mutualisation des espaces (de stationnements, d'équipements sportifs, de travail, de logements), l'augmentation de la quantité d'espaces partagés et l'optimisation de l'espace par usager, sont autant de moyens d'augmenter le nombre d'utilisateurs.

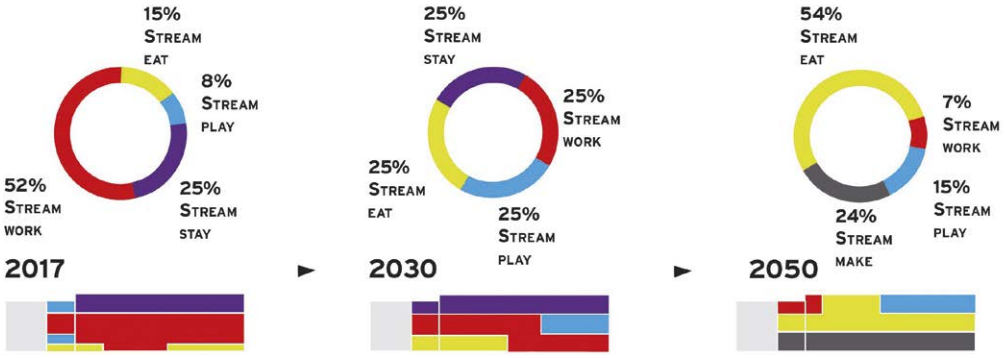
3. En diversifiant les usages du lieu :
L'hybridation des usages au sein d'un même bâtiment, nécessite une conception réversible, un aménagement multinorme et un gestionnaire de services. Cela permet d'étendre les services et de diversifier les usages du lieu par l'instauration d'un fonctionnement basé sur l'offre et la demande. Des solutions techniques peuvent être adoptées pour permettre la multiplicité d'usages, comme l'intégration de cloisons amovibles, de portes coulissantes ou de meubles adaptables (modulables, dépliables, déplaçables).

« L'objectif est d'utiliser moins de matériaux, mais l'usager est-il prêt à accepter un bâtiment sans certains éléments de second œuvre ? »

Guillaume Mangeot, Architecte associé, directeur d'agence chez PCA-STREAM / Philippe Chiambaretta, Architecte.

↓ Stream building, une plateforme de vie pensée pour évoluer

© Réinventer Paris, Clichy-Batignolles — Paris 17e / 2016



Le Stream Building est un immeuble en R+8, prototype du fonctionnement chronotopique, qui met en place une hybridation des usages et une mixité programmatique. Cette logique nécessite de réfléchir sur trois points.

La programmation :
La mixité programmatique propose « 25% de services ouverts au public, 25% d'offre résidentielle, 50% d'espaces de travail »[55], et la création d'un tiers lieu « mixte, hybride et déspécialisé ».
Les différents éléments du programme sont :

- bureaux et espaces de coworking du RDC à R+5 (9500 m²),
- hôtel : 109 chambres du R+6 à R+8 avec un espace évènementiel (5600 m²),
- commerces : RDC (2000 m²),
- restaurants et brasserie,
- potagers en toiture : expérimentation d'une démarche circulaire avec la mise en place d'une ressource locale en agriculture urbaine, entretenue par une Société Coopérative d'Intérêt Collectif (SCIC) du quartier (1200 m²),
- stationnement : 22 places.

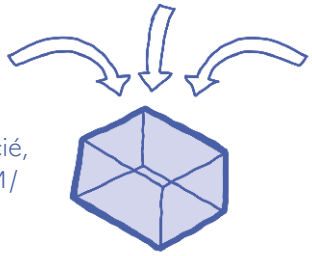
Le principe constructif :
Une programmation variée, flexible et évolutive est rendue possible par une trame cubique de 3,6 m. Jusqu'au R+5, prend place une structure mixte bois-béton avec charpente bois et plancher béton, tandis que du R+6 au R+8 la structure est composée d'un plancher en panneaux bois lamellé-croisé (CLT). Ce prototype modulable est adapté aux normes techniques de réversibilité programmatique et anticipe la mutabilité intégrale du bâtiment et de son programme.[54]

L'intensité d'usage :
La solution proposée est un programme évolutif qui accueille différentes formes de travail, séjour et activités. Afin de coordonner les différents espaces à louer (coworking, salles de réunions...), un opérateur unique, Wellio, est chargé de la gestion des plannings d'occupation.

L'association « Les Bureaux du Cœur » s'est saisie des principes d'intensification des usages pour développer l'accueil de personnes en grande précarité au sein des bureaux des entreprises le soir et le week-end. Les personnes accueillies peuvent alors se concentrer sur leur vie professionnelle et leur réinsertion.

« Si l'intensité de l'usage augmente, la masse urbaine diminue, il ne faut plus penser la ville dans son hyper spécialisation. »

Guillaume Mangeot, Architecte associé, directeur d'agence chez PCA-STREAM / Philippe Chiambaretta.



DONNÉES

Gestion des ressources

1 200 m²
de potager déployés en toiture

La végétation sert de protection thermique à la façade sud en été.

Production d'électricité photovoltaïque

Résilience du bâti

Réversibilité des usages
Une trame structurale unique de 3,6 m pour s'adapter à différents usages, avec des scénarios de projection jusqu'en 2050.

Responsabilité sociale

Mobilisation des acteurs locaux et ESS
Création, via une association, d'emplois d'insertion à destination des habitants

Intensité d'utilisation
20% des espaces accessibles au public

Impact économique

Possibilité de louer des espaces **24h/24**

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

À RETENIR

« Les avantages d'un fonctionnement chronotopique » selon Guillaume Mangeot, directeur d'agence chez PCA-Stream Architectes.

Le fonctionnement chronotopique vise la conception de bâtiments fonctionnels, multi-programmatiques et rentables par une optimisation des horaires d'usage. Ce système a de nombreux avantages à l'échelle urbaine (limiter le zoning et l'étalement urbain), en termes économiques et sociaux (réduction des coûts de l'immobilier) mais également environnementaux (moins on construit, moins on impacte).

L'intégration d'une conception chronotopique se justifie aisément auprès des investisseurs dans la mesure où les coûts sont réduits par :

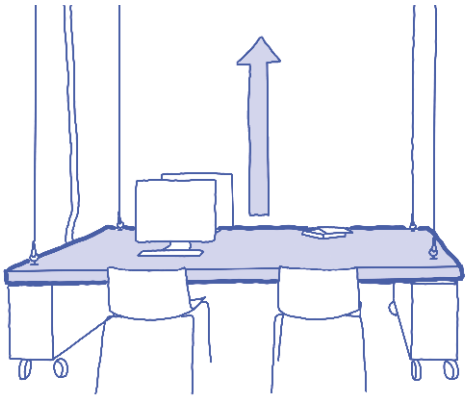
- la non détermination de l'espace qui permet d'utiliser moins de matière,
- la minimisation des charges d'entretien, d'exploitation et de foncier (car divisées par un plus grand nombre d'utilisateurs).

Au-delà de l'aspect économique, un système chronotopique génère de nouvelles dynamiques sociales en :

- intégrant la population du quartier à la définition du programme,
- permettant à différentes populations de se rencontrer,
- laissant une appropriation plus libre des espaces à l'usage moins défini.

EXEMPLE INTERNATIONAL
Helder Groen (Haarlem, Pays-Bas)

Le projet, situé dans un quartier dynamique de Haarlem, cherche à hybrider les usages de l'espace situé au rez-de-chaussée d'un immeuble de logements. L'approche adoptée consiste à ajouter dans un espace, un système de modules de bureaux amovibles, qui se rangent au plafond. La chronotopie est incorporée par la possibilité de monter et de descendre des tables coulissantes, ce qui permet à l'espace d'être utilisé en tant que bureaux pendant la journée en descendant les tables, et le soir ou le weekend son usage peut évoluer une fois les tables remontées : espace de sport, espace d'exposition ou associatif.[56]



Pour aller plus loin :

- BatiActu. À Clichy-Batignolles, le projet Stream Building prend ses quartiers. BatiActu, 07/01/2021. Disponible sur : https://www.batiactu.com/edito/a-clichy-batignolles-projet-stream-building-prend-ses-60975.php
- Bouygues Construction, Notes de tendances #2 Chronotopie, Octobre 2020, 10 p. Disponible sur : https://www.bouygues-construction.com/blog/wp-content/uploads/Note-de-tendances-2-Chronotopie.pdf

06 Renforcement structural : consolider pour conserver

Entretien

Jean-Marc Weill,
Architecte et ingénieur, Fondateur de C&E Ingénierie.

RENFORCEMENT PARASISMIQUE EN MARTINIQUE

L'aide d'une ingénierie de haute technicité

La réversibilité se matérialise ici par le maintien de structures existantes qui sont vouées, sans expertise technique, à la démolition. La préservation des structures existantes et de la matière qui les compose demande parfois une haute technicité, une importante expertise en ingénierie pour s'assurer de la pérennité et de la sécurité des ouvrages, et ainsi allonger leur durée de vie.

Pour certaines surélévations, l'augmentation des sollicitations par l'ajout d'étages supplémentaires nécessite un renforcement ou une configuration structurale différente : par la consolidation de l'existant, ou par son affranchissement en ajoutant une structure totalement indépendante.

Pour illustrer l'importance du renforcement dans le maintien des ouvrages existants, deux contextes très distincts sont présentés, le renforcement parasismique et le renforcement pour la surélévation.

↑ **Des structures en acier viennent renforcer l'existant.**
Source : C&E ingénierie

Dates
2011 + 2011 + 2016

Lieu
Trinité + Dillon + Fort de France

Programme
Renforcements parasismiques

MOA
Hôpital de Trinité + Collectivité Territorial de Martinique + Conseil Général de Martinique

Partenaires
C&E ingénierie + Dynamique Concept + Fontetud + Olivier Compère

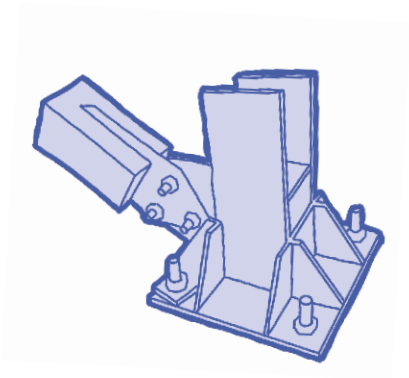
RENFORCEMENTS PARASISMIQUES

La sauvegarde de bâtiment hors-normes

↑ Centre Hospitalier Louis Domergue, C&E ingénierie

Source : C&E ingénierie

Trois projets de renforcement parasismique en Martinique permettent de comprendre la difficulté technique pour leur remise aux normes de sécurité et pour prolonger leur durée de vie.



Des contreventements métalliques ont été mis en place.

Renforcement parasismique des tours du Centre Hospitalier Louis Domergue à la Trinité

Datant de 1974, le Centre Hospitalier Louis Domergue de Trinité n'a pas été conçu selon les règles parasismiques (PS 69 formulées en 1969 puis révisées en 1982) dont l'application n'était pas obligatoire au moment de la construction.

Après avoir subi deux séismes, en 1999 et 2007 de magnitude 5,4 et 7,3, il a été envisagé son renforcement à un coût raisonnable. Plusieurs solutions de renforcement ont été étudiées. Après une analyse de l'usage, les choix ont porté sur la réduction de la masse par la déconstruction des trois niveaux les plus hauts et la mise en œuvre d'une structure extérieure avec une précontrainte des voiles transversaux. [57]

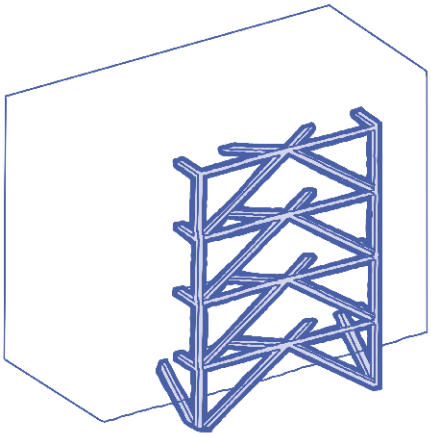
Renforcement parasismique du collège Dillon

Réalisé dans les années 70, le collège Dillon a subi des endommagements à la suite d'un séisme en 2007 de magnitude 7,3. Comme le centre Louis Domergue, les règles parasismiques n'ont pas été appliquées, aucun système de contreventement longitudinal ne permettait d'assurer la stabilité des quatre bâtiments qui composent le collège et le joint sismique était sous-dimensionné. Le risque de chutes de matériaux et d'effondrement était réel, les bâtiments ont été renforcés au moyen d'un système de triangulation métallique. Le dispositif utilisé développe ses propres fondations. L'installation et la solidarisation avec la structure à renforcer se font par des brèches au niveau des dalles existantes.[58]

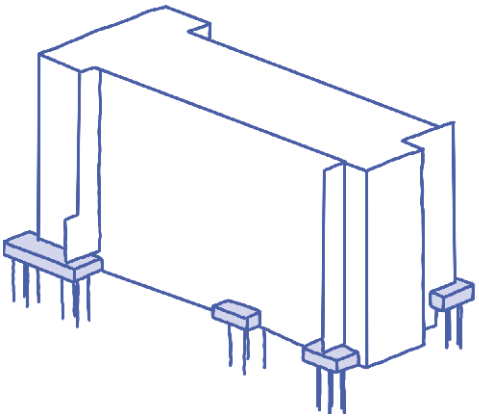
Renforcement de l'ancienne Maternité Victor Fouche

De nombreuses techniques de renforcement parasismique ont été mises en œuvre sur la structure poteaux-poutres du bâtiment de l'ancienne maternité Victor Fouche. Le renforcement est effectué par des micropieux au niveau des fondations, des planchers contraints par post-tension et par la mise en place de voiles en béton armé à épaisseurs et dimensions variables selon l'intensité des efforts sismiques.

Le choix des solutions appliquées se fait par la synthèse et le compromis. Les critères de choix dépendent de la facilité de mise en œuvre, du délai d'exécution nécessaire, ou encore de l'encombrement dans l'usage du bâtiment après renforcement.[59]



Une structure extérieure vient stabiliser l'édifice.



Des micropieux ont permis le renforcement au niveau des fondations.

TOUR AURORE

Le renforcement pour la surélévation

La tour Aurore est un immeuble de grande hauteur situé dans le quartier de La Défense. Cette tour de 29 étages devait être démolie afin de laisser place à une tour plus élevée. Le choix d'une stratégie moins destructive a été fait, privilégiant la réhabilitation des façades et la surélévation par 6 niveaux supplémentaires. La volonté de minimiser le renforcement de la structure existante a engendré une conception de la surélévation par le biais d'une structure légère mixte (acier/béton avec plancher collaborant).

La phase de diagnostic structural a permis de contrôler la composition des bétons, de la structure, de valider les données provenant des documents d'archives et d'indiquer le placement des aciers d'armatures dans le béton. C'est une étape essentielle pour s'assurer de la conformité de la structure existante et autoriser la surélévation.

L'intérêt d'une surélévation est de prolonger la durée de vie de l'ouvrage et de la matière déjà mise en œuvre, ce qui implique un engagement particulier de la maîtrise d'œuvre et du contrôleur technique sur l'existant.

Alors que la construction d'une nouvelle tour pose la question de la pertinence environnementale du fait de l'énergie grise et d'exploitation qu'elle nécessite, la réhabilitation d'une tour existante est pertinente car les systèmes de façade sont alors plus efficaces énergétiquement, et leur surélévation permet une densité plus importante pour une emprise au sol limitée.

Une étude environnementale menée par G-ON a permis de quantifier le bénéfice de la préservation de la structure de la tour Aurore au lieu de sa démolition.[60]
Le projet de requalification par la démolition aurait engendré 5621 tonnes équivalentes de CO_2 ainsi qu'une perte de matière importante avec 42400 tonnes de déchets soit 1500 semi-remorques.

Dates
2021

Lieu
18-19 place des Reflets, La Défense

Programme
Renforcement et surélévation

MOA
Aermont + SNC AER2

Entreprises
ORFEO développement + Jean-Paul Viguier et associés + Sisto Studios + setec tpi + ATYS Engineering + Bollinger Grohmann + ACV + Seulsoleil

Certifications
HQE Excellent + BREAM Excellent + Well Gold

← Tour Aurore

© Aermont_Orfeo_Viguier_Sisto Studios_L'Autre Image

DONNÉES

Gestion des ressources

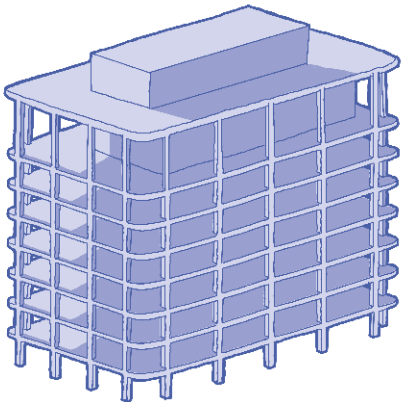
Préservation de l'existant
La mise en place de stratégies de haute technicité et du diagnostic structural permettent la préservation des structures existantes.

Limitation de la production de déchets
La non-démolition permet d'éviter la production de déchets d'une quantité de matière considérable pour ces gros projets.

Impact économique

Limitation des coûts de construction
Les actions de renforcement et de surélévation engendre une utilisation de matière moindre, et un coût matière moins important.

Réduction des coûts en fin de vie
Les coûts du traitement des déchets et de la logistique sont évités.



Une surévélation d'un édifice existant

INDICATEURS

Gestion des ressources

- ● Préservation de l'existant
- ○ Utilisation de matériaux réemployés
- ○ Utilisation de matière recyclée
- ● Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- ● Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- ● Réduction des coûts en fin de vie

● sujet fortement développé dans le projet
● sujet abordé
○ sujet non-abordé
— sujet non-applicable

À RETENIR

Pour allonger la durée de vie d'un ouvrage, la phase d'auscultation et de diagnostic doit permettre de mesurer l'intensité de l'action de renforcement ou de la mise aux normes de sécurité actuelles. Cette phase doit permettre d'émettre un avis sur la qualité de la conception initiale, de caractériser les matériaux utilisés, ainsi que de retracer la maintenance et l'exploitation de l'ouvrage durant son premier cycle de vie.

Diagnostiquer

- Le protocole du diagnostic comporte des étapes d'auscultations pour identifier les dégradations éventuelles et formuler des hypothèses quant à son évolution, et au choix des méthodes adaptées pour la réparation. Le contrôle visuel peut ensuite être complété par des prélèvements *in situ* (carottage de béton) qui sont analysés en laboratoire pour déterminer précisément les caractéristiques des matériaux et leur état de préservation. Les principales causes de dégradation sont des pathologies mécaniques, thermiques ou physiques. Le diagnostic approfondi de l'existant et de sa capacité à véhiculer les efforts est essentiel pour réduire et maîtriser la prise de risque, afin d'assurer l'intégrité de l'ouvrage.

Choisir la solution technique adaptée

- En réponse au diagnostic approfondi réalisé, le projet de réparation de la structure existante se fait par le choix d'une solution adaptée. La solution de renforcement doit être raisonnablement établie pour ne pas avoir elle-même un coût environnemental élevé face à ce que l'on préserve. S'il n'est pas intéressant de le conserver et de le renforcer, l'ouvrage pourra être valorisé par une déconstruction sélective, et ses éléments réutilisés, ou à défaut, recyclés.

Pour aller plus loin :

- Victor Davidovici, Sylvain Pollet, Jeremy Poucin, Jean-Marc Weill, Renforcement de l'ancienne maternité Victor Fouche à Fort-De-France. Disponible sur : https://docplayer.fr/87195231-Renforcement-de-l-ancienne-maternite-victor-fouche-fort-de-france-martinique.html (Consulté en octobre 2021).

07 Transformation : adapter l'architecture du quotidien à de nouveaux usages

Entretien

Sébastien Eymard,
Associé, co-gérant,
Encore Heureux
Architectes.

RUE PETIT ET RÉSIDENCE ROSALIND FRANKLIN

Adapter l'existant aux besoins

La réversibilité d'usage propose le changement de programme d'un bâtiment existant pour l'adapter aux besoins. Dans la mesure où la valeur culturelle ne les protège pas, les architectures du quotidien sont trop facilement démolies. Les stratégies d'adaptation et de transformation évitent la démolition d'un ouvrage. Les projets analysés ici démontrent la capacité à transformer des espaces qui n'étaient pas prévus pour accueillir un autre programme que celui initial, alors que d'autres projets sont prévus pour être transformés. Cette capacité versatile nécessite des études pour repenser les espaces existants et projeter des scénarios de transformation.
Le projet « Jaurès-Petit » mené par Encore Heureux et Archi 5 consiste à transformer un garage existant en logements par une reconversion grâce à une restructuration lourde avec changement de destination.
Le projet « Résidence Rosalind Franklin » par Bruther et Baukunst prend en compte un changement de destination anticipé dans un ouvrage neuf pour permettre à un futur garage de devenir des logements.

↑ Un parking réhabilité
@ Cyrus Cornut

Dates
2021

Lieu
Rue Petit +
Avenue Jaurès, 75019 Paris

Programme
Logements

MOA
Emerige

MOE
Encore Heureux

Entreprises
CAP EXE + EVP + B52 +
Atelier Roberta + Cap Horn
+ Ateve + ATEEC
+ Albert & Compagnie

RUE PETIT

Comment transformer ce garage en logements ?

Encore Heureux et Archi5 ont mené pour Paris Habitat la construction de logements en locatif social et de logements en accession, par la réhabilitation d'un ancien garage Renault construit en cœur d'Îlot dans le 19e arrondissement de Paris. Ce projet illustre la notion de transformation urbaine en accordant une importance à ce qui existe déjà, par une approche rationnelle de conservation.

Deux postures face à la matière ont été adoptées, pour les logements en accession, une partie de la structure en béton existante a été conservée et adaptée pour insérer les logements du T1 au T5. Pour le programme de logements sociaux, une partie du garage est démolie pour y implanter des logements en structure bois.

Sébastien Eymard de l'agence Encore Heureux Architectes indique qu'il ne s'agit pas d'une divergence. Le concours organisé par Paris Habitat programmait deux ensembles de logements. Le choix a été pris de séparer l'opération en deux, entre Encore Heureux Architectes et Archi 5. Malgré les efforts et la collaboration entre les agences, la moitié de l'existant n'a pas pu être conservée. La partie du garage portée par Archi 5 était une zone complexe d'où la décision de démolition. Encore Heureux expérimentait la réutilisation pour leur première opération de logements collectifs. [61]

Il y a eu une difficulté d'adaptation du garage durant l'étude. Un élément aurait pu mettre fin à la tentative de conservation : la hauteur sous dalles. Des duplex avaient été dessinés avec des chambres de 2m30 sous plafond mais les promoteurs étaient réticents, par crainte de ne pas trouver preneurs. Réinvestir des lieux existants questionne la standardisation de nos modes de vie qui nécessite un changement de mentalité pour encourager certaines pratiques.

↓ Une partie du parking est préservée

@ Cyrus Cornut

« Nous nous sommes associés pour répondre au concours. Nous avons pris la décision commune que la moitié du garage où se trouvait la rampe, destinée au logement social, serait démolie et reconstruite en bois, tandis que l'autre moitié, qui était destinée au logement en accession, serait conservée. »

Sébastien Eymard,
Encore Heureux Architectes,
associé et co-gérant.

↑ **Des espaces communs plus spacieux**
@ Cyrus Cornut

« La force de l'existant dans un environnement très dense comme Paris c'est d'être existant. C'est aussi important pour la matière qui est là que pour le droit aquis lié au prospect. L'existant a une légalité de fait, la réalisation du bâtiment neuf par rapport au bâtiment conservé est beaucoup plus étroit parce qu'il doit respecter les règles de retrait par rapport à ses voisins, existants. »

Sébastien Eymard,
Encore Heureux Architectes,
associé et co-gérant.

Un objectif de conservation d'au moins 50% des planchers était souhaité pour que le projet soit encore intéressant selon Sébastien Eymard. Concrètement 10 000 tonnes de gravats ont été évitées grâce à la non-démolition. Il indique qu'il n'y avait pas, à la période du concours, un engouement aussi marqué qu'aujourd'hui pour l'économie circulaire, d'autant plus qu'il s'agissait d'une opération pour un promoteur privé : le choix de la conservation était une proposition ambitieuse.

Malgré ces questionnements, l'insertion des logements dans une structure « déjà-là » a permis de réduire les coûts de construction, de réduire au maximum les nuisances de démolition pour les riverains, et surtout d'éviter la mise au rebut de déchets non nécessaires.

D'autres arguments favorables ont encouragé la démarche. Alors que l'existant était très dense, la construction du bâtiment neuf est beaucoup plus étroite pour respecter les normes de prospect. Ainsi, un gain en m² et, donc, plus de surface et de logements, ont été obtenus.

L'adaptation de la structure par le travail du projet architectural s'est faite en supprimant une partie au centre du parking pour générer des logements en double orientation et y placer les distributions. La réversibilité du parking vers du logement demande de penser la façade afin de répondre aux enjeux thermiques et acoustiques. Réalisée en ossature et bardage bois, elle est insérée entre les dalles béton.

La réutilisation n'est pas seulement bénéfique dans la réduction de l'impact environnemental mais apporte également une qualité de vie aux usagers et enrichit la notion d'habiter. La préservation de la structure existante et son arrangement ont permis aux habitants de bénéficier de plus d'espaces extérieurs privatifs, plus de générosité pour les espaces communs avec des grandes coursives et escaliers, des éléments qui sont habituellement rabotés dans le logement collectif.

↑ **Le bâtiment exprime sa réversibilité.**
@ Carlos Ayesta

Dates
2020
Lieu
Campus de Paris-Saclay, 91120 Palaiseau
Programme
Logements + Parking
MOA
1001 Vies habitat + EPA Paris Saclay
MOE
Bruther + Baukunst, architectes associés
Partenaires
Franck Neau + Chevalier Masson + Batiserf et VS-A + BMF + Gamba + Sicra Île-de-France + Rinaldi Structal

RÉSIDENCE ROSALIND FRANKLIN

Comment permettre à ce garage de devenir des logements ?

La résidence Rosalind Franklin conçue par Bruther et Baukunst développe une structure poteaux-dalles et une organisation des gaines techniques des logements en juxtaposition qui rendent possible la réversibilité des espaces. La mixité programmatique est réalisée grâce à la superposition de deux niveaux de parking et quatre niveaux de logements étudiants. Aujourd'hui, aux 192 logements étudiants se mêle un parking de 550 places. Les vastes plateaux de 16 mètres de profondeur offrent la polyvalence des usages.

La trame et l'organisation de la masse bâtie en forme de U permettent cette mixité programmatique en assurant un éclairage naturel suffisant pour le logement.

Des mezzanines pourront être ajoutées aux vastes volumes en double hauteur pour proposer de nouveaux logements. Les deux premiers étages consacrés au parking pourront être transformés en locaux tertiaires ou en logements. La photographie illustre la notion de « structure capable ».

La toiture revêt une place importante pour la mixité programmatique, avec des espaces communs dédiés aux étudiants. Le bâtiment trouve donc une infinité d'usages qui peuvent muter sans que la structure ne soit impactée, parking, logement, salle de travail, salle polyvalente… [62]

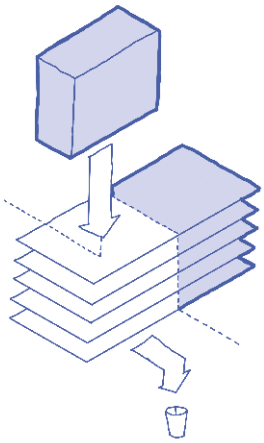
DONNÉES

Gestion des ressources

Préservation de l'existant
La préservation d'une partie du parking évite l'utilisation de matériaux neufs pour la construction d'un nouvel ouvrage.

Limitation de la production de déchets
La préservation de **10 000 tonnes** de béton du parking Rue Petit ne sont pas devenues des déchets par la non démolition.

10 000 t de béton sont préservés, un bâtiment en structure bois prend place sur la partie démolie.



Résilience du bâti

Réversibilité des usages
Une réflexion de la réversibilité de l'usage parking à un usage de logement est menée.

Responsabilité sociale

Intensité d'utilisation
Le programme s'adapte en fonction des besoins et évite la vacance.

Impact économique

Limitation des coûts de construction
Les coûts du traitement des déchets et de la logistique sont évités.

INDICATEURS

Gestion des ressources

- ● Préservation de l'existant
- ○ Utilisation de matériaux réemployés
- ○ Utilisation de matière recyclée
- ● Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- ○ Démontabilité anticipée
- ● Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- ○ Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- ● Intensité d'utilisation

Impact économique

- ● Limitation des coûts de construction
- ○ Réduction des coûts d'entretien
- ○ Réduction des coûts en fin de vie

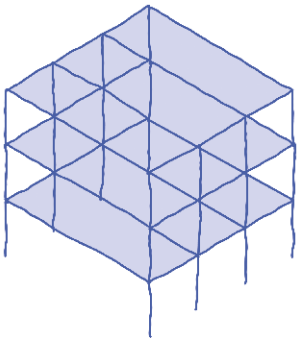
- ● sujet fortement développé dans le projet
- ● sujet abordé
- ○ sujet non-abordé
- — sujet non-applicable

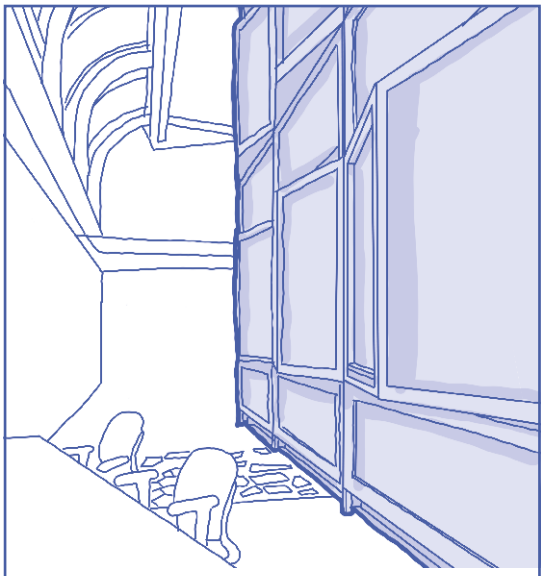
À RETENIR

- L'adaptabilité d'une structure existante doit être abordée en changeant les usages établis par l'ensemble des acteurs de la construction.

- Les dimensions générées par la réversibilité des espaces (hauteur sous plafond) sortant des standards peuvent être magnifiées pour offrir une meilleure qualité d'usage.

Une structure « capable » facilite la réversibilité





EXEMPLE INTERNATIONAL
Blue city office, Superuse studio

Ce projet a transformé 1 300 m² d'une ancienne discothèque en 100 bureaux. L'espace a été partitionné avec des cadres de fenêtres réemployés qui font office de cloisons de séparation. Le projet découle des dimensions des matériaux récoltés. Ces bureaux sont consacrés aux entreprises qui développent l'économie circulaire dans leurs activités, ils se devaient d'être représentatifs de la démarche de leurs occupants. Superuse studio concentre sa pratique sur des projets d'aménagement, pour lesquels les contraintes légales sont moindres. Les projets sont conçus en fonction des matériaux trouvés, ce qui laisse au processus de conception, un éventail de possibilités et de matérialisation du projet. Leurs principales sources de gisements sont les chantiers de construction, les déchets de production, mais ils intègrent aussi des déchets qui ne sont pas liés au domaine de la construction. La récupération des matériaux doit être rapide car ils sont rapidement détruits.[63]

08 Adaptation du patrimoine : préserver en répondant aux besoins contemporains

Entretiens

Thierry Maire,
architecte et co-gérant,
TOA architectes,
Frédéric Denise,
architecte
et co-fondateur,
Archipel Zéro.

RÉHABILITATION DE LA CASERNE LEFEBVRE ET HANGAR ZÉRO

Préserver en répondant aux besoins contemporains

Selon l'UNESCO, « le patrimoine culturel est, dans son sens le plus large, à la fois un produit et un processus qui fournit aux sociétés un ensemble de ressources héritées du passé, créées dans le présent et mises à disposition pour le bénéfice des générations futures. » En France un grand nombre de bâtiments patrimoniaux sont laissés vacants et inutilisés malgré leur situation avantageuse en centre urbain : les adapter est un enjeu majeur.

Le patrimoine architectural, qu'il soit protégé, classé au titre des Monuments Historiques ou non, reçoit un traitement particulier, souvent la réhabilitation et la transformation sont privilégiées devant la démolition. La transformation du patrimoine pose cependant des questions spécifiques de réversibilité : il s'agit de s'adapter aux besoins contemporains tout en valorisant l'existant. La reconversion de la caserne Lefebvre et du Hangar Zéro sont deux interventions sur des bâtiments non classés ayant réussi leur adaptation à de nouveaux usages.

↑ La façade sur jardin avec ses nouveaux balcons

@ Fréderic Delangle pour TOA architectes

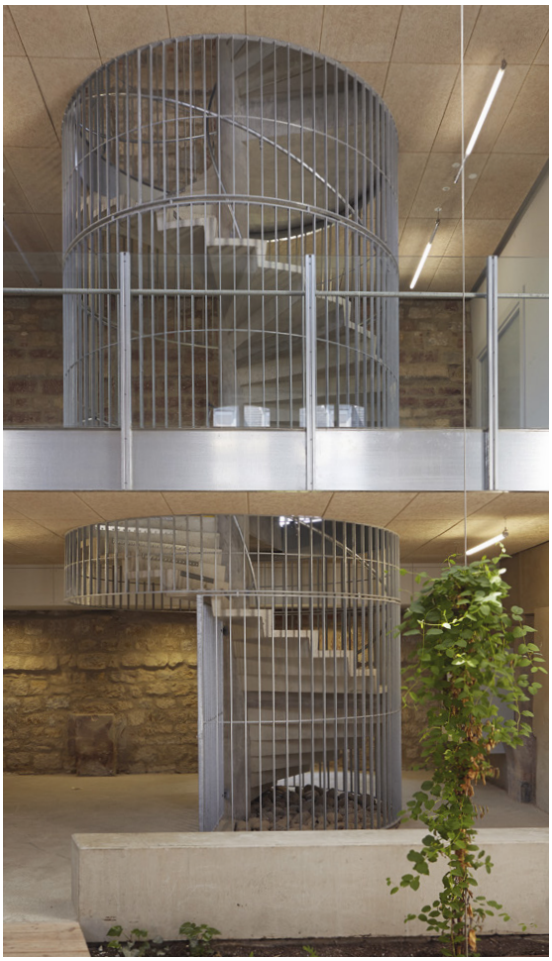
Dates
2007-2012

Lieu
Mulhouse (68)

Programme
Reconversion
de la Caserne Lefebvre

MOA
Batigère Nord-Est

Partenaires
toa architectes associés
+ Ingérop + Cardem
Strasbourg + Mader +
Mettey



↑ **Des trémies pour alléger la structure et offrir plus d'espace**

@ Fréderic Delangle pour TOA architectes

RECONVERSION DE LA CASERNE LEFEBVRE

Une réponse à la crise du logement

Initialement nommée « Kaiser Wilhelm », la Caserne Lefebvre est construite lors de l'occupation prussienne en 1877 [64]. Elle sert de caserne militaire à l'armée prussienne, puis française, jusqu'aux années 1985. Au début des années 2000, la ville de Mulhouse investit dans un projet urbain qui cherche notamment à réintégrer la caserne au quartier Vauban. Afin de désenclaver la caserne et de l'ouvrir sur le centre-ville, la moitié est démolie. Il reste à présent un bâtiment en U de 160 m de long avec des retours de 60 m.

Les principaux enjeux de la reconversion de cette caserne sont les contraintes programmatiques et budgétaires. De multiples tentatives de transformation se sont déjà succédées sans aboutir, faute de financements de la part des collectivités qui envisageaient des reconversions en groupe scolaire ou la relocalisation de services administratifs.

Après 25 ans de vacance, le promoteur Bâtigère-Est initie la reconversion en logements.

Faire de l'existant un élément dimensionnant du projet

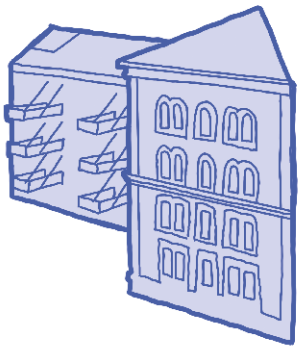
Afin de préserver le patrimoine, le projet s'est déroulé sur un temps long : deux années d'études ont précédé une étape de déconstruction-restructuration, suivie de la construction des logements.[1] Travailler sur un bâtiment à caractère patrimonial pose, plus que dans d'autres cas, la question de ce qui doit ou non être préservé. Ces choix, guidés par l'état de l'existant et les besoins des usages projetés doivent spécifiquement intégrer l'esthétique et la symbolique des lieux.

Pour la Caserne Lefevre, désaffectée pendant 25 ans, « Les planchers en bois avaient pourri, et certains s'étaient affaissés »[65] et la toiture nécessitait une réfection totale. La Caserne Lefebvre est en vis-à-vis de l'Église Sainte Jeanne d'Arc de Mulhouse, classée aux Monuments Historiques, ce qui a imposé un travail avec les architectes des bâtiments de France. Il a été convenu que la façade et la toiture sur rue devaient être maintenues à l'identique tandis que la façade sur jardin pouvait être adaptée.

Le projet s'est aussi appuyé sur des éléments existants sans valeur patrimoniale afin de limiter les reprises structurales. Ainsi, les refends existants en brique n'ont pas été remis en cause, seuls ceux qui étaient effondrés ont été remplacés par des refends en béton [66] pour assurer le contreventement de la façade.

Intervenir sur un existant ancien pose aussi des questions d'adaptation aux nouvelles normes constructives. Le contrôleur technique a ainsi remarqué qu'aucun chaînage n'avait été fait à l'époque, ce qui a dû être ajouté. Pour limiter les renforts en fondations, coûteux et énergivores, le projet est resté dans l'enveloppe de charges initiales. Le remplacement des planchers en bois par des dalles en béton, plus lourdes, a incité à créer des trémies et des espaces à hauteurs multiples pour équilibrer les masses.

Pour les zones les moins contraintes, comme la façade donnant sur le jardin, l'adaptation au nouveau programme a été plus importante, avec la création de balcons, l'installation de pans de toitures en verre et le rehaussement des dalles-planchers afin d'en faire de véritables portes fenêtres.



Façade modifiée / façade préservée

À RETENIR

- Le premier sujet des réhabilitations patrimoniales est de trouver un programme adapté. La fonction initiale peut l'impacter selon la forme du bâti (façade d'apparat, grande hauteur sous-plafond), mais les besoins urbains et la contrainte budgétaire sont prépondérants.

- La question des aléas dus à un existant non maitrisé est cruciale, c'est pourquoi une personne était dédiée à temps plein pour mener des vérifications détaillées, afin de pouvoir adapter le projet morceau par morceau (une pratique qui n'existe pas dans le neuf).

LA TRANSFORMATION DU HANGAR ZÉRO

Une réponse à la vacance urbaine

Dates
2019-2020

Lieu
Le Havre (76)

Programme
Changement d'usage de bâti vacant

MOA
SCIC Le Hangar Zéro

Partenaires
Archipel Zéro - Frédéric Denise + Pierre Bouysse + Association LH-0 + PERMAC

↑ La façade préservée du Hangar Zéro

© Le Hangar Zéro

En mars 2016 l'initiative « Inventer de nouvelles façons de vivre sur et aux bords de la Seine sur l'axe Paris-Rouen-Le Havre » est lancée. La Société Coopérative d'Intérêt Collectif Hangar Zéro, répond à l'appel d'offre en proposant la transformation d'un ancien hangar de stockage de café sur les quais de Saône. Il s'agit d'en faire un laboratoire urbain de la transition écologique, lieu d'expérimentation, de production, de formation et d'échange. Le projet porte une ambition de grande économie de moyens et de matière par l'utilisation de matériaux issus notamment du réemploi et par la réalisation de chantiers participatifs.

Pour créer des dynamiques sociales et citoyennes autour du vivre ensemble, de la frugalité énergétique, du local et du réemploi, le programme du projet s'organise autour de trois axes :

- **le travail,**
- **les loisirs et la culture,**
- **l'énergie et l'agriculture.**

Réinvestir un patrimoine industriel

Avant tout, le projet du Hangar Zéro s'inscrit dans la boucle de l'économie circulaire par la conservation du hangar existant : il évite ainsi à la fois une déconstruction et une nouvelle construction.

Le réemploi a été au cœur du projet. Frédéric Denise a cocréé l'association PERMAC en 2019 qui porte un projet de plateforme collaborative dématérialisée de mise en relation des différents acteurs, afin d'identifier, qualifier et quantifier les ressources locales disponibles au réemploi/recyclage et leur période de disponibilité. Le Hangar Zéro a servi de projet pilote au lancement de cette plateforme et a ainsi permis l'échange de ressources et l'amorçage des pratiques de réemploi sur le territoire de la ville du Havre. Ancré dans le territoire et les dynamiques de formation, le projet a impliqué, l'Institut Universitaire de Technologie (IUT) du Havre pour réaliser des essais sur les matériaux.

DONNÉES

CASERNE LEFEBVRE

Gestion des ressources

Préservation de l'existant
Transformation de patrimoine militaire, très important dans l'Est de la France

Conservation des façades, refends intérieurs et planchers du RDC

Limitation de la production de déchets
Seuls les refends effondrés ont été remplacés ou renforcés.

Responsabilité sociale

100 ouvriers gros œuvre

HANGAR ZÉRO

Gestion des ressources

Préservation de l'existant
Transformation de patrimoine industriel

Modifications limitées au percement de certaines ouvertures et à l'isolation par l'intérieur

Utilisation de matériaux réemployés
90 % de matériaux de réemploi

Utilisation de matière recyclée
La terre crue est issue de chantiers locaux et stabilisée avec d'autres matériaux recyclés : poudre de marbre, briques pilées, etc.

Responsabilité sociale

ESS mobilisées

Participation citoyenne au chantier :
- Formation de bénévoles,
- Participation de potentiels futurs usagers.

Impact économique

350€/m² : démonstrateur d'une frugalité de moyens économiques

INDICATEURS

Gestion des ressources

- Préservation de l'existant
- Utilisation de matériaux réemployés
- Utilisation de matière recyclée
- Limitation de la production de déchets

Résilience du bati

- Démontabilité anticipée
- Réversibilité des usages

Responsabilité sociale

- Mobilisation des acteurs locaux et ESS
- Intensité d'utilisation

Impact économique

- Limitation des coûts de construction
- Réduction des coûts d'entretien
- Réduction des coûts en fin de vie

- sujet fortement développé dans le projet
- sujet abordé
- sujet non-abordé
- sujet non-applicable

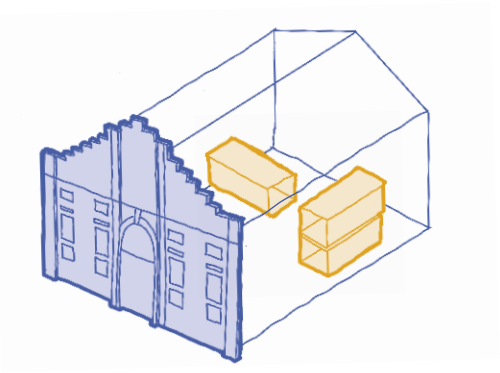
À RETENIR

Frédéric Denise, architecte-militant du Hangar Zéro souligne le rôle central de l'architecte dans la mise en relation des différents acteurs impliqués sur un projet de construction : lorsque leurs habitudes sont modifiées, il s'agit souvent de les rassurer ou de les convaincre. Pour les emmener vers la transformation du patrimoine ou le réemploi de matériaux les arguments sont nombreux : les questions d'économie, d'écologie, d'esthétique ou encore d'histoire des lieux sont des biais auxquels chacun est plus ou moins sensible.

Le travail du détournement d'usage apporte une épaisseur, une histoire, de la matière pour concevoir des projets intéressants. L'imprévu, incontournable des réhabilitations patrimoniales et du réemploi, exige d'improviser, ce qui, pour Frédéric Denise, est appréciable car cela redonne à l'architecte la possibilité d'être plus créatif dans sa démarche.

« J'utilise mon métier pour militer. »

Frédéric Denise,
architecte et co-fondateur d'Archipel Zéro.



EXEMPLE INTERNATIONAL
Le musée d'histoire et des traditions de Ningbo, Chine

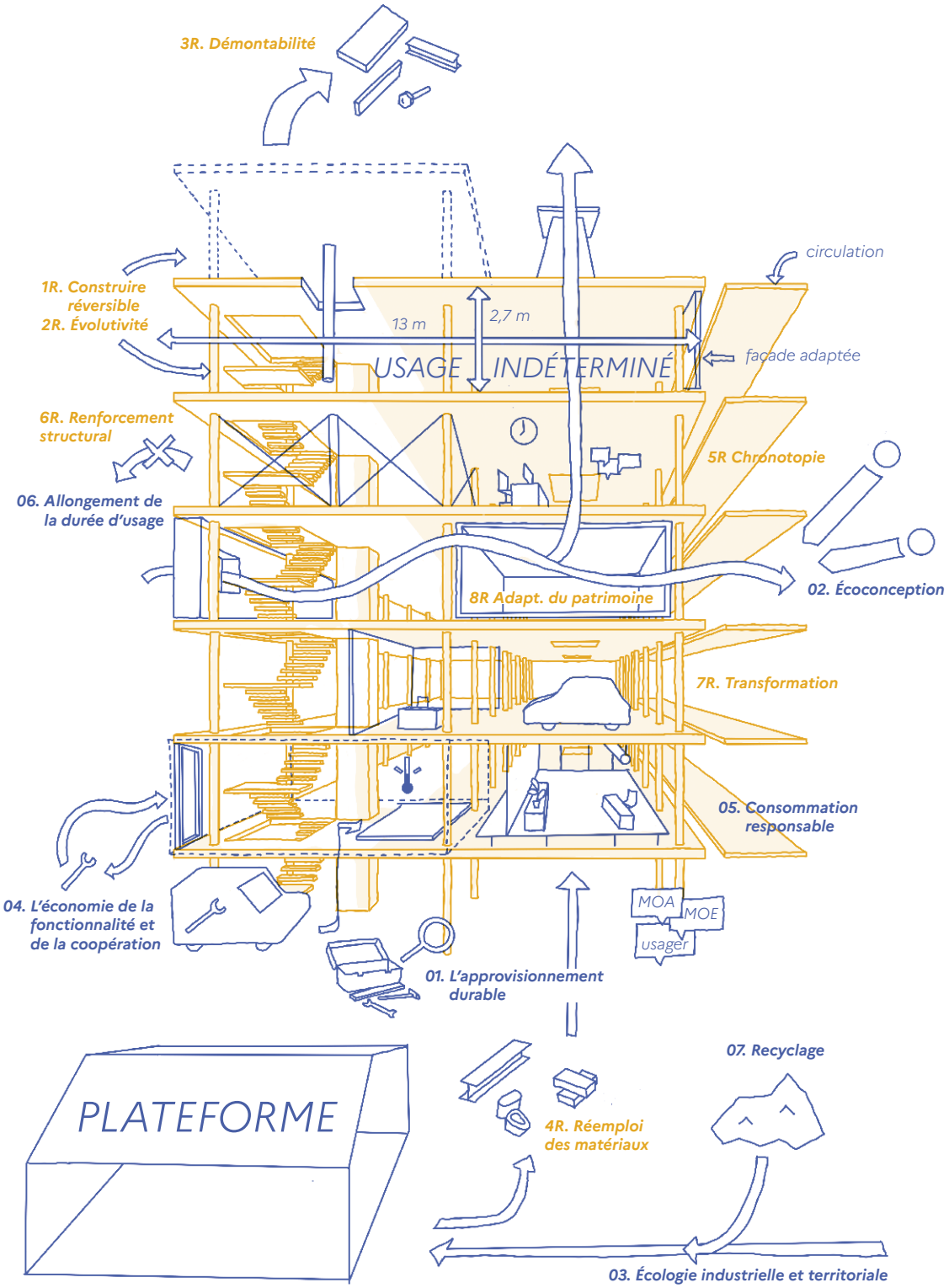
Le projet du musée de Ningbo, livré en 2008, se focalise sur l'histoire de la ville, ses traditions, ses coutumes, sa culture particulière et cherche à allier dans son architecture le contemporain au patrimoine.

En visitant le site, l'équipe Amateur Architecture Studio (Wang Shu, Lu Wenyu) a identifié un gisement particulier : une trentaine de villages anciens alentours détruits et laissés en ruines, abandonnés pour laisser place à des constructions neuves. L'équipe a décidé d'enrober la façade du musée en béton avec un assemblage de matériaux anciens provenant des vestiges de ces villages détruits : briques, tuiles et pierres. Ce revêtement de façade allie une expression architecturale contemporaine à un patrimoine local, et témoigne de l'histoire de la ville. La façade est transformée en document de mémoire.

Pour aller plus loin :

- TOa architectes associés. Laisser parader les parasols. Disponible sur : http://www.toa-archi.com/projets/logement/logements-caserne-lefebvre-68/
- CARRE, M. le Havre – Autoconstruction et réemploi au cœur du Hangar Zéro. Le Moniteur, 30/04/2020. Disponible sur : https://www.lemoniteur.fr/article/le-havre-autoconstruction-et-reemploi-au-c-ur-du-hangar-zero.2088376
- Archipel Zéro (2021) Archipel Zéro. Disponible sur : http://www.archipelzero.fr/permac
- ADEME. La chaîne du recyclage : du produit au produit en passant par le déchet. ADEME, 30/08/2021. Disponible sur : https://www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-laction/valorisation-matiere/dossier/recyclage/chaine-recyclage-produit-produit-passant-dechet

CON-
CLU-
SION


3R. Démontabilité
1R. Construire réversible
2R. Évolutivité
13 m
2,7 m
USAGE INDÉTERMINÉ
circulation
facade adaptée
6R. Renforcement structural
5R Chronotopie
06. Allongement de la durée d'usage
8R Adapt. du patrimoine
02. Écoconception
7R. Transformation
05. Consommation responsable
04. L'économie de la fonctionnalité et de la coopération
MOA
MOE
usager
01. L'approvisionnement durable
07. Recyclage
PLATEFORME
4R. Réemploi des matériaux
03. Écologie industrielle et territoriale

SYNTHÈSE DES FREINS ET DES MOTEURS
rencontrés chez les personnes interrogées

De nombreux facteurs comme l'évolution des modes de vie, des technologies ou le dérèglement climatique entraînent des changements de besoins, rendant nécessaire l'évolution du cadre bâti. La démolition/reconstruction des ouvrages est encore trop souvent retenue, imposant le secteur du BTP comme le premier producteur de déchets en France alors que la majorité de ses rebuts pourraient voir leur durée d'usage prolongée. L'abandon rapide du modèle d'économie linaire (extraire – consommer – jeter) au profit d'une économie circulaire s'impose, tout au long des processus de fabrication des bâtiments, de leur conception à leur réalisation et même lors de leur utilisation.

L'identification de 7 piliers de l'économie circulaire réalisée par l'ADEME offre une grille d'analyse qui, appliquée au secteur de la construction, permet de définir des stratégies de projet pour les maîtrises d'ouvrage et les maîtrises d'œuvre. Au-delà de ces indicateurs de circularité, l'étude de la réversibilité permet d'enrichir les réflexions des décideurs pour s'orienter vers des pratiques de construction plus soutenables. Bien qu'elle ne soit pas un critère identifié, le principe de sobriété sous-tend l'ensemble de ces démarches.

Les acteurs des projets présentés dans ce recueil ont témoigné des difficultés rencontrées, mais le résultat de leur démarche est la preuve que des stratégies existent pour les résoudre.

Le frein culturel apparaît en premier : les habitudes des acteurs sont bousculées par l'intégration de pratiques circulaires, créant des défiances de principe. Cependant, l'optimisme est de mise quant à la généralisation de la circularité dans le bâtiment étant donné l'impact des actions de sensibilisation et des chantiers participatifs qui sont menés. L'acculturation des décideurs, concepteurs et entreprises accélérera cette transition.

L'impact financier de l'économie circulaire génère des craintes en raison du manque de diffusion des informations relatives au bilan économique des opérations, alors même qu'elle peut s'avérer être un levier d'économies. En témoignent le projet du Hangar Zéro mettant en œuvre des matériaux de réemploi et celui du siège du COARM à la Réunion adoptant des principes d'écologie industrielle et territoriale. La conception réversible, apparaît également comme un argument financier, en anticipant les changements d'usages pour réduire les coûts nécessaires à l'adaptation future du bâtiment.

Les freins techniques sont quant à eux levés progressivement, notamment grâce à l'évolution progressive de la législation, par exemple avec la mise en place du permis d'expérimenter qui ouvre la possibilité de déposer des permis de construire sans affectation. Le développement rapide des filières, par la montée en compétence des acteurs, l'apparition d'outils numériques et la création de structures comme les plateformes de réemploi, de recyclage et l'augmentation du nombre de fournisseurs spécialisés dans les matériaux durables, participent aussi à la résolution des sujets opérationnels.

Le développement d'initiatives vertueuses ouvre la voie à des réflexions plus spécifiques, comme celle portée par l'association « les Bureaux du Cœur » qui travaille sur les sujets d'intensification des usages. L'évolution du cadre législatif s'impose aussi comme un moteur des évolutions, ainsi on observe déjà les premiers effets de la RE2020. Finalement la peur de l'inconnu devient un sujet dominant mais la diffusion de retours d'expériences participe à la massification des pratiques en rassurant les acteurs.

CONCLUSION

En début d'année 2022, regrouper les données sur les opérations menées pour analyser les impacts des actions d'économie circulaires se révèle complexe. Pourtant, pour la plupart des acteurs, ces données semblent capitales pour pousser à la réduction des impacts : une évolution de la réglementation, des Règles de l'Art et le développement de labels inciteraient les décideurs à passer à l'action.

L'absence de quantification n'est apparue comme un frein au développement de pratiques plus vertueuses que dans un seul contexte : celui, particulier, de la mairie de Rosny-sous-Bois qui est à la fois maîtrise d'ouvrage et maîtrise d'œuvre, et a pour objectif, en tant que service public, le bien commun. Charlotte Picard, architecte à la Mairie de Rosny-sous-Bois, explique que la réduction des impacts se fait de manière empirique pour réduire la pression sur l'écosystème. Cependant, cette démarche, dans un contexte plus conventionnel, ne permettrait pas de poser des seuils de performance pour l'obtention labels. Dans un contexte réglementaire, ces seuils constituent des leviers efficaces pour faire évoluer les pratiques.

La production de données sur les projets réalisés doit permettre de quantifier les impact (environnementaux, sociaux, financiers) des choix constructifs, pour objectiver, progresser, et vérifier la pertinence des choix pour éviter les transferts d'impact. Si, intuitivement, les acteurs interrogés se sont montrés prudents dans l'utilisation des matériaux réemployés, en s'assurant de leur provenance locale et de la limitation des interventions sur la matière, une analyse chiffrée permettrait des prises de décision plus éclairées en termes d'approvisionnement durable, d'écologie industrielle et territoriale, d'économie de la fonctionnalité, d'allongement de la durée d'usage et de recyclage.

La récolte et l'analyse des données, si elle permet une vérification des bonnes pratiques, doit viser à éclairer les choix de conception. Par exemple, l'Atelier Aïno a travaillé au sourcing de matériaux à réemployer dans le cadre de réhabilitations à Septèmes-Les-Vallons, sourcing qui représente une part importante du temps d'étude. Si le réemploi a été motivé par une volonté de relocaliser une activité économique autour de la récupération, du conditionnement et de la mise en œuvre de ces matériaux, la réduction de l'impact environnemental était aussi un objectif. Celle-ci a ainsi été documentée dès la phase d'Avant-Projet Détaillé par une étude d'impact carbone.

Pour le projet du Labo de la fondation Envie, l'exercice de quantification s'est aussi muté en un outil opérationnel d'écoconception. Les acteurs ont poussé leur démarche de consommation responsable plus loin en s'appuyant sur cette quantification. Du bilan de circularité financé par l'ADEME Île-de-France et réalisé par EVEA[67], 4 indicateurs principaux retiennent l'attention :

- **L'évitement de matériaux :** matières non jetées en fin de vie du bâtiment car non mises en œuvre.
- **Le réemploi :** matières non jetées et utilisées à nouveau pour leur usage initial.
- **La réutilisation :** matières utilisées à nouveau pour un usage différent de son usage initial.
- **Le recyclage :** déchets utilisés comme matières premières pour fabriquer de nouveaux objets.

Dans un premier temps, la création d'une vaste base de données sur les projets réalisés devrait permettre de rassurer les acteurs, de les convaincre et de les motiver à s'emparer du sujet. Dans un second temps, l'enjeu sera la transformation de ces datas en outil décisionnel pour les phases d'études, comme pour l'opération de la fondation Envie.

Pour ce qui est de la réversibilité, l'analyse pose des questions spécifiques, ainsi sur le projet IN&DI à Aubervilliers, Anne Démians et Icade cherchent à quantifier les économies en

termes de coût matière et carbone réalisées grâce à l'anticipation d'une transformation de bureaux vers des logements, ce qui n'est pas reconnu par le cadre actuel de l'ACV bâtiment. Cependant un bénéfice sur le plus long terme, en évitant de déconstruire puis reconstruire semble se profiler. Des recherches prennent en main le sujet, notamment avec les études portant sur le Design for Reuse, et demandent à être poursuivies pour être appliquées. Le chiffrage des économies de matière et d'énergie réalisées grâce à une conception intégrant les thèmes de l'évolutivité, de la démontabilité, de la chronotopie ou de l'adaptation de l'existant par le renforcement structural ou la transformation est aussi un élément clé dans la massification de telles pratiques.

D'une façon générale, pour profiter des avancées des pays voisins, dont le cadre réglementaire est similaire, il y a une nécessité d'homogénéisation des données qui sont encore difficilement comparables d'un pays à l'autre. Ainsi, selon Catherine De Wolf, qui a participé au projet du centre de recherche de la Commission Européenne « levels » sur une méthode harmonisée d'indicateurs de circularité, la méthode d'ACV permettant de quantifier les impacts est utile mais devrait être mieux vulgarisée. Elle évoque l'idée que les produits mis sur le marché doivent systématiquement embarquer une EPD (Environmental Product Declaration).

Aussi, afin de faire progresser les démarches d'économie circulaire dans le bâtiment, il semble prioritaire de produire un maximum de données et d'accompagner la réalisation de retours d'expériences environnementaux, sociaux et financiers. Cela doit permettre de construire des indicateurs communs qui permettront ensuite de comparer les projets et de guider les décideurs dans leurs choix, qu'ils soient concepteurs, maîtrises d'ouvrage ou institutions. La production de retours d'expérience est un investissement (pour financer les études) qui est crucial afin de faire progresser la circularité en mettant en avant les bonnes pratiques, les erreurs à ne pas reproduire, et en diffusant les méthodologies performantes.

Digital Deconstruction

Interreg North-West Europe a lancé en 2019 un projet intitulé *Digital Deconstruction*. Le projet vise à développer un système d'aide à la décision, intégrant les outils numériques (numérisation 3D, Building Information Modeling (BIM), base de données numérique de matériaux et de bâtiments, technologie blockchain) pour aider à définir la stratégie de déconstruction et de réutilisation des bâtiments. Dans ce cadre, un manifeste [68] pour une (dé)construction circulaire a été rédigé par GreenFlex, AREP, SNCF Gares & Connexions, Vilogia et Nobatek/Inef4.

L'enjeu numérique est capital dans les pratiques circulaires. Lorsqu'ils sont utilisés à bon escient, les outils peuvent être d'une grande aide. Ainsi, les actions de rétroconception, diagnostic de l'existant, mise en relation des ressources, aide à la conception réversible permettront d'augmenter la part de réemploi dans le secteur.

Ce manifeste distingue trois leviers, le premier levier consiste en un renforcement du cadre réglementaire (Loi AGEC, RE2020, assurabilité, mécanismes économiques avantageux). Le deuxième levier est l'augmentation massive de la demande en matériaux de réemploi par une montée en compétence, une acculturation des acteurs de la filière, un alignement sur les exigences de la commande publique et l'inclusion d'une obligation de recours au réemploi. Le troisième levier est l'amélioration de la qualité de l'offre afin d'en faire une alternative aussi qualitative que le neuf grâce à un réemploi de bonne qualité avec une simplicité de service (achat, logistique, disponibilité, garantie technique…).

CHIFFRES CLÉS

Production de déchets en France en 2017

326 Mt

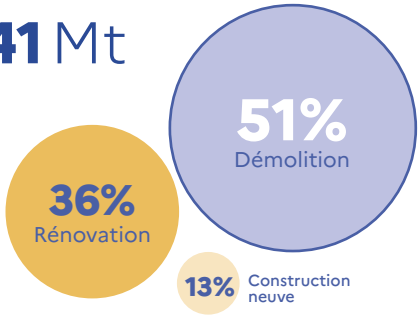
construction

activités économiques (collectivités comprises) hors construction

ménages

Zoom sur les déchets du bâtiment
Répartition par type de chantier

41 Mt



Les activités de construction produisent en moyenne près de

2X PLUS

de déchets en France que dans les autres pays européens :
3,4 tonnes/habitant contre 1,8 en moyenne.

Source : ADEME. https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/dechets_chiffres_cles_edition_2020_010692.pdf

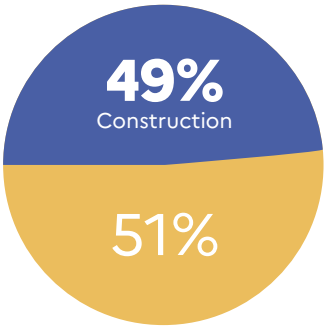
Économie circulaire

01. APPROVISIONNEMENT DURABLE

Consommation intérieure apparente de matières

787 Mt
consommées
en France en 2018

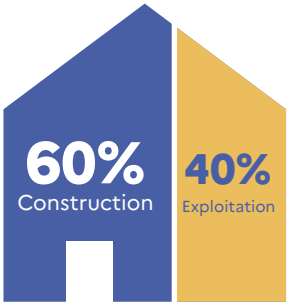
Cela correspond à la quantité de matière consommée sur le territoire (extraite ou importée, en retirant les exportations).



Source : Eurostat. https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/dechets_chiffres_cles_edition_2020_010692.pdf

02. ÉCOCONCEPTION

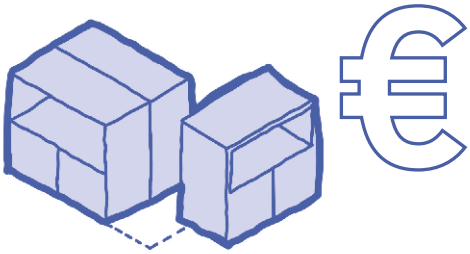
Répartition moyenne de l'empreinte carbone entre construction et exploitation pour un bâtiment neuf de bureaux ou de logements collectifs



La répartition de l'empreinte carbone entre construction et exploitation met en exergue l'importance de l'écoconception dans la réduction des impacts du secteur du bâtiment.

Source : BBCA
https://www.batimentbascarbone.org/carbone-batiment/

03. ÉCOLOGIE INDUSTRIELLE ET TERRITORIALE

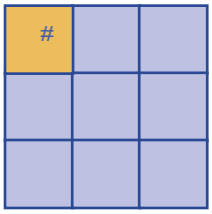


10%
de leur valeur sur le marché

C'est le prix auquel les matériaux sont revendus par la « Brocante aux matériaux » à la Réunion, vecteur d'économies financières considérables par la création de dynamiques locales.

04. ÉCONOMIE DE LA FONCTIONNALITÉ ET DE LA COOPÉRATION

En général, quand 15% d'un revêtement de sol sont abîmés, son remplacement est complet. Les logiques d'économie de la fonctionnalité incitent Textifloor, fournisseur d'un service et non d'un matériau, à ne remplacer que les parties abîmées.

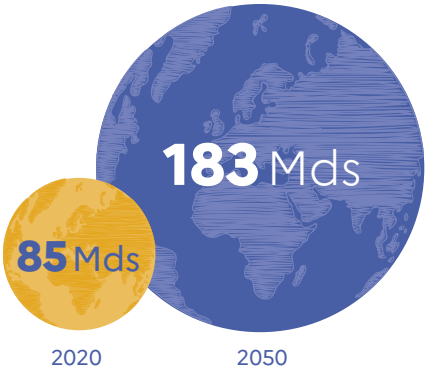


Par son action, c'est
85%
de revêtements
en bon état
qui sont **préservés.**

Source : Bilan RSE Textifloor
https://www.reseau-alliances.org/images/stories/DEMARCHE_RSE_TROPHEES/2014/Dossier_Demarche_RSE_detaillee_TEXTIFLOOR.pdf

05. CONSOMMATION RESPONSABLE

Consommation annuelle de matières premières dans le monde

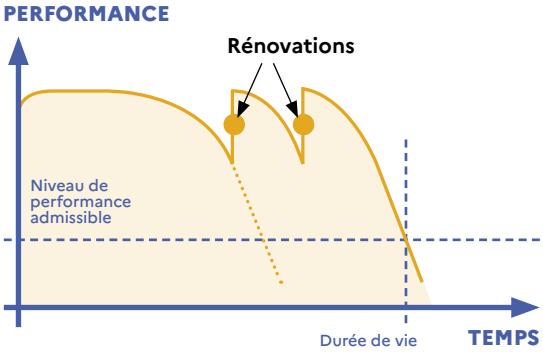


Si la croissance continue à ce rythme, ce ne serait pas soutenable pour les milieux naturels, d'où l'importance de tendre vers une consommation responsable et des démarches de sobriété.

Source : ADEME
https://www.ademe.fr/expertises/economie-circulaire/approvisionnement-durable#:~:text=L'approvisionnement%20durable%20concerne%20le,ressources%20renouvelables%20et%20non%20renouvelables

06. ALLONGEMENT DE LA DURÉE D'USAGE

Impacts de la rénovation sur la performance de la fonction de service



En France, en 2006,

5,33 M

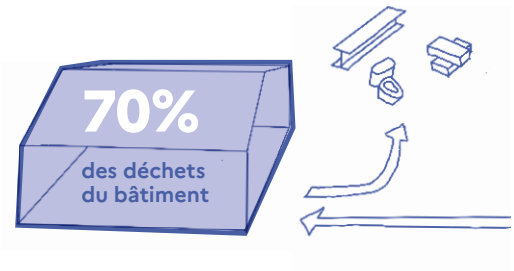
de logements avaient plus d'un siècle

alors même que les structures des bâtiments courants sont conçues pour 50 ans selon l'Eurocode 0.

Source : INSEE « Durée de vie et développement durable », Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine [En ligne], 26/27 | 2012. http://journals.openedition.org/crau/587ml

07. RECYCLAGE

Production de déchets en France en 2017

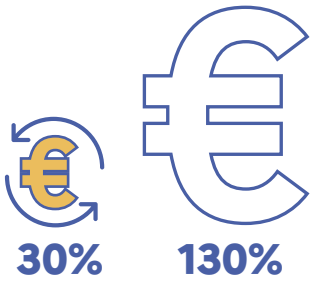


envoyés en filière de valorisation matière en 2020 selon la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, cependant ce chiffre prend en compte les comblements de carrière.

Source : ADEME

Réversibilité

01. CONSTRUCTION RÉVERSIBLE

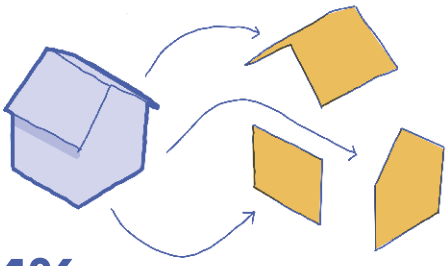


30% du prix initial sont nécessaires à la transformation d'un immeuble si celui-ci a été **conçu pour être réversible contre 130% s'il n'a pas été conçu pour être réversible.**

Source :Patrick Rubin, architecte et co-fondateur de CANAL Architecture.

02. ÉVOLUTIVITÉ

Consommation annuelle de matières premières dans le monde



44%

de l'impact carbone d'un bâtiment neuf vient du gros œuvre

dont **16% pour les fondations** et **28% pour la structure**. La conception d'un bâtiment évolutif permettrait de conserver le gros œuvre, soit autant d'impacts en moins par rapport à une reconstruction.

Source : BBCA in Xpair https://conseils.xpair.com/actualite_experts/limiter-empreinte-carbone-construction.htm

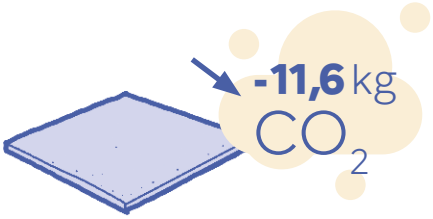
03. DÉMONTABILITÉ

Entre 75% et 85%

des constituants d'un bâtiment de type tertiaire sont remplacés pendant sa durée de vie, d'où l'importance d'anticiper la démontabilité des éléments.

Source : Upcylea
https://www.upcyclea.com/2019/10/09/peut-on-reellement-reduire-limpact-carbone-de-son-batiment-grace-a-leconomie-circulaire/

04. RÉEMPLOI DES MATÉRIAUX



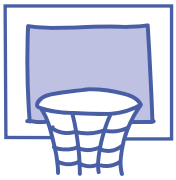
par m2 de dalles de plancher technique pour une durée de vie de 25 ans.

Source : FDES conforme à la norme NF EN 15804+A1 et NF EN 15804/CN Plancher technique brut de réemploi non revêtu, Août 2021.

05. CHRONOTOPIE

+1184 h

de pratique sportive / semaine



En 2019, à Paris, les coopérations entre 201 associations sportives et 18 équipements scolaires ont permis la pratique de 1184 h supplémentaires par semaine, en dehors des horaires de classe.

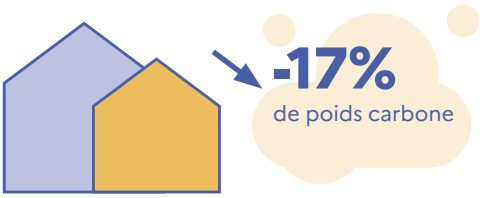
Source : Ville de Paris
https://cdn.paris.fr paris/2019/07/24/2fb29c040433edf294976f41a5e493b5.pdf

06. RENFORCEMENT STRUCTURAL

C'est l'empreinte carbone du béton, principal matériau de structure utilisé en France, d'où **l'importance de préserver les structures en place**.

Source : Infociments

07. TRANSFORMATION



sur un cycle de vie de 50 ans, sur les logements **grâce à la rénovation.**

Source : Observatoire de l'immobilier durable
https://resources.taloen.fr/resources/documents/569_20210527_OIDxCS_poids_carbone_logements.pdf

08. ADAPTATION DU PATRIMOINE

2X MOINS

d'émissions de carbone

pour une rénovation lourde comparée à une reconstruction.

Source : Xpair
https://conseils.xpair.com/actualite_experts/limiter-empreinte-carbone-construction.htm

RESSOURCES

ADEME, Guide économie Circulaire et urbanisme, une Démarche, des outils pour construire son projet, septembre 2020 :
https://www.ademe.fr/guide-economie-circulaire-urbanisme

ADEME, Identification des freins et des leviers au réemploi de produits et matériaux de construction, avril 2016 :
https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/2404-identification-des-freins-et-des-leviers-au-reemploi-de-produits-et-materiaux-de-construction.html

ADEME, REPAR 2 : Le réemploi passerelle entre architecture et industrie :
https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/1424-repar-2-le-reemploi-passerelle-entre-architecture-et-industrie.html

Alliance HQE-GBC, bâtiments neufs et rénovés au regard de l'économie circulaire premières observations, résultats du test HQE performance économie circulaire 2019 :
http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2020/12/BrochureTestHQEPerformance_EC-1.pdf

Alliance HQE-GBC, Cadre de définition de la résilience et de l'adaptation au changement climatique pour le cadre bâti :
http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2021/11/HQE-Resilience-BD.pdf

Alliance HQE-GBC, test de performance économie circulaire 2019 :
http://www.hqegbc.org/respect-environnement/economie-circulaire/test-hqe-performance-economie-circulaire/test-hqe-performance-economie-circulaire

Association CIRCOLAB :
https://circolab.eu/publications

Canal Architecture, Construire Réversible, 2017 :
https://canal-architecture.com/wp-content/uploads/2021/04/2017.04_Construire_Reversible.pdf

Canal Architecture, Transformation des situations construites, 2020 :
https://canal-architecture.com/transformation-des-situations-construites

Célia Küpfer, Corentin Fivet, Déconstruction sélective - Construction Réversible : Recueil pour diminuer les déchets et favoriser le réemploi dans la construction, 2021 :
https://zenodo.org/record/4314325#.YideH3rMIuU

Chronotopie :
https://www.bouygues-construction.com/blog/wp- content/uploads/Note-de-tendances-2-Chronotopie.pdf

Démoclès, Guide de bonnes pratiques sur le diagnostic PEMD :
https://www.democles.org/diagnostic-dechets

Encore Heureux, J. Choppin et N. Delon, Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture, Paris : Éditions du Pavillon de l'Arsenal, 2014, p. 370

Fondation Bâtiment Energie, Atelier d'élaboration de critères et indicateurs pour le développement de bases scientifiques à la caractérisation de l'économie circulaire dans le secteur du bâtiment aboutissant à des guides méthodologiques :
http://www.batiment-energie.org/index.php?p=70

GreenFlex, Vilogia, Nobatek INEF4, AREP, SNCF Gares et Connexions, Manifeste pour une déconstruction circulaire dans le bâtiment :
https://static.greenflex.com.gshft.net/wp-content/uploads/2021/12/manifeste-ddc.pdf

La direction prospective de Bouygues Construction a proposé des cahiers de tendances collaboratifs parus en 2020. Espaces hybrides, villes en transition :
https://www.bouygues-construction.com/blog/wp- content/uploads/Espaces-Hybrides-Villes-en-Transition.pdf

La plateforme digitale looping.immo :
https://www.looping.immo

Le « Booster du réemploi » :
http://www.boosterdureemploi.immo

M. Ghyoot, L. Devlieger, L. Billiet, A. Warnier et Rotor, Déconstruction et réemploi, Comment faire circuler les éléments de construction, Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2018

ORÉE, Comment mieux déconstruire et valoriser les déchets du BTP, novembre 2018 :
http://www.oree.org/source/_2018_Deconstruction.pdf

Plateforme BAZED Conception Construction Zéro Déchet fait le recensement de REX concernant des projets menant des actions de conservation/réemploi, démontabilité, évolutivité et réutilisation/réemploi :
http://www.bazed.fr/les-projets- exemplaires

Projet européen Interreg FCRBE :
https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe

Projet FIREELC, rattaché au projet FCRBE (Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements) qui alimentent le site :
https://opalis.eu/fr

Rapports de l'AQC sur la réversibilité, Réversibilité des bâtiments – Points de vigilance et recommandations :
https://qualiteconstruction.com/publication/reversibilite-batiments-points-vigilance-recommandations
et Réversibilité des bâtiments – Bonnes pratiques :
https://qualiteconstruction.com/publication/reversibilite-batiments-bonnes-pratiques

Rapport remis à Emmanuelle Wargon, Ministre déléguée auprès de la ministre de la Transition écologique, chargée du Logement, par Frank Hovorka, président de la RICS en France, et Philippe Pelletier, président du Plan Bâtiment Durable, le lundi 21 septembre 2020, intitulé « Renouveau urbain et Rénovation environnementale des bâtiments » :
http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/200921_rapport_renouveau_urbain_et_renovation_des_batiments_pbd_rics.pdf

Reuse Toolkit « Intégrer le réemploi dans les projets de grande échelle et les marchés publics » :
https://www.nweurope.eu/media/16539/wpt3_d_2_2_strategies-de-prescription_integrer-le-re-emploi-2022-01-27.pdf

Réversibilité :
https://www.bouygues-construction.com/blog/fr/non= classe/note-de-tendance-la-reversibilite

Site expérimentations urbaines de l'ADEME :
https://experimentationsurbaines.ademe.fr

Solène Marry (Dir.) Intégrer l'économie circulaire vers des bâtiments réversibles, démontables et réutilisables, Éditions Parenthèses, 2022

Ville & aménagement durable, Le vrai/faux du réemploi, 10 idées reçues à déconstruire :
http://www.ville-amenagement-durable.org/IMG/pdf/plaquette_argumentaire-remploi_vad_web.pdf

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

[1] ADEME, Expertises Économie circulaire, 2022. Disponible sur : https://www.ademe.fr/expertises/economie-circulaire#:~:text=Selon%20l'ADEME%2C%20l',en%20d%C3%A9veloppant%20le%20bien%20%C3%AAtre (Consulté le 11/03/2022).

[2] Alliance HQE GBC, Cadre de définition de l'économie circulaire dans le bâtiment. Paris : 2017, 20 p. Disponible sur : http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2018/01/CadreDefEcoCircuBat-OK.pdf

[3] ADEME, Orée, INDDIGO. Guide économie circulaire et urbanisme. Angers : 2020, 113 p.

ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Pilier 01 - Approvisionnement durable

[4] Plaine Commune. (2020) Le métabolisme urbain. Disponible sur : https://eco.plainecommune.fr/nos-atouts/une-economie-novatrice/le-metabolisme-urbain/ (Consulté le 02/11/2021).

[5] REMIX. (2020) Assistance à maîtrise d'ouvrage Métabolisme Urbain. Disponible sur : http://www.remixremix.fr/portfolio/metabolisme-urbain/ (Consulté le 02/11/2021).

[6] Plaine Commune, ADEME, Caisse des Dépôts et Région Île-de-France. Le projet Métabolisme urbain de Plaine Commune vers un nouveau modèle d'aménagement soutenable du territoire 2017-2020. 8 p. Disponible sur : https://ile-de-france.ademe.fr/sites/default/files/plaquette-projet-metabolisme-urbain-plaine-commune.pdf

[7] BELLASTOCK et ADEME. REPAR, Passerelle entre architecture et industrie. Angers : 2014, 127 p. Disponible sur : https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/3069-repar-reemploi-comme-passerelle-entre-architecture-et-industrie.html#/44-type_de_produit-format_electronique (Consulté le 15/03/2022).

[8] FCRBE. (2020) Project Summary. Disponible sur : https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/ (Consulté le 02/11/2021).

Pilier 02 - L'écoconception

[9] Centre de loisirs Jacques Chirac. Ville de Rosny-sous-Bois. Disponible sur : https://www.rosnysousbois.fr/category/centre-de-loisirs-jacques-chirac (Consulté en octobre 2021).

[10] Charlotte Picard (2021) Construction21. Disponible sur : https://www.construction21.org/france/case-studies/h/centre-de-loisirs-jacques-chirac.html (Consulté en octobre 2021).

[11] (2021) Ekopolis. Disponible sur : https://www.ekopolis.fr/operation-batiment/centre-de-loisirs-jacques-chirac (Consulté en octobre 2021).

[12] Bazed. Disponible sur : https://www.bazed.fr/projet-exemplaire/bedzed-2 (Consulté en octobre 2021).

Pilier 03 - L'écologie industrielle et territoriale

[13] ADEME. L'écologie industrielle et territoriale, un outil au service des territoires. [en ligne] Angers : 2018, 16 p. Disponible sur : https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ecologie_industrielle_territoriale_synthese_thematique_010714.pdf

[14] CERBTP, ADIR. La Bourse aux Matériaux. Disponible sur : https://www.bourseauxmateriaux.re/bourse-aux-matriaux-page-51bd71bd469e2.html (Consulté le 21/12/2021).

[15] GLADEK, Eva. (2021) Metabolic. Circular Buiksloterham. Disponible sur : https://www.metabolic.nl/projects/circular-buiksloterham/ (Consulté le 30/11/2021).

Pilier 04 - L'économie de la fonctionnalité et de la coopération

[16] ADEME, Vers une économie de la fonctionnalité à haute valeur environnementale et sociale en 2050 : Les dynamiques servicielle et territoriale au cœur du nouveau modèle. Disponible sur : https://librairie.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/3633-vers-une-economie-de-la-fonctionnalite-a-haute-valeur-environnementale-et-sociale-en-2050.html (Consulté en novembre 2021).

[17] Le club Noé. Disponible sur : https://www.clubnoe.org/ (Consulté en septembre 2021).

[18] Le club Noé, Vidéothèque de témoignages. Disponible sur : https://www.clubnoe.org/ressources-pedagogiques/videotheque-de-temoignages (Consulté en septembre 2021).

Pilier 05 - La consommation responsable

[19] Pauline Debrabandere (2020) « Aménager un lieu en réemploi : le retour d'expérience de la maison du Zéro Déchet ». Zero Waste France. 1er septembre. Disponible sur : https://www.zerowastefrance.org/reemploi-retour-experience-maison-zero-dechet (Consulté le 04/08/2021).

[20] Pauline Debradandere (2021) « La Maison du Zéro Déchet ». Construction 21. 27 mai. Disponible sur : https://www.construction21.org/france/case-studies/h/la-maison-du-zero-dechet.html (Consulté le 04/08/2021).

[21] « Venlo City Hall ». C2C Centre. Disponible sur : http://www.c2c-centre.com/project/venlo-city-hall (Consulté en novembre 2021).

Pilier 06 - L'allongement de la durée d'usage

[22] 7 réhabilitations en cœur de ville. Atelier Aïno. Disponible sur : https://www.atelier-aino.com/project/7-rehabilitations-en-coeur-de-ville. (Consulté en septembre 2021).

[23] Note de pré-candidature, AAP Filidéchet 2021, Valoriser l'innovation et le réemploi des déchets du BTP : Réduire les déchets dans un contexte patrimonial. Chantier

émetteur : Démolition du collège Liberté / Chantier récepteur : Réhabilitation et extension de l'ancienne école en Maison des internes, 30 novembre 2020.
[24] Hélios. Atelier Aïno. Disponible sur : https://www.atelier-aino.com/project/helios (Consulté en septembre 2021).
[25] Anne Galloux (2021) Construction21. Disponible sur : https://www.construction21.org/france/case-studies/h/la-grande-halle-de-colombelles.html (Consulté en octobre 2021).
[26] The American Institute Of Architects, Disponible sur : https://www.aiatopten.org/node/460 (Consulté en novembre 2021).
[27] SolAIR, Notice Réemploi : Estimation impact carbone en phase APD pour la réhabilitation à Septèmes-Lès-Vallons.

Pilier 07 - Le recyclage

[28] Recybéton (2013). Disponible sur : https://www.pnrecybeton.fr/ (Consulté le 03/11/2021)
[29] Cycle Terre. Disponible sur : https://www.cycle-terre.eu (Consulté le 03/11/2021).
[30] GRAINDORGE, Pascal. Projet national Recybéton La levée des freins. Recyclage & Valorisation, juin 2019, n°65, p. 32-36. Disponible sur : https://www.pnrecybeton.fr/wp-content/uploads/2019/09/RV-65_p32-36-Dossier_Recybeton.pdf (Consulté le 03/11/2021).
[31] Collectif. Comment recycler le béton dans le béton. [En ligne], 2019, 106 p. Disponible sur : https://www.pnrecybeton.fr/rapports/recommandations-recybeton/ (Consulté le 03/11/2021).
[32] Article L541-1-1 du Code de l'Environnement
[33] DE LARRAD F. et COLINA H. (Dir.). Le béton recyclé. Marne-la-Vallée, Ifsttar : 2018. 792 p. Disponible sur : https://www.ifsttar.fr/ressources-en-ligne/librairie/collections-ifsttar/ouvrages-edites-par-lifsttar/le-beton-recycle

RÉVERSIBILITÉ

[34] AQC, Réversibilité des bâtiments : points de vigilance et recommandations. 2021, 32 p. Disponible sur : https://www.ville-amenagement-durable.org/IMG/pdf/r-reversibilite-batiments-aqc.pdf
[35] Alliance HQE GBC, Cadre de définition de la résilience et de l'adaptation pour le cadre bâti - 15 leviers pour agir. Décembre 2021, 28 p. Disponible sur : http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2021/11/HQE-Resilience-BD.pdf

01. Construction réversible

[36] Canal Architecture. Construire Réversible. Paris, 2017, 98 p. Disponible sur : https://canal-architecture.com/wp-content/uploads/2021/04/2017.04_Construire_Reversible.pdf
[37] Canal Architecture. Construire réversible à Bordeaux. Note interne du 21/09/2020.
[38] KE WANG, et al. (2016) BAMB Building as Material Banks. Disponible sur : https://www.bamb2020.eu/topics/reversible-building-design/ (Consulté le 26/11/2021).

02. Évolutivité

[39] Rapports de l'AQC sur la réversibilité, Réversibilité des bâtiments – Points de vigilance et recommandations. Disponible sur : https://qualiteconstruction.com/publication/reversibilite-batiments-points-vigilance-recommandations
[40] Black Swans. Anne Démians. Disponible sur : https://www.annedemians.com/projets/black-swans (Consulté en septembre 2021).
[41] Auteuil. Anne Démians. Disponible sur : https://www.annedemians.com/projets/auteuil (Consulté en septembre 2021).
[42] LCT ONE – LifeCycle Tower. HK Architekten. Disponible sur : https://www.hkarchitekten.at/en/project/lct-one (Consulté en novembre 2021).

03. Démontabilité

[43] Elodie Verrue (2021) Park&Play. Construction 21. 1er décembre. Disponible sur : https://www.construction21.org/france/infrastructure/h/park-play.html (Consulté en septembre 2021).
[44] Étamine, NOTE DE SYNTHÈSE : Qualité environnementale des parkings GAGNEPARK, 9 novembre 2020.
[45] Bureaux de la Solorem. C&E ingénierie. Disponible sur : http://www.ceingenierie.fr/projet/solorem (Consulté en septembre 2021).
[46] Centre du Winnipeg Folk Festival. Opalis. Disponible sur : https://opalis.eu/fr/projets/centre-du-winnipeg-folk-festival (Consulté en septembre 2021).

04. Réemploi des matériaux

[47] Un matériau gage d'excellence. Le Moniteur, 25/05/2018, 2 p. Disponible sur : https://www.lemoniteur.fr/article/un-materiau-gage-d-excellence.1973144
[48] GUISNEL, A. Retour d'expérience utilisation label E+C : le bâtiment tertiaire Pulse par Icade. Construction21, 09/11/2017. Disponible sur : https://www.construction21.org/france/articles/h/retour-d-experience-utilisation-label-e-c-le-batiment-tertiaire-pulse-par-icade.html
[49] SAINT PIERRE, R. Les JO ont du pin sur la planche. Le Moniteur, 02/10/2020. Disponible sur : https://www.lemoniteur.fr/article/les-jo-ont-du-pin-sur-la-planche.2107924
[50] NAMIAS, O. Un immeuble de bureaux en structure mixte qui « Pulse » à Saint-Denis, de BFV Architectes. AMC-archi, 24/07/2019. Disponible sur : https://www.amc-archi.com/photos/un-immeuble-de-bureaux-en-structure-mixte-qui-pulse-a-saint-denis-de-bfv-architectes,10471/pulse-immeuble-de-bureaux-a.1
[51] Notre siège, paris2024.org. Disponible sur : https://www.paris2024.org/fr/siege

[52] DEBLOCK, F. Intégrer l'économie circulaire dans la construction. Grand Paris Durable, 31/05/2021. Disponible sur : https://grandparisdurable.org/2021/05/31/integrer-leconomie-circulaire-dans-la-construction

05. Chronotopie

[53] PAQUOT, T. La chronotopie. Topophile, 03/03/2021. Disponible sur : https://topophile.net/savoir/la-chronotopie
[54] Linkcity, Bouygues Constructuion. Chronotopie. Cahier de tendances #9 Espaces hybrides, villes en transition, 2020, p.70-83. Disponible sur : https://www.bouygues-construction.com/blog/wp-content/uploads/BYCN-DPMS_CdT09_Espaces-Hybrides-Villes-en-Transition_int%C3%A9ractif03.pdf
[55] (2021) PCA Stream. Disponible sur : https://www.pca-stream.com/fr/projets/stream-building-7
[56] (2009) ZECC. Disponible sur : https://www.zecc.nl/nl/project/68/Heldergroen-Haarlem

06. Renforcement structural

[57] Renforcement parasismique des tours d'hospitalisation du Centre Hospitalier Louis Domergue à la Trinité, Martinique, C&E ingénierie. Disponible sur : http://www.ceingenierie.fr/projet/renforcement-parasismique-des-tours-dhospitalisation-du-centre-hospitalier-louis-domergue-a-la-trinite-martinique (Consulté en octobre 2021).
[58] Renforcement parasismique du collège Dillon, Martinique, C&E ingénierie. Disponible sur : http://www.ceingenierie.fr/projet/renforcement-parasismique-du-batiment-scolaire-dillon-en-martinique (Consulté en octobre 2021).
[59] Renforcement de l'Ancienne Maternité Victor Fouche, Martinique, C&E ingénierie. Disponible sur : http://www.ceingenierie.fr/projet/renforcement-de-lancienne-maternite-victor-fouche (Consulté en octobre 2021).
[60] G-ON, Étude Carbone : conservation de la structure

07. Transformation

[61] Rue Petit. Encore Heureux. Disponible sur : http://encoreheureux.org/projets/petit (Consulté en septembre 2021).
[62] 1001 Vies Habitat, COMMUNIQUE DE PRESSE : 282 étudiants vont pouvoir trouver un logement dès janvier 2021 dans la résidence Rosalind Franklin, livrée par 1001 Vies Habitat sur le Plateau de Saclay, 9 novembre 2020.
[63] Blue City Office. Superuse Studio. Disponible sur : https://www.superuse-studios.com/projectplus/bluecity-offices (Consulté en septembre 2021).

08. Adaptation du patrimoine

[64] SCHEURER MP. Caserne dite Caserne Lefebvre. Fiche patrimoniale. POP : la plateforme ouverte du patrimoine, 21/09/2020. Disponible sur : https://www.pop.culture.gouv.fr/notice/merimee/IA00096520
[65] MARTINS G. S. Caserne Lefebvre : un retour réussi à la vie civile. Bybéton, 02/05/2018. Disponible sur : https://bybeton.fr/grand_format/caserne-lefebvre-retour-reussi-a-vie-civile
[66] Eurovia. Démolition intérieure de la caserne Lefebvre - Mulhouse (68). Disponible sur : https://www.eurovia.fr/agences/4348-cardem-strasbourg/actualites/demolition-interieure-caserne-lefebvre-mulhouse-68

CONCLUSION

[67] EVEA, Bilan de circularité de type MFA de la construction et de l'aménagement de l'éco-lieu Envie Le Labo. Disponible sur : https://www.envie.org/wp-content/uploads/2021/01/Etude-de-circularite%CC%81-ELL.pdf. (Consulté en septembre 2021).
[68] GreenFlex, AREP, SNCF Gares & Connexions, Vilogia et Nobatek/Inef4, manifeste pour une (de)construction circulaire, Disponible sur : https://static.greenflex.com.gshft.net/wp-content/uploads/2021/12/manifeste-ddc.pdf

setec

La setec est un bureau d'études pluridisciplinaire créé en 1957. setec est au service de l'innovation et de l'excellence technique depuis sa fondation. Sensibles à l'urgence d'agir face au dérèglement climatique, les collaborateurs de setec sont mobilisés dans la démarche « Ingénieurs & Citoyens » pour proposer des solutions vertueuses dans leurs projets multidisciplinaires. Les principales compétences du groupe sont l'environnement, les transports et infrastructures, l'aménagement, le bâtiment, l'industrie, l'énergie, la gestion de déchets, ou les télécommunications & système d'information.

REMIX Réemploi et Matériaux

REMIX Réemploi et Matériaux est un bureau d'études œuvrant au développement des pratiques de réemploi des matériaux de construction, fondé en 2019 par Encore Heureux Architectes et Morgan Moinet. Il accompagne les professionnels du secteur du bâtiment, notamment les équipes de maîtrises d'ouvrages et de maîtrise d'œuvre, dans le montage et la réalisation d'opérations de réemploi. REMIX travaille également à la sensibilisation et à la formation des acteurs au sujet de l'économie circulaire des matériaux de construction.

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME – l'Agence de la transition écologique – nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

Les collections de l'ADEME

ILS L'ONT FAIT
L'ADEME catalyseur :
Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

EXPERTISES
L'ADEME expert :
Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.

FAITS ET CHIFFRES
L'ADEME référent :
Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

CLÉS POUR AGIR
L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en oeuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.

HORIZONS
L'ADEME tournée vers l'avenir :
Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

ILS L'ONT FAIT

ÉCONOMIE CIRCULAIRE — RÉVERSIBILITÉ

Bonnes pratiques et pistes d'actions pour réduire les impacts environnementaux du bâtiment

Résumé : L'économie circulaire vise à augmenter l'efficacité des ressources et à diminuer les impacts sur l'environnement tout en développant le bien-être des individus.

Cette étude vise à préciser les actions menées dans le domaine de l'économie circulaire appliquée au secteur du bâtiment sur l'ensemble des 7 piliers définis par l'ADEME et faisant un focus sur la réversibilité.

Ce recueil est le résultat d'une sélection de projets développant le sujet de l'économie circulaire ou la réversibilité à l'échelle nationale et internationale et d'entretiens menés auprès d'acteurs impliqués dans l'évolution des pratiques.

011822

9 791029 719691