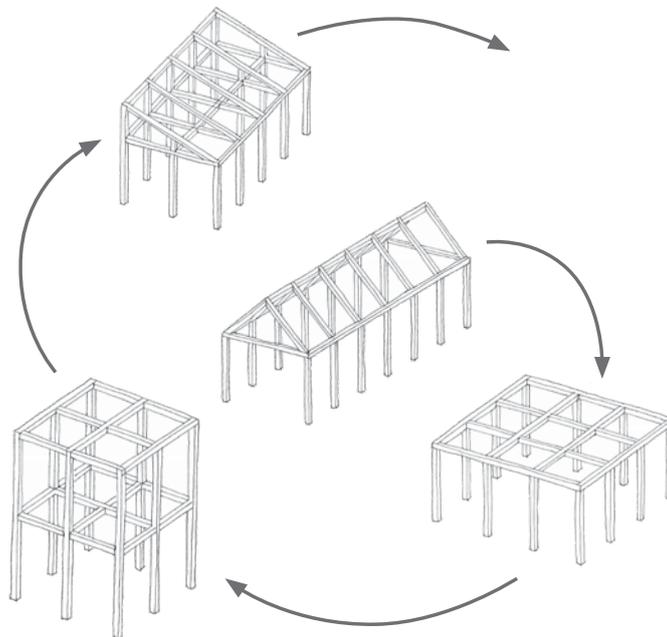


Réemploi et Préfabrication

En quoi la préfabrication engendre-t-elle un potentiel
et une source de réemploi en architecture ?

BERTIN Ingrid



Séminaire Matières à Penser 2015-2016
sous la direction de
Florence Lipsky et Jean-Marc Weill

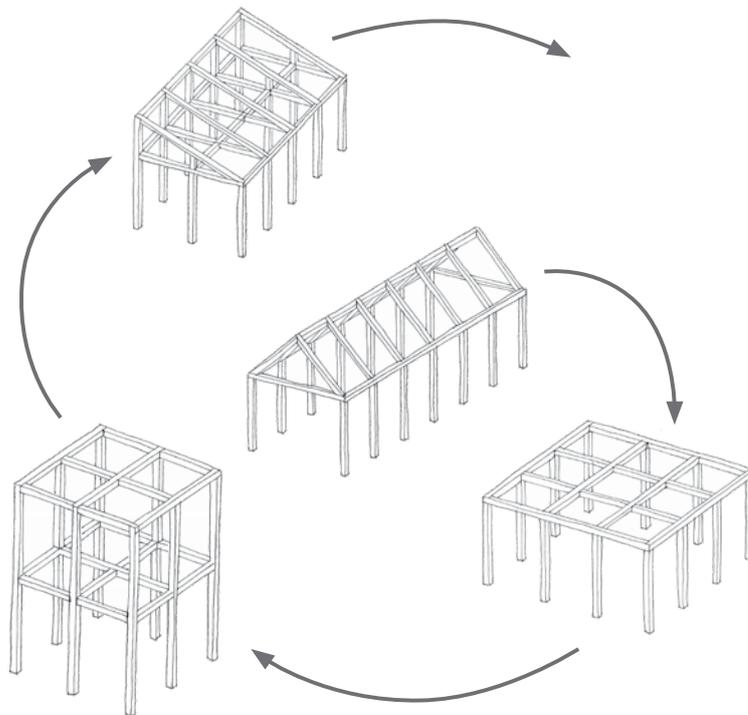
**Éa
v&t**

Réemploi et Préfabrication

En quoi la préfabrication engendre-t-elle un potentiel et une source de réemploi en architecture?

Thématique

*Les trois questions permanentes de la construction :
ressources & activités & contrôle
auxquels s'ajoute la problématique du développement durable...*



BERTIN Ingrid

5^e année Matières à Penser

Structure et Architecture

**Éa
v&t**

«Il faut imaginer Sisyphe heureux»

Albert Camus¹

¹ CAMUS, Albert. *Le mythe de Sisyphe*. Saint Herblain : NRF-Gallimard, 2006. (Collection La Pléiade Œuvres complètes, tome 1). p. 304.

Résumé

L'activité du bâtiment et de la construction produit une large majorité des déchets. L'industrie de la construction doit s'accorder avec les problématiques de développement durable. L'architecte a une part de responsabilité dans ce processus. Pour agir, les priorités environnementales doivent prendre le pas sur les priorités économiques.

La démontabilité et la déconstruction vont devenir des enjeux cruciaux à plus ou moins court terme. Notre devoir d'architecte est d'anticiper cet épuisement des ressources et de commencer à agir maintenant. à travers la proposition de réemploi développée dans ce mémoire, un certain nombre de dispositions sont mises en exergue et peuvent être appliquées par tout concepteur. Il s'agit d'intégrer la possibilité de démonter les ouvrages, à la fois pour en permettre l'adaptabilité, mais aussi leur futur démantèlement afin de récupérer les matériaux et les réutiliser dans de nouveaux projets. La mise en place d'assemblages réversibles, qui n'abîment pas la matière ni ses caractéristiques, doit être intégrée dès aujourd'hui. Les aspects réglementaires et de contrôles sont également abordés pour rendre concrètes les propositions. Nous devons être conscients de la matière que nous utilisons aujourd'hui et qui sera laissée aux générations futures. Il faut se poser la question du devenir des matériaux complexes dont on ne pourra pas séparer les différents composants et qui seront définitivement perdus.

Le réemploi réunit à la fois des convictions et des processus de conception. Actuellement, il demande beaucoup de main d'œuvre notamment pour passer du système de démolition à la déconstruction. Mais à l'heure où le chômage frappe notre société, ce peut être un moyen de créer des emplois locaux. Ce travail n'est pas un plaidoyer en faveur du réemploi mais une proposition concrète, applicable immédiatement pour prévenir l'imminent épuisement des ressources.

Summary

The building and construction activity produces the most part of waste. The construction industry must align itself with the issues of sustainable development. The architect must take on his responsibility in this process. In order to react to this situation, the environmental priorities must take precedence over economic priorities.

The disassembly capability and the deconstruction will become critical issues in the more or less short term. Our duty as architects is to preempt the depletion of resources and begin to act now. Through the proposal of re-employment developed in this report, a number of provisions are highlighted and can be applied by any designer. It integrates the ability to disassemble the buildings, by allowing both adaptability, and also their future dismantling in order to recover materials and reuse them in new projects. The introduction of reversible assemblies that do not damage the material or its features, must be integrated as of today. Regulatory aspects and controls are also discussed to make concrete proposals. We must be aware of the material we use today and which will be left to future generations. We must also raise the question of the future of complex materials from which we cannot separate the different components, and which will be permanently lost.

Reuse combines both convictions and design process. Currently, it requires a lot of manpower in particular to replace the demolition system with that of deconstruction. But at a time when unemployment strikes our society, it could be a way to create jobs locally. This work is not a plea for reuse but a concrete proposal, applicable immediately to prevent the imminent exhaustion of resources.

Sommaire

Réemploi et préfabrication

En quoi la préfabrication engendre-t-elle un potentiel et une source de réemploi en architecture ?

INTRODUCTION	15
I. LE RÉEMPLOI POUR UNE ARCHITECTURE PLUS DURABLE	
A. Les enjeux du réemploi aujourd'hui	23
1. Une ressource de matières premières	
2. Un système économique viable	
3. La préservation du patrimoine par le réemploi	
B. Le potentiel de la préfabrication vis-à-vis du réemploi	42
1. Les objectifs de la préfabrication, l'optimisation sur la durabilité et la pérennité	
2. Les théories pionnières	
C. Constat et état des lieux de la préfabrication aujourd'hui	49
1. Recul sur les premiers bâtiments construits avec la préfabrication	
2. La démolition vs la déconstruction	
II. JURISPRUDENCE ARCHITECTURALE DU RÉEMPLOI	
A. Les expériences de réemploi	59
1. Le contexte	
2. Processus de reclassement des éléments structurels en France	
B. Vers une évolution des pratiques	66
1. L'alternative à la destruction : la conservation vs la tabula rasa	
2. Hypothèse pour une transposition du Guide RAGE aux «Ouvrages en réemploi»	
C. Analyse de cas actuels: le pavillon circulaire	76
1. Une commande publique, le rôle du maître d'ouvrage et l'importance de l'appel d'offre	
2. La structure, le clos-couvert, le parement	
3. Démontabilité et reconstruction, des étapes de conception supplémentaires	
III. EVOLUTIONS ET RÉVOLUTIONS: PROSPECTIVE DU RÉEMPLOI	
A. Les éléments récupérés deviennent les éléments préfabriqués du futur	87
1. Mise en place des filières de récupération	
2. Le temps numérique	
B. Préfabriquer pour réemployer pour passer du réemploi de déchet à l'élément conçu pour le réemploi	96
1. Au delà du réemploi subi, penser le réemploi comme concept	
2. Préfabriquer pour mieux démonter (puis reconstruire)	
3. Les nouveaux outils de l'industrie	
4. Reconditionner des éléments pour le réemploi : sur la lancée du BIM?	
CONCLUSION	107
ANNEXES	113
BIBLIOGRAPHIE	131

L'activité du bâtiment et de la construction est responsable de la plus grande partie des rejets de CO2 dans l'atmosphère, elle est l'activité économique la plus polluante. Le secteur du BTP produit 73% des déchets en France soit 260 millions de tonnes de déchets par an. À la fin des années 2000, le volume mondial des ressources extraites équivalait à 60 milliards de tonnes, tandis que le volume des déchets produits se montait à 12 milliards de tonnes, soit 20% de l'extraction.² Dans un monde où les ressources ne sont pas inépuisables, et dont l'économie est incertaine, il est nécessaire de repenser notre façon de construire. Nous n'avons pas encore intégré les avertissements de notre humanité, ainsi Albert Einstein déclarait : «Nous ne sortirons pas le monde de la crise si nous ne changeons pas notre manière de penser»³. Il devient urgent de réagir, en effet : «Il suffit de voir, que, face à nos besoins toujours plus grands, la biosphère peine à suivre, car, au fil des années, l'anthroposphère, c'est à dire les hommes, consomme toujours plus rapidement l'équivalent en ressources, et donc en matière, de ce que la Terre peut produire en une année»⁴. Récemment le *Global Footprint Network* communique la date du «*Earth Overshoot day*», il s'agit du jour dans l'année à partir duquel la demande humaine dépasse la capacité de la terre à régénérer des ressources et, a fortiori, à voir la matière contenue, l'exergie⁵, ainsi exploitée.

Le développement durable est largement défini aujourd'hui. Beaucoup de causes s'approprient cette notion pour défendre ou justifier leurs actions. C'est également devenu un argument marketing qui touche maintenant l'architecture. La définition retenue ici sera celle de Gro Harlem Brundtland, Premier Ministre norvégien (1987) et utilisée par l'INSEE: «un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs»⁶. De nombreux exemples alternatifs plus ou moins durables, plus ou moins farfelus ont vu le jour notamment avec la prise de conscience écologique. Par ma recherche, je tiens à écarter les cas les plus extrêmes de l'architecture alternative pour essayer de trouver des solutions concernant l'architecture «quotidienne», celle des commandes publiques et des particuliers. Cela rejoint le message de Marc Bénard: «L'architecture de l'anthropocène serait ainsi à penser désormais comme un moyen d'action global et positif et non plus comme une création isolée. Il importe, dans cette perspective, que les architectes [...] défrichent un nouveau champ théorique, préalable ou concomitant à de nouvelles propositions architecturales et urbaines.»⁷.

La préfabrication est perçue aujourd'hui comme une optimisation technique ou économique en vue de gagner du temps et/ou de l'argent sur le chantier. Demain, la préfabrication deviendra un enjeu environnemental et durable (pérennité des éléments préfabriqués à travers leur réemploi). Un objet préfabriqué génère plusieurs vies fabriquées.

² CHOPPIN Julien ; DELON Nicola. *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture*. Paris : Editions du Pavillon de l'Arsenal, Octobre 2014, p 37-38.

³ EINSTEIN, Albert. In *Cradle to cradle: Créer et recycler à l'infini*. Paris : Editions Alternatives, février 2011, (Manifestô; 4e édition), p.5.

⁴ BIGNIER, Grégoire. *Architecture & écologie, Comment partager le monde habité?*. Paris : Editions Eyrolles, Septembre 2015, p. 72.

⁵ *Ibidem*.

⁶ INSEE. *Définition du développement durable* [en ligne]. Disponible sur <www.insee.fr> (consulté le 10.10.2015)

⁷ In, BIGNIER, Grégoire. *Architecture & écologie, Comment partager le monde habité?*. Paris : Editions Eyrolles, Septembre 2015, p. 13.



Richard Greaves, la maison sucrée.



Samuel Mockbee, halle en pare-brises.

Nous pourrions ainsi sortir du cycle de la matière dénoncé par l'idéologie du «*Cradle to Cradle*» qui s'oppose «...au fonctionnement de notre industrie «*cradle to grave*», de «berceau à tombeau» qui résume ainsi la vie entière d'un produit : collecte de matières dans l'environnement, transformation, fin programmée sous forme de déchets jetés (ou brûlés) et donc perdus à jamais pour l'industrie»⁸. Comment la préfabrication peut-elle être au service du développement durable pour la préservation des ressources, grâce aux possibilités de réemploi ? La préfabrication devient durable au-delà de la vie du projet, au-delà de la vie du bâtiment. On peut se donner les moyens d'utiliser et concevoir la préfabrication puisque cela peut permettre à la matière d'être plus durable grâce à son réemploi.

Les industriels n'ont pourtant pas intérêt à développer des éléments préfabriqués durables et réutilisables sinon c'est la fin de leurs bénéfices. Néanmoins le réemploi nécessite une déconstruction propre d'un bâtiment. Cela demande plus de temps lors du chantier mais peut également produire des emplois et des embauches dans des secteurs du bâtiment qui pourront se développer. Les enjeux environnementaux actuels et l'épuisement des matières premières conduisent à un nouveau positionnement inévitable vis-à-vis de la matière. Les concepteurs, les constructeurs devront bientôt «faire avec» l'existant, le déjà là. Que ce soit au niveau urbain avec l'étalement des villes et la disparition des terres agricoles ou au niveau matériel avec la disparition des matières premières, les acteurs de l'aménagement doivent revoir leurs moyens d'actions. Alexandre Labasse, architecte, directeur général du pavillon de l'arsenal met également en garde : «L'aspiration des mégapoles au «zéro déchet», conjuguée à l'épuisement annoncé des ressources, engage un nouveau paradigme. [...] Outre les réhabilitations ou reconversions du bâti, dont les vertus sont acquises et théorisées depuis la fin du XX^e siècle, outre les avancées chimiques, mécaniques et organiques capables de fondre, concasser, remouler pour recycler, il faut réemployer. Ainsi, la mise en œuvre de la matière réemployée dépasse la question matérielle, pour donner plutôt matière à penser.»⁹

La réhabilitation, les friches, le réemploi de matériaux sont des perspectives viables et immédiates qui s'offrent aux maîtres d'ouvrages. Il y a un potentiel énorme disponible avec ces notions qui tendent à gagner en bon sens et popularité auprès des concepteurs et décideurs politiques. Il faut maintenant mettre en place des filières, mettre des moyens à la disposition des différents intervenants et se nourrir des expériences dans les pays étrangers dont certains sont très en avance sur ces pratiques. Le réemploi est souvent associé à l'acte d'un bricoleur sûrement parce que les exemples les plus flagrants sont les œuvres de marginaux ou d'artistes comme Richard Greaves et sa maison chaotique de récupération. Un des précurseurs de l'architecture du réemploi est Samuel Mockbee, qui propose des maisons pour loger la population défavorisée américaine mais son acte de construire paraît proche de celle du bricoleur avec des outils d'assemblages simples, des échelles réduites où l'homme peut construire avec peu de moyens. Le raccourci entre population pauvre et matériau pauvre est vite fait et peut engendrer les préjugés. Ce n'est donc pas par hasard si l'on retrouve dans les ouvrages de Colin Rowe, «*Collage City*» de 1978 ou Claude Lewis

⁸ MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Cradle to cradle: Créer et recycler à l'infini*. Paris : Editions Alternatives, février 2011, (Manifestô; 4e édition), p.13.

⁹ LABASSE, Alexandre. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture*. Op. cit., p.9.



Vue de l'Académie depuis le TGV, PARIS-ARRAS.

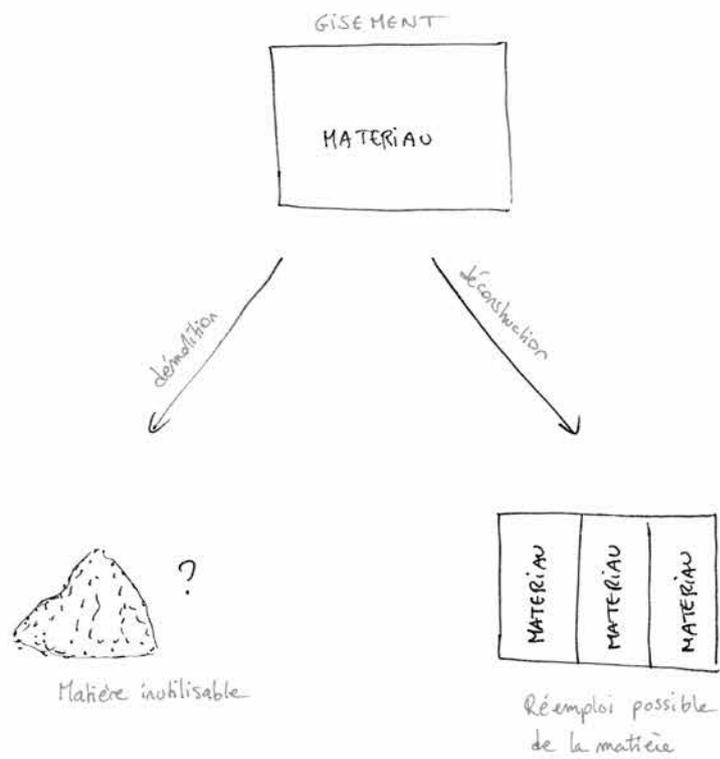


Schéma du devenir de la matière selon le procédé utilisé.
L'intégrité est préservée par la déconstruction.

Strauss, « La Pensée Sauvage » de 1962, une distinction entre le bricoleur et l'ingénieur¹⁰. Le bricoleur étant celui qui agit avec une collection de résidus d'ouvrages humains, opposé à la figure de l'ingénieur, héros des architectes modernes. L'ingénieur, lui, cherche la logique globale étant obsédé de méthodologie et agit avec la rationalité de système. Cette fracture est peut-être à l'origine d'une généralisation du réemploi qui reste timide. L'architecte et l'ingénieur ont du mal à s'approprier une tâche dévolue à un bricoleur.

Jean-Marc Huygen, par son ouvrage tente de démontrer le contraire. Ingénieur de formation, il est le mieux placé pour réconcilier ingénieur et bricoleur et nécessairement les architectes avec le réemploi. Légitime par son statut, il retrace l'histoire du réemploi et développe les étapes à suivre pour la généralisation. Toute sa passion repose sur la poétique du matériau délaissé qui porte en lui une histoire, un message. Au-delà de la réduction de nos déchets, il cherche à nous sensibiliser sur ces objets abandonnés à leur recherche d'une nouvelle utilisation. L'architecte, aujourd'hui, joue un rôle dans notre société par sa responsabilité de constructeur. Il doit se doter de cette éthique pour agir et prendre les choses en main. En tant qu'interface entre le monde des maîtres d'ouvrages et le monde du chantier, il est le seul à pouvoir négocier, accorder les deux parties et s'engager à représenter les intérêts des uns ou des autres. Par son regard de synthèse, il est garant du résultat final et de l'intérêt de la société à l'image de l'avocat général en justice.

Bien sûr, la notion d'écologie est contraignante et n'est pas encore la priorité de tous les architectes. Assumer cette valeur, c'est renoncer à certaines actions, à une certaine liberté de conception en restreignant les moyens, c'est perdre du temps ou du moins passer plus de temps à réfléchir à la mise en œuvre, aux économies possibles et cela se traduit par des honoraires moindres ou du temps de travail non rémunéré. Mais c'est ce que l'on peut attendre d'un homme vivant en société en étant conscient des enjeux environnementaux de notre monde actuel. L'exemple de l'Académie Fratellini, grâce à l'engagement de la maîtrise d'œuvre et d'ouvrage assurées par l'équipe de Patrick Bouchain, montre que la réussite d'un projet peut aussi avoir des répercussions plus grandes pour démocratiser le réemploi. La plupart des entreprises ayant participé à ce genre de projet en sont fières et le réemploi constitue vite une plus value pour l'ensemble des acteurs jusqu'à améliorer l'image d'un quartier ou d'une ville. Toutefois le projet ne doit pas dépendre des matériaux disponibles auprès d'un fabricant sinon que dire de l'indépendance et l'intégrité de l'architecte ? Comment concevoir un projet viable quand on ne sait pas à l'avance de quel matériau on dispose ?

Construire en récupérant des matériaux, c'est une belle idée écologique, mais que devient-elle en pratique ? Comment la récupération peut-elle devenir un moyen de composer l'architecture ? Quel est le rôle de l'industrie dans ce système ?

¹⁰ FRANCE CULTURE, CHASLIN François. *L'architecture du réemploi et du détournement* [en ligne]. Emission « Métropolitains | 11-12 », le 01.07.2012 à 16:00, 59 min. Disponible sur : <<http://www.franceculture.fr/emission-metropolitains-l-architecture-du-reemploi-et-du-detournement-2012-07-01>> (consulté le 13.03.2015).

A. Les enjeux du réemploi aujourd'hui

1. Une ressource de matières premières

La nécessité de préservation des ressources

Le réemploi souffre encore de préjugés ou de raccourcis qui assimilent les matériaux de seconde main à des déchets. Mais le nombre de démolitions et l'énorme gâchis de matériaux comme neufs envoyés à la décharge, doivent nous faire réagir et constituer une nouvelle source de matières pour la construction. La notion de symbio-cité explicitée dans *Architecture & écologie* appuie ce point de vue : «Les bâtiments qui composent une «symbio-cité» ne sont pas conçus comme des bâtiments passifs, autonomes, véritables «bouteilles Thermos» ce sont les éléments constitutifs d'un écosystème urbain, échangeant entre eux ressources et déchets.»¹¹.

Le réemploi, tel qu'il est défini par Jean-Marc Huygen, permet d'économiser l'énergie nécessaire à la fabrication d'un objet neuf ou au recyclage d'un objet. Le réemploi réutilise tel quel un objet désuet auquel on peut donner une nouvelle vie. Préserver l'intégrité de cet objet permet de conserver son histoire, sa mémoire qui doit rester lisible après son réemploi. En plus du côté économe et écologique, l'objet acquiert une valeur patrimoniale en donnant à voir notre histoire commune.

Le réemploi doit donc être différencié du recyclage car il induit une réutilisation sans transformation de la matière. Le recyclage est dénoncé et rejeté par William McDonough et Michael Braungart : «Recycler davantage revient à sous-cycler, car cette pratique amoindrit la qualité des matériaux au fil du temps»¹². Pour illustrer ces propos, le cas du recyclage de plastique est ensuite explicité : «les propriétés matérielles de ce plastique recyclé étant altérées, des additifs chimiques ou minéraux sont fréquemment introduits pour atteindre la qualité de performance souhaitée. Par conséquent, il arrive que les plastiques «sous cyclés» contiennent davantage d'additifs que du plastique «vierge»¹³». Selon ces déclarations, le réemploi répondrait donc davantage au cycle naturel puisque : «La nature opère selon un système de nutriments et de métabolismes au sein duquel le déchet n'existe pas»¹⁴. On comprend alors que le recyclage est une action industrielle temporaire et limitée dans la durée car l'opération ne pourra se renouveler. De plus la recherche n'a pas réussi à développer un recyclage totale de la matière, c'est pourquoi Nicholas GEORGESCU ROEGEN «qualifie de mythe l'idée d'un recyclage intégral.»¹⁵ Le réemploi est ainsi plus propre du point de vue environnemental que le recyclage. Il s'appuie sur le stock déjà établi de toutes les

¹¹ BIGNIER, Grégoire. *Op. cit.*, p.24.

¹² MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Op. cit.*, p. 82.

¹³ *Ibidem*.

¹⁴ *Idem*, p. 125.

¹⁵ BIGNIER, Grégoire. *Op. cit.*, p. 73.

Nom	Architecte ou Artiste	Date	Lieu	Oeuvre d'art	Réhabilitation	Construction	Installation
Ready-made	Marcel Duchamp	1917	New York	●			
Film, Garbage Warrior	Michael Reynolds	1972-2007	Taos, Nouveau Mexique	●			
«Do Tank»	Elemental Team, Alejandro Aravena	2008	Quinta Moroy chili			●	
Les Artisans du Rebut Global		2006-07	Québec		●	●	
Magasin mountain equipment	Studio MMA, Vouli Mamfredis	2003	Montréal		●		
Habitats d'urgence en carton	Shigeru Ban	1995	Kobe			●	
Maison perso, Folies liégeoises	Jean-Marc Huygen	2009	Liège			●	●
Logements sociaux	Rural Studio, Samuel MockBee	depuis 93	USA, Alabama			●	
CCA, Actions	CCA, Centre Canadien d'Architecture	2003-08	Montréal, Séville				●
Divers Projets	Patrick Bouchain, Agence Construire	depuis 86	France		●	●	●
Scraphouse	Public Architecture John Peterson	2005	San Franscico			●	●
Ningbo Museum	Wang Shu	2008	Ningbo, Chine			●	
Clinique vétérinaire Malpertuus	Architecten de vylder vinck taillieu	2006-09	Belgique			●	
IKEA Disobedients	Andres Jaque Architects	2012	NY, Madrid				●
	Assemble	2010-11	Stratford				●
Lieux possibles	Bruit du Frigo	2008	Bordeaux				●
Wie geht's l'Ollière? Workshop	Collectif Etc	2013	Châteldon				●
	Coloco	depuis 99	France				●
Vortex	Raumlabor	2012	Berlin, the Hague	●			●
	Rotor	depuis 05	Bruxelles		●	●	●
Freitag, Boutique containers		2006	Zurich			●	●
Habitat social Townships	Carine Smuts	depuis 89	Afrique du Sud			●	
Emmaüs / Le relais	Les bâtisseurs d'Emmaüs	2011	France		●	●	
Salon temporaire de musique	Microclimax	2007	France			●	●
Salon Pollutec		2005	Paris				●
Quartier écologique BedZed	Bill Dunster	2002	Sutton, Londres			●	
Expo 2005 Aichi		2005	Japan			●	●
R-urban	AAA	2012	Colombes		●	●	●
Maison Favela, Cases Im-propies	Atelier Van Lieshout	2001	Barcelone	●			●
République libre de Christiania		1971	Copenhague			●	
Parc Güell	Antoni Gaudí	1914	Barcelone	●		●	
Restaurant « The House of Blues »			Los Angeles			●	
Maison sucrée	Richard Greaves	1985	Beauce, Québec	●			
Superuse Studio	2012 Architecten	2012	Rotterdam			●	●
	Folke Köbberling /Martin Kaltwasser	2002	Berlin, LA			●	
Solar storage barn	Gray Organschi Architecture	2009	Washington			●	
La Villa Déchets	Frédéric Tabary, asso Tabakero	2010	Nantes			●	
Festival Bellastock		2006	Paris			●	●
	Cochenko	2007	Saint Denis				●
Poches à huitres « Erika »	Raum	2007	Frossay				●
Recyclerie, dépôt et jardin	Rozo Architectes	2013	Paris			●	
UMLU	Les Saprophytes	2007	Lille				●
	Avatar Architectura	2001	Firenze, Italie		●		●
Milan sur roulettes	Basurama	2011	Milan				●
	Gruppo Informale		Italie			●	●

Recensement d'exemples de réemploi dans le monde.

Ce recensement nous montre que le monde de l'art est très sensibilisé à cette problématique et veut dénoncer le gâchis des ressources dû à notre mode de consommation. L'aspect planétaire désigne bien un problème global commun. L'architecture est à la peine derrière l'activité de la scénographie. Néanmoins ce tableau ne cesse d'être complété lors de ces dernières années et derniers mois.

constructions qui nous entourent. C'est au stade de la fin de vie d'un bâtiment qu'il intervient pour réintroduire la matière dans un nouveau cycle de vie grâce à un nouvel emploi. Dans « la poubelle et l'architecte »¹³ de J-M Huygen, l'auteur ne se contente pas d'explicitier une théorie philosophique, qui, certes nous donnerait à penser autrement l'architecture, mais il propose et décrit les étapes à modifier pour rendre possible concrètement ce changement. Il va même jusqu'à développer les changements administratifs nécessaires pour rendre possible ce mode alternatif de construction. Selon lui l'architecture de réemploi est indisciplinaire¹⁴. Puisqu'ils doivent lutter contre l'administration, les architectes qui veulent recourir au réemploi sont indisciplinés. Ils forment alors la classe des architectes indisciplinaires qui ont pour mission de fonder la nouvelle discipline qui permettra au réemploi de se développer.

Le réemploi s'oppose aux effets indésirables de la transition énergétique, car : «Si des panneaux solaires installés dans une entreprise sont fabriqués à partir de métaux lourds toxiques dont les utilisations ou destructions futures n'ont pas été pensées, alors un problème matériel aura tout bonnement remplacé un problème énergétique.»¹⁵. Le réemploi peut donc apparaître complexe par certains aspects qui dépassent l'action de la simple récupération du particulier. Le délai, le coût seront des variables à prendre en compte notamment par le maître d'ouvrage qui devra faire preuve de souplesse. La rédaction d'un contrat devient plus périlleuse. L'effort fait sur la récupération de matériaux permet, en plus de la prise en compte écologique et d'une construction plus propre, une meilleure rémunération de la main œuvre grâce à l'économie réalisée sur le prix de la matière .

La notion de gisement

Nous disposons d'un parc immobilier inutilisé et disponible, considérable. Les projets de réhabilitation sont de plus en plus nombreux, on peut le constater avec les différentes expositions actuelles : «Un bâtiment, combien de vies ?» à la Cité de l'Architecture, «Métamorphoses» au Pavillon de l'Arsenal. Mais le champ de la déconstruction et du réemploi manque encore d'intérêt général, notamment par le manque d'information, le manque de système mis en place et un certain manque de volonté.

Le gisement est une source de matériaux à exploiter en vue du réemploi. Comme l'affirme l'architecte Steven Beckers : «Chaque domaine est concerné, dont celui de la construction et du développement urbain (40% de la consommation d'énergie et 40% de production de déchets) qui me préoccupe en tant qu'architecte endossant une partie de la responsabilité du secteur.»¹⁶ Ce peut être un bâtiment voué à la démolition, une opération de réhabilitation, un stock de matériau impropre à sa destination première.

¹³ HUYGEN, Jean-Marc. Architecture et réemploi. *La poubelle et l'architecte, vers le réemploi des matériaux*. Arles : Actes sud Beaux Arts, L'Impensé, Juillet 2008, p.52-107.

¹⁴ *Idem.*, p.52-68

¹⁵ MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Op. cit.*, p. 227.

¹⁶ BECKERS, Steven, architecte C2C, maître de conférences à l'université libre de Bruxelles Art & Build et Local solutions development group ASBL.). In *Cradle to cradle*. *Op. cit.*, p16.

BASE BÉTON		MINÉRAL				MÉTAL
Bétons	Mélange de béton	Terre cuite	Brique	Pierres et roches	Verre	Acier
murs porteurs	terrassement	pierres de revêtement émaillées	murs fondation	seuils portes fenêtres pierre bleue	briques de verre	armatures béton
dalles	fondations	tuiles	murs porteurs	plinthes pierre bleue	vitres	tuyau inoxydable
égoût	murs silico calcaire	céramiques	chambre de visite maçonnerie	plaques de revêtement pierre naturelle	mosaïque de verre	pénétration inoxydable
chambre de visite	dalle	carrelages	briques maçonneries à la chaux	pierres de couverture pierre bleue	luminaires	régulateur de tirage inox
caniveaux	chambre de visite	sols céramique	cloisons	lestage gravier	fibres de verre	poutrelles non traitées, métallisées, galvanisées, inox
citerne EP	caniveaux	plinthes céramique	parement	ardoises naturelles	éclairage	linteaux non traités, métallisés, galvanisé, inox
cloisons	cloisons	revêtement escalier cramique	seuils portes, fenêtres briques de parement	mosaïque, marbre	verres colorés et non-colorés	profils tubulaires non traités, métallisés, galvanisés inox
parement	parement	carrelage faïence, céramque	éléments d'encadrement briques	carreaux pierres naturelles	verres plats	charpentes non traitées, métallisées, galvanisées inox
blocs et briques de béton	tuiles microbéton	lavabo et accessoire	pierres de couverture terre cuite	tablette de fenêtre		structures tridimensionnelles
seuils portes fenêtres	lavabo et accessoire	cuvette WC	hottes de cheminée briques	Gravats		câbles tendeurs
plinthes	ciment	articles de décoration	boisseaux terre cuite			profilé
éléments d'encadrement	amiant ciment	vaisselle	bricailons briques			fenêtre
plaques de revêtement						profils de rive
pierres de couverture béton préfabriqué						couvre murs
boisseaux béton						gouttière acier laqué
régulateur de tirage						tuyaux de descente
linteaux, poutres, socles, semelles, poutres						lattage
escaliers, paliers						escaliers
encorbellement, fermes, portiques arcs						rampe
gargouilles						grilles, grillage
chapes						tôles

Composition des principaux éléments d'une construction.

Ce tableau a été réalisé à partir de synthèse de différentes sources dont la Fédération Française du bâtiment et le travail de Rotor. Il met en évidence la complexité de fabrication de nos matériaux. L'industrie a produit des éléments de plus en plus composite dont le traitement devient très difficile et coûteux voire impossible. Néanmoins une connaissance des matériaux et surtout de leur dangerosité laisse une possibilité de réemploi pour un grand nombre.

MÉTAL	BOIS		COMPOSITES		MATIÈRES ORGANIQUES
Métal	Traité	Non traité	Base minérale	Plastiques, synthétique	
profil tube ascenseur	poutres, lamellés	bois d'int.	argile expansée et liant hydraulique	canalisations égouts	isolant coco
ventilation tuyau, grille	sablères, pannes, chevrons	essences bois massif	cloisons béton argile expansée	chambre de visite	isolant chanvre
collet et habillage couverture	fermes, fermettes	Petits éléments	briques silico calcaire collées	citerne EP	isolant plumes, laine mouton
trappes de ramonage et collecteurs de suie	chéneaux, encorbellement	bambou	blocs de plâtre	gaines PVC	sol liège
câbles tendeurs	rive, panneaux, planches	meubles	laine minérale laine de roche isolant	isolant polystyrène	tapis
plaque zinc, cuivre, aluminium	gitage		isolant verre cellulaire	recueillement condensat	paillasons
profilé aluminium	voliges		seuils portes, fenêtres fibres ciment	panneaux sous toiture polystyrène	isolant feutre
fenêtre	fenêtre		plinthes fibres ciment	panneaux sous toiture polyuréthane	tissus
lanterneaux	lanterneaux		éléments d'encadrement fibres ciment	fenêtre	cloisons bois et coton gratté
solins, contre solins zinc parfois en plomb	planchettes étanchéité		plaques fibres ciment	coupoles	carton, papier signalétique
profils de rive alu, zinc	dormant et vantail		pierres de couverture fibres ciment	profils de rive	plantes
couvre murs zinc, alu	portes		tuyaux fibres ciment	couvre murs	Textile
étanchéité chéneaux zinc, cuivre	volets roulants		régulateur de tirage fibres ciment	planchettes PVC étanchéité	livres
gouttières zinc, cuivre, alu	lattage		panneaux sous toiture laine minérale	panneaux PVC, résine	cartons
tuyaux descente zinc, alu, cuivre	panneaux multiplex		ardoises fibres ciment	gouttières PVC, PE	matelas, chiffons
souches pluviales fonte, alu	habillage bois		cordon d'étanchéité	tuyaux descente PVC, PE	fils, ruban
avaloirs, crépines, écoulement, gargouilles	escaliers		tuiles ardoises fibres ciment	souches pluviales	vêtements
porte et fenêtre aluminium	rampe		enduits, crépissage	avaloirs, crépines, écoulement, gargouilles	
volets roulants	main courante		carrelages	portes et fenêtres PVC	
couvre joints, joint debout	habillage fenêtre		mortiers chaux ou ciment	volets roulants	
lattage aluminium	trappe de visite		cloison carton plâtre	jointolements, mastics	

CIRCUIT ELIMINATION: BENNES TRIÉES OU NON, CIRCUIT PARALLÈLE, DÉCHARGE SAUVAGE, RÉEMPLOI, RÉUTILISATION, RECYCLAGE, DÉCHÈTTEIRE, RESSOURCERIE

Base béton		Minéral				Métal		Bois		Composites		Matières organiques
Bétons	Mélange de béton	Terre cuite	Brique	Pierres et roches	Verre	Acier	Métal	Traité	Non traité	Base minérale	Plastiques, synthétique	
murs porteurs	terrassement	pierres de revêtement émaillées	murs fondation	seuls portes fenêtres pierre bleue	briques de verre	armatures béton	profil tube ascenseur	poutres, lamellés	bois d'int.	argile expansée et liant hydraulique	canalisations égouts	isolant coco
dalles	fondations	tuiles	murs porteurs	plinthes pierre bleue	vitres	tuyau inoxydable	ventilation tuyau, grille	sablières, pannes, chevrons		cloisons béton argile expansée	chambre de visite	isolant chanvre
égout	murs silico calcaire	céramiques	chambre de visite maçonnerie	plaques de revêtement pierre naturelle	mosaïque de verre	pénétration inoxydable	collet et habillage couverture	fermes, fermettes		briques silico calcaire collées	citerne EP	isolant plumes, laine mouton
chambre de visite	dalle	carrelages	briques maçonnées à la chaux	pierres de couverture pierre bleue	luminaires	régulateur de tirage inox	trappes de ramonage et collecteurs de suie	chêneaux, encorbellement		blocs de plâtre	gaines PVC	sol liège
caniveaux	chambre de visite	sols céramique	cloisons	lestage gravier	fibres de verre	poutrelles non traitées, métallisées, galvanisées, inox	câbles tendeurs	rive, panneaux, planches		laine minérale laine de roche isolant	isolant polystyrène	tapis
citerne EP	caniveaux	plinthes céramique	parement	ardoises naturelles		linteaux non traités, métallisés, galvanisés, inox	plaque zinc, cuivre, aluminium	gritage		isolant verre cellulaire	recueillement condensat	paillassons
cloisons	cloisons	revêtement escalier	seuls portes, fenêtres briques de parement	mosaïque, marbre		profilés tubulaires non traités, métallisés, galvanisés inox	profilé aluminium	voliges		seuls portes, fenêtres fibres ciment	panneaux sous toiture polystyrène	isolant feutre
parement	parement	carrelage faïence, céramique	éléments d'encadrement briques	carreaux pierres naturelles		charpentes non traitées, métallisées, galvanisées inox	fenêtre	fenêtre		plinthes fibres ciment	panneaux sous toiture polyuréthane	
blocs et briques de béton	tuiles microbéton	lavabo et accessoire	pierres de couverture terre cuite	tablette de fenêtre		structures tridimensionnelles	lanterneaux	lanterneaux		éléments d'encadrement fibres ciment	fenêtre	
seuls portes fenêtres	lavabo et accessoire	cuvette WC	hottes de cheminée briques			câbles tendeurs	solins, contre solins zinc parfois en plomb	planchettes étanchéité		plaques fibres ciment	coupoles	
plinthes			boisseaux terre cuite			profilé	profilés de rive alu, zinc	dormant et vantail		pierres de couverture fibres ciment	profilés de rive	
éléments d'encadrement						fenêtre	couvre murs zinc, alu	portes		tuyaux fibres ciment	couvre murs	
plaques de revêtement						profilés de rive	étanchéité chêneaux zinc, cuivre	volets roulants		régulateur de tirage fibres ciment	planchettes PVC étanchéité	
pierres de couverture béton préfabriqué						couvre murs	gouttières zinc, cuivre, alu	lattage		panneaux sous toiture laine minérale	panneaux PVC, résine	
boisseaux béton						gouttière acier laqué	tuyaux descente zinc, alu, cuivre	panneaux multiplex		ardoises fibres ciment	gouttières PVC, PE	
régulateur de tirage						tuyaux de descente	souches pluviales fonte, alu	habillage bois		cordons d'étanchéité	tuyaux descente PVC, PE	
linteaux, poutres, socles, semelles, poutres						lattage	avaloirs, crépines, écoulement, gargouilles	escaliers		tuiles ardoises fibres ciment	souches pluviales	
escaliers, paliers						escaliers	porte et fenêtre aluminium	rampe		enduits, crépissage	avaloirs, crépines, écoulement, gargouilles	
encorbellement, fermes, portiques arcs						rampe	volets roulants	main courante		carrelages	portes et fenêtres PVC	
gargouilles						grilles, grillage	couvre joints, joint debout	habillage fenêtre		mortiers chaux ou ciment	volets roulants	
chapes						tôles	lattage aluminium	trappe de visite		cloison carton plâtre	joints, mastics	

Base béton		Minéral				Métal		Bois		Composites		Matières organiques
Bétons	Mélange de béton	Terre cuite	Brique	Pierres et Roches	Verre	Acier	Métal	Traité	Non traité	Base minérale	Plastiques synthétique	
						huisseries	main courante aluminium	dalles parquet	Bois d'int.	trappe de visite fibres ciment	panneaux d'habillage en résine	
						garde corps	échelle de secours aluminium	plinthes		couche remplissage ciment ou granulés argiles	planchettes d'habillage	
						main courante	chapes armées	huisseries		chape magnésite	crépissage	
						récepteur à cloche	cadre paillason	éléments de remplissage		sols monolithes adhérents	main courante	
						conduite alimentation	profilés de désolidarisation	garde corps		carreaux ciment	enduits	
						baignoires douches acier émaillé	couvercles de sols	meuble de cuisine		tablette fenêtre fibres ciment	habillage fenêtre PVC	
						évier inox	grilles de sols	meuble SDB		lavabo et accessoires	trappe de visite résine	
						chauffe eau chaudière	arrêt de porte	armoires		panneau ciment-bois	couche remplissage granulés polystyrène	
						canalisations gaz	charnières, paumelles	boîtes aux lettres		habillage fenêtre carton plâtre	mousse polyuréthane	
						gaines acier	serrures	caisses à rideaux		cloison plâtre	chape anhydrite synthétique	
						ossature	poignées de portes	meuble de bureau			sols résine	
						huisseries	mécanisme porte coulissante	tablette de fenêtre			sol plinthes linoléum	
						visserie fixation	plaque de protection	ossature			sol PVC vinyle caoutchouc	
						échelle de secours	plaque signalétique	planchers			plinthes synthétique	
						main courante	main courante alu	sol panneaux bois			portes accordéon	
							boîtes aux lettres				vitrage polycarbonate	
							récepteur à cloche alu, fonte				main courante	
							conduite alimentation cuivre				caisse à rideaux	
							lavabos et accessoires				tablette de fenêtre	
							clapet anti retour laiton bronze				conduites évacuation	
							robinet laiton				tuyaux ventilation	
							chauffe eau, chaudière				récepteur à cloche	
							canalisation gaz cuivre				conduite alimentation	
							extincteur, sprinkler				cuvette WC	
							gaines aluminium				lavabos et accessoires	
							installation électrique				baignoires douches évier acrylique	
							luminaires				robinet	
							peinture armée				chauffe eau chaudière	
							ossature				installation électrique	
							visserie fixation				luminaires	
							rampe aluminium				peinture vernis époxy	
							feuille aluminium, cuivre, zinc				joints	
											cordons d'étanchéité	

■ Matériaux non inertes
□ Matériaux inertes

SCÉNOGRAPHIE

MOBILIER, ENCOMBRANTS

Base béton		Terre cuite	Roches	Brique	Pierres	Verre	Métal		Bois		Composites		Matières organiques
Bétons	Mélange de béton						Acier	Métal	Traité	Non traité	Base minérale	Plastiques synthétique	
		carrelages				vitre éclairage	profilés, structure	profilés, structure luminaires	panneaux revêtement	Petits éléments		soils, panneaux toiles, bâches	tissus cloisons bois et coton gratté
								mâts aluminium	soils			luminaires	carton, papier signalétique
								tringles à cimaises, patères, chaînettes avec crochets	blocs portes			moquettes	plantes
								traverses droites pour les cloisons	comptoirs, étagères, tabourets hôtesse, racks de stockage			blocs portes	
								blocs portes	meublier			comptoirs, étagères, tabourets	
								comptoirs, étagères, tabourets d'hôtesse	Des cloisons et du mobilier en bois (médium, OSB, CP de bouleau)			adhésifs signalétiques	
								rails éclairage	cloisons en mélaminé, carton, et bambou			plexiglas, polycarbonate	
								cadre signalétique				racks de stockage	
								cloisons claustra, cloisons semi- vitrées					
								embases de stabilité					
								racks de stockage					
blocs béton	ciment	articles de décoration		bricallons briques	Gravats	verres colorés et non-colorés		mobilier : table, chaise, lits	mobilier: table, chaise, lits	essences bois massif	laines minérales	Mousse, peluche	Textile
	amiante ciment	tuiles				verres plats		TV, HiFi, Electroménager	panneaux agglo		platre	articles de décoration	livres
		carrelages						vélos, tondeuses	articles de décoration		placoplatre	jouets	cartons
		faïence						articles de décoration	jouets			CD, DVD, Vynils	matelas, chiffons
		céramiques						jouets	bois sec, planches, poutres, portes, caisses			peintures	fil, ruban
		vaisselle						produits de bricolage, jardinage, entretien	lamellé collé, médium, OSB, stratifiés			papier peint	vêtements
								câbles	tréteaux			filis électriques	
								tiges, plaques alu, zinc, bronze, cuivre, laiton, plomb, fer, alliages	bois polymères, rétrifié, contreplaqué, latté, agglomérés			PEHD flacons bouteilles PET bouteilles	
								bijoux	meubles			bassines	
								vaisselle	bambou			goutières PVC	
								oeuvres d'art				bâches	
								filis électriques				papier bulles	
												filis, ruban, vêtements	

CIRCUIT ELIMINATION: BENNES TRIÉES OU NON, REUTILISATION, RECYCLAGE
CIRCUIT ELIMINATION: DÉCHÈTTERIE, CIRCUIT PARALLÈLE, DÉCHARGE SAUVAGE, REEMPLOI, RESSOURCERIE

Tableau des matériaux récupérables

Ces données réinterprètent celles précédentes en tentant un premier tri en vue de la possibilité de réemploi. Cela fait suite aux différents classements de dangerosité des déchets établis par l'Ademe notamment. Le traitement actuel des déchets par type d'activité architecturale est recensé pour permettre de repérer le moment où le circuit peut être rompu pour une exploitation en vue du réemploi. Toutes les échelles de produits y sont traitées pour avoir un panorama complet de la matière à notre disposition. Cependant cela révèle le manque de rationalité des flux de déchets et donc la difficulté à créer une filière de réemploi généralisable. Cela éloigne d'autant plus les concepteurs d'une éventuelle réutilisation.



Rebuilding Center

Ces matériaux qui semblent perdus à première vue ou voués à la décharge, présentent un potentiel de réutilisation. Le réemploi permet justement d'exploiter ces gisements au service de nouvelles constructions.

La Ville de Paris, avec ses partenariats récents et les moyens qu'elle possède (humains et matériels) est en passe de commencer l'exploitation de ces gisements. Jean Louis Missika, Adjoint à la Marie de Paris chargé de l'urbanisme, de l'architecture, des projets du Grand Paris, du développement économique et de l'attractivité déclare dans *Matière grise* : «Il ne suffit pas de considérer les ressources primaires que nous utilisons sous forme de matières premières pour produire des poteaux, des poutres ou des briques, nous devons aussi nous intéresser aux gisements que constituent les constructions elles-mêmes. Le potentiel de réutilisation de ces constructions est énorme. La pratique du réemploi et de la construction n'est pas nouvelle mais, à l'heure des défis majeurs de la ville durable, elle apparaît sous un jour nouveau. L'économie circulaire est un moteur de l'innovation en architecture.»¹⁷ Ce message est encourageant et stimulant dans la première ville de France qui regroupe un grand nombre d'architectes et de manifestations culturelles autour de l'architecture. La Ville de Paris initie différents projets qui vont dans ce sens.

Ces gisements, pour pouvoir être connus de tous et faciliter leur exploitation, doivent faire l'objet d'une réelle analyse. Une méthode de diagnostic doit permettre à des techniciens spécialisés d'évaluer le potentiel de ce gisement, de hiérarchiser les éléments à réemployer pour leur intérêt qualitatif, patrimonial, esthétique,... Le terme de gisement induit une localité. Il ne s'agit pas de déconstruire tout bâtiment en voie de démolition, car les structures de stockage nécessaires n'existent pas. Il s'agit d'une immédiateté qui oblige à déterminer les futurs usages des éléments éventuellement disponibles. Pour cela, les informations concernant les gisements ou les futurs gisements doivent être communiquées instantanément aux différents acteurs d'un projet : concepteurs, constructeurs, maîtres d'ouvrage. Cette instantanéité demande une logistique et des moyens à mettre en œuvre, contribuant à la création de filière du réemploi.

2. Un système économique viable

La place du réemploi dans l'économie actuelle

Le réemploi peut s'inscrire parfaitement dans un système économique viable. Il permet le développement de nouvelles filières durables puisqu'il s'appuie sur un stock considérable de matériaux qui nous entourent. Il n'est pas dépendant des matières premières épuisables.

¹⁷ CHOPPIN Julien ; DELON Nicola. *Op. cit.*, p. 7.

Aux États-Unis, au Canada, des grands magasins sont dédiés aux matériaux récupérés. Les *Rebuilding Centers* sont des centres de réutilisation et de réemploi de matériaux de construction comme celui basé à Portland, en Oregon, aux États-Unis. Ouverts depuis 1998, on compte aujourd'hui plus de cinq cents centres. Ils permettent d'exposer l'offre à tous et ainsi de faciliter l'accès au réemploi pour tous les concepteurs. Devenus une véritable chaîne de magasins, le succès est au rendez-vous et serait exportable en Europe. Les objets se limitent cependant à ceux que l'on pourrait trouver neufs, dans les magasins de bricolage et ne constituent pas une solution à la déconstruction. Les éléments de plus grande échelle demandant une manutention particulière ne peuvent pas entrer dans ce genre de dispositif. Les poutres et poteaux en acier, les éléments préfabriqués en béton demandent qu'on leur attribue immédiatement un nouvel usage si l'on veut investir dans leur déconstruction.

Daniel Pearl, cofondateur de L'Œuf architectes au Canada, explique¹⁸ que le démantèlement d'un bâtiment pour récupérer des éléments à introduire sur une nouvelle construction augmente considérablement le coût des matériaux de réemploi. Cela est aussi accentué au Canada par les longues distances à parcourir sur cet immense territoire. Il faut donc nuancer le gain économique que peut représenter le réemploi et regarder de façon plus globale le cycle de vie. Il y a un équilibre économique à garder entre la disponibilité d'un élément prêt au réemploi et un gisement à exploiter.

Dans un premier temps, le réemploi viendra en complément des matériaux neufs. Il n'entre pas en concurrence avec les distributeurs traditionnels¹⁹ de matériaux mais au contraire favorise les actions individuelles de construction en réduisant les coûts. Ainsi de nombreux particuliers pourront se décider à faire des transformations dans leur habitat jusqu'alors inenvisageables à cause de leur coût. En ayant recours au réemploi pour une partie de leurs matériaux, ils feront des économies certaines. En Belgique, les architectes du collectif Rotor sont très impliqués dans la recherche, l'analyse et les études concernant le réemploi. Ils ont publié de nombreuses études et ont également développé une plateforme d'échange sur internet qui répertorie toutes les sources de matériaux disponibles pour le réemploi à travers le pays. Il s'agit d'une alternative aux *Rebuilding Centers* américains qui évite la mise en place de lieu de stockage général mais qui s'appuie sur la multiplication de petits réservoirs de matière disponible du particulier au professionnel, multipliant ainsi l'offre et utilisant les moyens d'échanges contemporains pour la communication. Ces initiatives ne semblent pour l'instant pas à la hauteur de la force industrielle de notre pays, cependant : « c'est en s'attachant au «petit», au «micro», à l'individu, que l'on peut comprendre et agir sur l'ensemble, le «macro», la collectivité.»²⁰ selon Patrick Bouchain.

¹⁸ In *Entretien* avec Daniel PEARL, Architecte associé, MOAQ, PA LEED, cofondateur de l'ŒUF (l'Office de l'Éclectisme Urbain et Fonctionnel) à Montréal (*réalisé via Skype le 04.12.2015*).

¹⁹ D'après Laurent CHATEAU, ADEME; entretien réalisé par téléphone

²⁰ BOUCHAIN, Patrick. *Construire autrement comment faire?*. Arles : Actes Sud, Beaux Arts, Septembre 2006, p. 8.

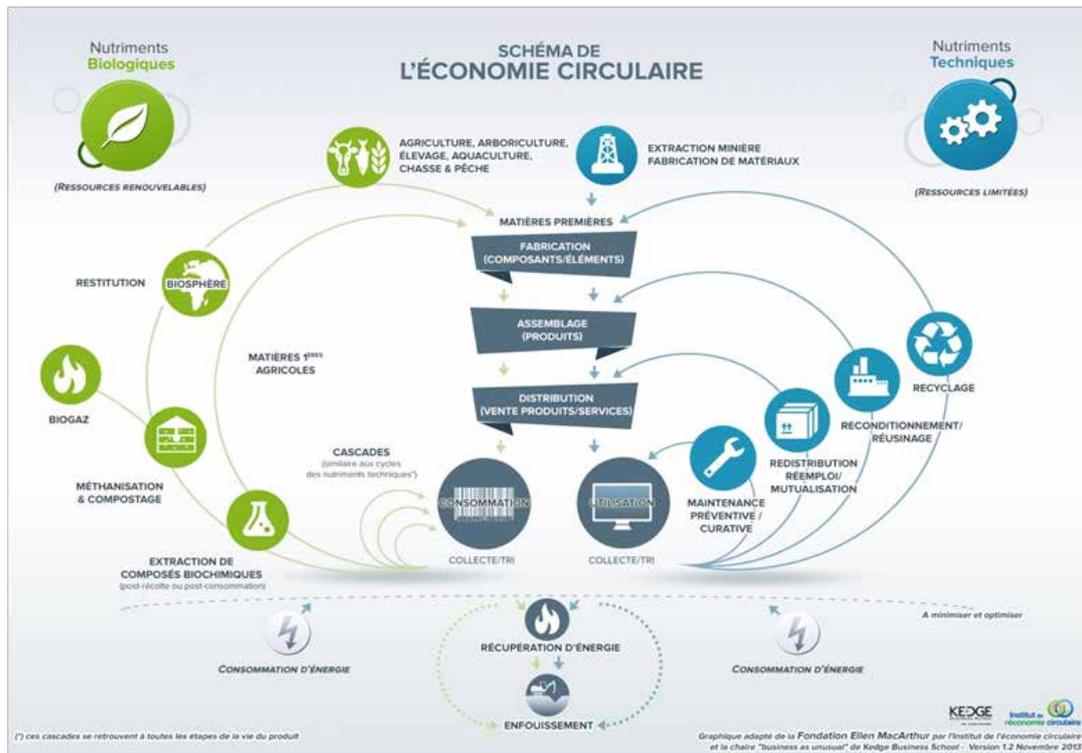


Diagramme issu du site "économie circulaire"

L'économie circulaire comme perspective

Le réemploi fait entièrement partie du principe d'économie circulaire, en s'inscrivant dans un cercle de réutilisation sans lourde dépense énergétique. Les étapes de la réutilisation génèrent de la main d'œuvre, de la logistique, des savoir-faire qui permettent justement de créer des emplois locaux et luttent contre le chômage de nos territoires. Implantables partout en France, les filières de réemploi se développent au même rythme que la transition énergétique. Différents principes économiques au fil de l'histoire récente prônent un changement d'attitude décisionnelle pour mieux appréhender le défi environnemental qui nous attend. En 1984, Ehrlich et sa femme Anne, ont écrit «the population explosion» (l'explosion démographique), dans lequel ils conseillent de «convertir le système économique basé sur la croissance en système basé sur la durabilité en faisant baisser la consommation par personne»²¹. Plus récemment en 1998, Robert Lilienfeld dénonce plus fermement l'économie contemporaine en proposant un nouveau modèle : *Use less stuff: environmental solutions for who we really are* (consommer moins: des solutions environnementales pour les personnes que nous sommes vraiment) et s'exprime ainsi : «Le recyclage est un cachet d'aspirine qui tenterait de soulager une gueule de bois collective plutôt sévère... la surconsommation.»²². Formule osée, elle est autant prononcée pour faire parler du sujet que pour dénoncer la diplomatie concernant l'écologie.

²¹ MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Op.cit.*, p. 74.

²² *Idem*, p. 75.

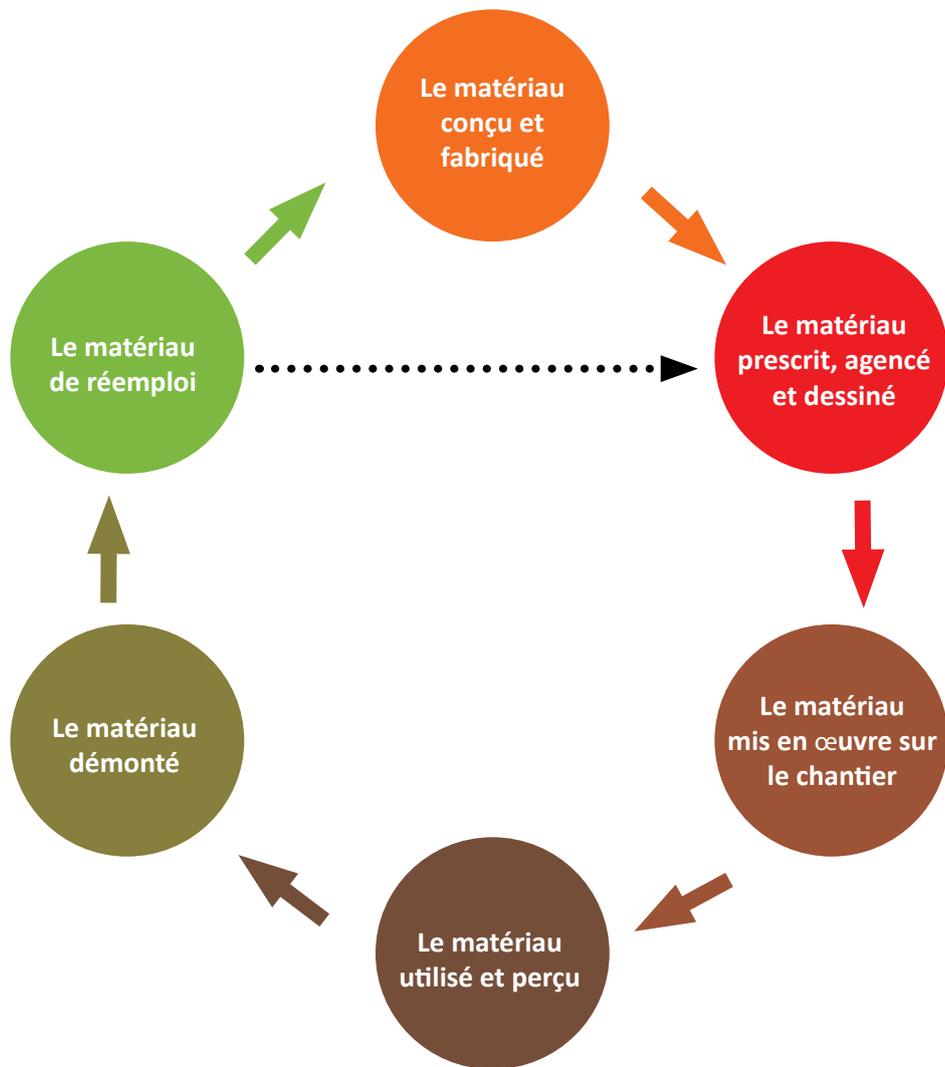
Les auteurs Michael Braungart et William Mc Donough, expriment dans «*Cradle to Cradle*» en 2011, la possibilité et la nécessité de modifier notre système de consommation. Leur définition est résumée par : «Le *cradle to cradle* est un peu comme le bon jardinage; il ne cherche pas à «sauver» la planète mais à apprendre comment y prospérer»²³. Ils s'appliquent à proposer un nouveau modèle de consommation basé sur des solutions concrètes pour transformer la matière utilisée aujourd'hui en ressources pour demain. Aujourd'hui, en France, un nouveau système économique se met en place sur le modèle de «*Cradle to Cradle*». Le modèle post révolution industrielle qui repose sur l'extraction de matières premières, la production, la consommation et les déchets n'est plus viable. Notre consommation surpasse la biocapacité de notre planète. Elle ne peut plus régénérer les ressources renouvelables ni fournir des ressources non renouvelables et absorber les déchets. Ce nouveau système est celui de l'économie circulaire qui concrétise l'objectif de passer d'un modèle de réduction d'impact à un modèle de création de valeur, positif sur un plan social, économique et environnemental. Plusieurs objectifs sont visés, comme le rallongement des flux de matière par le réemploi et le recyclage, l'écoconception sans obsolescence programmée et la réparation des objets²⁴.

Le modèle est une boucle qui permet à la matière de continuer son cycle de vie sans dépense d'énergie supplémentaire. Pour cela de nouveaux modes de conception, production et consommation devront contribuer à la prolongation de la durée d'usage des produits. Le déchet devient alors une simple étape de la boucle mais ne se détache pas du cycle. Ainsi si les matériaux sont conçus pour pouvoir être déconstruits et non plus pour être simplement jetés, ils pourront avoir plusieurs vies dans un processus économiquement viable. L'économie circulaire s'appuie sur la doctrine : «Réparer d'abord, réutiliser ensuite, recycler enfin». Enfin quand un matériau ne peut plus être utilisé, les flux de matières qui le composent peuvent être prolongés au sein d'autres boucles. On évite la mise en décharge et ainsi le gâchis actuel : «La plupart de ces produits ont été faits à partir de matériaux précieux qui ont exigé des efforts et des dépenses afin d'être extraits et fabriqués ; des millions de dollars de biens matériels [...]. Malheureusement, toutes ces choses sont entassées dans une décharge, où leurs qualités sont gâchées.»²⁵ Le «*remanufacturing*» prévoit d'extraire ses composants en état de fonctionner pour les réintégrer au cycle productif. L'étape suivante est le recyclage. Et en fin de cycle, quand la matière est trop dégradée pour être réintroduite dans une boucle, elle est valorisée énergétiquement ou utilisée en méthanisation ou compostage.

²³ MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Op.cit.*, p. 29.

²⁴ Site officiel de l'Institut de l'économie circulaire. *Association nationale multi-acteurs ayant pour objectif la promotion de l'économie circulaire* [en ligne]. Disponible sur : <www.institut-economie-circulaire.fr> (consulté le 10.04.2015).

²⁵ MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Op.cit.*, p. 49.



Les états du matériau au cours de son cycle de vie.

(Adaptation au réemploi, d'après Nadia Hoyet, *Op cit.* p.16)

Le réemploi permet de fermer la boucle et peut ainsi faire correspondre ce cycle fermé avec celui d'un bâtiment idéal (réhabilitation perpétuelle pour s'adapter à long terme aux différents usages.

L'économie circulaire tend au développement d'une coopération entre les acteurs sur les territoires pour privilégier une économie locale. Elle met aussi en relation les acteurs du tissu industriel car les déchets des uns peuvent être les ressources des autres. Certains penseurs sont cependant très critiques vis-à-vis du *Cradle to cradle* : «...loin des promesses douteuses du *cradle to cradle*, des rêves d'alchimie industrielle et des incantations aux miracles de la néguentropie qui promettent aujourd'hui sans ciller un monde dépourvu de déchets et un recyclage ad libitum.»²⁶ L'économie circulaire est moins totalitaire que le C2C et plus mesurée dans ses convictions car elle ne découle pas d'un militantisme mais plutôt d'une politique. L'économie circulaire est en fait, un système passé qui a été oublié au profit d'une économie linéaire²⁷. Selon le cabinet McKinsey, l'économie circulaire permettrait de réaliser une économie nette minimale de 380 milliards de dollars par an de matières premières en Europe.

Un modèle économique source d'emplois et de revalorisation de la main d'œuvre

Le réemploi nécessite une révision du système de fonctionnement actuel du BTP. Demandeur en temps plus qu'en énergie grise, il est également générateur d'emplois. Nadia Hoyet prévient : «Tendre vers ce principe [filrière sèche] permet de raccourcir le cycle de production et de ce fait d'économiser énergie et matière première. Mais, il est bien connu que les pratiques actuelles dans lesquelles les coûts liés à la main d'œuvre sont très élevés, ne favorisent pas ces façons de faire car le démontage et la récupération, appellent des modes opératoires artisanaux, adaptables au cas par cas.»²⁸ Mais ce sont justement la main d'œuvre recherchée et les savoir-faire demandés qu'il faut sublimer pour générer des emplois, qui plus est, locaux. Il faudra aussi prévoir des techniques de démantèlement qui viendront allonger les processus de démolition se transformant en processus de déconstruction. Ceux-ci impliquent une main d'œuvre supplémentaire avec un nouveau savoir-faire à développer.

C'est en grande partie le secteur de la démolition qui pourra bénéficier de nouveaux emplois. Les outils devront également être améliorés ou réinventés pour épargner au mieux la matière. La phase de démolition deviendra déconstruction et devra adopter un rythme plus proche de celui de la construction avec l'embauche correspondante. «Si la déconstruction reste deux fois plus chère que la démolition, sa généralisation sauverait pourtant cent soixante millions de tonnes de déchets de chantier par an, offrirait six fois plus

²⁶ MAROT, Sébastien ; enseignant en histoire de l'environnement à l'ENSAVT de Marne la Vallée. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p.108.

²⁷ BARLES, Sabine, professeur des universités en urbanisme et aménagement Université Paris 1 Panthéon Sorbonne UMR géographie-cités / équipe CRIA : La capitale était un gisement de matières et ce n'est que dans l'entre deux guerres qu'elle a partiellement abandonné ses déchets et eaux usées à l'environnement. Le métabolisme urbain, jusque là partiellement circulaire, peut désormais être qualifié de linéaire : la ville puise des ressources dans la biosphère qu'elle lui restitue sous forme dégradée. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p.41.

²⁸ HOYET, Nadia. *Matériaux et Architecture durable, Fabrication et transformations propriétés physiques et architecturales, approche environnementale*. Paris : Dunod, 2013, p. 211.

de travail (neuf cents heures au lieu de cent cinquante pour une maison de taille moyenne) et créerait des milliers d'emplois» selon Jon Mooallem²⁹. Plusieurs filières pourront se créer pour être au service des concepteurs à l'image des *rebuilding centers* nord-américains. Le stockage, le reconditionnement des matériaux seront à développer partout sur le territoire pour avoir une visée locale et une disponibilité la plus immédiate possible des chantiers. Des antiquaires du réemploi adaptés au monde de la construction pourront se développer.

La communication immédiate d'un gisement pourra se faire grâce aux moyens de communication modernes, ainsi une part d'activité numérique pourra également être nécessaire. La mise à jour de cartes de gisement, d'informations techniques devra être au service des concepteurs. L'expertise technique pourra également déboucher sur des pôles spécialisés pour le réemploi au sein d'établissements comme le CSTB ou l'Ademe dont les sollicitations ne cessent d'augmenter.

Le nouveau métier d'architecte

L'architecte se voit également doté d'une nouvelle mission, celle du déconstructeur pour mieux reconstruire. Il pourra développer son expertise lors des chantiers de déconstructions pour repérer les éléments à fort potentiel de réutilisation ou des éléments à préserver pour leur valeur patrimoniale.

Les tôles de l'académie Fratellini ont été récupérées d'un stock de Disneyland parce qu'elles n'étaient pas toutes de la même couleur mais elles avaient déjà été percées pour leur assemblage. Pour leur réutilisation il a fallu composer pour assurer l'étanchéité des tôles percées³⁰. L'architecte a dû faire un dessin de calepinage pour pouvoir superposer les plaques aux endroits troués tout en essayant de rentabiliser leur surface et cela constitue une charge de travail supplémentaire. Roger Narboni, concepteur lumière, expliquait lors d'une conférence³¹ que plus il prescrivait de lampadaires lors d'un projet, plus élevée était sa rémunération, les honoraires correspondant à un pourcentage du coût du projet. Pourtant il a fait le choix de l'économie et de privilégier l'intérêt écologique d'un projet avant le sien. Le mode de rémunération des architectes est à remettre en cause pour mieux correspondre aux objectifs du développement durable, c'est aussi ce que pense Raphaël Ménard, architecte et ingénieur : «Revoir le mode de rémunération de l'architecte. Ce dernier n'est plus rémunéré en fonction du montant des travaux mais selon l'effort de matière grise ayant encouragé la réduction d'énergie grise.»³²

²⁹ MOOALLEM, John. This old recycable house», *New York Times Magazine*, 26 septembre 2008, p58-59.

³⁰ SERREAU, Coline ; ERLIH, Charlotte ; CASTANY, Laurence. *L'Académie Fratellini, Le cirque de plain-pied / Saint-Denis*. Arles, Actes Sud Beaux Arts, (L'Impensé), Septembre 2008, 110p.

³¹ NARBONI, Roger. *Aménager la ville par la lumière*. Conférence du 6 mars 2013, École d'architecture de la ville et des territoires à Marne-la-Vallée.

³² MÉNARD, Raphaël. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture*. Op. cit., p. 167.



Wang Shu. Ningbo Museum

Réutilisation de tuiles et briques dont la mise en œuvre a été étudiée pour mettre en valeur une technique d'assemblage du réemploi.

Loïc Julienne dénonce lui aussi le système absurde actuel. Même s'il se défend en expliquant qu'il est rémunéré de la même façon que les autres architectes et que cela permet à son agence d'exister convenablement³³, on peut constater que les projets sont moins nombreux et plus économes donc du fait, moins rémunérateurs. On comprend vite lorsque l'on sait que la scène nationale du Channel à Calais a coûté dix fois moins cher que le 104 à Paris³⁴ pour une surface équivalente et un programme d'équipement culturel, que les rémunérations des architectes en portent les conséquences. Cependant l'agence Construire de Patrick Bouchain et Loïc Julienne se porte bien. Ils préfèrent mener à bien des projets éthiquement corrects et prendre plaisir à les réaliser plutôt que de chercher le gros concours et produire des réalisations aux coûts faramineux. Philosophie ou choix de vie, ils assument leurs choix économiques.

L'architecte, par son acte créatif est habitué à rechercher une mise en œuvre inédite, un matériau innovant encore jamais utilisé. Il est formé à la méthode de recherche, cependant l'usage veut que : «Les concepteurs, pris dans le rythme du jeu économique, ont davantage de difficultés à utiliser des solutions non courantes ou exceptionnelles plutôt que des procédés dont les filières de production sont déjà bien en place.»³⁵ C'est donc sur les concepteurs que repose la responsabilité de changer les choses, de rendre plus propres les projets et cela se fait à leur détriment, du point de vue économique, mais pour le bien de la société et des générations futures.

3. La préservation du patrimoine par le réemploi

Valeur patrimoniale

Le réemploi est une véritable prise de position du concepteur et induit de multiples significations. L'esthétique du réemploi au-delà de l'aspect plastique d'un matériau propose un autre niveau de lecture. Le réemploi révèle l'esthétique de la mémoire. Par la poétique du traitement de l'origine du matériau, il permet la mise en valeur voire la sauvegarde d'un patrimoine. Le travail de Wang Shu, prix Pritzker 2012, est démonstratif de prise de conscience du patrimoine. Par son action il contribue à sauvegarder le patrimoine et le savoir-faire de son pays. Il réemploie les briques millénaires récupérées sur les chantiers de démolition et perpétue les valeurs chinoises³⁶. Les chinois ont toujours réemployé les matériaux de constructions par tradition et par nécessité. Aujourd'hui les ingénieurs construisent des projets contemporains en rasant des terrains occupés et en délaissant les anciens matériaux au risque d'effacer totalement les méthodes traditionnelles de construction.

³³ Entretien avec Loïc JULIENNE, le 2 mai 2013, depuis l'agence CONSTRUIRE, Paris.

³⁴ EKOPOLIS. RAVOUX, Julien (réal.). *Interventions de Loïc Julienne et Sonia Vu*, architectes. [en ligne]. Disponible sur <<http://www.ekopolis.fr/ressources/interventions-de-loic-julienne-et-sonia-vu-architectes>> (consulté le 24.04.2015).

³⁵ BIGNIER, Grégoire. *Op. cit.*, p. 39.

³⁶ MAGROU, Rafaël. 'Être amateur est très important' = 'To be an amateur is very important'. Interview de Wang SHU. *L'Architecture d'aujourd'hui*, 2009/2010, déc./janv., n°375. p. 53-92.

Il a réussi à concilier le réemploi de la tradition avec la conception contemporaine tout en exposant dans ses constructions le savoir ancestral. Il montre que contemporain n'est pas antinomique de tradition et que des solutions sont applicables. Le réemploi est un enjeu à développer davantage pour produire une architecture sensée.

Épargner un matériau de la décharge ou du broyage, c'est permettre de le laisser s'exprimer. Par les traces, les usures dont ils témoignent, ils reflètent les usages passés et donnent à lire l'activité humaine passée. Pour Robert Smithson : «les rebuts, entre esprit et matière, sont une mine d'informations»³⁷. Véritables témoins du temps, ils ont fait leur preuve d'une fonction remplie et ne sont pas devenus inaptes. Connaître l'origine de ses matériaux, leurs particularités et leur valeur historique peut contribuer à sauver le patrimoine architectural, à garder les témoins d'une évolution technique et à enrichir la connaissance commune.

Valeur esthétique : la beauté de l'ancien, de l'usé, du patiné

L'attitude des architectes et plus encore des usagers ou des maîtres d'ouvrages montre qu'ils sont parfois encore assez réticents au réemploi. Une réaction de dégoût résultant d'un effet d'accumulation ou de connotation autour du déchet est encore présente. Les artistes contribuent néanmoins à nous sensibiliser sur ces questions sociétales primordiales à notre époque. C'est par cette sensibilisation par l'art et par les écologistes que chacun peut prendre conscience d'un changement à adopter. Les projets issus de réemploi, déjà en place, prouvent que les citoyens acceptent bien cette idée. Les collectivités publiques réalisent aussi que de tels projets peuvent être des valorisations de leur territoire. On voit également des recycleries ou des ventes d'objets de réemploi se multiplier et économiser des mètres cubes de déchets à éliminer. Les mentalités sont en train d'évoluer doucement mais certaines initiatives sont encourageantes.

La recherche esthétique du détournement, de la réutilisation des matériaux est très riche dans le design, en partie parce que les designers accordent ou ont plus de temps pour cette étape dans leur travail. Les architectes, eux, font face à plus de contraintes (négociations avec les différents acteurs, règlements..) et peuvent moins se permettre de passer du temps à coordonner les effets plastiques ou esthétiques d'un matériau et les contraintes de la mise en œuvre, pourtant le réemploi demande cet effort supplémentaire. Les résultats obtenus par les designers sont cependant très intéressants. On oublie totalement l'origine des matériaux à première vue et on n'imagine pas la ou les premières vies du matériau. Pourtant les objets sont témoins d'histoire et on peut les regarder plus attentivement pour comprendre leur provenance et leur assemblage. Ainsi contrairement à l'objet ordinaire compréhensible au premier coup d'œil, l'objet issu de réemploi induit des nouvelles dimensions, plus profondes et rend sa compréhension plus stimulante voire le rend plus respectueux car empli de sens, par ce niveau de lecture supplémentaire.

³⁷ In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture*. Paris : Editions du Pavillon de l'Arsenal, Octobre 2014, p. 12.

Formellement, le matériau peut devenir source d'inspiration pour l'architecte. Il ne vient pas se greffer comme une verrue sur un projet pré dessiné, il vient plutôt constituer l'architecture et prendre pleinement sa place esthétiquement. L'architecte doit magnifier le matériau et son assemblage en fonction de ses contraintes pour l'intégrer à son projet. Comme un nouvel enjeu architectural, le matériau qui vient du hasard des disponibilités ne doit plus l'être au regard du projet fini.

B. Le potentiel de la préfabrication vis-à-vis du réemploi

1. Les objectifs de la préfabrication, l'optimisation sur la durabilité et la pérennité

Le regard historique sur la dimension industrielle et sa rapidité de mise en œuvre

Les éléments préfabriqués ont prouvé leur intérêt dans leur mise en œuvre rapide sur le chantier. Parfois prévu en assemblage à sec, ils présentent l'avantage de maintenir un chantier propre et qui nécessite moins de précautions de pose et de protection. D'autre part, le fait d'usiner les éléments permet une grande précision de mise en œuvre et une technicité plus poussée au niveau de la conception puis la réalisation des matériaux. Les éléments préfabriqués sont également conçus pour être transportés sur leur lieu d'assemblage, et par définition sont plus maniables. Par ailleurs l'industrie apporte de nombreuses garanties : série, standardisation, rationalisation, mécanisation, contrôle (qualité, quantité, temps de production), continuité de production. Ainsi E. Freyssinet affirmait: «Je définis la préfabrication : une méthode de construction par assemblage d'éléments identiques, fabriqués d'avance par longues séries, avec des moyens mécaniques. Le mode d'assemblage doit être rapide et exiger peu de main-d'œuvre, ce qui exclut par exemple, nos murs de briques».³⁸

Cette notion de préfabrication a connu un essor exceptionnel à la suite des reconstructions massives après la seconde guerre mondiale.³⁹ Les grands ensembles se sont largement appuyés sur cette technique au motif de l'urgence du relogement des sinistrés. Cet extrême du recours au «tout-préfabriqué» a engendré des dérives et a créé une vive méfiance des architectes par rapport à ce système. Cependant il ne faut pas créer d'amalgames entre préfabriqué et mal logé. Des problématiques essentielles au logement ont été oubliées lors de cette période d'urgence. L'isolation thermique, l'isolation acoustique sont des étapes primordiales qui ont été alors négligées voire occultées par les constructeurs et maîtres d'ouvrage.

La préfabrication, dès maintenant, est indispensable à l'architecture répondant aux enjeux du développement durable. Grégoire Bignier l'illustre ainsi : «Le choix d'une filière bois pour la construction d'une base de loisirs en forêt peut présenter un bon bilan en phase de ressources (matière renouvelable) et en phase transport (ressource proche du

³⁸ FREYSSINET, Eugène. « Préfabrication et bâtiment », *Bâtir (Revue technique de la Fédération nationale du bâtiment et des activités annexes)*, n° 28, janv. 1953, p. 1-3.

³⁹ GRAF, Franz ; DELEMONTEY, Yvan. *Architecture industrialisée et préfabriquée : connaissance et sauvegarde (understanding and conserving industrialised and prefabricated architecture)*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2012, 435 p..

chantier) mais négatif si les éléments, ne sont pas préfabriqués en usine (temps du chantier en période sensible pour la faune, pollution de l'air par la sciure, performances structurelles médiocres...)»⁴⁰. C'est pourquoi la synergie entre industriels et concepteurs sera provoquée et nécessaire à un avenir propre. C'est la préfabrication d'aujourd'hui que l'on doit rendre perpétuelle pour permettre la sauvegarde des ressources.

Le composant : la résultante d'une architecture décomposée en éléments

Historiquement la définition de préfabrication a longtemps divisé deux camps : celui qui considère que la préfabrication ne s'entend que pour un module construit (Marcel Lods) et celui pour qui la préfabrication existe dès l'échelle de l'élément ou composant. En 1977, Chemillier, futur directeur du CSTB, met en relation formes et fonctions pour définir trois niveaux de préfabriqués⁴¹:

a) Le composant : « [...] est un produit fini qui a suivi une mise en forme telle qu'il peut être intégré directement dans la construction des ouvrages, sans pouvoir toutefois remplir à lui seul une fonction de la construction [par exemple les prédalles] »

b) Le sous-ensemble : « [...] assure à lui seul au moins une fonction technique de la construction [par exemple les panneaux de façade] »

c) Le module : « [...] représente un 'morceau' du bâtiment »

La préfabrication induit un dimensionnement en amont de l'élément préfabriqué ce qui impose le dimensionnement général de la construction. Dans le cas de la préfabrication fermée, la conception est poussée et contrôlée jusqu'à générer une répétition structurelle. Elle s'appuie alors sur une trame, qui permettra une diversité plus ou moins possible des espaces engendrés.⁴² La préfabrication ouverte est, elle, plutôt basée sur les composants. Il s'agit d'éléments typiquement industriels qui sont conçus au sein d'une gamme de produits avec des assemblages compatibles. Ce type de production a l'avantage d'apporter des garanties directement sous la responsabilité de l'industriel. L'architecte peut donc adopter deux positions. Soit il exerce sa conception spatialement en générant des espaces modulaires qui s'appuient sur des règles compositionnelles de trame. Il cherche alors à optimiser son système de construction en s'appuyant sur la préfabrication fermée. Ce type de préfabrication n'est viable économiquement que pour un projet d'ampleur suffisante avec un nombre de répétitions rentables. Soit il analyse directement les produits des catalogues de fabricants pour en tirer les qualités nécessaires à son projet et permet la réalisation d'une grande économie sur sa construction.

⁴⁰ BIGNIER, Grégoire. *Op. cit.*, p. 47.

⁴¹ P. CHEMILLIER, *Les techniques du bâtiment et leur avenir (Nouvelles données du marché, évolution de l'industrialisation)*. Paris: Editions du MONITEUR, 1977, p. 43-44.

⁴² BIGNIER, Grégoire. *Op. cit.* p. 47.

La préfabrication s'inscrit dans une logique rationnelle où chaque élément, chaque assemblage est pensé. C'est également l'objet de chaque architecture quelle qu'elle soit, cependant la préfabrication, quand elle est bien abordée, peut permettre une économie de temps. L'architecte ne cherche pas à inventer un processus de montage, ou un type d'assemblage et s'économise également une part importante de recherches et conseils techniques comme le recours à un bureau d'études.

Il faut cependant se méfier des abus de la préfabrication, qu'ils soient fondés ou non. Ainsi certains concepteurs se voient reprocher le manque d'originalité, à cause du produit industriel qui n'est plus un élément unique au projet. Le concepteur reste dans l'opinion publique, le créatif, et l'architecte est souvent attendu pour sa création exclusive. Il faut donc savoir doser son recours à la préfabrication, ne pas laisser le fabricant exposer son catalogue dans le projet architectural. Mais l'architecte a justement pour rôle de tirer parti des avantages de ces techniques.

Les capacités de réutilisation des matériaux de construction

Les matériaux mis en œuvre usuellement dans la construction présentent d'ores et déjà des capacités à être réutilisés. Connaître ces matériaux est primordial pour les architectes mais aussi : «Penser la durabilité d'une structure en bois ne peut se faire dans les mêmes termes que pour le béton. Il faut considérer que l'on peut en prolonger la durée de vie par le remplacement progressif des parties endommagées, et ce en service, grâce à une conception qui met en œuvre des pièces interchangeables»⁴³. Il faut souligner que les matériaux les plus simples, au sens où les éléments chimiques qui le composent sont relativement limités, sont les plus aptes à être réemployés sans danger. En effet, «La science des matériaux propose aujourd'hui des associations de matières qui décuplent les propriétés des matériaux connus jusqu'alors.»⁴⁴ Ces associations sont faites au nom de l'amélioration des performances mais ces produits sont mis sur le marché sans qu'on ait étudié leur fin de vie, leur dangerosité à long terme ou encore leur possibilité de recyclage ou de décomposition.

Le bois présente le double avantage d'être une ressource renouvelable et potentiellement réutilisable : «Comme toute construction en filière sèche, la transformation d'un bâtiment en bois peut être effectuée sans intervention lourde. Si la conception initiale a anticipé l'évolutivité avec une bonne coordination dimensionnelle et une dissociation suffisante des séquences constructives du seconde œuvre, il suffira seulement d'un tournevis et d'une scie pour modifier les volumes intérieurs. Parce qu'ils sont montés avec des assemblages mécaniques, les éléments de la construction sont démontables.

⁴³ BIGNIER, Grégoire. *Op. cit.*, p. 54.

⁴⁴ HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p. 15

Le démontage, opposé à la démolition destructrice, permet de désolidariser chaque composant pour les réemployer dans une nouvelle construction.»⁴⁵ De plus, il est relativement léger et facilement manipulable mais aussi redimensionnable sans apport important d'énergie.

L'acier fait lui aussi partie de la filière sèche. Même s'il faut bien distinguer l'assemblage soudé de l'assemblage boulonné, démontable. «La construction en acier montée avec des assemblages mécaniques permet l'interchangeabilité de ses pièces. La coordination modulaire des éléments de gros-œuvre assure une facilité d'intervention avec un impact minimum pour transformer l'agencement des volumes intérieurs comme le déplacement de paroi ou la création de trémie. [...] Une construction en acier se démonte et peut se remonter. Le bâtiment peut être réutilisé intégralement sur un autre site. L'exemple de la halle de Baltard remontée à Nogent sur Marne en atteste. Les composants de structure et d'enveloppe, une fois démontés, peuvent être réutilisés dans une nouvelle construction sous réserve de la vérification de leur état et de l'ajustement de leurs dimensions.»⁴⁶

Pour le béton, des éléments peuvent être préfabriqués mais seront ensuite scellés sur le chantier. Globalement, la construction en béton reste monolithique alors : «Sa transformation demande une phase de démolition préalable, avec rejets de gravats, qui alourdit le processus de reconversion. L'évolutivité d'une construction en béton est effective quand l'architecture initiale l'anticipe avec une disposition judicieuse des organes porteurs. [...] La démolition d'un bâtiment en béton est de type destructif. En raison de sa transformation chimique, les gravats de béton ne peuvent pas être intégrés dans la fabrication d'un nouveau béton.»⁴⁷

La pierre, longtemps utilisée, est maintenant délaissée. «La construction en pierre n'est pas faite pour évoluer de façon modulable. Les assemblages sont de l'ordre du collage et non pas mécaniques, hormis en cas de pierre agrafée. La construction en pierre peut toutefois être démontée si les joints de scellement des blocs entre eux l'autorisent. Les pierres de taille ont de tout temps été recyclées de chantier en chantier.»⁴⁸

La brique «dont les dimensions obéissent à une règle permettant un maximum de combinaisons (majoritairement, la longueur est égale à deux fois la largeur et quatre fois la hauteur)» présente de nombreuses qualités de pérennité et d'intégrité. «Le caractère générique de cet élément de construction a permis de développer une architecture qui,

⁴⁵ HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p. 69.

⁴⁶ *Idem*, p. 106.

⁴⁷ *Id.*, p. 129.

⁴⁸ *Id.*, p. 148.

d'une certaine manière, autorisait le réemploi de matière et donc d'une certaine manière de l'énergie.»⁴⁹ Cependant «La démolition d'une construction porteuse en terre cuite est de type destructif. Les gravats sont des déchets inertes qui ne se recyclent pas. Dans les constructions qui mettent en œuvre la brique en parement, on peut envisager la dépose des briques pour une réutilisation. Cette pratique, bien que marginale, est effectuée dans des chantiers expérimentaux.»⁵⁰ On peut nuancer les propos pessimistes de l'auteur car de nombreuses études (Re-brick au Danemark) ou des exemples de réemploi de grande envergure comme les projets de Wang Shu, prouvent que le démontage de briques n'est pas si marginal et présente un grand potentiel. Daniel Pearl explique⁵¹ ainsi que les briques qu'il voulait récupérer pour un projet présentaient de meilleures caractéristiques que les briques neuves, d'où l'intérêt de les conserver et leur réemploi.

Le verre plus recyclable que réemployable pose néanmoins de plus en plus de problèmes car la complexité de ses performances rend difficile la séparation des différents additifs. «La réutilisation de volumes de verre en nouveaux vitrages pour une autre construction est possible mais ne fait pas encore partie des habitudes. On préfère sa réintroduction dans le cycle complet de production, au cours du recyclage. Notons qu'un vitrage isolant ne peut pas être recoupé ce qui complexifie sa réutilisation en œuvre.»⁵²

On peut ainsi établir le degré d'adaptation d'un matériau, ce qui induit la possibilité d'évolution d'un bâtiment : «Certains requièrent en effet des démolitions destructrices alors que d'autres sont démontables et autorisent de ce fait des transformations mécaniques avec une réutilisation des matériaux.»⁵³ On peut remarquer que le terme de «démolitions destructrices» s'apparente à un pléonasme. Le vocabulaire du réemploi veut que l'on parle plutôt de déconstruction, toute démolition étant destructrice de matière. «Le bois et l'acier répondent de façon intrinsèque aux critères de la filière sèche. L'ensemble des productions est concerné, des profils structurels aux revêtements. Les éléments peuvent aussi être redimensionnés, propriété fondamentale pour un réemploi facile.»⁵⁴ L'acier et le bois laissent la possibilité d'un redimensionnement pour s'adapter à un nouveau projet, mais ce procédé doit être limité pour ne pas perdre trop de matière à long terme.

⁴⁹ BIGNIER, Grégoire. *Op. cit.*, p. 74.

⁵⁰ HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p. 187.

⁵¹ In *Entretien* avec Daniel PEARL, Architecte associé, MOAQA, PA LEED, cofondateur de l'ŒUF (l'Office de l'Éclectisme Urbain et Fonctionnel) à Montréal (*réalisé via Skype le 04.12.2015*).

⁵² HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p. 167.

⁵³ *Idem*, p. 33.

⁵⁴ *Id.*, p. 211.

2. Les théories pionnières

Le manque de temps, d'ouvriers, et d'argent aboutissent à créer l'industrie de la préfabrication, la plus rentable possible : «La période de reconstruction qui caractérise l'après guerre est l'occasion pour de nombreux entrepreneurs de mettre au point des techniques destinées à pallier le manque de main d'œuvre, tel Raymond Camus qui dépose en 1948 un brevet d'industrialisation de panneaux en béton armé. Il s'agissait aussi de construire avec un nombre restreint d'éléments répétitifs, faciles à fabriquer. Le mode de production d'éléments répétitifs en ateliers permet de contrôler la qualité des fabrications et de mieux maîtriser les délais et les coûts. Le principe de «l'industrialisation ouverte» est inventé pour concevoir le bâtiment et l'architecture avec des composants sortis d'usine, en utilisant une coordination dimensionnelle partagée par tous les acteurs. Cependant le béton n'est pas le matériau le plus performant pour ce principe constructif qui sera abandonné assez rapidement.»⁵⁵ Il faudra distinguer les principes préfabriqués découlant de constructeurs peu scrupuleux d'une conception architecturale raisonnée et performante.

Lods

La célèbre phrase «Le bâtiment de demain se fera en usine.» attribuée à Lods démontre, la confiance qu'avaient les architectes du CIAM dans la préfabrication. Pour lui, il s'agissait de préfabrication lourde, c'est-à-dire une préfabrication fermée et poussée à l'extrême pour rentabiliser au maximum la technique industrielle. «Le mur en briques le plus classique serait lui-même préfabriqué, puisqu'il est composé de briques qui sont fabriquées «avant» et d'un mortier fait avec du ciment et de la chaux, eux aussi fabriqués «avant»⁵⁶». Il entend ainsi que la préfabrication concerne un volume, une construction entière et que l'intérêt se trouve dans l'aboutissement d'assemblage de modules et non dans le composant en lui-même. Chaque matériau pris à part peut en effet être considéré comme préfabriqué. Lods peut être considéré comme l'un des meilleurs «préfabricants», car il allie son ingéniosité aux process industriels. Précurseur, il arrive à prendre en compte les problématiques d'isolation thermique. C'est sûrement cela qui a permis de protéger son œuvre d'une destruction et même d'envisager sa protection, comme à Fontainebleau.

Chemetov

Pour Paul Chemetov, «Il faut mettre en pièces les bâtiments, et mettre en scène les pièces que fabrique l'industrie». Prônant la vérité architecturale, il met en scène les produits bruts de l'industrie dans la lignée de Marcel Lods. La notion d'habitat devient centrale pour lui et totalement prioritaire devant la composition de façade. Il met en parallèle la rationalité de la préfabrication avec la rationalité des espaces. Ainsi la préfabrication ne peut être qu'au

⁵⁵ HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p. 111.

⁵⁶ LODS, Marcel. « De la préfabrication », *Le Moniteur des Travaux publics et du Bâtiment*, n°hors série, nov. 1946, p. 52.

service d'un habitat de taille raisonnable et non d'un appartement de luxe. Il y a un rapport de champ d'action entre préfabrication et logement social, une modestie spatiale et une modestie de moyens financiers. Sa grande expérience et sa longévité permettent de le placer parmi les pionniers et en même temps parmi les architectes contemporains. Il continue de donner son avis et se confronte à l'architecture passée. S'il affirme aujourd'hui que faire table rase n'est pas une bonne option et que l'histoire s'écrit et se témoigne à travers des bâtiments, alors pour lui la préfabrication à neuf d'hier doit être conservée aujourd'hui. Ce mode de construction sur page blanche n'est plus concevable aujourd'hui.

Kroll

Premier à soulever les dérives d'une industrialisation massive de la construction, il a très vite dénoncé la déshumanisation de ces réalisations. Il invente alors le terme de «dépréfabrication» pour lutter contre une dictature architecturale et redonner le pouvoir aux habitants. Il pousse à la désobéissance civile pour permettre aux locataires de s'approprier leur espace d'habitation. Jouant avec les trames, les espaces sont redéfinis et s'adaptent aux besoins de chacun, chose qui n'était plus possible. En effet la préfabrication lourde d'un immeuble oublie l'individualisation des besoins. Il cite l'exemple d'un bâtiment⁵⁷ en rez-de-chaussée au Danemark, près du port dont les dix étages qu'il comportait ont été revendus au Maroc où ils ont été remontés tels quels. Le démontage successif des éléments assemblés à outrance permet de retrouver des proportions raisonnables. La préfabrication devrait être pensée avec l'utilisateur et non pas pour l'utilisateur. Kroll veut redonner la priorité à l'habitant. Pour cela la préfabrication devrait permettre une flexibilité d'aménagement, des systèmes d'assemblages facilement démontables par les locataires pour pouvoir adapter ses cloisonnements à leurs besoins, voire aux évolutions de cellules familiales.

⁵⁷ KROLL, Lucien. La dépréfabrication ? Pourquoi pas ?. *Architecture intérieure CREE*, octobre-novembre 1993, n°256, p89.

C. Constat et états des lieux de la préfabrication aujourd'hui

1. Recul sur les premiers bâtiments construits avec la préfabrication

La réhabilitation des bâtiments, une réutilisation de l'existant

Beaucoup de grands ensembles datant de la période de reconstruction massive ont été démolis aujourd'hui. Problèmes sociaux, sanitaires ou spatiaux, leur fin de vie a été actée et la démolition permettait de tirer définitivement un trait sur cette époque révolue. Cependant des immeubles moins iconiques sont toujours présents et continuent d'abriter une population nombreuse. On reconnaît aujourd'hui que : «L'option de la réhabilitation est de plus en plus fréquente car elle évite les démolitions coûteuses.»⁵⁸ D'autant plus que le traitement des déchets sera de plus en plus réglementé et minutieux, ce qui participera à l'augmentation des coûts. Certains bâtiments ont donc fait l'objet d'une réhabilitation comme la tour Bois Le Prêtre par Lacaton et Vassal.

Un exemple actuel est celui du bâtiment de Marcel Lods à Fontainebleau. Dans les années 50, un projet baptisé «*Village Shape*» prévoyait la construction de trois cents logements en barres destinés au personnel de l'OTAN. Pour sa réalisation une usine foraine est implantée à Melun sur une emprise ferroviaire. L'ensemble des composants des bâtiments y est mis en œuvre (portiques, poteaux, murs séparatifs de logements, façades, planchers, escaliers), d'ores et déjà équipés de leurs éléments de second-œuvre. Les panneaux de façade, réalisés en béton de pouzzolane (scorie volcanique naturelle, économique, légère et isolante) se passent de tout enduit de finition grâce à l'incorporation de galets en surface. Sur le chantier, ces composants sont montés sans échafaudages. Des gaines techniques préfabriquées baptisées «mandoline» sont utilisées, prêtes au branchement direct des appareils sanitaires. La préfabrication a investi toute la construction jusqu'aux équipements intégrés aux modules. Alliant innovation technologique contemporaine et maîtrise de la préfabrication, les qualités de ce bâtiment ont perduré jusqu'à nos jours. En effet, aujourd'hui, le projet de réhabilitation dont il est question prévoit 358 logements, 10 bureaux et quelque 14 locaux commerciaux répartis sur ces quatre immeubles. Une rénovation qui devrait durer jusqu'à la fin du premier semestre 2016. Le bailleur social qui pilote ce chantier, a investi 7,5 millions d'euros pour le projet.⁵⁹ L'étude des architectes en charge de leur réhabilitation, l'agence Eliet & Lehmann, a permis de remettre à jour la vertu initiale des bâtiments notamment, contre toute attente, leur comportement thermique remarquable pour l'époque et leur riche potentiel de transformation.

⁵⁸ HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p. 18

⁵⁹ Article en une du 19/12/2014, <http://www.larepublique77.fr>.



1950-53



2015

Marcel Lods à Fontainebleau, site de la Faisanderie.
Les qualités du bâtiment d'origine ont permis une réhabilitation complète sans dénaturer la modénature de Lods. L'opération, importante, n'a pas abîmé visuellement le projet de Lods.

Contrairement à d'autres bâtiments préfabriqués largement critiqués, les barres de Lods ont prouvé leur efficacité et légitimé la réhabilitation en logements actuels. La durabilité des bâtiments préfabriqués est ainsi re-questionnée. Une étude des causes déterminant la fin de vie d'un bâtiment doit être mise en place. S'agissait-il d'un manque d'entretien? S'agissait-il d'une faille dans les caractéristiques techniques initialement prévues ? Ou la durée de vie espérée était-elle bien celle-ci ?

Analyse de la durée de vie des bâtiments de la préfabrication

Il est cependant à noter qu'aujourd'hui des actions doivent être menées sur tous ces bâtiments qui ne répondent plus aux critères actuels de qualité d'habitat. Patrick Bouchain déclare qu' « Il est possible qu'avec le temps une réponse bonne à un moment donné ne le soit plus quelques années plus tard. Le modèle devient donc de plus en plus difficile à appliquer, il demande de plus en plus de temps et d'énergie pour être appliqué dans un environnement qui ne correspond plus. Il faut donc refuser le modèle, le standard, le répétitif, et toujours se mettre dans une situation où, à une question posée et dans un contexte donné, il faut trouver une solution particulière.»⁶⁰ Les logements créés peuvent être réadaptés à nos modes de vie contemporains. Différentes stratégies peuvent être choisies mais revaloriser les habitants est nécessaire pour qu'ils puissent à leur tour mettre en valeur leur logement et l'entretenir.

Des études menées jusqu'à l'échelle ministérielle ont pour objectif de dresser un bilan sur la durée de vie des bâtiments. Aujourd'hui on tente surtout de réparer les erreurs du passé sur l'existant. Mais c'est un critère qui doit s'intégrer pleinement dans la conception. Comme l'exprime Sébastien Marot : « Le principal postulat de l'architecture est l'immobilité de ses produits, impliquant l'irréversibilité de la genèse, donc aussi l'irréversibilité de la dégradation dans le temps, l'impossibilité d'une réparation totale et d'un transfert.»⁶¹ On ne peut plus se permettre de construire des bâtiments à durée indéterminée, au sens littéral du terme. Les matières premières nous font défaut et la réhabilitation peut être coûteuse du point de vue économique et énergétique. C'est à notre génération de concepteurs de s'engager à concevoir des bâtiments pour une durée déterminée, selon les contraintes particulières à chaque projet. L'important étant d'anticiper l'avenir des matériaux mis en œuvre en conséquence de cette période de fonction. Au même titre qu'un bilan thermique doit être engagé et renseigné dans les documents relatifs soumis lors du dépôt de dossier de demande de Permis de Construire, la durée prévisionnelle du bâtiment et les solutions de reconversion devront être abordées de façon méthodique dans un avenir proche.

Le réemploi peut apporter des solutions concrètes et immédiates aux bâtiments voués à la démolition en prenant en charge un bilan énergétique positif. Il évite l'énergie nécessaire à la démolition et à la mise en décharge. Il apporte une plus-value environnementale et

⁶⁰ BOUCHAIN, Patrick. *Op. cit.*, p. 108

⁶¹ MAROT, Sébastien ; enseignant en histoire de l'environnement à l'ENSAVT de Marne la Vallée. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p.107.

patrimoniale aux matériaux. La préfabrication permettra de trouver des solutions pérennes pour éviter ce mode d'action néfaste qu'est la démolition. Elle trouve son intérêt aujourd'hui dans l'anticipation des besoins et la flexibilité fonctionnelle. Elle devra demain proposer des reconversions constructives à l'échelle de l'élément. La durabilité réside dans les possibilités de réemploi. Le parc immobilier constitué aujourd'hui donne d'innombrables occasions d'agir et peut en même temps inquiéter par la quantité de matière utilisée. On sait dès à présent que l'on ne pourra plus répondre à nos besoins constructifs par les matériaux neufs. Un bâtiment ne doit plus avoir une naissance et une mort mais un renouvellement perpétuel.

2. La démolition vs la déconstruction

Le recours à la démolition

La démolition en soi n'est pas une solution qui emporte l'unanimité. Elle détruit un lieu de vie auquel les habitants étaient attachés, elle entraîne de fortes nuisances et elle nécessite de gros moyens énergétiques. Elle exclut également toute réutilisation possible en détruisant la matière.

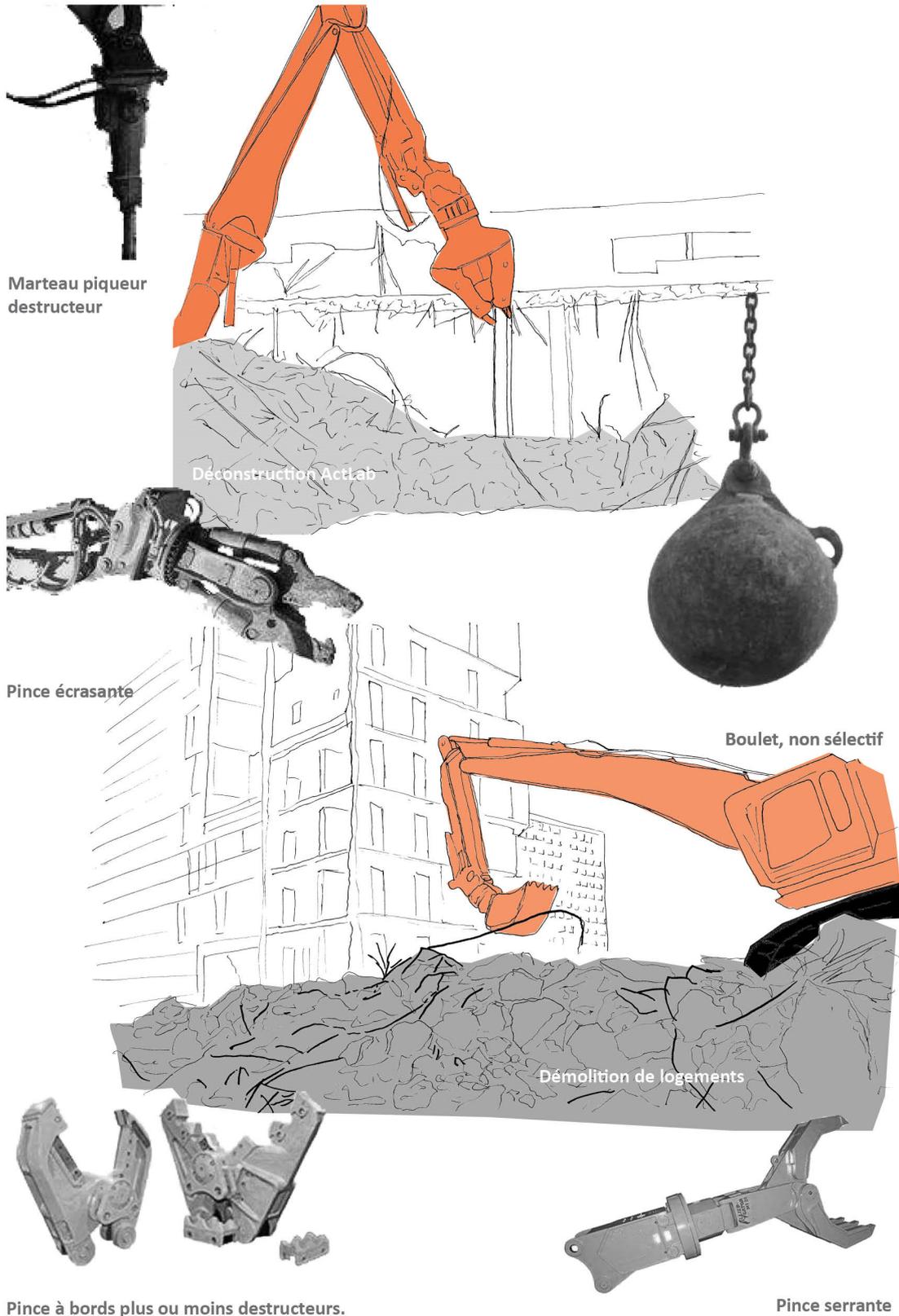
«Si on les démolit, on ne peut rien récupérer car tout est broyé, et la matière ne peut plus servir. À partir du moment où on déconstruit proprement, là on peut commencer à envisager le réemploi de matériaux pour reconstruire des bâtiments»⁶².

L'agence Encore Heureux suit un projet de déconstruction à Montrouge (Hauts de seine) à la demande de Réhagreen. L'objectif est de limiter au maximum les déchets liés à la démolition. Plusieurs éléments préfabriqués sont récupérables, comme les allèges par exemple. Le traitement de plus en plus drastique des déchets imposé par la législation va rendre obsolète la démolition au profit d'une déconstruction. Néanmoins le tri des déchets s'impose de plus en plus et entraîne déjà des coûts supplémentaires : «En France, l'évolution réglementaire, avec la mise en œuvre des lois Grenelle 1 et 2, incite aujourd'hui les démolisseurs à mieux trier leurs bennes de chantier et donc à mieux déconstruire. Dans bien des cas, cela induit un surcoût et un effort supplémentaire : pour le démolisseur qui prend plus de temps par mètre carré déconstruit et pour le maître d'ouvrage qui finance un diagnostic déchets en amont.»⁶³ Ce diagnostic rendu obligatoire par la loi Grenelle 2⁶⁴, pour des chantiers dont la surface de plancher est supérieure à 1000 m², peut inciter à poursuivre les efforts vers une déconstruction, qui n'engendrerait pas de coût significatif pour ces projets de grande ampleur.

⁶² explique Julien Choppin, architecte à l'agence Encore heureux, au micro de France 2 (Reportage JT 20h, 19 mars 2015).

⁶³ CHOPPIN Julien ; DELON Nicola. *Op. cit.*, p. 309.

⁶⁴ Décret n° 2011-610 du 31 mai 2011 relatif au diagnostic portant sur la gestion des déchets issus de la démolition de catégories de bâtiments, *Art. R. 111-43*. JORF n°0127, 1 juin 2011, page 9469, texte n° 8.



Marteau piqueur destructeur

Déconstruction ActLab

Pince écrasante

Boulet, non sélectif

Démolition de logements

Pince à bords plus ou moins destructeurs.

Pince serrante

Démolition vs déconstruction.
 Le changement de système implique de nouveaux outils de moins en moins destructeur du point de vue de la matière.

Une déconstruction en vue de reconstruire

Introduire une part de déconstruction semble tout de suite exiger des délais plus longs aux démolisseurs ainsi qu'un investissement particulier. Cela demande une nouvelle formation aux ouvriers qui doivent maîtriser de nouvelles techniques : la déconstruction demande de la minutie, un nouveau savoir-faire, de nouveaux processus.

De grandes entreprises comme Bouygues Immobilier gèrent un énorme parc immobilier et commencent à mettre en place des alternatives à la méthode basique de la démolition brute pour la reconstruction à neuf. Par la création de filière comme Réhagreen, Bouygues tente une reconversion, un changement dans ses modes opératoires afin de profiter des ressources à sa disposition et de les rentabiliser. C'est le cas sur plusieurs de ses chantiers de démolition récents qui opèrent une mutation en chantiers de déconstruction. Ceci implique un coût financier de base et des délais allongés. Pourtant, un partenariat entre Bouygues immobilier et les architectes d'Encore Heureux montre qu'une démarche de déconstruction peut s'inscrire en parallèle d'une démolition classique. Réhagreen a ainsi financé un petit pôle de recherches dirigées par les architectes pour diagnostiquer les éléments de la construction potentiellement démontables et réutilisables. Les architectes ont également dû déterminer les futurs usages de ces matériaux récupérés. En effet, il est assez facile de tomber dans le piège du tout récupérable et de tout récupérer. Néanmoins on ne peut se permettre de déconstruire tout un bâtiment pour le stocker ensuite en pièces détachées. Cela demanderait d'immenses entrepôts, et des charges beaucoup trop importantes en découleraient.



Déconstruction du château de la Bastille, 1789
avec récupération des pierres.

Déconstruire peut paraître une perte de temps et un surcoût pour le client dans notre système actuel mais il pourra faire une économie sur les frais de mise en décharge qui ont tendance à augmenter. Cela implique une remise en cause du système économique dans le monde du bâtiment. Remise en cause qui devient nécessaire et inévitable face à la problématique d'épuisement des matières premières. La déconstruction n'est pas un principe révolutionnaire, c'était un mode de fonctionnement naturel à une période de notre histoire. La Bastille, par exemple a été déconstruite et tout a été réemployé par les parisiens, rien n'est allé à la déchetterie. Huit cents ouvriers ont démonté les pierres qui ont servi plus tard pour la construction du Pont de la Concorde, ou encore pour un atelier d'artiste dans le Marais. Nadia Hoyet le confirme : «Le réemploi des matériaux de construction a existé de tout temps. On connaît le cas des grandes abbayes médiévales qui ont servi, comme celle de Cluny par exemple, de carrière de pierres à plusieurs générations de bâtisseurs.

Ces pratiques, dictées par des contraintes économiques, anticipaient une gestion raisonnée des ressources.»⁶⁵, même si, à l'époque, le caractère environnemental n'était pas recherché mais implicite. En plus d'un intérêt économique, les matériaux de seconde main sont plus sûrs puisque résistants au temps : «On préfère même, jusqu'au milieu du XIX^e siècle environ, les vieilles tuiles aux neuves car elles ont fait leur preuve.»⁶⁶ Aujourd'hui la complexité de nos assemblages et l'élaboration de nos méthodes constructives nous ont éloignés de ces principes fondateurs, que l'on doit retrouver : «la dé-fabrication peut être anticipée dès la conception en facilitant le démontage.»⁶⁷

Le partenariat entre une grande entreprise du BTP et une petite agence d'architectes, bien que démesuré, laisse paraître qu'un changement est possible. Leur prototype de déconstruction, réemploi sur place des matériaux récupérés s'est inscrit dans le processus de chantier sans allongement des délais et avec un investissement financier minime de l'entreprise au vu des coûts de démolition entrant en jeu. La volonté du groupe de réitérer cette méthode et d'investir dans ces recherches montre l'enjeu et l'impact financier que pourraient avoir la déconstruction et le réemploi dans quelques années. Même si l'investissement semble minime, il a l'intérêt d'exister. Bouygues espère ainsi se positionner en précurseur et avoir une longueur d'avance sur ses concurrents en vue d'anticiper l'épuisement des ressources.

⁶⁵ HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p.19

⁶⁶ BARLES, Sabine. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p. 42.

⁶⁷ HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p.19

A. Les expériences de réemploi

1. Le contexte

La structure : L'Œuf architectes vs Patrick Bouchain

L'Académie Fratellini de Patrick Bouchain met en place des solutions de réemploi avec des références constructives régionales en rapport avec le site d'implantation. Pour le projet, le recours aux matériaux de réemploi a été multiple (tôles des façades, poteaux, évacuation des eaux, dalle,...) Mais l'équipe de Patrick Bouchain s'est heurtée à la difficulté de déconstruire une charpente canadienne située non loin de là. Cette charpente existante était laissée à l'abandon et son propriétaire était d'accord pour la céder. Un appel d'offre a été lancé mais le coût estimé pour la déconstruction, le déplacement et la reconstruction était trop élevé pour ce projet au budget très serré. A cela s'ajoutait le délai supplémentaire à la manœuvre qui a fini de décourager les architectes. La charpente en bois a donc été reprise sur le modèle de charpente industrielle de l'entrepôt voisin, aujourd'hui disparu⁶⁸. L'Académie se veut ainsi le souvenir d'une activité passée. «Du labeur des ouvriers qui ont trimé à St Denis et dans la région, il ne reste plus rien. On est en train de démolir la mémoire de la classe ouvrière pour construire des bureaux affreux»⁶⁹. Elle veut inclure une dimension patrimoniale dans ce quartier de St Denis, aujourd'hui totalement dévolu à l'activité tertiaire et à l'architecture de bureaux totalement dissociée de l'activité industrielle présente précédemment⁷⁰. L'agence Construire cherche à donner une âme à ces bâtiments, apporter de la vie à un territoire. «On essaye de mettre des choses qui vont raconter des histoires. Plutôt que des matériaux qui ne racontent rien, c'est une façon d'habiter les lieux ou de les pré habiter, donner un esprit, une âme» explique Loïc Julienne⁷¹.

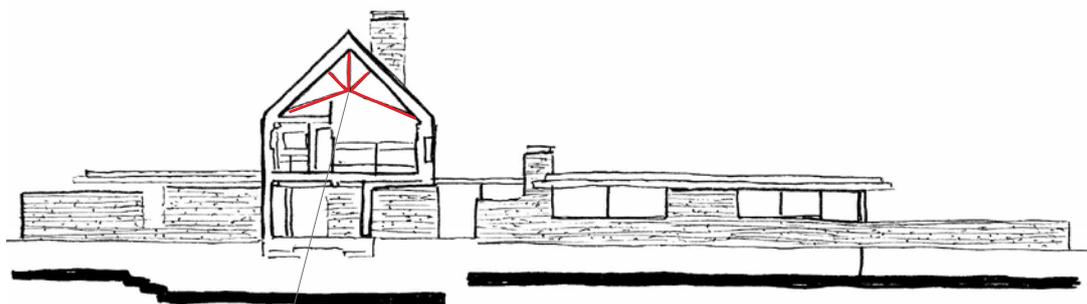
Au Canada, la même philosophie s'exprime dans le travail de L'Œuf architectes. Ces derniers ont réussi à intégrer des éléments de réemploi pour la charpente d'une maison particulière. Ils ont pu démanteler une ferme existante pour intégrer ces éléments dans la nouvelle maison. Cette opération supplémentaire de déconstruction a amené une dépense

⁶⁸ SERREAU, Coline ; ERLIH, Charlotte ; CASTANY, Laurence. L'Académie Fratellini, Le cirque de plain-pied *op. cit.* p.39

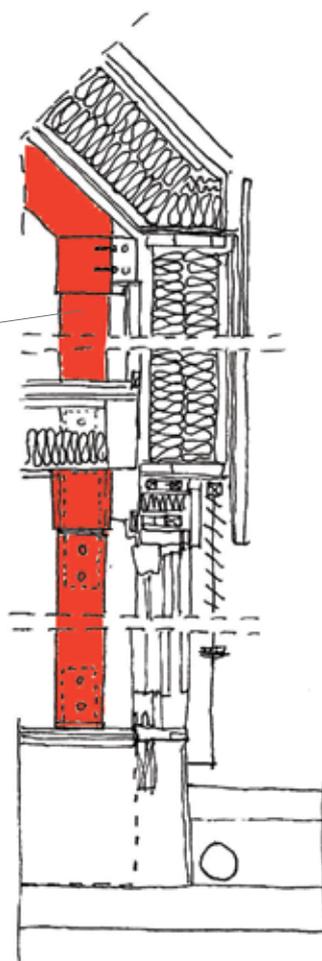
⁶⁹ *Idem*, p.38

⁷⁰ Extrait de l'entretien avec Loïc JULIENNE réalisé le 2 mai 2013, par téléphone. L.J. « l'académie se situe dans une ZAC. La ZAC était essentiellement conçue pour les activités et il n'y a pas beaucoup d'habitations donc pas vraiment d'emprise avec une population. L'académie a plus une fonction publique. Le terrain de la ZAC sur lequel on s'est implanté était un terrain réservé, à la base, pour un équipement et dans l'esprit de l'aménageur c'était plutôt des courts de tennis pour les cadres qui viennent y travailler. On a obtenu l'emplacement à titre provisoire, ça devait être une construction temporaire mais en général quand elles sont réussies elles restent. L'aménageur a perçu d'un mauvais œil des «romanichels» à la place d'un terrain de tennis. [...] Il manquait un peu de vie, il manquait une âme à ce beau quartier, une image au quartier et c'est ce qu'apporte l'académie. Ils ont adopté l'académie jusqu'à baptiser des noms de rues par des noms des membres de l'académie Fratellini. C'est par l'acte de construire que l'académie s'est faite accepter, pas avant sur le projet. »

⁷¹ *Ibidem*.

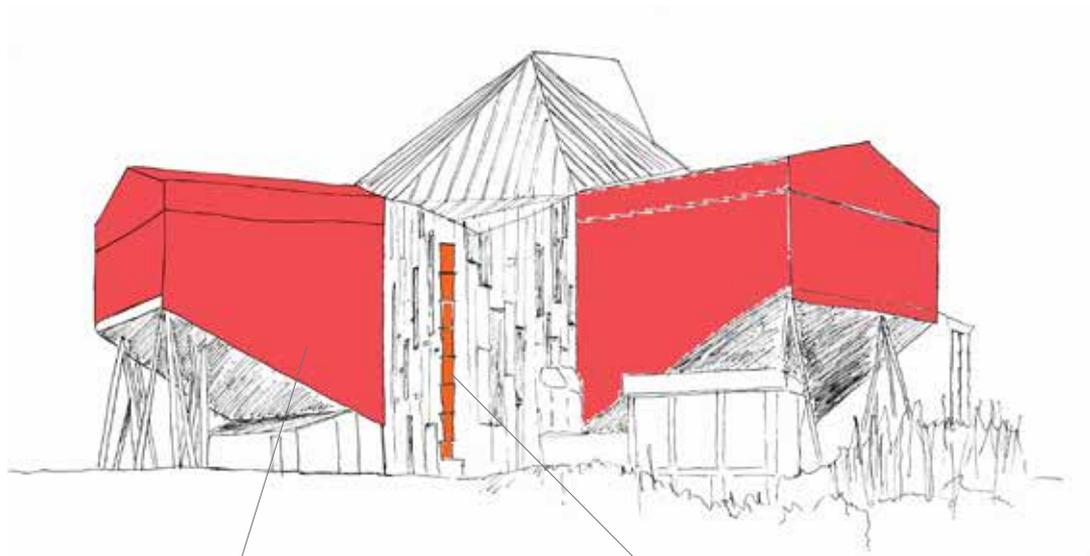


Éléments de structure en réemploi avec assemblages métalliques neufs.



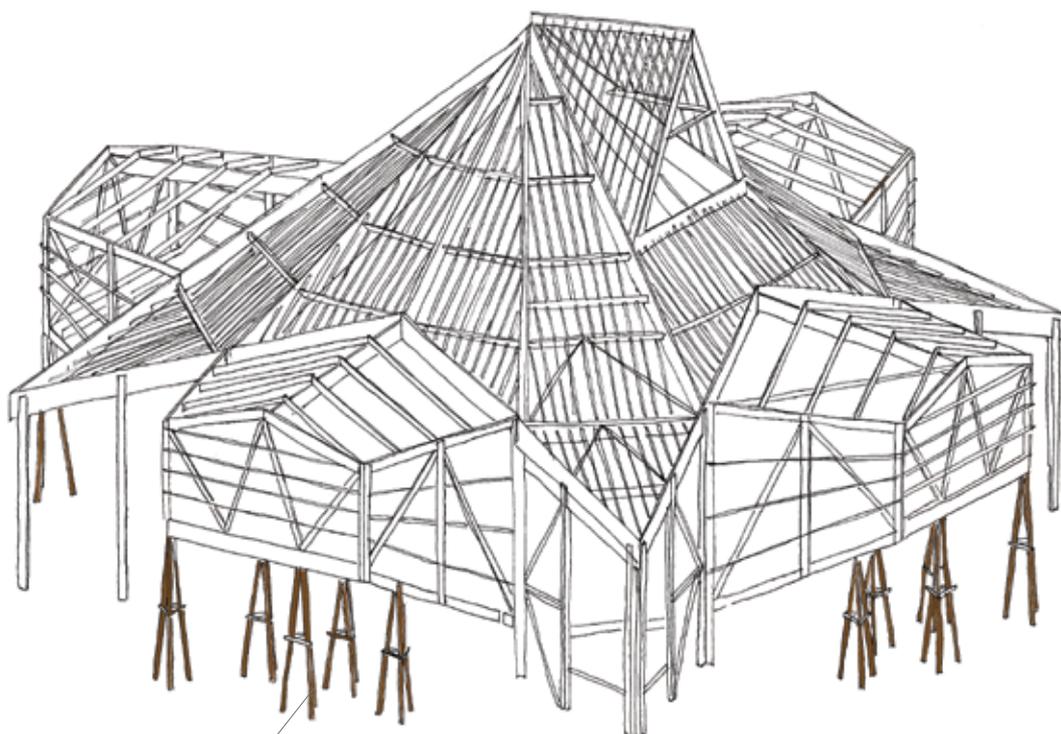
Maison Bronfman

Le réemploi se limite essentiellement aux éléments en bois. Mais l'investissement de l'architecte et des ingénieurs ont permis son utilisation structurelle en charpente, des études ont dues être développées pour apporter toutes les garanties de sécurité.



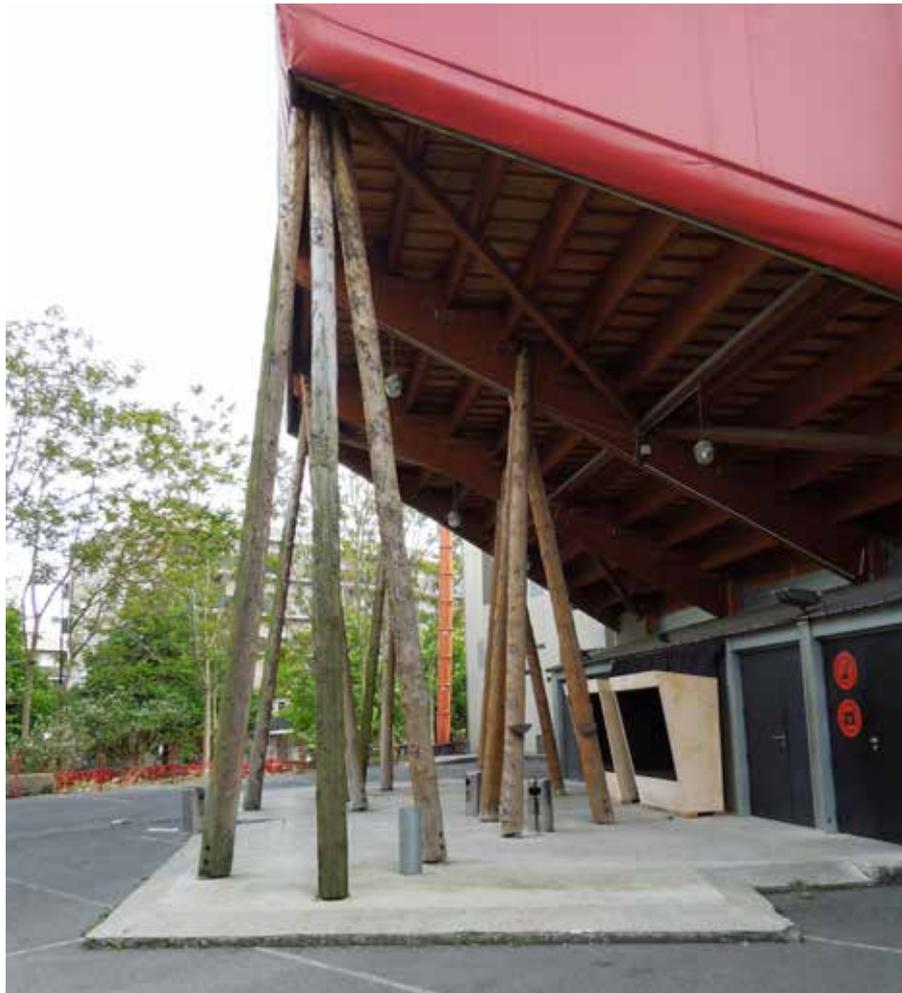
Bâches multiusages

Tuyau pour les déchets de chantier



Poteaux constitués
d'arbres tombés après une tempête

Axonométrie et perspective de l'Académie Fratellini, St Denis
Différents éléments de réemploi ont pu être mis en œuvre avec ce projet, même si la charpente voulue n'a pas pu être démontée pour des raisons principales de coûts.



Visite de l'Académie Fratellini, St Denis

Récupération de tôles démontées puis refixées, le mode d'assemblage a altéré les propriétés du matériau. La préfabrication n'a pas permis de la mise en œuvre d'un système d'assemblage réversible.

On rencontre le même problème des trous pré-existants avec la structure de l'Œuf Architectes. Soit ils ont une influence sur l'intégrité du bâtiment (structure, étanchéité) alors il faut y remédier, soit ils n'ont qu'un impact esthétique, souvent assumé.

supplémentaire qui a pu être supportée par le maître d'ouvrage et également par la main d'œuvre, par conviction. La déconstruction préalable nécessaire donne au matériau de réemploi un coût plus élevé que le neuf. Mais si on part du principe que le matériau de réemploi a déjà été démonté et qu'il fait l'objet d'une revente, plus rentable qu'une mise en décharge, alors l'opération est économique. Daniel Pearl souligne que c'est ce coût «carbone» qui doit être fixé à sa juste valeur, car aujourd'hui en achetant des matériaux, on ne paye pas son réel coût environnemental. Grâce à des mesures législatives, les matériaux de réemploi deviendront vraiment moins chers que le neuf. De plus pour Daniel Pearl, ces matériaux qui ont déjà vécu dans des constructions présentent des qualités plus élevées que le neuf. Il en a fait l'expérience pour le projet *Benny Farm* avec des briques récupérées qui ont été testées en laboratoires et qui présentent des caractéristiques plus élevées que pour les briques neuves (thermiques et structurelles). A cela s'ajoute la plus value esthétique de ces matériaux et le sens donné à une telle réutilisation.

Les freins au réemploi en France et au Canada

Daniel Pearl insiste sur le bon sens de chacun. En effet, pour lui, l'essentiel pour mener à bien une opération avec du réemploi, c'est de savoir s'entourer des bons ingénieurs qui comprendront le sens d'une telle démarche avant d'en voir ses inconvénients. «Toute réglementation signale l'échec d'une conception»⁷² selon William McDonough et Michael Braungart, malheureusement nous sommes maintenant piégés dans un cercle vicieux. Le système d'assurance au Canada est également plus souple qu'en France et fait davantage confiance à l'expertise humaine. A partir du moment où un ingénieur engage sa responsabilité en affirmant que la structure présente une sécurité suffisante, personne ni aucun organisme ne viendra remettre en cause sa parole. De plus la garantie à apporter est de cinq ans contre dix en France. Des aspects financiers encouragent aussi ce type de démarche : «Le prix de la déconstruction, processus plus onéreux que la démolition, est compensé par une déduction fiscale importante.»⁷³

Pour ces deux projets en particulier, il faut également souligner la différence de maîtrise d'ouvrage : client particulier pour une maison chez L'Œuf, école de cirque foraine pour l'agence Construire. Mais en France, la lourdeur administrative met souvent à mal le bon sens commun. Il faut apporter les preuves du bon fonctionnement des constructions. Les différentes garanties : de parfait achèvement, de bon fonctionnement, décennale, protègent le maître d'ouvrage qui n'est ainsi pas encouragé à tenter des expériences novatrices. Pour plus de sécurité, les responsabilités de nombreux acteurs sont engagées : maître d'œuvre, bureau d'études, économiste, bureau de contrôle,... La multiplication des acteurs d'un projet, augmente la distance que chacun prend avec le sens premier du projet. Chaque intervenant se trouve plus ou moins détaché des propos conceptuels et défend avant tout son intérêt et la responsabilité qu'il engage.

⁷² MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Op.cit.*, p. 88.

⁷³ MANIAQUE, Caroline ; historienne de l'architecture enseignante à l'ENSA Paris Malaquais. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p.101-103.

Le réemploi, n'entrant pas dans les tableaux habituels et les bases de données, il fait souvent peur. Frédéric Anquetil, Président de l'association Les Bâisseurs d'Emmaüs souligne que : «Par exemple, le marquage CE des bois de structure est devenu obligatoire il y a plusieurs années ; en conséquence, tout bureau de contrôle devrait refuser l'usage en structure de bois de récupération qui n'ont pas été requalifiés en marquage CE.»⁷⁴ Cependant à partir du moment où le matériau correspond à sa description dans le contrat et que le maître d'ouvrage apporte son soutien, il n'y a aucune raison de ne pas faire confiance à un matériau qui a déjà fait ses preuves structurellement au sein d'une construction centenaire. Patrick Bouchain réussit souvent à se faufiler à travers les textes législatifs pour réaliser ses projets. C'est ainsi que le voit Laurent le Bon, conservateur au Centre Pompidou, Musée d'Art moderne : «sans doute, quelques déceptions l'ont-elles amené à comprendre le système pour mieux l'utiliser. Utiliser aussi la langue : jouer du vocabulaire de la construction et du règlement pour rendre possibles des projets improbables.»⁷⁵ Pour avoir personnellement travaillé à l'agence Construire de Patrick BOUCHAIN lors d'un stage, j'ai pu observer la rigueur avec laquelle les textes réglementaires sont étudiés. Ainsi, c'est en allant chercher l'exception des dernières lignes, que la conception peut s'exprimer et se libérer des règles communément admises.

2. Processus de reclassement des éléments structurels en France

Guide RAGE Ademe

Suite au Grenelle de l'environnement, une série de documents ont été édités dans le cadre du programme d'accompagnement des professionnels «Règles de l'Art Grenelle de l'Environnement 2012». Ces dossiers sont disponibles gratuitement sur internet et sont destinés aux acteurs de la filière. Ils sont décomposés en recommandations professionnelles (en vue de rédaction de DTU), guides, calepins de chantier, rapports et recommandations pédagogiques.

Les recommandations professionnelles RAGE, présentent un intérêt au niveau du traitement de l'existant. Ce qui va nous permettre de dégager les points essentiels pour garantir la sécurité en réutilisation de l'existant. En effet, les préconisations de ces guides peuvent facilement être translatées au réemploi des matériaux car elles détaillent les séries de vérifications, tests, recours aux entreprises spécialisées,... Un vaste savoir-faire de la réhabilitation existe déjà et à partir du moment où on sait évaluer l'existant, alors l'évaluation de matériaux de réemploi devient également possible.

⁷⁴ ANQUETIL, Frédéric. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture*. Op. cit., p.169.

⁷⁵ BOUCHAIN, Patrick. Op.cit., p. 9.

La loi impose certaines actions lors d'une opération de réhabilitation. Il s'agit de se mettre à jour par rapport aux normes actuelles notamment en matière de stabilité des planchers vis-à-vis des efforts verticaux et horizontaux, protection des personnes contre le risque incendie, isolation acoustique, isolation thermique.

Le guide précise les étapes à suivre pour respecter ces obligations. Une étape de diagnostic est nécessaire pour s'assurer que les éléments existants sont aptes à recevoir la nouvelle destination du projet. Le programme envisagé doit être en cohérence avec les possibilités structurelles et de confort du bâti. C'est à un bureau d'étude spécialisé ou à une entreprise du domaine de la réparation des ouvrages de réaliser ce diagnostic. Pour cela le responsable diagnostic doit s'appuyer sur toutes les données connues (âge, modifications opérées, plans, justifications techniques,...) mais celles-ci n'existent pas toujours. C'est pourquoi les étapes d'inspection et évaluation sont très précieuses. Il s'agit de constituer un relevé exact des différents éléments de la construction. Il faut également savoir repérer les éventuelles pathologies (biologiques, mécaniques), les éventuels défauts (de ventilation, humidité, étanchéité) ainsi que les détériorations du temps ou dues à une mauvaise pose de l'époque (défauts de planéité, de fixation, usure mettant en cause l'intégrité de la construction).

Un regard particulier est à adopter en ce qui concerne les assemblages, notamment dans le cas de préfabrication. Ils sont les témoins de détérioration en particulier quand il y a eu des déplacements significatifs ou un détachement. Chaque guide RAGE explicite les démarches à entreprendre en fonction des différents types de structure, de matériaux, d'usages. Des analyses et des prélèvements peuvent être effectués quand il existe un manque d'information ou quand un doute est émis et remet en cause la sécurité des personnes.

Réparation et renforcement, inspection

L'exécution des travaux de réparation et renforcement sont décrits dans les guides. Largement illustrés et documentés, les conseils et recommandations sont disponibles pour tous les corps de métiers. Le but étant de prendre en compte toutes les précautions possibles pour garantir une sécurité infaillible à la nouvelle destination du bâtiment. Les réparations doivent permettre d'assurer le rôle structurel lorsque le doute sur l'existant est trop important.

Il faut donc être capable de faire preuve de discernement sur l'opération en cours afin de ne pas provoquer une sur-construction de l'existant qui consommerait beaucoup d'énergie et d'argent. L'inspection finale et l'autocontrôle doivent renforcer les mesures de sécurité théoriques comme c'est le cas lors de constructions neuves. Les guides sont détaillés dans ce sens et peuvent servir de *check-list*.

B. Vers une évolution des pratiques

1. L'alternative à la destruction: la conservation vs la tabula rasa

Le point de vue contemporain, le CIAM révolu

Comme on l'a vu avec Paul Chemetov, la tabula rasa, un temps prônée par les modernistes est révolue. Le temps est à la conservation parfois à outrance comme on peut le lire dans les textes de Françoise Choay dans «L'allégorie du patrimoine». On a longtemps construit à neuf, en empiétant de plus en plus sur les terres agricoles. Bien que plus attractives pour les promoteurs et les futurs acquéreurs, les constructions neuves présentent actuellement leurs limites par la saturation des parcelles constructives sur l'ensemble du territoire, spécialement dans les zones urbaines.

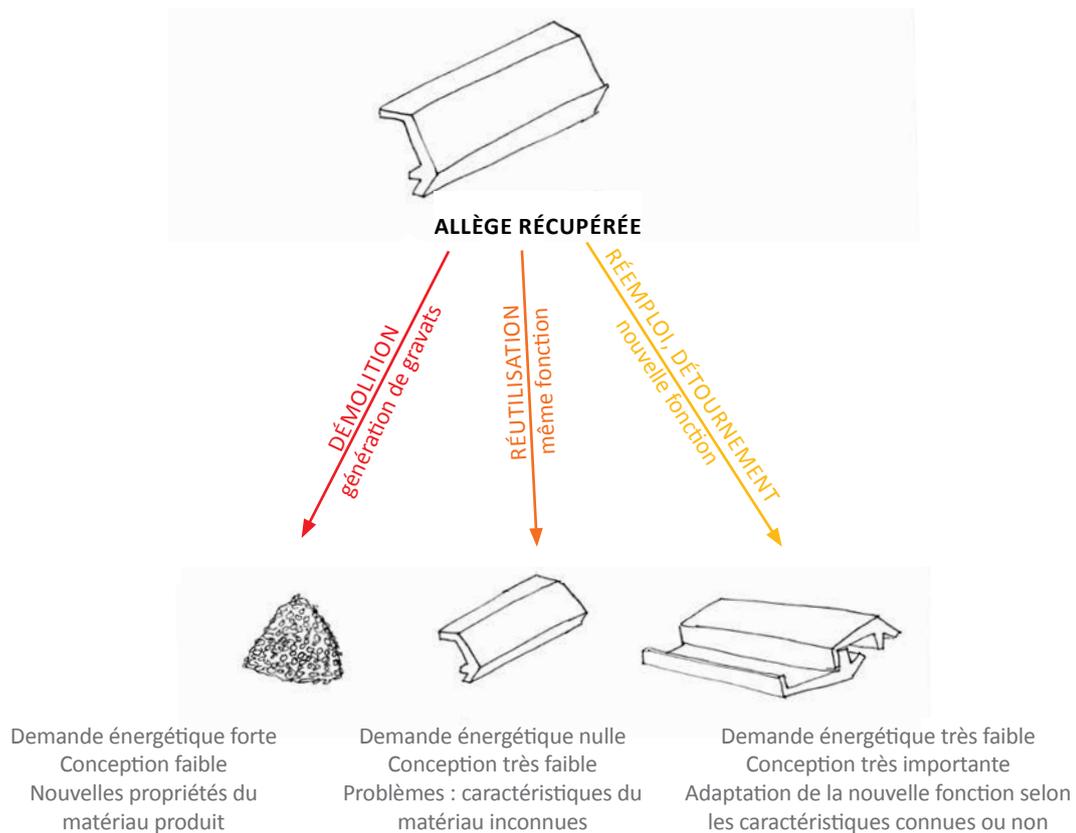
En ville, la politique menée se tourne vers la valorisation du patrimoine immobilier existant et l'exploitation des friches industrielles, présentant des surfaces immenses à l'échelle du territoire. On ne peut plus construire en ne pensant qu'à la durée de vie du bâtiment inscrite dans le contrat comme le dénonce Patrick Bouchain : «quand on construit, au moment où on fait ce petit acte de patrimoine, il faut penser à ce que l'on transmet de soi en s'appuyant sur le passé, sur ce qui pré existe, fût-ce des restes d'outils, de matières, de territoires ou de cultures»⁷⁶. Il faut aussi aujourd'hui prendre conscience et assumer le futur de ce qu'on laissera.

Il faut développer les techniques et les connaissances, pour cela un travail de transition des savoir-faire du neuf vers la rénovation est en cours. Le réemploi s'inscrit justement dans cette dynamique en apportant de nouvelles possibilités. Il engendre la déconstruction, encore marginale mais qui apporte un compromis entre démolition absolue et conservation muséale.

Nouveau rôle des architectes: le diagnostic avant déconstruction

L'expérience menée porte sur deux bâtiments dont le promoteur Bouygues immobilier avait la charge. Bouygues immobilier génère 2 771 M d'euros de chiffres d'affaires sur les 33 138 M d'euros réalisés par l'ensemble du groupe en 2014 soit 8%. Le groupe étant composé de Bouygues Construction, Colas, Bouygues Telecom, TF1 et Alstom. C'est la branche Réhagreen de Bouygues immobilier qui a porté ce projet suite à l'exposition Matière Grise au Pavillon de l'Arsenal. L'investissement est relativement minime mais l'expérience n'a pas fait l'objet d'une grande communication, puisqu'elle n'a eu qu'une faible portée sur le plan interne de l'entreprise. Néanmoins elle a permis de se confronter à cette démarche et d'en tirer les leçons.

⁷⁶ BOUCHAIN, Patrick. *Op. cit.*, p. 49



Degrés de récupération.

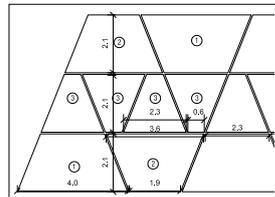
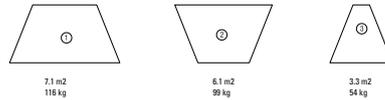
La forme d'origine est plus ou moins conservée selon le processus.

A Montrouge les architectes sont intervenus à un stade où la demande de permis de construire avait déjà été déposée. Il s'agit d'une démolition-reconstruction pour laquelle l'agence Brenac et Gonzalez était mandatée. Les architectes Encore Heureux avaient une mission d'assistance à la maîtrise d'ouvrage pour laquelle, ils ont mis en place une méthode de diagnostic de l'existant avant démolition qui permet de repérer certains éléments en vue d'une réutilisation projetée. Après analyse des éléments et proposition de réemploi, leur choix s'est arrêté sur les allèges de façade et les poteaux de la structure primaire. Il a fallu ensuite déterminer le mode de déconstruction en partenariat avec le déconstructeur: mise au point de nouvelles techniques, adaptation des outils. Les éléments récupérés ont en parallèle fait l'objet de projet de gradin et de dallage en opus incertum et de mur de soutènement. La difficulté était de s'intégrer très vite dans un projet déjà très défini sans bousculer le planning originel et de proposer un réemploi in situ qui puisse s'adapter au futur projet et par conséquent être accepté par les architectes Brenac et Gonzalez.

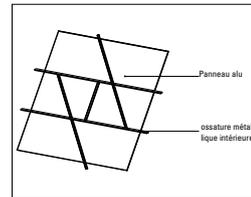
En complément du site de Montrouge, Bouygues immobilier disposait d'un autre gisement, un projet de démolition de l'ancienne usine de Pernod-Ricard située à Créteil. La pyramide inversée siège de Pernod-Ricard est conservée, mais la partie usine sera démolie. La façade composée de panneaux sandwich triangulés est significative d'une période architecturale et présentait un intérêt de conservation. Les architectes Encore Heureux ont dû analyser ces panneaux pour obtenir toutes leurs caractéristiques, notamment les spécificités d'assemblages du système préfabriqué.



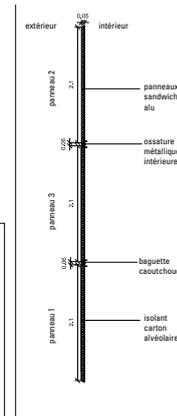
panneaux alu



Élévation des panneaux 1.100



Auonomérie sans échelle
panneaux mis en oeuvre



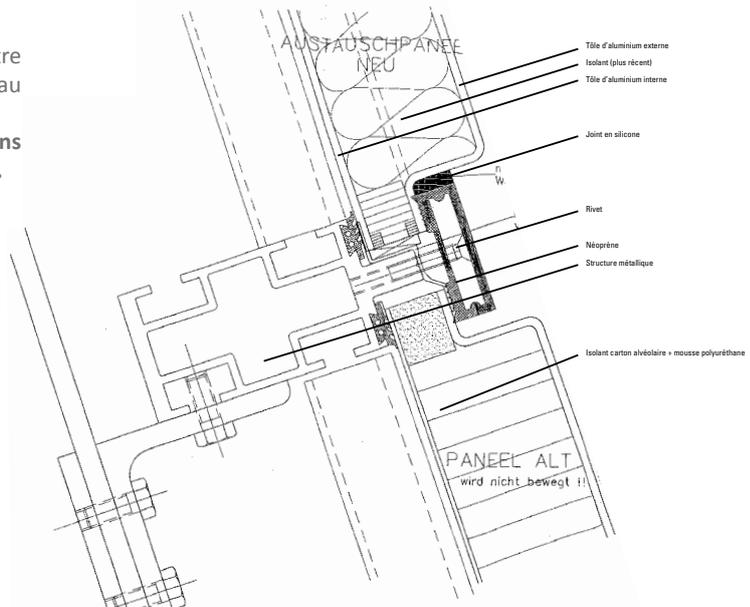
Coupe de principe 1.50

Le panneau «sandwich» de façade est fixé sur une structure métallique secondaire. Il est composé de tôle d'aluminium, de carton alvéolaire et d'un joint en caoutchouc. Il existe en trois tailles, estimées respectivement à 155, 162 et 407 exemplaires.

Le diagnostic consiste à identifier, repérer, répertorier avec l'aide de documents existants ou non.

Détail : coupe sur l'assemblage entre un panneau ancien et un panneau plus récent échelle 1.

Recherche de nouveaux moyens d'assemblage ou de combinaison.

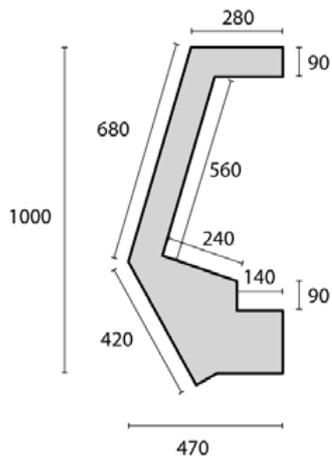


Extraits d'un exemple de diagnostic de façade en éléments préfabriqués récupérables. Site Pernod Ricard. Documents Encore Heureux.

Densité : 2,5 t/m³
 Section : 230 x 310 mm x 2500 mm
 Quantité : 389
 Etat actuel : Bon état (surface peinte et entoillée)
 Localisation : façade
 Usage : élément de structure, support d'allège
 Hypothèse de déconstruction entreprise : abattage à la pelle mécanique, broyage sur place (>200mm), évacuation vers centre de valorisation.
 Hypothèse de déconstruction en vue du réemploi : dépose des éléments au panier de tri au moment de l'abattage, découpe à la scie des extrémités, nettoyage des surfaces, tri.



photo A : poteaux vue depuis l'intérieur du bâtiment



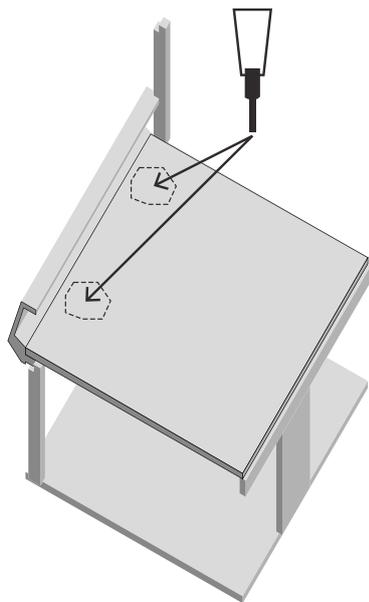
croquis A : Profil en coupe d'une allège



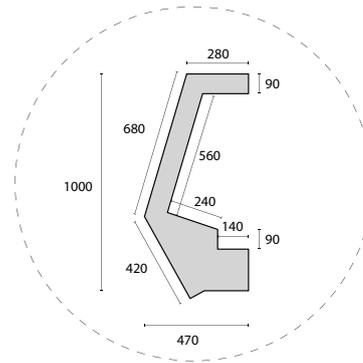
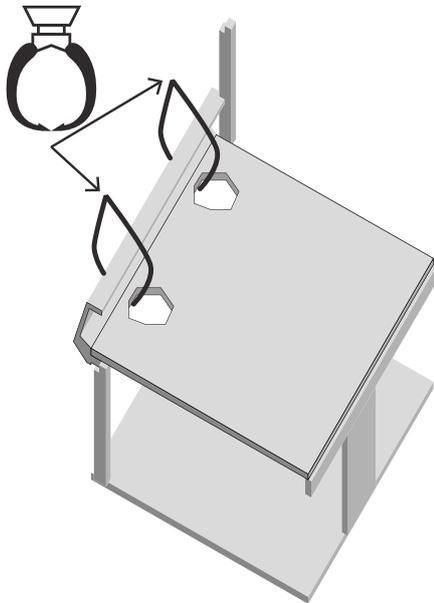
Densité : 2,5 t/m³
 Section : 5600 x 900 mm, ep. 90 mm
 Quantité : 224
 Etat actuel : Bon état (surface extérieure peinte, surface intérieure en polystyrène expansé collé), éléments préfabriqués scellés au béton avec des dalles de plancher.
 Localisation : façade
 Usage : parement de la façade, allège et élément porteur. Support de menuiseries.
 Hypothèse de déconstruction entreprise: abattage à la pelle mécanique, broyage sur place (>200mm), évacuation vers centre de valorisation.
 Hypothèse de déconstruction en vue du réemploi : création de deux trémis dans les dalles de plancher au droit de l'allège, dépose à la pelle mécanique, stockage sur place.
 Etat à la réception : élément intègre sans fissure ni éclats.



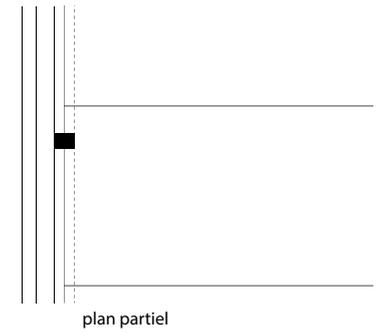
**Exemple de diagnostic pendant le chantier de démolition. Site de Montrouge.
 Déconstruction des poteaux et des allèges.**



1/ Création de deux trémis à la mini-pelle



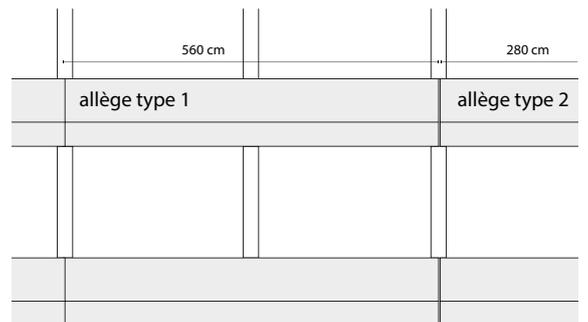
coupe sur allège (forme hypothétique)



plan partiel



coupe partielle



élévation partielle

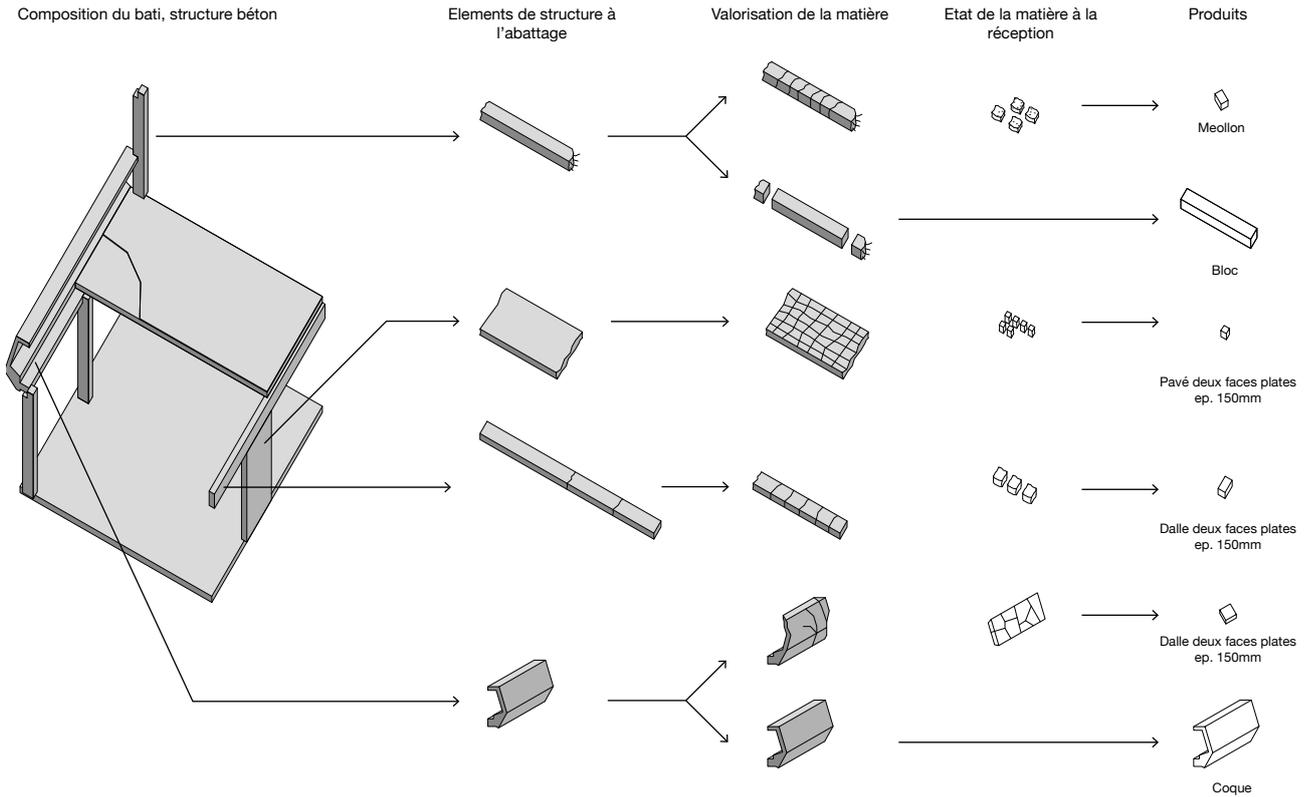


Suite au diagnostic effectué sur le site, les architectes ont décidé de concentrer la recherche d'éléments à réemployer sur deux principaux types de fragments de béton :

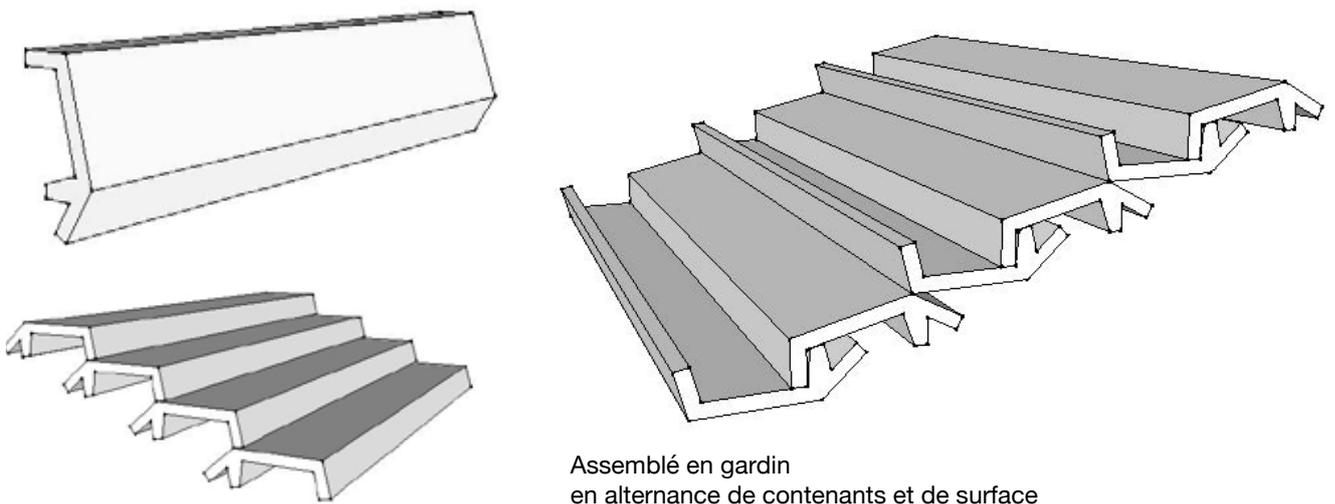
- les allèges des façades
- les poteaux de la structure principale

Cette décision fait suite à l'évaluation du potentiel de réemploi des éléments mais aussi aux moyens à disposition de ce projet (lieu de stockage, temps nécessaire).

Mise en place d'un processus de déconstruction des allèges en partenariat avec le démolisseur. Documents Encore Heureux.



Potentiels de réemploi suite à la déconstruction des allèges



Exemple de réemploi en parallèle de la déconstruction des allèges

Les allèges préfabriquées sont déposées pour être réemployées dans leur intégrité formelle. Leur grande dimension peut être utilisée telle quelle ou fractionnée pour offrir plus de souplesse de composition.

L'expérience limitée dans le temps et dans le financement s'est arrêtée aux quelques éléments de réemploi évoqués : dallage, gradins et sous face de plafond à intégrer au projet de Brenac et Gonzalez. Pourtant l'intégration de cette mission n'a pas déstabilisé le cours «normal» du projet et peut laisser espérer qu'un projet intégrant cette mission dès les premières esquisses puisse se mettre en place et donner des résultats beaucoup plus probants. En laissant plus de temps à la conception le taux de réemploi d'un bâtiment destiné à la destruction peut devenir beaucoup plus élevé allant jusqu'à 80% du volume de matière (on n'arrivera pas à réutiliser la totalité du second œuvre notamment à cause des problèmes type amiante, qui exclut toutes possibilités).

2. Hypothèse pour une transposition du Guide RAGE aux «Ouvrages en réemploi»

Adaptation des exigences actuelles de la réhabilitation pour le réemploi

Les multiples points développés dans les guides RAGE, explicités précédemment pourraient s'adapter aux techniques de déconstruction en vue du réemploi. En effet, les architectes Encore Heureux se sont retrouvés relativement démunis face à cette mission inédite qui leur a été confiée. Ils ont dû gérer eux-mêmes les points de contrôle, les méthodes à mettre en place, le lien et l'implication des différents acteurs. Cependant la rédaction d'un guide RAGE concernant les ouvrages en réemploi aurait pu leur faciliter la tâche.

C'est dans un effort de prospective que l'expérience du partenariat EH/Bouygues immobilier pourrait aboutir à cette rédaction. Lorsqu'on fait le parallèle entre le diagnostic de l'existant pour une réhabilitation et le diagnostic avant déconstruction pour la réhabilitation, on peut s'apercevoir qu'il s'agit des mêmes connaissances appliquées. De la même façon, seul le procédé de réparation change (puisqu'il devient procédé de réutilisation). On peut assimiler cette étape à une évolution et à un complément du Grenelle de l'environnement. C'est maintenant au législateur de donner les moyens à un comité technique de rédiger ces guides qui permettront de donner des repères à tous les acteurs de la construction et de rendre accessible à tous les concepteurs, ce type de démarche.

L'architecte pourra facilement intégrer cette mission aux contrats déjà existants. Celle-ci pourra s'inscrire dès l'étude de faisabilité jusqu'à un DCE qui serait dédié à la déconstruction. C'est évidemment un coût supplémentaire pour le maître d'ouvrage mais qui se justifie par une nécessité environnementale. A ce titre, c'est aux collectivités locales de montrer l'exemple en s'investissant dans de telles démarches et en intégrant cette mission dans leurs appels d'offres.

Le rôle du CSTB

Le réemploi implique de nombreuses contraintes : trouver les matériaux, savoir comment les réutiliser avec le projet en conception, les rendre compatibles avec les normes. On a beau récupérer un matériau dont on sait qu'il convient à une réalisation, même s'il présente un intérêt écologique, on ne peut pas s'en servir du point de vue de la loi, s'il n'est pas homologué. Un exemple de recherche d'isolant en carton pour le Channel à Calais illustre le problème. Une partie du projet était confiée à des étudiants qui ont recherché une façon d'isoler écologiquement le bâtiment. Ils ont trouvé le matériau fonctionnel et écologique à base de carton mais qui devait faire l'objet d'une Apex pour pouvoir être utilisé dans la construction⁷⁷. La démarche étant trop contraignante, ils ont rabattu leur choix sur l'isolant Bâti Plum, à base de plumes de canard. Depuis Bâti Plum a été racheté par St Gobain et a disparu du marché... ce qui démontre la difficulté d'exister pour des isolants innovants et indépendants. C'est un dilemme et un crève-cœur quand on sait qu'il est impossible pour le simple architecte de prendre en charge une procédure d'homologation trop longue et trop coûteuse dans le cadre d'un projet.

«La norme NF P01-010 a été réalisée par l'AFNOR, l'Agence Française de normalisation. Cette norme correspond à l'application de la normalisation ISO 14000 au contexte français. Rappelons que l'AFNOR est membre d'ISO. La norme NF P01-010 divise le cycle de vie d'un produit de construction en cinq étapes : [...dont] 5. Sa fin de vie lorsque le bâtiment devient obsolète. On évalue ici la capacité du produit à être déposé et réutilisé ou recyclé. Dans la négative, on prend en compte le transport des déchets de démolition jusqu'à son site de valorisation.»⁷⁸ Les fabricants ont donc intérêt à se conformer au mieux car les normes, notamment avec l'appui de la Commission Européenne, tendent à informer de plus en plus, et à préciser le comportement environnemental des produits.

Le CSTB mène actuellement plusieurs recherches en partenariat avec l'Ademe, pour généraliser le mode d'homologation des matériaux de réemploi. Leur objectif étant de ne pas générer une étude unique à chaque matériau réemployable mais d'étudier les méthodes d'analyses qui pourraient s'inscrire dans un processus généralisable à des situations similaires de gisement. Ces études sont confidentielles et ne pourront être partagées que courant 2016. Le CSTB permet d'apporter un soutien financier pour les recherches, comme c'est le cas pour les Bâtisseurs d'Emmaüs : «Nous réfléchissons donc à la fois à des utilisations moins réglementées et à la requalification de certains matériaux récupérés. Nous mènerons ces travaux grâce à un financement de l'Ademe en partenariat avec le CSTB.»⁷⁹

⁷⁷ KEBADIAN, Jacques (réal.). *La poubelle et l'architecte, Conversation n°4 à l'Atelier électrique*. L'Atelier électrique, 118 rue de la Tossée à Tourcoing, le mardi 22 septembre 2009 à 19h. Personnes interviewées : BOUCHAIN, Patrick ; HUYGEN, Jean-Marc ; BLANCKAERT, Marie. 2010, 1 DVD, 1 h 14 min. Les conversations de L'Atelier Electrique, Tourcoing.

⁷⁸ HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p. 34

⁷⁹ BALDÉ, Dominique. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture*. *Op. cit.*, p. 270.

L'adaptation des Bureaux de contrôle et des assureurs

Les recherches du CSTB sont encourageantes pour rassurer les assureurs et leur donner une garantie scientifique. Les bureaux de contrôle et les assureurs sont actuellement les gros freins au réemploi. Tout le monde s'accorde en effet sur les bienfaits écologiques du réemploi, l'esthétique et les méthodes sont encore discutables pour certains mais l'assureur a besoin de données plus que de discours bienfaiteurs. Pour Patrick Bouchain : «La règle n'est pas intangible, elle doit être interprétée et la jurisprudence est là pour faire évoluer.», il incite ainsi tous les concepteurs à se confronter aux règles pour mieux la détourner au bénéfice du projet lorsqu'il est positif pour la société. Mais aujourd'hui le système des assurances est hermétique aux innovations : «Au delà des instituts de normalisation d'intérêt public en charge de la production de nouvelles normes, des labels de performances (qualitel, effinergie,...) qui évoluent constamment, et des lobbies industriels qui s'assurent ainsi des situations de quasi monopole, c'est en fait tout le système des financements et des assurances du bâtiment qui enferme l'acte de construire dans les circuits de la production, de la distribution et de la consommation des biens industriels, rejetant le réemploi et autres «circuits courts» dans les marges des constructions dites expérimentales ou irrégulières, c'est à dire illégales.»⁸⁰

C'est encore en passant par la législation que le bon sens peut le mieux s'exprimer. Il faut permettre aux ingénieurs d'être entendus et assouplir certaines règles comme le fait de remplacer une isolation entière en cas de dégât sur une partie de celle-ci. Il faut pouvoir laisser la liberté aux concepteurs d'agir avec des éléments d'origine différente, aux caractéristiques parfois incertaines. Mais comme l'explique Daniel Pearl, l'architecte et l'ingénieur sont capables d'évaluer les caractéristiques techniques des éléments et de prendre les mesures nécessaires en cas de doute. Le surdimensionnement, une trame plus resserrée en sont des exemples. Le tout étant de faire la part des choses entre ce qui est faisable et ce qui fait preuve de bon sens. D'après Carl Enckell, avocat au barreau de Paris spécialisé en droit de l'environnement : la directive européenne du 19 novembre 2008, transposée par la France dans le Code de l'environnement en 2010 vise à promouvoir l'«économie du recyclage» et établit une «hiérarchie des modes de traitement des déchets». La commission européenne a estimé que le réemploi devait figurer en deuxième position, après la prévention des déchets mais avant le recyclage. «Il reste cependant impossible pour la filière du réemploi, à l'état embryonnaire, de s'approvisionner en matériaux de seconde main tant que les producteurs ou les détenteurs de déchets ne seront pas rassurés sur leur responsabilité a posteriori.»⁸¹. Bien que le risque soit plutôt dû à l'anticonformisme qu'au danger réel encouru par les usagers, personne ne peut se porter garant, à quelques exceptions près pour permettre le recours au réemploi. La formule de Montesquieu «Les lois inutiles affaiblissent les lois nécessaires» trouve une résonance particulière à notre époque.

⁸⁰ CHOPPIN Julien ; DELON Nicola. *Op. cit.*, p. 31

⁸¹ In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p. 50-51.

Rony Chebib, directeur général de BTP consultants (contrôle technique) fait le bilan: «Aujourd'hui 99% des normes dans le secteur de la construction ne sont pas d'application obligatoire ; seules le sont les normes qui font l'objet d'un arrêté. [...] Mais comme les marchés publics (et la majorité des référentiels de certifications d'ouvrages) citent toutes ces normes dans leur CCAG (cahier des clauses administratives générales applicables aux marchés publics), elles constituent des pièces de référence et deviennent de fait obligatoires et opposables.»⁸². Il accuse notamment les assureurs qui sont bridés dans leurs schémas répétitifs : «La première chose qu'un assureur continue à demander à l'issue d'un chantier, c'est de savoir si ont été utilisées des techniques non courantes, hors normes. Et en fonction de la réponse, il décide ce qu'il va assurer ou pas.»⁸³ On le voit donc, ce sont les règles d'usage et le système économique de consommation qui ont cerné petit à petit le système législatif au point de bloquer toute situation inédite de construction. Pourtant, il est possible d'agir à différentes étapes et notamment en sensibilisant les maîtres d'ouvrage.

Responsabilités de l'architecte	Régimes d'assurances	Opérations de contrôle
<p>La garantie de parfait achèvement (art 1792-6 du code civil) qui impose la réparation de tous les désordres (quelle qu'en soit la gravité) signalés par le maître d'ouvrage lors de la réception (réserves au PV de réception) ou durant l'année qui suit (notification écrite à l'entrepreneur concerné)</p>	<p>Les régimes d'assurance construction pour les constructeurs : Responsabilité civile décennale (RCD) Sont considérés comme constructeurs (article 1792-1 du Code civil) : - architecte, entrepreneur, technicien ou autre personne liée au maître de l'ouvrage par un contrat de louage d'ouvrage - vendeur après achèvement d'un ouvrage que vous avez construit ou fait construire. Les personnes physiques ou morales, dont la responsabilité décennale peut être engagée, doivent être couvertes par une assurance de responsabilité décennale à l'ouverture de tout chantier (article L. 241-1 du Code des assurances).</p>	<p>Vérfications contractuelles réalisées à l'initiative du maître d'ouvrage, qui peut missionner un contrôleur technique au-delà des obligations réglementaires</p>
<p>La garantie de bon fonctionnement (article 1792-3 du code civil) qui impose la réparation des défauts affectant le bon fonctionnement des équipements (dissociables du corps de l'ouvrage sans détérioration de leur support: radiateurs électriques, portes palières, cloisons mobiles...) apparus lors de la réception ou durant les 2 années qui suivent. Elle est aussi appelée «garantie biennale».</p>	<p>Les régimes d'assurance pour les maîtres d'ouvrage Damage Ouvrage (DO) Les propriétaires du bâtiment ainsi que les constructeurs devront s'assurer, afin que les assureurs prennent en charge la réparation des dommages graves (atteinte à la solidité ou impropriété à destination). Ainsi, la loi oblige le maître d'ouvrage à souscrire une assurance dommages ouvrage avant l'ouverture du chantier.</p>	<p>Vérfications prévues dans le cadre des démarches qualité (auto-contrôle, audit...) propres aux certifications ou aux procédures internes</p>
<p>La responsabilité civile décennale (article 1792 du code civil) pendant dix ans après la réception, les constructeurs sont responsables des dommages y compris ceux provenant d'un vice du sol qui compromettent la solidité de l'ouvrage ou affectent la solidité d'un de ses éléments indissociables ou rendent l'ouvrage impropre à sa destination.</p>		<p>Les contrôles prévus par la réglementation réalisés par des organismes sous agrément de l'administration, comme le contrôle technique obligatoire pour certaines constructions, les certificats de conformité Consuel et Qualigaz ou les attestations de prise en compte de la réglementation (par exemple en matière d'accessibilité)</p>
		<p>Les contrôles régaliens réalisés par l'administration (État ou collectivités publiques), constitués d'une part par le contrôle du respect des règles de construction (CRC), et d'autre part par les dispositifs spécifiques aux établissements recevant du public et aux immeubles de grande hauteur (Code de l'Urbanisme)</p>
		<p>La Visite d'ouverture devient obligation d'attestation Avant toute ouverture d'un établissement du 1^{er} groupe (après travaux de permis de construire ou d'aménagement) ainsi qu'avant réouverture d'un établissement fermé depuis plus de 10 mois, la commission de sécurité et d'accessibilité procède à une visite de réception des locaux, après transmission des rapports de fin de travaux établis par un organisme agréé. L'ouverture au public est effective à compter de la notification de l'arrêté d'ouverture (art. R.123-46).</p>

Tableau des obligations.

Rien ne va à l'encontre du réemploi si ce n'est les coutumes d'usage. Tout doit être redéfini et discuté avec le maître d'ouvrage pour être en accord avec le contrat signé.

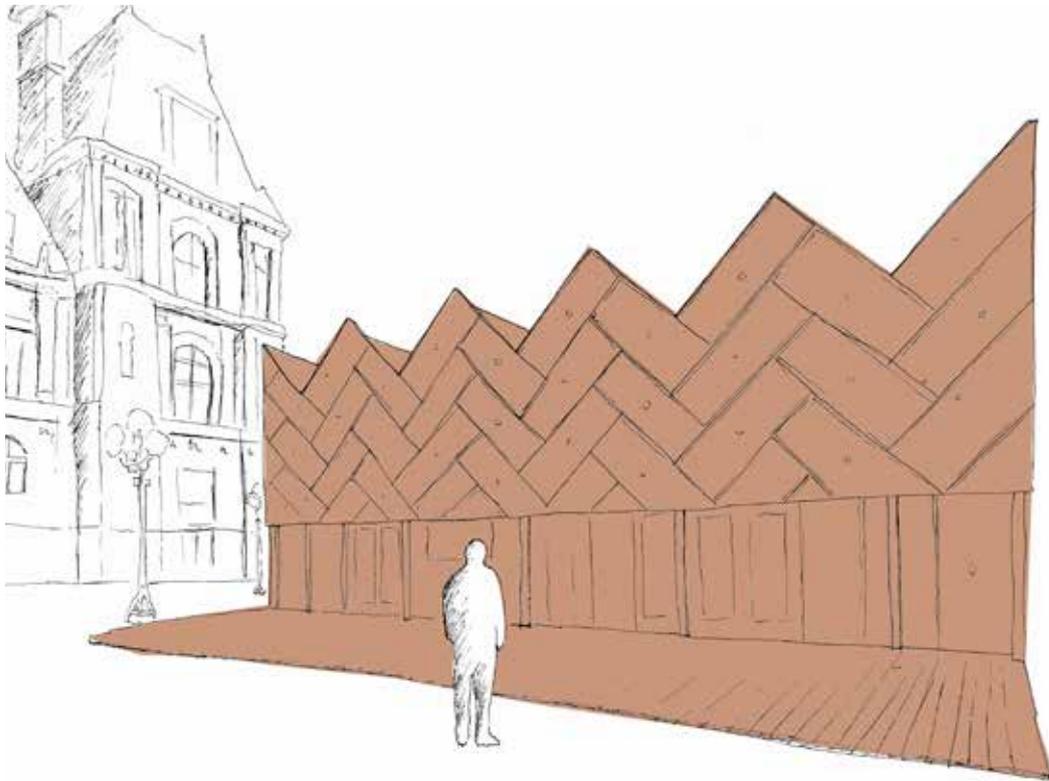
⁸² CHEBIB, Rony. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p. 271.

⁸³ *Idem*, p. 272.

C. Analyse de cas actuelle: le pavillon circulaire

1. Une commande publique, le rôle du maître d'ouvrage et l'importance de l'appel d'offre

«Les architectes ne disposent pas toujours de la grille de lecture indispensable leur permettant de discerner les produits *green washing* de ceux ayant une vraie performance environnementale. Et cette surcommunication autour du sujet rend parfois les informations illisibles.»⁸⁴, c'est d'autant plus véridique concernant les maîtres d'ouvrages qui se contentent souvent de panneaux solaires ou de toitures végétalisées.



Pavillon circulaire, construit sur le parvis de l'Hôtel de Ville à Paris.
Le pavillon est conçu pour être démonté après quelques mois d'exploitation.

⁸⁴ RONDEAU DESROCHES, Laure ; External Sustainability manager Interface. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p. 48.



Chantier ouvert au public.

Sous l'égide du Pavillon de l'Arsenal, des visites de chantier guidées ont été organisées chaque semaine pour sensibiliser le public au réemploi. Les visites ont surtout attiré des architectes parisiens curieux. Les ouvriers, pour la plupart employés de la Ville de Paris, étaient très motivés par l'enjeu.

Ils ont pu renseigner les visiteurs et expliquer leur façon de travailler avec ces matériaux récupérés.

Le chantier s'est déroulé très rapidement. En effet la préparation et l'inventaire que le réemploi nécessite ont permis de gagner beaucoup de temps sur place.

Le maître d'ouvrage prend une part importante pour rendre possible le réemploi car sans volonté de sa part, un tel projet n'est actuellement pas possible. Le pavillon circulaire réalisé par l'agence Encore Heureux est le premier exemple de projet répondant à un cahier des charges exigeant une construction tout en réemploi. Initiateur, c'est le pavillon de l'Arsenal qui a passé cette commande en partenariat avec la Ville de Paris. C'est ensuite la Ville de Paris qui a partagé ses moyens avec les architectes. En effet, la ville a mis à disposition ses gisements (immeuble mis aux normes dont les portes non coupe feu ont dû toutes être remplacées) mais aussi ses ouvriers. L'échelle de la Ville de Paris a facilité les échanges entre les services et a libéré une partie du personnel pour la réalisation de ce projet. Peu de villes françaises pourraient se permettre cet effort. Mais ce projet sert d'exemple et rend possible son adaptation. On peut très bien imaginer de faire appel à une entreprise du bâtiment indépendante pour réaliser ce projet.

Le fait de concevoir le pavillon démontable a permis de lui trouver une fonction au delà de son exposition actuelle devant l'hôtel de ville, dans le cadre de la COP 21. Le réemploi, par sa définition, fait donc appel aux méthodes de construction de la préfabrication qui facilitent également son démontage, à l'image de la Maison tropicale de Jean Prouvé.

2. La structure, le clos-couvert, le parement

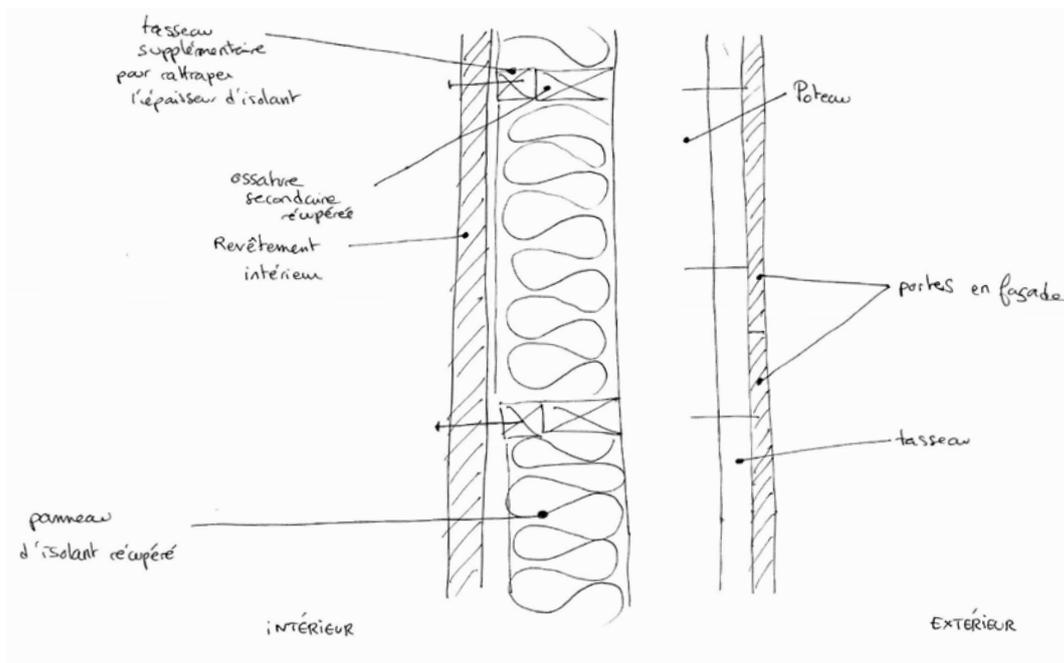
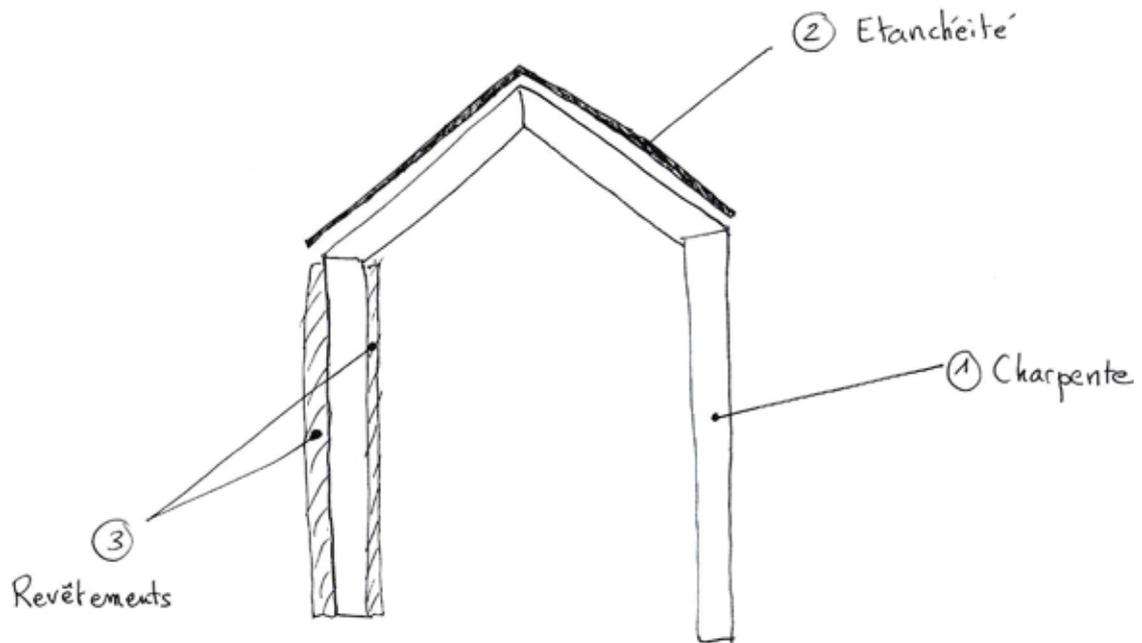
Requalification de la structure

La structure du Pavillon circulaire est en bois. Elle provient de récupérations diverses mais les pièces maîtresses ont été fournies par une entreprise de Charpente qui gère son stock de chutes et qui a permis de garantir les propriétés structurelles. Le travail de l'entreprise est en fait de maintenir une excellente traçabilité de ses produits et ainsi conserver les données de chaque élément. Le bois présentant des aspects visuels très identifiables, il était assez facile de convaincre de ses performances. C'est au niveau de l'ossature secondaire que les problèmes spécifiques du réemploi ont été soulevés. En effet les différentes pièces de bois étant souvent de dimensions différentes, il a fallu composer et ajuster les épaisseurs pour que tout concorde.

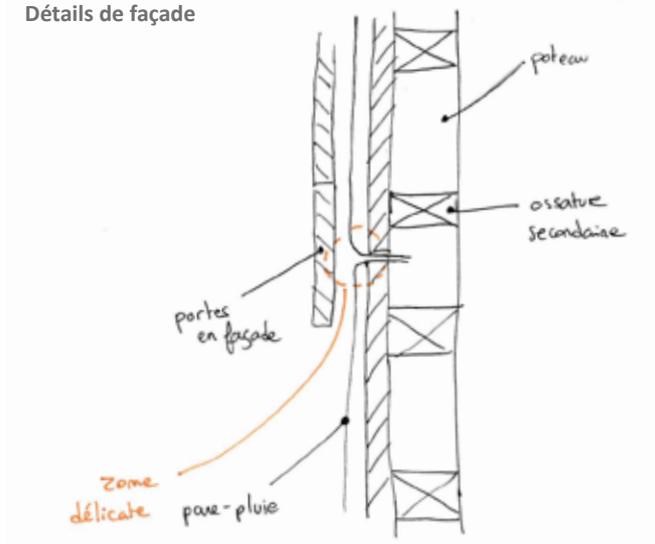
Mise en œuvre de l'étanchéité et de l'isolation à partir d'éléments non standardisés

L'échelle relativement modeste du bâtiment a permis de travailler avec des chutes qui constituaient des éléments assez importants en proportions. Cela n'a donc pas gêné la mise en œuvre générale. Le système constructif est celui d'une ossature bois classique, seule la provenance de l'isolation récupérée est à distinguer.

En vue de sa démontabilité, il a fallu penser chaque élément pour être déconstruit et le cas échéant, minimiser les étapes supplémentaires à réaliser lors de sa reconstruction. Pour ce qui concerne l'étanchéité, le choix a été fait de coller une membrane étanche sur les



Détails de façade



Croquis d'après Encore Heureux et la visite de chantier du Pavillon Circulaire.

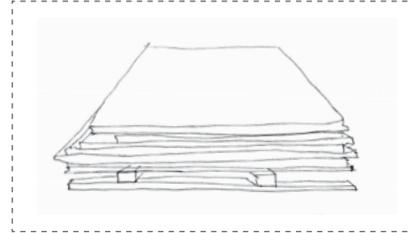
Sous l'égide du Pavillon de l'Arsenal, des visites de chantier guidées ont été organisées chaque semaine pour sensibiliser le public au réemploi. Les visites ont surtout attiré des architectes parisiens curieux. Les ouvriers, pour la plupart employés de la Ville de Paris, étaient très motivés par l'enjeu.

Ils ont pu renseigner les visiteurs et expliquer leur façon de travailler avec ces matériaux récupérés.

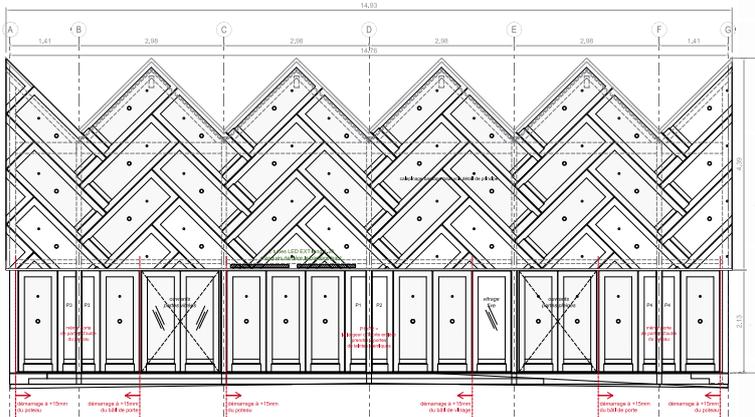
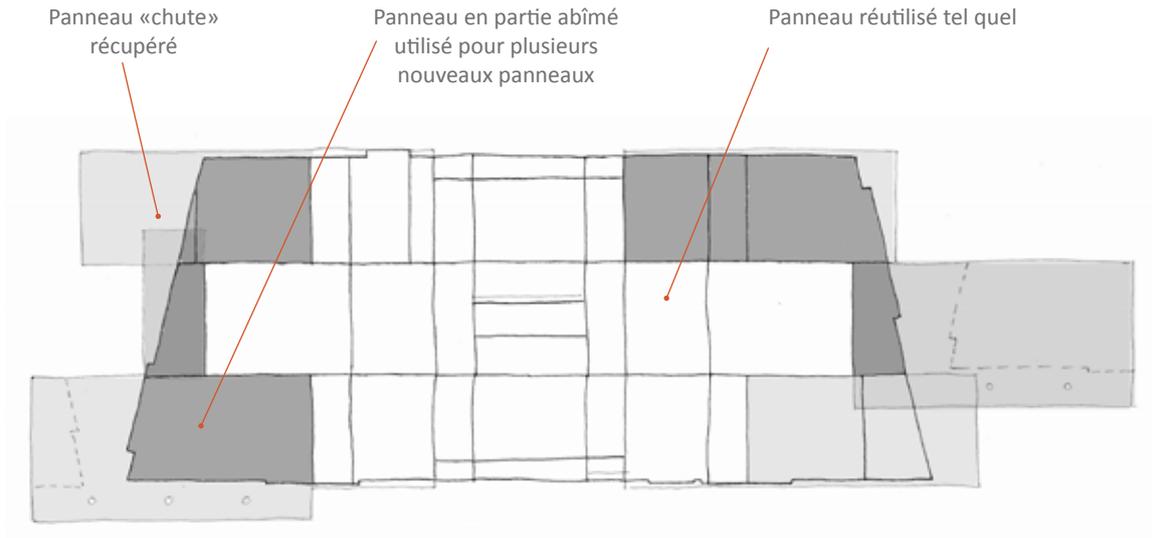
Le chantier s'est déroulé très rapidement. En effet la préparation et l'inventaire que le réemploi nécessite ont permis de gagner beaucoup de temps sur place.

Travail de calepinage pour le sol

Les panneaux proviennent de différentes expositions passées dans Paris. Certains panneaux sont plus ou moins abîmés, déjà percés, peints de multiples couches de peinture. Le travail consiste à optimiser au maximum la matière avec un calepinage pour réduire les chutes obtenues. C'est une tâche qui demande du temps et de l'organisation sur le chantier, chaque panneau ayant une place précise dans l'assemblage général.



Stock de panneaux récupérés de différentes tailles

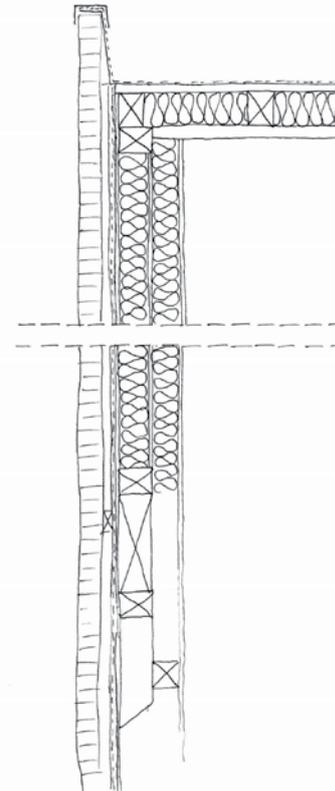


Calepinage de façade

Documents de chantier Encore Heureux

Raccord de l'épaisseur en façade

Les panneaux d'isolants de différentes largeurs doivent être alignés à des tasseaux d'épaisseurs également différentes. Certains tasseaux doivent donc être doublés pour obtenir un épaisseur identique sur toute la façade.



panneaux. Cette dernière sera ensuite découpée en suivant les dimensions du panneau lors de la déconstruction. Il suffira lors du remontage d'inclure un joint étanche entre chaque panneau pour garantir son étanchéité.

Le calepinage comme méthode de conception

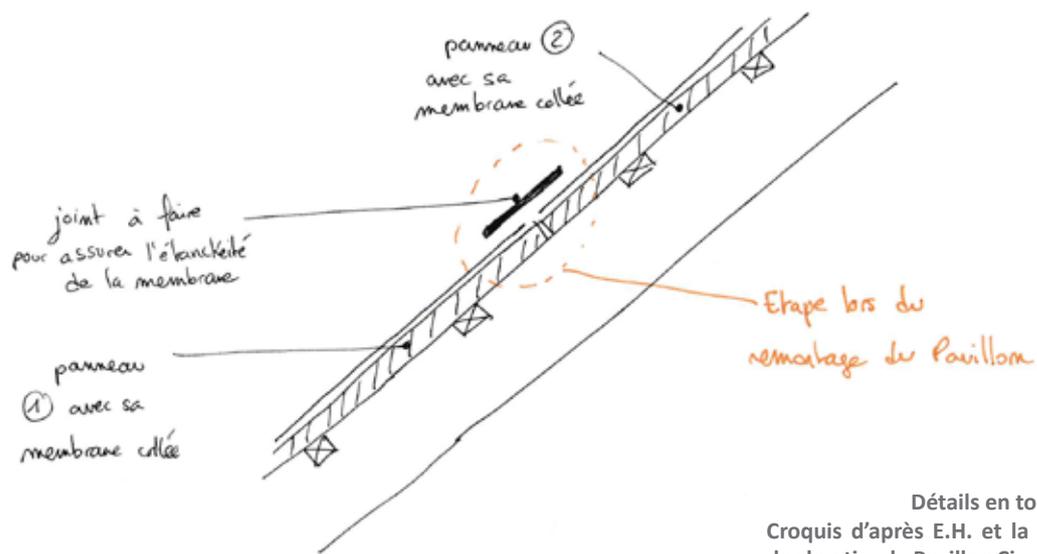
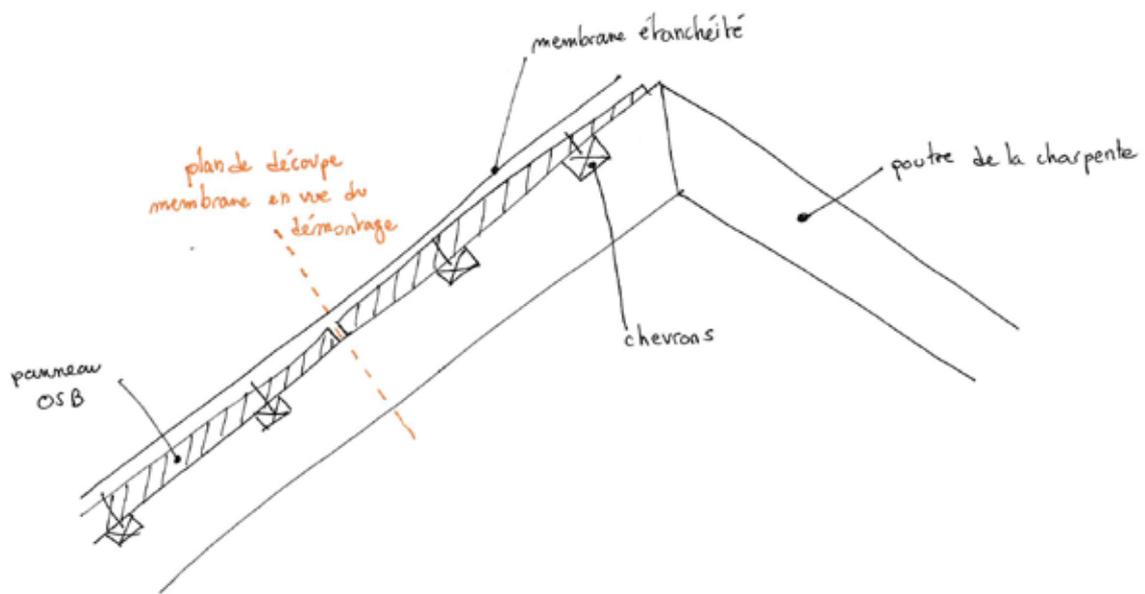
Le calepinage devient essentiel et prend une part plus importante dans la conception. Il devient un véritable critère de conception écologique : «les déchets de mise en œuvre des matériaux peuvent être réduits lors de la conception avec un calepinage qui intègre la coordination dimensionnelle des éléments entre eux pour éviter les chutes.»⁸⁵. Il faut pouvoir composer un platelage, une façade à partir d'éléments quasiment tous uniques. En plus des dimensions différentes, le réemploi apporte également une part de défaut comme des trous dus au précédent montage. Ainsi ces défauts sont parfois à éliminer pour des raisons fonctionnelles et sont un nouveau paramètre qui entre en jeu.

3. Démontabilité et reconstruction, des étapes de conception supplémentaires

On l'a vu à travers l'étude de cas du Pavillon circulaire, les étapes de conception s'allongent avec un principe de démontabilité. Mais le chantier a été plus rapide que prévu, les ouvriers étant investis et motivés et les principes constructifs énoncés clairement et très préparés. Le temps de chantier étant ce qui coûte le plus cher lors d'un projet, les architectes tiennent là un argument en leur faveur. Certes le temps d'études est plus long mais il est rentable en vue des économies produites pendant le chantier.

Le réemploi rejoint là les préceptes de la préfabrication : précision et mise en œuvre rapide. Ainsi le réemploi nécessite une parfaite maîtrise de tous les éléments et un assemblage maîtrisé de tous les composants. Grâce à ce niveau d'exigence et d'anticipation de mise en œuvre, il accélère considérablement les temps de pose. On est juste passé d'un système d'éléments industrialisés pour la construction unique à la reconstruction à partir d'éléments industrialisés récupérés et détournés. La prochaine étape étant peut-être celle d'une industrialisation d'éléments conçus spécialement pour multiplier leurs réutilisations futures.

⁸⁵ HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p. 33



Détails en toiture.
Croquis d'après E.H. et la visite
de chantier du Pavillon Circulaire

Principe de remontage

La commande implique que le bâtiment devra être démonté après quelques mois passés devant l'hôtel de Ville pour rejoindre la maison des boullistes dans le XVI^e arr. Ainsi le démontage a été prévu dès la conception. Cela en fait une illustration parfaite d'un réemploi idéal (conçu à partir de matières récupérées et réintégrées dans un cycle infini de montage et démontage).

«Récupérer, démolir, reconstruire, ça c'est de l'architecture» souligne le disciple d'Alvaro Siza⁸⁶.

A. Les éléments récupérés deviennent les éléments préfabriqués du futur

Les architectes de Rotor vont même jusqu'à accompagner le développement d'entreprises de reconditionnement de matériaux récupérés. Ils s'appuient ainsi sur la qualité de manufacture des matériaux anciens, beaucoup plus durables que nos matériaux actuels, pour les reconditionner à neuf et les proposer à la vente. Il s'agit par exemple de nettoyer du carrelage, lui enlever le ciment, éventuellement le repolir, pour le reconditionner presque neuf et le proposer à une clientèle. Ce travail peut être effectué par une entreprise caritative, d'insertion sociale, d'emplois aidés et favorise ainsi la création d'emplois. Au-delà de l'échelle de l'objet, du petit élément décoratif, le reconditionnement peut aller bien plus loin et permettre de traiter tout élément récupérable lors d'une déconstruction.

Bellastock, association d'architectes, a suivi le chantier de démolition des entrepôts du Printemps sur l'île St Denis. Ils ont travaillé avec le démolisseur, sur place, pour repérer des éléments à déconstruire qu'ils ont ensuite utilisés pour la construction de leur «Actlab» in situ. Ils ont ainsi pu constituer un stock d'éléments déconstruits, triés, prêts au réemploi. Ils ont également construit à partir de ces derniers, une base de vie pour leur association : bureaux, aménagement de voirie, jardin, terrasses, passerelles, gradins... Ils y organisent des événements, des visites, et accueillent des étudiants stagiaires pour prendre part aux chantiers. La taille réduite de l'équipe ne leur a pas permis la création d'un grand stock de matériaux, nécessitant une logistique complexe, mais leur démarche prouve également qu'il est possible d'interagir avec le système actuel pour proposer une nouvelle voie aux matériaux voués à la démolition.

La déconstruction, si elle se met en place à grande échelle, peut constituer une nouvelle filière du BTP. La préfabrication est favorable à cette pratique, d'une part en amont lors de sa conception, cela concerne les années futures, et d'autre part en aval par le traitement des matériaux existants, cela concerne les années actuelles. Le fait de diagnostiquer un puits de ressources, un bâtiment voué à la déconstruction, puis de récupérer et enfin retraiter le produit en vue d'une réutilisation peut tout à fait se constituer en parallèle de l'industrie de la préfabrication. Les filières de réemploi auront la charge de requalifier les éléments récupérés et de leur redonner la garantie et les caractéristiques mécaniques comme peut le faire l'industriel avec son élément préfabriqué neuf.

⁸⁶ Lors d'une conférence à Paris en 2006. (Entretien de Chaillot, Eduardo Souto de Moura, 18 octobre 2006, Institut Français d'architecture, Paris.)



Visite du site Actlab, Bellastock, Île St Denis

«Moins on consomme, plus on travaille, plus il y a de la matière grise, moins il y a de dépenses de matières.»⁸⁷ Le travail de l'architecte contribue pleinement à réduire l'impact environnement de la construction. La filière de préfabrication inspire la filière de pré-réutilisation.

1. Mise en place des filières de récupération

Lieux de stockage

Le constat répété des acteurs du réemploi est synthétisé par les auteurs de *Matière grise* : «L'un des problèmes régulièrement soulevés par les architectes est le manque de filières constituées de matériaux de réemploi. Il en résulte que chaque projet donne lieu à une stratégie d'approvisionnement nouvelle et chronophage, sans gain d'efficacité individuel ou collectif. Le réemploi devient un éternel recommencement, l'architecte un Sisyphe du seconde main.»⁸⁸ En France, de nombreuses structures existent maintenant pour récupérer, stocker et éventuellement reconditionner les éléments issus de la récupération. Les ressourceries, les magasins d'Emmaüs ou encore les lieux de vente d'objets de réemploi développés par les collectivités territoriales gagnent en importance.



Tentative de stockage et de reconditionnement, site Actlab, Bellastock, île St Denis

⁸⁷ BOUCHAIN, Patrick. *Op. cit.*, p. 74

⁸⁸ CHOPPIN Julien ; DELON Nicola. *Op. cit.*, p. 202.

Cependant ces structures ne répondent pas aux demandes de la filière de la construction. Elles ont souvent un impact très local et s'adressent davantage aux particuliers. Alexandre Doyère, Directeur de l'entreprise Doyère Démolition explique lui aussi pourquoi le réemploi n'a pas accès à tous les gisements en France : «C'est dû à l'absence d'un marché de l'occasion ou à notre incapacité à stocker tout ce qui pourrait présenter un intérêt»⁸⁹. Il faudrait pouvoir s'inspirer des *rebuilding centers* des USA qui organisent sur d'énormes surfaces de véritables supermarchés du réemploi. Ils sont calqués sur les magasins de bricolage traditionnels mais proposent des matériaux de seconde main. L'organisation de la marchandise est telle qu'elle permet de mettre à disposition de tous, toutes sortes de matériaux de construction. Leur système de tri et de conditionnement permet de répondre à des demandes de plus grande ampleur (constructeurs professionnels).

En France les lieux de stockage sont plus compliqués à mettre en place, notamment dans les zones urbaines où ils seraient légitimes par leur proximité avec les chantiers. Mais des solutions existent comme les stocks provisoires ou l'exploitation de friches industrielles. La ville de Paris réfléchit à ces possibilités et commence à proposer des solutions.

Nouveaux métiers du réemploi

Aujourd'hui les constructeurs spécialisés dans le réemploi sont ceux qui s'adressent à une population ayant peu de moyens. Les bâtisseurs d'Emmaüs ont recours au réemploi par nécessité car c'est la seule matière qu'ils ont à disposition. Cependant cette matière va se généraliser au fur et à mesure de la disparition des matières premières. Pour éviter de se retrouver devant le fait accompli, c'est maintenant qu'il faut anticiper ce changement. Des nouveaux métiers apparaissent, comme le «valoriste [aura] les aptitudes d'un spécialiste du diagnostic déchet in situ ou ex situ, tout en réalisant les opérations de déconstruction sélective et de préparation au réemploi.»⁹⁰ Aux Etats-Unis et au Canada, des filières se sont déjà développées : «en Californie *The reuse people of America*, en activité depuis 1993, offre de nombreux services, de la formation d'équipes de déconstructeurs à la revente des matériaux. *Builder Surplus* assure la mise en relation d'entreprises de construction ayant un surplus de matériaux. Puisqu'il est tout aussi coûteux de jeter que d'entreposer, le service consiste à identifier et cartographier les surplus de matériaux et à les remettre en circulation grâce à un répertoire d'acheteurs et de vendeurs.»⁹¹

Des entreprises spécialisées peuvent se mettre en place dès maintenant car la demande commence à devenir intéressante auprès des maîtres d'ouvrages publics. Elles peuvent se développer sur le modèle des créations d'entreprise qui répondent aux demandes créées par la transition énergétique.

⁸⁹ DOYÈRE, Alexandre. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p.313.

⁹⁰ *Idem*, p.87

⁹¹ MANIAQUE, Caroline ; historienne de l'architecture enseignante à l'ENSA Paris Malaquais. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p.101-103.

Méthode de déconstruction

Bellastock est une association d'architectes qui sont spécialisés dans le réemploi. Ils organisent chaque année le festival Bellastock pendant lequel des centaines d'étudiants en architecture sont conviés à une réflexion sur la matière et à une expérimentation concrète par une réalisation à l'échelle 1. Leur moyen d'expression favori est la construction. Pour cela, ils mènent des occupations in situ. C'est le cas pour le suivi des démolitions des anciens entrepôts du Printemps sur l'île St Denis. Cet espace inédit était occupé par d'immenses bâtiments de stockage et fait l'objet d'un projet d'écoquartier. Les architectes de Bellastock ont décidé d'habiter ce lieu en y créant leurs bureaux : l'Actlab. Ils veulent ainsi démontrer que ces espaces urbains en mutation sont habitables même pendant le chantier. Ils cherchent à créer des liens avec la population en organisant des événements culturels et prennent en charge les visites de chantier pour communiquer sur les avancées du projet.

Cette action est soutenue par la Plaine Commune à l'origine de l'écoquartier. Actlab a pour mission d'analyser les flux de matières en jeu de la démolition jusqu'à la construction des nouveaux logements. Les architectes ont également décidé de construire leur bureau grâce aux matériaux se trouvant sur place. Pour cela ils ont mis en place des techniques de déconstruction avec les démolisseurs, ont analysé les matériaux qu'il était possible de récupérer.

Grâce au soutien de l'Ademe, ils ont rédigé une étude très complète⁹². La mission confiée par l'aménageur à cette équipe d'architectes Actlab est une mission d'Assistance à Maîtrise d'Ouvrage, à l'articulation de la déconstruction (le gisement) et du projet d'écoquartier (l'aval de la filière). Elle consiste à rendre sélective la déconstruction des entrepôts Printemps, pour initier une filière de réemploi in situ qui a comme débouché six séries de mobilier urbain et système constructif pour le parc du projet. Le montage d'une telle filière implique une grande concertation entre les commanditaires, les prescripteurs et les opérateurs des chantiers. Les outils de l'architecte sont actualisés pour devenir des outils de dialogue et d'expertise, utiles à chacun des acteurs (inventaire matériaux, fiche de lots de Maîtrise d'œuvre, fiches d'autocontrôles, etc.). Leur hypothèse de scénario du réemploi est la suivante:



⁹² BELLASTOCK et Ademe. *REPAR, Passerelle entre architecture et industrie* [en ligne]. Angers : 2012-2014, 127 p. Disponible sur : <<http://www.ademe.fr/repar-reemploi-comme-passerelle-entre-architecture-industrie>> (consulté le 20.09.2015).

Le réemploi rejoint à nouveau la préfabrication par les problématiques de standardisation nécessaires à une généralisation du processus.

La diminution des déchets comme objectif, mise en perspective de l'Ademe avec les études à l'étranger

L'Ademe est le premier soutien financier des recherches sur le réemploi. L'agence de l'environnement propose des sujets d'études et accompagne les chercheurs en les aidant à structurer leurs recherches. L'Ademe permet de communiquer les résultats de ces études pour en faire la promotion et d'aider à la modification de textes de lois toujours dans le but d'adopter un comportement plus respectueux de l'environnement. Son but premier est la diminution des déchets aussi bien des particuliers que des professionnels. Pour cela elle finance les études qui vont dans ce sens notamment celles du réemploi qui semblent être une piste crédible pour réduire notre impact environnemental.

C'est pourquoi actuellement en cours, Repar 2 va donner suite à Repar. Une étude centrée sur les isolants est en cours de publication, il s'agit de Requalif⁹³. Ce dossier permettra de mettre en évidence des méthodes de requalification des isolants pour leur réemploi. Et encore plus récemment et en cours d'investigations, l'étude Demodulor⁹⁴ mobilise plusieurs syndicats d'industriels sur la question de la préfabrication en vue d'améliorer la capacité au réemploi des produits.

Cette dernière est particulièrement intéressante puisqu'elle montre pour la première fois l'engagement des industriels sur la problématique du réemploi. Cette recherche est axée sur les modes d'assemblages et les techniques de fabrication pour améliorer la possibilité de déconstruction et éviter d'abîmer la matière. Préserver l'intégrité du produit permettra un meilleur nouvel emploi. Les industriels restent ainsi maîtres des produits qu'ils développent et les contrôlent à long terme. Le réemploi est une piste de développement de nouveaux brevets.

L'Ademe s'appuie sur les recherches faites à l'étranger pour les adapter au contexte français notamment sur le plan législatif. Une étude sur le bois en Angleterre et une étude sur la brique au Danemark permettent de mettre en commun des pistes de recherches au niveau européen. Nicolas Scherrier gestionnaire de projet Bruxelles environnement:

⁹³ Les bâtisseurs d'Emmaüs, CSTB et Ademe. *REQUALIF, Requalification & Réemploi/Réutilisation de composants de la construction* [en ligne]. Angers : 2014, 17 p. Disponible sur : <<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/aprademeprojetsretenusen2014.pdf>> (consulté le 20.09.2015)

⁹⁴ Réseau CTI, le CERIB, le FCBA, le CTMNC, le CTICM et Ademe. *DEMODULOR, Nouveaux systèmes constructifs démontables en rénovation ou déconstruction pour valorisation et recyclage simplifiés et attractifs des produits et matériaux* [en ligne]. Angers : Juillet 2015, 15 p. Disponible sur : <<http://www.mecd.fr/uploads/CP%20Projet%20DEMODULOR%20%2010-12-2012.pdf>> (consulté le 20.09.2015)

«Rotor vient de publier sur le site d’Opalis des «clauses techniques de réemploi» [...] à terme nous aimerions éditer un «guide pour le réemploi dans les marchés publics». Rotor devrait également publier un «vade-mecum de la déconstruction».»⁹⁵

2. Le temps numérique

L’instantané communautaire

Aujourd’hui les moyens de communication ont considérablement amélioré le temps de divulgation des informations. Tout est maintenant instantané et à un niveau international. Les réseaux sociaux ont mis en avant le fait de se rassembler selon des intérêts communs. Le phénomène est important au niveau relationnel dans un domaine privé mais gagne à se développer au niveau professionnel.

Le problème de stockage peut être réglé si la notion d’instantanéité est appliquée. En effet si un gisement de matériaux trouve une destination avant même d’être démantelé alors le temps de transit sera fortement réduit. C’est dans cette optique que le réemploi s’accompagne de la révolution numérique.

Réseau d’échanges

En Belgique le collectif Rotor a mis en place des plateformes d’échanges et d’informations pour mutualiser les matériaux récupérables. Architectes de formation, ils ont développé des techniques de communication et de logistique pour couvrir tout le territoire belge. Aux Pays-Bas, les architectes de Superuse conçoivent une «carte de collecte ou *harvest map* pour identifier, dans un périmètre de dix à quinze kilomètres, les matériaux nécessaires à la construction de la Villa Welpeloo.»⁹⁶

En France, les architectes Encore Heureux sont en train de travailler à développer ce système à Paris. Grâce à la participation de la Ville de Paris, l’idée est de cartographier et mettre à disposition toutes les opérations présentant un gisement disponible. A destination, en premier lieu, des concepteurs et architectes, ce site internet ou intranet, permettra à chacun de prendre connaissance des matériaux disponibles et de les intégrer à leur démarche conceptuelle. La Ville de Paris trouve ainsi une nouvelle destination à ses déchets et contribue à améliorer son image. Dominique Baldé, directrice des bâtisseurs d’Emmaüs contribue aussi aux recherches d’échanges à l’échelle du territoire : «En 2013, nous avons mené une étude de faisabilité en vue de créer un pôle de récupération en produits

⁹⁵ SCHERRIER, Nicolas. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p.126.

⁹⁶ SUPERUSE STUDIO. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p. 202.

du bâtiment pour la région Ile de France. L'objectif est de pouvoir réfléchir à un modèle économique viable, le réemploi étant encore trop souvent cantonné à une démarche très expérimentale.»⁹⁷ Enfin, une plateforme d'échange existe déjà pour les démolisseurs et pourraient s'améliorer pour s'étendre pour largement aux critères de déconstruction : «Peut-être aussi que des plateformes en ligne -comme Boursomat, par exemple - pourraient faciliter l'adéquation offre/demande.»⁹⁸

Traçabilité des matériaux

Selon le matériau déconstruit et récupéré, des questions se posent. Il est en effet difficile de maîtriser la qualité et les caractéristiques physiques ou structurelles des éléments démontés. Les normes interviennent alors, laissant plus ou moins de liberté, plus ou moins de possibilité de réemploi selon les pays. En France l'agence Construire, Patrick Bouchain, s'est heurtée à un essai non abouti de réemploi de charpente canadienne à St Denis pour l'Académie Fratellini. Cependant au Canada, l'agence L'œuf Architectes, a réussi le réemploi d'éléments : la charpente à poutres et poteaux, le revêtement extérieur ainsi que les pierres de carrière de la Mer de Champlain sont tous des matériaux récupérés recueillis localement, pour le projet, *House in four fields*. La préfabrication pourra intégrer dès sa conception des garanties mécaniques qui accompagneront le composant tout au long de sa vie et de ses réemplois.

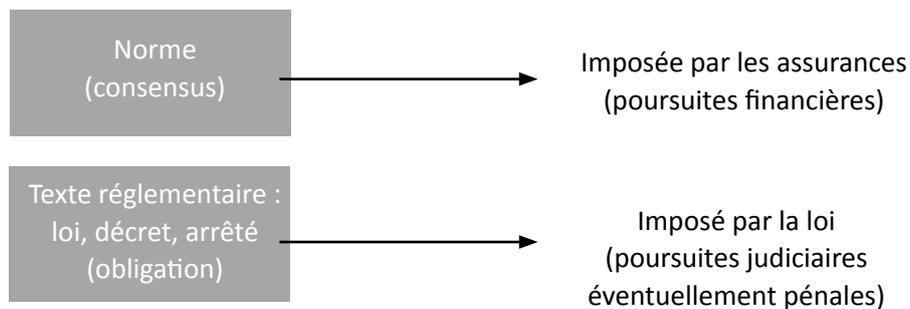
Le principal obstacle lorsqu'on s'attèle à récupérer des éléments structurels de grande échelle, hormis le stockage et la manutention, c'est qu'il est difficile de connaître les caractéristiques exactes des matériaux. Leur réemploi se restreint souvent à un détournement plus ou moins astucieux mais qui est limité en comparaison des capacités structurelles suggérées. Dominique Gauzin-Müller déplore que : «La traçabilité et un étiquetage décrivant tous les composants faciliteront sans doute un jour les décisions, mais c'est un processus long et technocratique.»⁹⁹ Les entreprises communiquent peu et souvent ne conservent pas les documents techniques qui permettraient d'attribuer leurs performances structurelles aux éléments récupérés. Il s'agirait alors de réintroduire un diagnostic, en faisant appel cette fois aux ingénieurs, pour requalifier les éléments structuraux en vue de les réutiliser en tant que tels. Cela demanderait à nouveau de mettre en place une filière de récupération mais permettrait la création de nouveaux emplois et le développement de nouvelles qualifications. Il y a donc un énorme potentiel économique pour cette filière. Mais il est possible de procéder de cette façon comme le prouvent certains projets comme l'ambassade de France à Varsovie, par Pagade Architectes qui a préparé le démontage de la façade Prouvé d'origine, puis son retraitement et son remontage.

⁹⁷ BALDÉ, Dominique. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p. 270.

⁹⁸ DOYÈRE, Alexandre. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p.313.

⁹⁹ GAUZIN-MÜLLER, Dominique ; architecte, professeur et rédactrice en chef d'EK/Ecologik. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op. cit.*, p. 119.

La préfabrication pourrait devenir une réelle garantie du produit qui le suivrait pendant toute la durée de sa vie, de ses vies. On peut imaginer d'introduire une puce, un composant, une carte d'identité dans le matériau préfabriqué. Les auteurs de *Cradle to Cradle* proposent également : «Nous pourrions encoder les informations concernant les différents ingrédients des matériaux dans une sorte de «passeport de sur-cyclage»¹⁰⁰ que des scanners permettraient de lire, au bénéfice des générations à venir.» La technologie de puces RFID (par radio identification) pourrait s'adapter aux matériaux de construction. Ainsi à chacune de ses déconstructions, le matériau conserverait ses capacités structurelles initiales, l'information technique voyagerait avec lui. La précision et l'efficacité de la préfabrication est aujourd'hui tellement aboutie, qu'elle pourrait facilement garantir une efficacité matérielle à long terme.



Principe de respect des textes

La traçabilité des matériaux pourrait d'abord être mise en place par les industriels. Cette norme permettrait d'apporter une garantie supplémentaire au prescripteur. Mais pour l'intérêt général, le législateur pourrait imposer ce principe par la loi et ainsi permettre une lecture claire et unifiée de cette traçabilité.

¹⁰⁰ MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Op.cit.*, p. 222.

B. Préfabriquer pour réemployer pour passer du réemploi de déchet à l'élément conçu pour le réemploi

1. Au delà du réemploi subi, penser le réemploi comme concept

Aujourd'hui les acteurs du réemploi «font avec» l'existant. Ils exploitent au maximum les ressources disponibles. En effet d'après les auteurs de *Matière Grise* : «La spécialisation des produits industriels va par principe à l'encontre de toute polyvalence d'usage dans la construction et, par conséquent, de toute adaptation possible à une autre fonction. Au point que le réemploi des produits industriels est souvent affecté de cet esprit de détournement, voire de subversion, qui le maintient nécessairement dans les marges de la production, hors des constructions réglementées des professionnels et du marché de l'immobilier.»¹⁰¹ S'il est vrai que les exemples de réemploi s'apparentent davantage à des prototypes qu'à un processus généralisable, l'évolution récente et l'implication d'institutions sur le sujet laissent annoncer un changement d'échelle du réemploi. Mais préférant l'action à la prévention, les acteurs du réemploi construisent en parallèle des recherches et des tests en cours au CSTB par exemple. Cela les expose à certains risques que ce soit au niveau sanitaire ou constructif. C'est pourquoi : «Tant que la conception et la fabrication industrielle actuelle ignorent ces usages [notamment le réemploi], tant que ne sera pas envisagée une vie future aux produits, ce genre de réutilisation restera dangereux dans la plupart des cas si ce n'est mortel.»¹⁰² L'expérience, jusqu'à présent, permet de ne pas être si alarmiste, mais le message de cet auteur est d'autant plus destiné aux industriels et décideurs politiques qu'aux bâtisseurs.

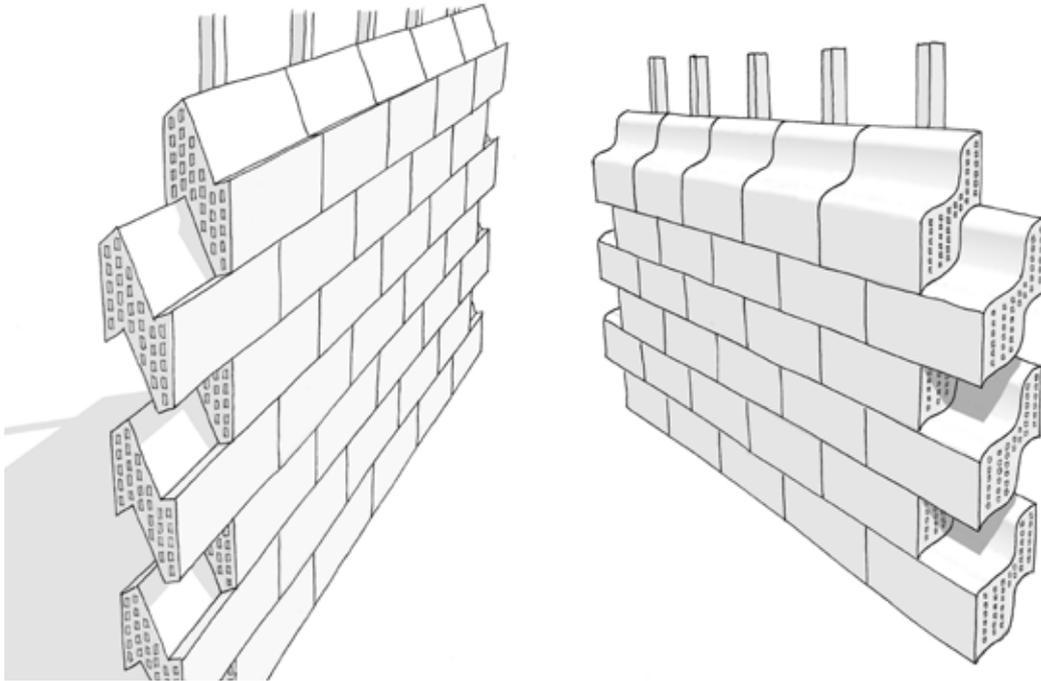
Il faudra également dépasser le cap économique ou faire prévaloir la dimension environnementale. «Aujourd'hui, il n'est pas rare non plus que le plan de ferrailage des poutres en béton armé soit calculé pour une seule utilisation, pour des raisons d'optimisation économique qui peuvent sembler évidentes mais qui, écologiquement, semblent toujours avoir des conséquences néfastes.»¹⁰³ «Il semble ordinairement nécessaire d'intégrer le démantèlement de l'ouvrage dès sa conception. Afin d'anticiper ce démantèlement, on peut réfléchir sur le système de fondations du bâtiment et par voie de conséquence sur son poids, sur la démontabilité des assemblages structurels, sur les quantités d'énergie nécessaires à son démantèlement. Toutes considérations qui ont un impact évident sur son architecture.»¹⁰⁴ L'optimisation de matière ne correspond plus forcément à réduire la quantité au maximum mais à anticiper au mieux sa pérennité.

¹⁰¹ CHOPPIN Julien ; DELON Nicola. *Op. cit.*, p.31.

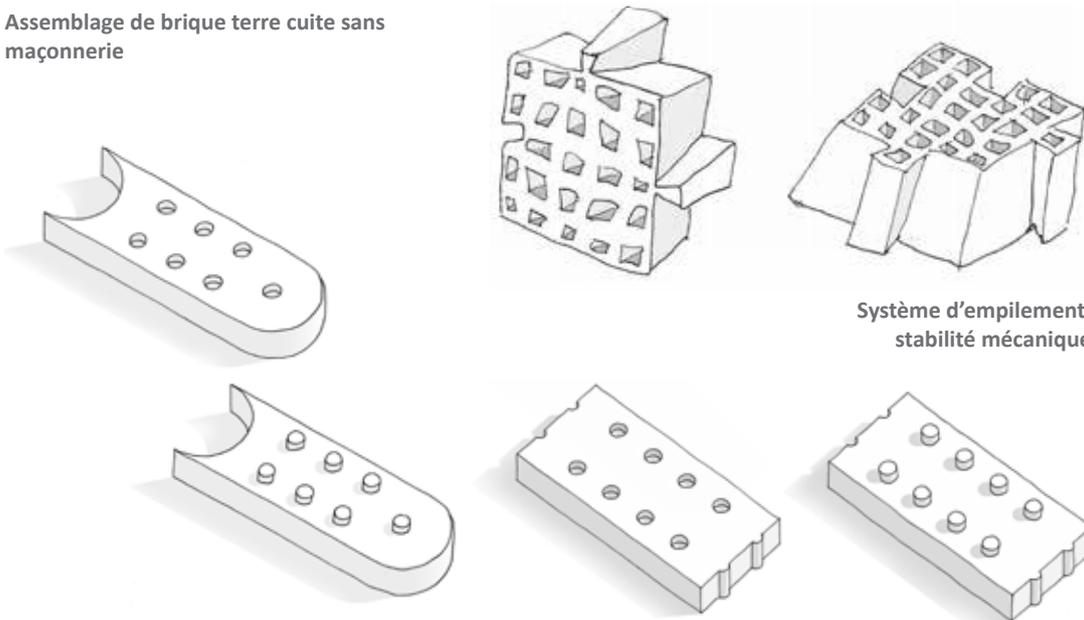
¹⁰² MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Op.cit.*, p. 132.

¹⁰³ BIGNIER, Grégoire. *Op. cit.*, p.73

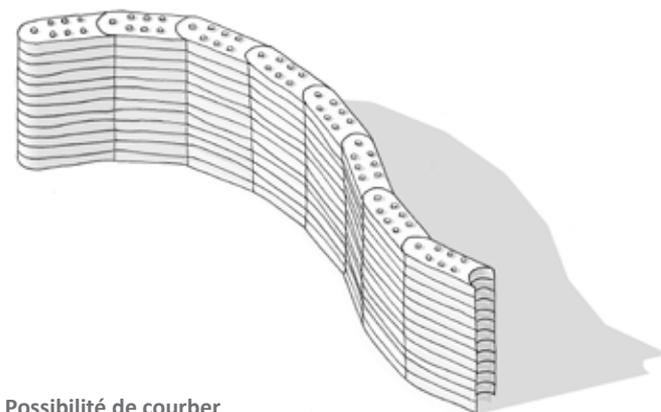
¹⁰⁴ *Idem*, p. 94



Assemblage de brique terre cuite sans maçonnerie



Système d'empilement, stabilité mécanique



Possibilité de courber l'assemblage de briques

Recherches et propositions industrielles.

La brique a été particulièrement étudiée à l'étranger (Danemark, Angleterre). La terre cuite présente la qualité d'être une ressource non épuisable mais son système de maçonnerie supprime souvent la possibilité de réemploi. Pourtant la brique ne vieillit pas, différentes études ont montré que ses qualités étaient intactes dans le temps. La réflexion porte ici sur un assemblage mécanique qui supprimerait le recours au joint maçonné.

L'industrie doit s'inscrire dans une économie durable et doit adapter ses process. Nadia Hoyet l'exprime ainsi : «... ces transformations, matérielles ou conceptuelles, lui [le matériau] confèrent des propriétés précises à un temps T de son évolution, définies par son état. Dans une économie durable, la succession de ces états s'enchaîne en boucle, selon un processus qui se renouvelle sur lui-même.»¹⁰⁵ De même l'architecte doit mieux se former à la connaissance de la matière. On peut déplorer que dans la plupart des écoles d'architecture, l'accent soit plutôt mis sur les capacités conceptuelles que techniques. Ainsi on forme plus des futurs concepteurs que des futurs constructeurs. Pourtant : «La connaissance de la fabrication des matériaux renseigne sur la nature et la quantité de matières premières et d'énergie nécessaire ainsi que sur les rejets induits par la production. Cette information, d'ordre environnemental, est utile pour comprendre l'impact de la mise en œuvre du matériau aussi bien au niveau local que global.»¹⁰⁶

2. Préfabriquer pour mieux démonter (puis reconstruire)

Le rôle des assemblages réversibles

Patrick Bouchain disait «Ce qui semble incompréhensible dans la constitution de la ville, c'est que l'homme est avant tout nomade et non sédentaire.»¹⁰⁷ On se demande alors comment on a pu passer d'un habitat démontable et suivant l'homme dans ses déplacements à une construction fixe dont la fin de vie n'est autre qu'une destruction. Pourtant la préfabrication met en œuvre des principes d'assemblages qui sont souvent réversibles et qui facilitent la déconstruction et le réemploi. Les auteurs de *Cradle to Cradle* donnent le conseil : «afin d'éliminer le concept de déchet, nous devons élaborer des biens et des méthodes dont le principe premier intègre l'idée que le rebut n'existe pas, leur forme s'adapte à l'évolution, pas simplement à la fonction»¹⁰⁸. On constatera ainsi qu'il est beaucoup plus aisé de démonter une planche vissée qu'une planche clouée ou pire, collée. Selon les auteurs de *Matière grise* : «En fin de vie, les assemblages complexes des matériaux sont aussi difficiles à déconstruire qu'ils ont été faciles à mettre en place. Facile veut souvent dire rapidement, à bas prix en assemblant entre eux des produits réglementés et identifiés par des marques, dans une urgence temporelle et sous pression financière.»¹⁰⁹ S'il est vrai que certaines dérives ont été soutenues par l'industrie, certains assemblages de la filière sèche sont de qualité suffisante pour être démontés et remontés mécaniquement dans un usage raisonnable correspondant aux changements périodiques de fonctions d'un bâtiment.

¹⁰⁵ HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p. 16

¹⁰⁶ *Ibidem.*

¹⁰⁷ BOUCHAIN, Patrick. *Op. cit.*, p. 13

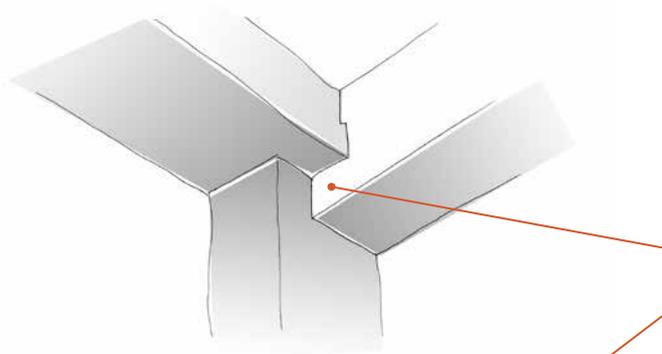
¹⁰⁸ MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Op.cit.*, p. 138.

¹⁰⁹ CHOPPIN Julien ; DELON Nicola. *Op. cit.*, p. 20.

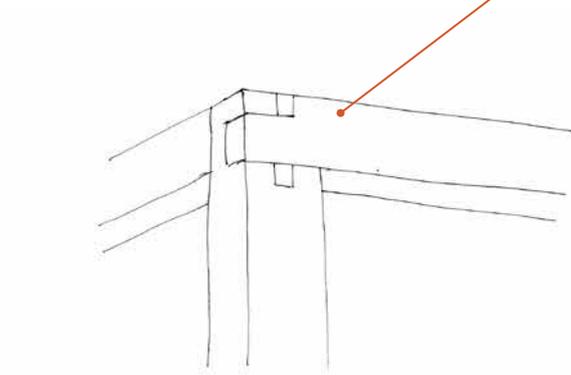


**Structure en bois sans assemblage.
Peter Zumthor, Swiss sound box, Pavillon
temporaire pour l'exposition universelle
d'Hanovre en 2000.**

3000 m³ de bois ont été nécessaires. L'architecte a réussi à concevoir un bâtiment accueillant le public sans assemblage. Le bois a été totalement préservé et réutilisé pour d'autres projets. Les tasseaux ont été simplement superposés. La stabilité réside en un système de post-tension et de câbles qui maintiennent ces empilement de bois.

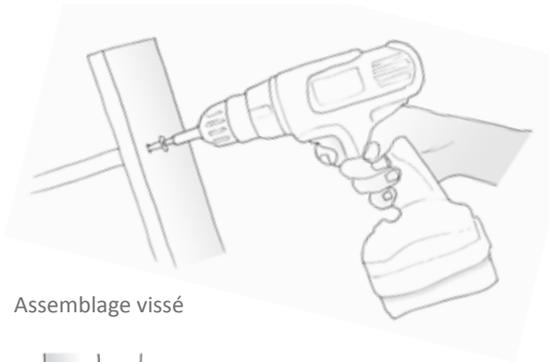
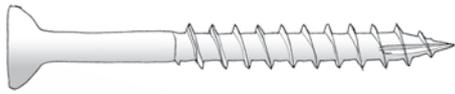


**Assemblage bois-bois
sans besoin d'éléments métalliques et
sans élément bois supplémentaire**

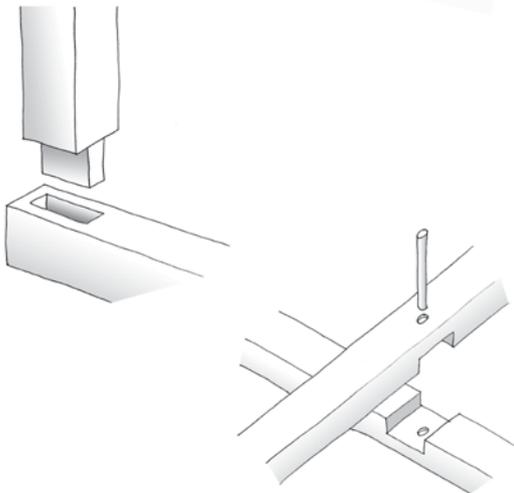


L'assemblage démontable en bois.

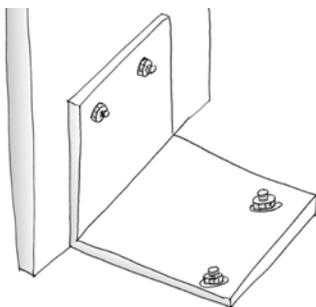
Le bois, par ses techniques ancestrales, propose de nombreuses solutions pour des assemblages entièrement en bois sans avoir recours à un élément extérieur. Certains assemblages sont dispensés de colle ce qui garantit un réemploi facilité et non nocif.



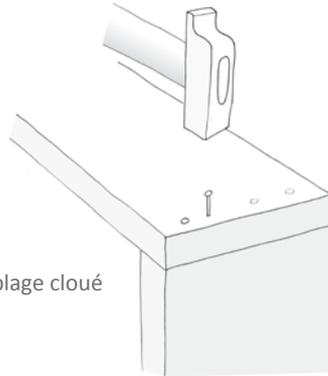
Assemblage vissé



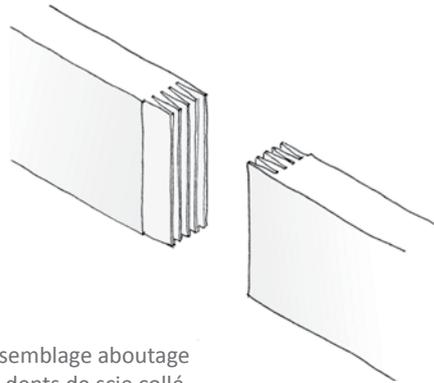
Assemblage tenon-mortaise



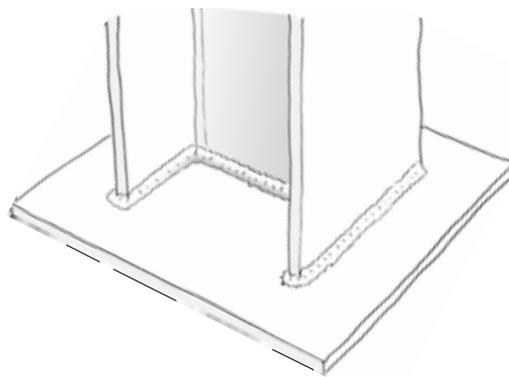
Assemblage métallique boulonné



Assemblage cloué



Assemblage aboutage en dents de scie collé



Assemblage métallique soudé

Quelques confrontations d'assemblages définitifs et leur équivalents réversibles pour différents matériaux.

De la même manière les systèmes d'assemblages développés par les industriels de la préfabrication permettent de construire de façon non dommageable, et peuvent garantir une déconstruction propre en permettant de retrouver l'objet déconstruit à l'identique du neuf. Seules les traces d'usure, du temps et des usages, pourront être nettoyées ou conservées, et s'inscrire dans les étapes du processus de reconditionnement. Les industriels ont développé, sans forcément en avoir conscience, un système de construction qui peut devenir réversible sans remettre en cause leur processus déjà en place. La préfabrication peut ainsi faciliter l'adaptabilité des différents usages d'un espace : «La transformation d'un bâtiment peut être facilitée dans la durée si la conception technique et constructive l'a intégrée. Les filières constructives dites «sèches» sont particulièrement adaptées à ces mutations. Ce sont les matériaux assemblés mécaniquement qui y répondent.»¹¹⁰ Il suffirait de prendre en compte officiellement cette donnée de la future déconstruction pour faciliter sa mise en place et permettre à l'élément préfabriqué de multiples réemplois.

La préfabrication permet aussi de réduire l'impact d'un chantier dans son site. Comme Nadia Hoyet le précise : «Les nuisances sur le voisinage et la durée du chantier sont minimisées avec les procédés en filière sèche qui mettent en œuvre des matériaux et des composants préfabriqués en atelier.»¹¹¹, ce qui participe à ne perturber ni les riverains, ni l'écosystème.

Théorie des assemblages non abrasifs

Le tableau ci-contre repère plusieurs types d'assemblage et confronte les méthodes dites abrasives et celles non abrasives. L'emploi de boulons permet de ne pas abîmer la matière mais surtout de faciliter le démontage et le remontage sans effet de fatigue de la matière. Les architectes peuvent dès à présent agir à ce niveau de conception : «Concevoir des produits comme des produits de service implique de les fabriquer en vue de leur désassemblage»¹¹².

Jean Prouvé a été l'un des pionniers à développer ces concepts industriels d'assemblages non abrasifs qui rendent éternels ses projets : «après le rachat de son usine de Maxéville, [il] construit sa propre maison, à Nancy, à l'aide d'éléments réemployés. Réutilisant en façade les panneaux de bois de ses habitations d'urgence, ainsi qu'une grande poutre métallique centrale, il explique que sa maison «est faite de bric et de broc [...] mais tous les éléments se sont assemblés sans problème.»¹¹³ La capacité du matériau métallique et l'ingéniosité du processus industriel ont permis une grande pérennité en évitant toute fatigue des éléments due aux manipulations de montage.

¹¹⁰ HOYET, Nadia. *Op. cit.*, p.18

¹¹¹ *Idem*, p.33

¹¹² MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Op.cit.*, p. 149

¹¹³ In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture. Op.cit.*, p.60

Aux Pays-Bas, Superuse Studios Architectes met en avant cette technique de conception : «Nous avons pris en compte cette question [la démontabilité] en utilisant une méthode de construction très flexible. L'armature en acier n'est pas soudée mais boulonnée, tandis que les éléments de l'enveloppe peuvent être changés.»¹¹⁴

3. Les nouveaux outils de l'industrie

Comme Albert Einstein l'a fait remarquer, «si nous voulons résoudre les difficultés qui nous assaillent, notre manière de penser doit évoluer au delà du niveau auquel nous avons réfléchi le jour où nous avons créé ces problèmes»¹¹⁵.

L'ère numérique repousse sans cesse les limites techniques qui avaient tendance à freiner les concepteurs. Les industriels sont capables de répondre de plus en plus à des demandes de prototypage. Les impressions numériques 3D permettent de modéliser en un temps record et à des coûts réduits, une première version d'un objet qui sera ensuite fabriqué en grande série. Les découpes numériques diverses apportent, elles, une très grande précision et contribuent à la maîtrise générale de la construction. La liberté du concepteur semble sans limite. Tous ces outils doivent être au service du réemploi qui devient préfabriqué. Les assemblages mécaniques pourront être modernisés pour éviter le recours aux colles ou soudures.

Ces outils doivent aussi être exploités pour répondre aux enjeux environnementaux. La notion d'écologie industrielle a été développée par Pascal Gontier : «L'écologie industrielle [...] vise à s'inspirer (des écosystèmes naturels) afin de minimiser les ressources et à valoriser les déchets dans un dispositif de flux circulaire»¹¹⁶. Cela rejoint le modèle d'économie circulaire, et le réemploi visé à long terme de façon cyclique. L'industrie détient tous les moyens pour être au service d'une architecture du développement durable et non plus d'une architecture consommatrice à vision de court terme. Cette vision est appuyée par Grégoire Bignier : «l'exemple de l'ISS montre que la conception architecturale pourrait viser à définir un process plutôt qu'un projet figé pour une durée de vie habituellement indéterminée.»¹¹⁷ L'architecte doit prévoir au très long terme, bien au delà de la durée de vie prévisionnelle du bâtiment à concevoir.

¹¹⁴ SUPERUSE STUDIOS. In *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture*. Op. cit., p.260.

¹¹⁵ MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. Op.cit., p. 209

¹¹⁶ GONTIER, Pascal. *Symbiocratie*, art.cit. p.2. In, *Architecture & écologie, Comment partager le monde habité?*. Op. cit. p.24.

¹¹⁷ BIGNIER, Grégoire. Op. cit. p.26.

4. Reconditionner des éléments pour le réemploi : sur la lancée du BIM?

Comme on l'a vu avec l'exemple du Pavillon Circulaire, le réemploi encourage à faire l'inventaire exact des matériaux à notre disposition pour éviter au maximum les pertes et les chutes. Cet inventaire fait, et la rentabilité obtenue par le calepinage, le temps de chantier est significativement raccourci, ce qui permet une économie.

Cette technique peut s'apparenter à celle du BIM qui pousse à plus de maîtrise, à décider en détails de tous les éléments d'une construction. Il y a de moins en moins de place pour l'incertitude du chantier. Il faut apprendre à gérer un stock limité de matériau. On ne pourra plus négocier avec un fournisseur mais discuter avec le propriétaire de gisement. Pour gagner du temps et de la précision, tous ces matériaux devront être inventoriés de façon numérique. L'avancée technologique permettra peut-être de rendre ces façons de travailler accessibles et rapides. C'est parce que le concepteur aura accès à une modélisation 3D décrivant tous les perçages précédents par exemple, qu'il pourra tirer au mieux parti de son matériau de réemploi. Le fait d'adapter les éléments d'un gisement aux exigences du BIM peut-il devenir une nouvelle forme de préfabrication?

L'adage d'Antoine Laurent de Lavoisier : «Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme» peut s'appliquer au réemploi. L'architecte devient déconstructeur pour mieux reconstruire. Il doit maintenant intervenir en amont pour le choix de ses matériaux, déceler leur potentiel pour continuer à produire des espaces de qualité. Il interviendra aussi de façon plus directe dans la préservation du patrimoine, en recueillant des éléments préfabriqués significatifs et témoignant d'une histoire architecturale. C'est tout un nouveau système de connaissances techniques que l'architecte pourra développer et son rôle en sera plus important, nécessitant sa présence sur les chantiers de déconstruction. Le cadre législatif ou inexistant ne doit pas freiner l'architecte dans ses convictions, au contraire selon Patrick Bouchain « L'impuissance actuelle des Etats et de leur bureaucratie est une occasion à saisir car c'est au moment où l'impuissance est la plus grande que se présente la chance unique de se sauver, c'est au moment où l'État trébuche pour cause de démesure, que l'individu seul doit se prendre en charge, dans l'intérêt collectif.»¹¹⁸

Les recherches actuelles en cours au CSTB, ainsi que les études menées par l'Ademe apportent un nouveau crédit au réemploi. C'est maintenant aux industriels de réagir pour répondre aux enjeux du développement durable et de s'adapter à cette notion du réutilisable. C'est aujourd'hui une évolution au coup par coup, de génération en génération. Il faudra dans un avenir proche trouver un équilibre pour pérenniser le réemploi du point de vue économique et le rendre ainsi légitime pour tous. Les préconisations simples développées ici comme concevoir avec des assemblages réversibles ou mettre en place une meilleure traçabilité des matériaux, ne demandent nullement une adhésion aux pratiques du réemploi mais permettraient à d'autres de le développer.

Aujourd'hui encore, tout un pan de la profession d'architecte considère le réemploi comme une notion alternative et marginale. Peu d'architectes semblent prêts à s'investir intellectuellement et professionnellement dans cette démarche. Néanmoins les acteurs du réemploi multiplient les manifestes et ne cessent d'améliorer les processus. Grâce à une évolution des mentalités, en particulier chez les maîtres d'ouvrages, le réemploi devient possible et se détache du domaine expérimental. Qu'il soit convaincu ou non par cette démarche, l'architecte ne peut se permettre d'attendre et de subir l'échéance environnementale. Il ne peut pas continuer de céder au marketing vert pour contenter le maître d'ouvrage. Le champ théorique de l'architecture devra remettre en cause le rapport à la matière.

Le réemploi tel qu'il est mis en place actuellement reste plus proche d'une pratique marginale que d'un procédé applicable par tous. Mais on peut très bien commencer à adapter les principes du réemploi à notre conception habituelle. Les maîtres d'ouvrage et les grands promoteurs comme Bouygues Immobilier peuvent continuer leurs actions et concrétiser l'application de nouvelles méthodes notamment au niveau de la déconstruction.

¹¹⁸ BOUCHAIN, Patrick. *Op.cit.*, p. 18.

C'est peut-être à «ces puissants» de la construction de prendre les initiatives pour soutenir les agences d'architectes dont le pouvoir décisionnel est souvent réduit puisque le système cherche avant tout à rémunérer les architectes sur la base de contrat. Jusqu'à quel point un architecte peut-il conseiller, inspirer, imposer une méthode de faire à un client?

L'architecte n'est pas seul dans le système même si on lui rattache la responsabilité des décisions architecturales. Le lien avec l'industrie n'a jamais été aussi resserré et pour cause, elle seule peut répondre à la dimension de l'activité de la construction. L'industriel aura également besoin de concepteurs pour travailler la matière en lui redonnant une simplicité de formulation dans le sens où les matériaux complexes dont on ne saura pas séparer les composants en fin de vie seront un gâchis de plus en plus préjudiciable pour la société. La préfabrication par sa définition ne peut que gagner en optimisation avec les outils technologiques aujourd'hui à notre disposition. Des savoir-faire devront s'améliorer et l'économie devra recomposer une offre d'emplois correspondante, ce dont la société doit tirer parti. Dès demain, l'architecte devra se muer en architecte-ingénieur, dialoguant avec l'industriel, préconisant la création de matériaux préfabriqués, peut être connectés, triant, évaluant et sélectionnant avec le déconstructeur des matériaux de réemploi, ces matériaux qu'il se chargera ensuite de mettre en œuvre. Cela pourrait impacter également le particulier, l'entreprise de construction, la commission préfectorale, l'assureur, les élus, faute de quoi, le législateur risque de réduire l'architecte à n'être que l'architecte-bricoleur aujourd'hui raillé par certains.

Les architectes actuels ont un peu perdu la qualité visionnaire que possédaient leurs prédécesseurs. «Soyez proactifs, ne vous basez pas uniquement sur un retour d'informations»¹¹⁹, ce conseil venu du *Cradle to Cradle* est universel, que l'on soit convaincu par leurs idées ou non. Les mises en gardes environnementales ne cessent de se multiplier et l'architecte, par son savoir, son impact constructif et ses qualités de recherches doit pouvoir prendre le temps de trouver des solutions immédiates et à long terme pour y répondre. Sinon : «Ce pourrait être le chant du cygne de l'architecture, sauf si elle retrouve le sens de l'Histoire.»¹²⁰

¹¹⁹ MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Op.cit.*, p. 229.

¹²⁰ BIGNIER, Grégoire. *Op. cit.*, p.159

Remerciements

Je remercie particulièrement les personnes qui ont consacré de leur temps pour répondre à mes nombreuses questions: Julien Choppin et Sonia Vu, *Architectes collectif Encore Heureux* ; Loïc Julienne, *associé de Patrick Bouchain, Architecte agence Construire* ; Laurent Château, *Ademe* ; Daniel Pearl, *L'œuf Architectes, Canada*; Sylvain LAURENCEAU, *Division Innovation & Développement, Direction Energie Environnement au CSTB* ; Sophie de Menthière, *Responsable Programmes Bouygues Immobilier, RéhaGreen*.

Je remercie bien sûr mes enseignants Florence Lipsky et Jean-Marc Weill pour m'avoir encadrée et permis d'entrer en contact avec Daniel Pearl, L'ŒUF Architectes à Montréal.

Merci également à tous les soutiens dont j'ai pu profiter pendant cette période de recherche.

Glossaire

Eco efficiency : traduit en français par les termes éco efficacité et éco efficace

(MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. Cradle to cradle: Créer et recycler à l'infini. Paris : Editions Alternatives, février 2011, 240 p.)

Eco effectiveness : éco bénéficience et éco bénéfique

(MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. Cradle to cradle: Créer et recycler à l'infini. Paris : Editions Alternatives, février 2011, 240 p.)

Économie circulaire :

L'économie circulaire peut se définir 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. L'économie circulaire doit viser globalement à diminuer drastiquement le gaspillage des ressources afin de découpler la consommation des ressources de la croissance du PIB tout en assurant la réduction des impacts environnementaux et l'augmentation du bien-être. Il s'agit de faire plus et mieux avec moins.

(Ademe, Notions Version modifiée Octobre 2014)

Son objectif ultime est de parvenir à découpler la croissance économique de l'épuisement des ressources naturelles par la création de produits, services, modèles d'affaire et politiques publiques innovants. Il s'agit par exemple de rallonger les flux de matière (réemploi, recyclage) et de produits (éco conception sans toxique ni obsolescence programmée, réparation, réutilisation puis recyclage) tout au long de la vie du produit ou service. Ce modèle repose sur la création de boucles de valeur positives à chaque utilisation ou réutilisation de la matière ou du produit avant destruction finale. Il met notamment l'accent sur de nouveaux modes de conception, production et de consommation, le prolongement de la durée d'usage des produits, l'usage plutôt que la possession de bien, la réutilisation et le recyclage des composants. La gestion des déchets ne peut plus se réduire à une conséquence du modèle de production actuel. L'optimisation de l'utilisation des ressources par une écoconception pensée en amont transforme la gestion des déchets en une simple étape de la boucle matière.

(Site officiel de l'Institut de l'économie circulaire, association nationale multi-acteurs ayant pour objectif la promotion de l'économie circulaire)

Économie circulaire :

Economie qui a l'ambition de se concevoir dans le cadre d'un processus métabolique qui engloberait une unité de production industrielle au sein d'un contexte élargi et maîtrisé, formant une synergie vertueuse.

opposée à :

Économie linéaire :

Economie qui se développe sans se soucier ni de ses conditions d'approvisionnement ni du devenir de ses déchets.

(BIGNIER, Grégoire. Architecture & écologie, Comment partager le monde habité ?. Paris : Editions Eyrolles, Septembre 2015, 218p.)

Gisement :

n. m. XIIIe siècle, au sens de « action de se coucher ». Dérivé de gésir.

1. MARINE. Se dit de l'angle formé par l'axe du navire et une direction donnée, le relevé d'un amer ou d'un autre navire.

2. GEOLOGIE. Disposition, situation dans le sous-sol des masses de minéraux, des composés organiques fossiles, etc. Le gisement d'un minerai. Gisement disséminé, gisement sous forme de couches, de filons. Gisement à ciel ouvert.

Par méton. Accumulation importante et exploitable de minerais, de composés organiques fossiles, etc. Des gisements de charbon. Un gisement cuprifère, pétrolifère.

Par ext. Lieu, terrain où l'on trouve quelque chose en grande quantité. Gisement de coquillages. Gisement de fossiles. Gisement archéologique.

(La 9e édition du Dictionnaire de l'Académie française)

Précision personnelle : La notion de gisement est largement employée pour désigner un ensemble de matériaux récupérables. Il peut s'agir d'un chantier de démolition en cours, d'un bâtiment voué à la destruction, ou même d'un stock de matériau inutilisé. Le gisement est la source de matériaux du réemploi.

Préfabrication :

n.f. Système de construction permettant de réaliser des ouvrages au moyen d'éléments standardisés, ou composants, fabriqués d'avance et que l'on assemble suivant un plan préétabli.

(Larousse, dictionnaire 2016)

subst. fém. Fabrication en série d'éléments de construction destinés à être assemblés ultérieurement suivant un plan préétabli ; mode de construction fondé sur l'emploi de ces éléments. Préfabrication en série.

Préfabrication fermée : Préfabrication dans laquelle tous les éléments sont préfabriqués exclusivement les uns pour les autres.

Préfabrication ouverte : Préfabrication dans laquelle certains éléments standards préfabriqués doivent se combiner avec d'autres éléments construits traditionnellement.

(Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales)

Réemploi :

Employer une nouvelle fois signifie bien que l'on garde la matière et la forme (donc la trace de l'histoire) pour un nouvel usage.

A ne pas confondre avec :

Recyclage :

Si le cycle détermine une période avec un début et une fin, recycler veut dire créer un nouveau cycle ; par un traitement particulier, on veut donner une nouvelle forme à la matière pour conduire à un nouvel usage, sans garder la trace de son ancien usage. En architecture, ce terme est plutôt utilisé dans la limite des matériaux seuls, mais on peut l'envisager dans le sens du recyclage d'un bâtiment ou d'un quartier, quoique rarement : le conserver en lui donnant un nouveau cycle de vie, un nouveau cycle d'usage.

(HUYGEN, Jean-Marc. La poubelle et l'architecte, vers le réemploi des matériaux. Arles : Actes sud Beaux Arts, Juillet 2008, (L'Impensé) p.170)

Réemploi :

Action de prévention particulière désignant toute opération par laquelle des substances, 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

A ne pas confondre avec :

Réutilisation :

Toute opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveau.

(Article L541-1-1 du Code de l'Environnement)

Valorisation :

Toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en substitution à d'autres substances, matières ou produits qui auraient été utilisés à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, y compris par le producteur de déchets.

(Article L541-1-1 du Code de l'Environnement)

Entretiens menés :

- Entretien avec Daniel Pearl, Architecte associé, MOAQ, PA LEED, cofondateur de l'ŒUF (l'Office de l'Éclectisme Urbain et Fonctionnel) à Montréal *(réalisé via Skype le 04.12.2015)*.

- Entretien avec Laurent CHATEAU, référent sur le sujet des déchets du BTP au siège de l'ADEME, Direction économie circulaire et déchets, à Angers *(réalisé par téléphone le 20.11.2015)*.

- Entretien avec le collectif d'architectes Encore Heureux (Julien Choppin et Nicola Delon), à Paris *(réalisé à l'agence le 04.05.2015)*.

- Entretien avec Sophie De MENTHIERE, Responsable Programmes, Bouygues Immobilier, RéhaGreen *(réalisé au siège social de Bouygues Immobilier à Issy-les-Moulineaux le 28.10.2015)*.

- Entretien avec Sonia Vu du collectif d'architectes Encore Heureux chef de projet du Pavillon circulaire, à Paris *(réalisé à l'agence le 17.11.2015)*.

- Extraits de l'entretien avec Loïc Julienne, agence Construire, au sujet du projet de l'Académie Fratellini *(réalisé par téléphone le 02.05.2013)*.

- Entretien avec Sylvain LAURENCEAU, DIVISION INNOVATION & DEVELOPPEMENT, Direction Energie Environnement au CSTB *(réalisé par téléphone le 18.11.2015)*.

Visites

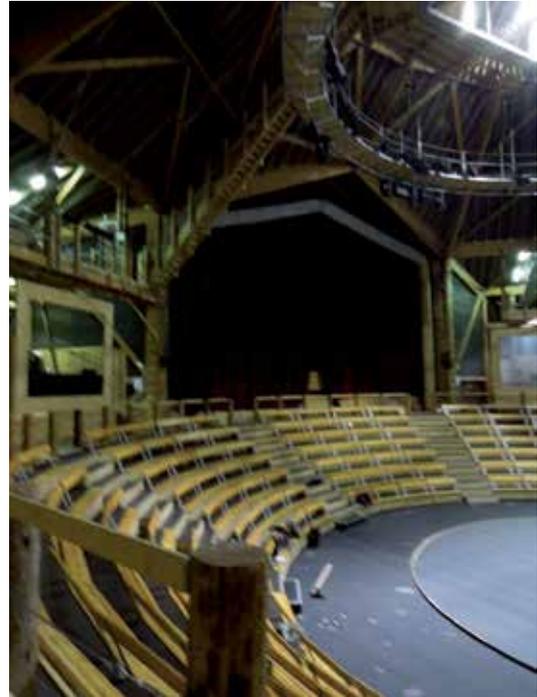
Pavillon circulaire, Parvis de l'Hôtel de Ville, Encore Heureux Architectes (le 30.09.2015).





Visites

Académie Fratellini, Saint Denis, Patrick Bouchain avec l'agence Construire (le 23.05.2013).

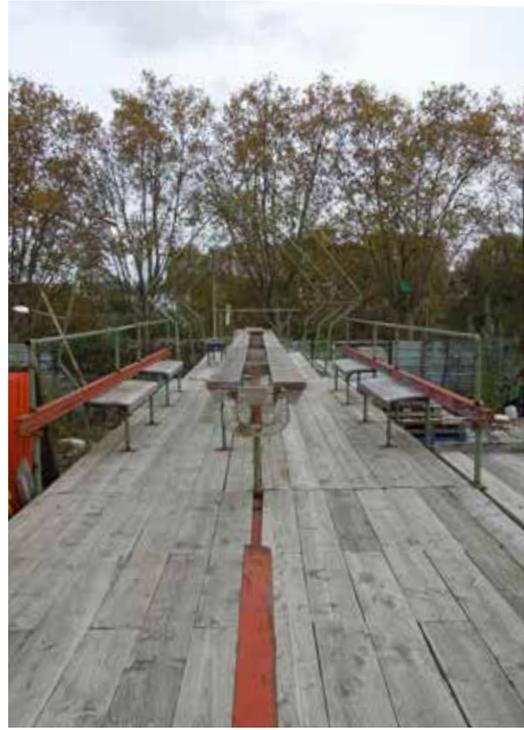




Visites

ActLab, île Saint Denis, Bellastock Architectes (*le 08.11.2014*).





Bibliographie thématique:

ÉCONOMIE:

Livres:

- MCDONOUGH, William ; BRAUNGART Michael. *Cradle to cradle : Créer et recycler à l'infini*. Paris : Editions Alternatives, février 2011, 240 p. (Manifestô; 4^e édition)

Article:

- DEME, Samuel et SAINT JOURS, Yvan. Construire sans emprunt : des matériaux naturels et recyclés au service de l'indépendance financière. *La Maison écologique*, oct./nov. 2004, n°23, p. 28-31.

Documents en ligne:

- ROTOR ASBL. *Rapport final, Projet d'activation des filières de réemploi des matériaux de construction en région de Bruxelles-Capitale, Opalis*. Novembre 2012, 80p. Disponible sur <http://document.enviroment.brussels/opac_css/elecfile/Etude_dechets_Rotor_OPALIS_FR.PDF> (consulté le 20.06.2015).

- ICEB. *Les guides Biotech, l'énergie grise des matériaux et des ouvrages*. Montreuil : ARENE ile de France, novembre 2012, 132p. Disponible sur : <http://www.asso-iceb.org/wp-content/uploads/2014/07/guide_bio_tech_lenergie_grise_des_materiaux_et_des.pdf> (consulté le 16.05.2015).

- CIFFUL. *Guide pratique sur le réemploi / réutilisation des matériaux de construction*. Liège : Éditions de l'Université de Liège, 2013, 48p. Disponible sur : <http://www.cifful.ulg.ac.be/images/stories/Guide_reemploi_materiaux_lecture_2013.pdf> (consulté le 18.05.2015).

- IAU Ile-de-France. *Économie circulaire, écologie industrielle, Éléments de réflexion à l'échelle de l'Île-de-France*. Paris : IAU Ile-de-France, décembre 2013, 60p. Disponible sur : <http://www.iau-idf.fr/fileadmin/NewEtudes/Etude_1036/Economie_circulaire_Ecologie_industrielle_IdF.pdf> (consulté le 18.04.2015).

- Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques. *Le cycle des matières dans l'économie française*. La Défense : Repères, Septembre 2013, 31p. Disponible sur : <<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/le-cycle-matieres-septembre-2013.pdf>> (consulté le 20.05.2015).

- Le Moniteur. Cahier pratique, Normes. *Le Moniteur des travaux publics et du bâtiment*. 15 juin 2012, n° 5664, 20p. Cahier détaché n° 2 disponible sur : <<http://groupe.afnor.org/pdf-portail/cahier-pratique-le-moniteur.pdf>> (consulté le 11.04.2015).

Ressources en ligne :

- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, CSTB. *Le futur en construction* [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.cstb.fr/>> (consulté le 05.05.2015).

- Site officiel de l'Institut de l'économie circulaire. *Association nationale multi-acteurs ayant pour objectif la promotion de l'économie circulaire* [en ligne]. Disponible sur : <www.institut-economie-circulaire.fr> (consulté le 10.04.2015).

Conférences :

- NARBONI, Roger. *Aménager la ville par la lumière. Roger Narboni, concepteur lumière, aborde la ville par la lumière. L'éclairage urbain est peut-être aujourd'hui un enjeu fondamental dans le «faire la ville». La nuit, ne définit-il pas une ambiance porteuse d'urbanité ? Face à ce constat, comment la lumière est intégrée dans l'aménagement ?*. Conférence du 6 mars 2013, Ecole d'architecture de la ville et des territoires à Marne-la-Vallée.

RÉEMPLOI:

Livres:

- HUYGEN, Jean-Marc. *La poubelle et l'architecte, vers le réemploi des matériaux*. Arles : Actes sud Beaux Arts, Juillet 2008, 184 p. (L'Impensé)

- CHOPPIN Julien ; DELON Nicola. *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture*. Paris : Editions du Pavillon de l'Arsenal, Octobre 2014, 370 p.

- BOUCHAIN, Patrick. *Construire autrement comment faire?*. Arles : Actes Sud, Beaux Arts, Septembre 2006, 192p. (L'Impensé)

- SERREAU, Coline ; ERLIH, Charlotte ; CASTANY, Laurence. *L'Académie Fratellini, Le cirque de plain-pied / Saint-Denis*. Arles, Actes Sud Beaux Arts, Septembre 2008, 110p. (L'Impensé)

- BIGNIER, Grégoire. *Architecture & écologie, Comment partager le monde habité ?* Paris : Editions Eyrolles, Septembre 2015, 218p.

- RAMBERT, Francis ; COLOMBET, Martine ; CARBONI, Christine. *Un bâtiment, combien de vies? La transformation comme acte de création*. Milan : Silvana Editoriale, 2015, 350 p. (Catalogue d'exposition 2015. Paris : Cité de l'architecture et du patrimoine, Editeur scientifique)

- FRIEDMAN, Yona. Chapitre IV. In *Utopies réalisables*. Les Coiffards : Editions de l'éclat , janvier 2000, 249 p. *Idem*, Chapitre IV, 9. La surproduction de «déchets», p.97-98 ; 10.»Rubbish is beautiful» ou de l'utilisation des déchets p 99- 100 ; 11. Le «groupe critique» de la production. p101-102.

Articles:

- THEODORE, David. Rural Retreat, House in Four Fields, La Conception, Quebec. *Canadian Architect*, Avril 2015, p.12-18.

- BILLIET, Lionel et GHYOOT, Michaël. Réutiliser les matériaux de construction. *A +*, 2011, août, n°231, p.70-74.

- BOGENMANN Claudia. Entretien avec Peter Zumthor, Surpris par le Pritzker 2009, (Entretien réalisé fin juin 2009 avec Peter Zumthor dans son atelier d'Haldenstein). *L'Information Immobilière*, février 2010, n°101.

- GAUZIN-MÜLLER, Dominique. Réduire, réutiliser, recycler, Edito. *Ecologik*, n°7, p.3.

- MAGROU, Rafaël. «Être amateur est très important», «To be an amateur is very important», Interview de Wang SHU. *L'Architecture d'aujourd'hui*, déc./janv. 2009-2010, n°375, p. 53-92.

- MATHIEU, Clémence. Vers le zéro déchet. *Ecologik*, n°7, p. 4-19.

- NAMIAS, Olivier. Vivre dans des containers. *A vivre*, nov./déc. 2007, n°3, p. 134-147.
- NAVARRO, Alain. Déchets et matériaux. *L'Esprit des matériaux*, 2010, n°2, p. 20-27.
- PANGE, Isabelle. La poubelle et l'architecte: vers le réemploi des matériaux. *Nouvelles du patrimoine*, oct. 2008, n°122, p. 42-43.
- REINHARD, Hélène. Entretien avec Wang Shu, Pritzker Prize 2012. *AMC, Le Moniteur architecture*, avril 2012, n°214, p. 14-17.
- Quaderns. Esclats : temps fugaç, temps precari (Eclats : temps fugace, temps précaire). *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*, décembre 1999, n° 224. p. 66-85, p. 86-99.

Documents en ligne:

- Fédération Française du Bâtiment, Ademe. *Mieux gérer les déchets de chantier de bâtiment*. Paris : Novembre 2013, 12p. Disponible sur : <http://www.ffbatiment.fr/Files/pub/Fede_N00/FFB_PUBLICATION_3349/282cdf9f-3298-4e1b-9065-0bd54a998f5e/PJ/gerer-dechets-chantier.pdf> (consulté le 24.03.2015).
- BIO Intelligence Service S.A.S. et Cap3c. *Actualisation du panorama de la deuxième vie des produits en France, Inventaire des structures de réemploi et de réutilisation*. Angers : Ademe, Octobre 2014, 20p. Disponible sur : <<http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/panorama-2eme-vie-produits-reemploi-inventaire-201410-synthese-finale.pdf>> (consulté le 04.06.2015).
- BELLASTOCK. *Dossier de Presse*. Paris : Presse Bellastock, 2015, 22p. Disponible sur : <<http://www.plainedefrance.fr/sites/default/files/webfm/actualites/Bellastock-Play%20Mobile/dp.pdf>> (consulté le 07.06.2015).
- GHYOOT, Michaël avec Rotor et réseaux de résilience urbaine / colombes. État des lieux des pratiques du réemploi existantes : quelles filières recenser, activer, professionnaliser pour les matériaux de seconde main ?. *RURBAN, Mini Journal* [en ligne]. n°3, avril/mai 2012, 8 p. Disponible sur : <<http://r-urban.net/wp-content/uploads/2012/01/RURBAN-Minijournal3.pdf>> (consulté le 10.04.2015).
- ASSISES REGIONALES DE LA GESTION TERRITORIALE DES DECHETS. *Construire dans une logique de réemploi* [en ligne]. 22.09.2011, 67 p. Avec Carole Lenoble et le réseau européen de réemploi : www.matieras.eu. Disponible sur : <http://www.dechets-prevention.com/2011/res/A4-C_Lenoble.pdf> (consulté le 10.04.2015).
- BOLLET, Laurent. L'art du réemploi. *Le journal de Saône-et-Loire* [en ligne]. 17.11.2012, N° 6880, Edition Mâcon, p.1. Disponible sur : <<http://www.lejsl.com/>> (consulté le 10.04.2015).
- CHEIKH ROUHOU, Mehdi. *Les déchets de chantier et le recyclage des matériaux dans le secteur du bâtiment*. [en ligne]. Formation continue : L'architecture à haute qualité environnementale (HQE®). Lyon : Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon, Janvier 2007, 89p. Disponible sur : <http://www.lyon.archi.fr/sitehqe/site_carnetdevoiage_2004/carnetdevoiage/HQE_M%E9moires/hqe_memoires_2006/cheikh_rouhou.pdf> (consulté le 10.04.2015).
- CRIQUI, Jean-Pierre. *L'art de la reprise. Remplois, détournements et assemblages à travers l'histoire* [en ligne]. Colloque internationale. Paris : Musée du Louvre, 24.05.08, 16p. Disponible sur : <http://www.louvre.fr/sites/default/files/medias/medias_fichiers/fichiers/pdf/louvre-colloque-quotl039art-reprisequot-remplois.pdf> (consulté le 10.04.2015).

- ÉCOHABITATION. Gestion écologique des déchets d'un chantier de rénovation résidentielle. *La Ruche, cahier de projet* [en ligne]. n°6, 21.04.2011, 8p. Disponible sur : <http://www.ecohabitation.com/assistance/sites/all/files/u8/20110421_cahier6.pdf> (consulté le 10.04.2015).

- PAVILLON DE L'ARSENAL. *Re-architecture, re-cycler, ré-utiliser, ré-investir, re-construire nouvelles fabriques de la ville européenne* [en ligne]. Présentation de l'Exposition temporaire créée par le Pavillon de l'Arsenal, du 12 avril au 31 août 2012, Commissariat scientifique Pavillon de l'Arsenal avec Andrés Jaque Architects / Atelier d'Architecture Autogérée / Assemble / Bruit du frigo / Collectif Etc / Coloco / DUS Architects / Ecosistema Urbano / Exyzt / MUF architecture/art / Practice Architecture / Raumlabor / Rotor / ZUS [Zones Urbaines Sensibles] / 1024 architecture. 04.04.12, 16p. Disponible sur : <http://www.pavillon-arsenal.com/img/exposition/246/cp/PAV_246_CP.pdf> (consulté le 10.04.2015).

- AGENCE CONSTRUIRE. *Références 2011*. [en ligne]. Disponible sur : <http://ddata.over-blog.com/xxxxyy/1/51/74/17/1107_CONSTRUIRE-BD.pdf> et en lien depuis le site CONSTRUIRE ENSEMBLE LE GRAND ENSEMBLE [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.legrandensemble.com/>> (consulté le 03.04.2015).

- FRANCE CULTURE. *L'architecture du réemploi et du détournement* [en ligne]. Emission « Métropolitains | 11-12 », le 01.07.2012 à 16:00, 59 min. Disponible sur : <<http://www.franceculture.fr/emission-metropolitains-l-architecture-du-reemploi-et-du-detournement-2012-07-01>> (consulté le 13.03.2015).

- FRANCE CULTURE. *Patrick Bouchain* [en ligne]. Emission « Du jour au lendemain | 11-12 », le 26.06.2012 à 00:00, 34 min. Disponible sur : <<http://www.franceculture.fr/emission-du-jour-au-lendemain-patrick-bouchain-2012-06-26>> (consulté le 24.04.2015).

- FRANCE CULTURE. *Le RDV Patrick Bouchain, Luc Petton* [en ligne]. Emission « Le RenDez-Vous | 11-12 », le 07.06.2012 à 19:03, 55 min. Disponible sur : <<http://www.franceculture.fr/emission-le-rendez-vous-le-rdv-patrick-bouchain-luc-petton-et-la-session-de-winston-reedy-the-donkey>>(consulté le 24.04.2015).

- FRANCE CULTURE. *Patrick Bouchain 3/5* [en ligne]. Emission « Pas la peine de crier | 10-11 », le 29.12.2010 à 06:00, 60 min. Disponible sur : <<http://www.franceculture.fr/emission-pas-la-peine-de-crier-patrick-bouchain-35-2010-12-29.html>> (consulté le 13.03.2015).

- L'UNION LILLE METROPOLES. *Renouvellement urbain, ville durable en métropole lilloise* [en ligne]. Podcast MP3, Conversation à l'Atelier Electrique, Tourcoing. Disponible sur <<http://www.lunion.org/multimedia/podcasts.html>> (consulté le 09.03.2015).

Ressources en ligne :

- AGENCE CONSTRUIRE. *Construire architectes* [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.construire.cc/>> (consulté le 17.04.2015).

- ENCORE HEUREUX. *Architectes et Collectif depuis 2001* [en ligne]. Disponible sur : <<http://encoreheureux.org/>> (consulté le 20.03.2015).

- Le Pavillon Circulaire. *Dans le cadre de la COP 21, le Pavillon de l'Arsenal installe sur le parvis de l'Hôtel de Ville, dès le 24 octobre, le Pavillon circulaire, architecture expérimentale* [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.pavilloncirculaire.com/>> (consulté le 14.10.2015).

- L'OEUF S.E.N.C. Architecte. *Architecture, Recherche, Consultation* [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.loeuf.com/?lang=fr>> (consulté le 10.03.2015).
- ADEME. *Prévention Déchets du bâtiment : OPTIGEDE* [en ligne]. Disponible sur : <<http://optigede.ademe.fr/dechets-batiment-prevention>> (consulté le 17.09.2015).
- ADEME. Éviter la production de déchets, *Le réemploi et la réparation* [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.ademe.fr/expertises/dechets/passer-a-laction/eviter-production-dechets/reemploi-reparation>> (consulté le 17.09.2015).
- EMMAÛS FRANCE. *Bâtir des abris pour ceux qui n'ont pas de toit* [en ligne]. Disponible sur : <<http://emmaus-france.org/batir-des-abris-pour-ceux-qui-nont-pas-de-toit/>> (consulté le 23.09.2015).
- R-URBAN. *Pratiques et réseaux de résilience urbaine* [en ligne]. Disponible sur : <<http://r-urban.net/>> (consulté le 10.04.2015).
- RECYC-QUÉBEC. *Recyclage, récupération, réemploi, aide financière, programme d'aide financière* [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/accueil.asp>> (consulté le 10.12.2015).
- ARCHITECTEN DE VYLDER VINCK TAILLIEU. *Projets*. [en ligne]. Disponible sur <<http://www.architectendvvt.com/projects/>> (consulté le 25.04.2015)
- EKOPOLIS. *Pôle de ressources pour l'aménagement et la construction durables en Ile-de-France* [en ligne]. Cycle de formation pour les élus et Professionnels organisé par Ekopolis. Du 08 octobre au 04 décembre 2009. CNAM, Conservatoire national des arts et métiers, 292 rue Saint-Martin, Paris. Disponible sur <<http://www.ekopolis.fr/formations/concevoir-et-construire-durable-du-territoire-au-batiment>> (consulté le 03.04.2015).

Vidéos :

- ARTE. *La télévision culturelle franco-allemande* [en ligne]. Patrick Bouchain-Biographie et émission « Permis de penser » du 09.11.2006. Disponible sur : <<http://www.arte.tv/fr/patrick-bouchain-biographie/1367544,CmC=1374780.html>> (consulté le 03.04.2015).
- KEBADIAN, Jacques (réal.). *La poubelle et l'architecte, Conversation n°4 à l'Atelier électrique*. 22 septembre 2009 à 19h, L'Atelier électrique, 118 rue de la Tossée à Tourcoing. Personnes interviewées : BOUCHAIN, Patrick ; HUYGEN, Jean-Marc ; BLANCKAERT, Marie. 2010, [DVD], 1 h 14 min. (Les conversations de L'Atelier Electrique, Tourcoing).
- LEVIN, Rebecca (réal.), *GA global award for sustainable architecture BEHNISCH : collection manifeste d'architecture du XXIème siècle en Seine Aval*. Edition 2007, portrait des cinq architectes nominés. Personnes interviewées : Stefan DOSHI, Balkrishna JOURDA, Françoise-Hélène KAUFMANN, Hermann SHU, Wang. Paris : Cité de l'architecture et du patrimoine , 2007, [DVD], 60 mn.

Conférences :

- Pavillon de l'Arsenal (réal.). *#01 Matière Grise, matériaux et réemploi, Vidéo du café-débat du mardi 1er décembre 2015* [en ligne]. Paris : Pavillon de l'Arsenal, 2015. Disponible sur <<http://www.pavilloncirculaire.com/fr/home/10152-01-matiere-grise-materiaux-et-reemploi.html>> (consulté le 20.12.2015).

- Pavillon de l' Arsenal (réal.). *LES CONTRIBUTIONS POSITIVES DE L'ECONOMIE CIRCULAIRE*, lundi 30 novembre 2015 [en ligne]. Paris : Pavillon de l' Arsenal, 2015. Disponible sur <<http://www.pavilloncirculaire.com/fr/home/10147-les-contributions-positives-de-leconomie-circulaire.html>> (consulté le 20.12.2015).
- CITE DE L'ARCHITECTURE ET DU PATRIMOINE (réal.). *Wang Shu : To build a small world*. Paris : Cité de l'architecture et du patrimoine, 2008. [DVD], 1h18 min. (Les Entretiens de Chaillot).
- CITE DE L'ARCHITECTURE ET DU PATRIMOINE (réal.). *Patrick BOUCHAIN : Construire mais comment ?*. Paris : Cité de l'Architecture et du patrimoine, septembre 2004. [DVDROM PAL], 120 min. (Les Entretiens de Chaillot).
- EKOPOLIS. *Pôle de ressources pour l'aménagement et la construction durables en Ile-de-France* [en ligne]. RAVOUX, Julien (réal.). *Intervention d'Adelfo Scaranello, architecte*. Cycle de formation Ekopolis «Concevoir et construire durable, du territoire au bâtiment», thématique «MATERIAU: comment mettre en œuvre le réemploi et la réutilisation», 6 novembre 2009, CNAM, 292 rue Saint-Martin, Paris. 49min. Disponible sur : <<http://www.ekopolis.fr/ressources/intervention-dadelfo-scaranello-architecte>> (consulté le 08.04.2015).
- EKOPOLIS. *Pôle de ressources pour l'aménagement et la construction durables en Ile-de-France* [en ligne]. RAVOUX, Julien (réal.). *Intervention de Jean-Marc Huygen, ingénieur civil architecte*. Cycle de formation Ekopolis «Concevoir et construire durable, du territoire au bâtiment», thématique «MATERIAU: comment mettre en œuvre le réemploi et la réutilisation», 4 décembre 2009, CNAM, 292 rue Saint-Martin, Paris. 1h40min. Disponible sur : <<http://www.ekopolis.fr/ressources/intervention-de-jean-marc-huygen-ingenieur-civil-architecte>> (consulté le 01.04.2015).
- EKOPOLIS. *Pôle de ressources pour l'aménagement et la construction durables en Ile-de-France* [en ligne]. RAVOUX, Julien (réal.). *Interventions de Loïc Julienne et Sonia Vu, architectes*. Cycle de formation Ekopolis «Concevoir et construire durable, du territoire au bâtiment», thématique «MATERIAU: comment mettre en œuvre le réemploi et la réutilisation», 4 décembre 2009, CNAM, 292 rue Saint-Martin, Paris. 2h30min. Disponible sur : <<http://www.ekopolis.fr/ressources/interventions-de-loic-julienne-et-sonia-vu-architectes>> (consulté le 24.04.2015).

MISE EN ŒUVRE DES MATÉRIAUX:

Textes juridiques:

- Directive européenne. *Directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives*. JOUE L312, 22 novembre 2008, page 3.
- Décret n° 2011-610 du 31 mai 2011 relatif au diagnostic portant sur la gestion des déchets issus de la démolition de catégories de bâtiments, *Art. R. 111-43*. JORF n°0127, 1 juin 2011, page 9469, texte n° 8.
- Code de l'environnement, *Article L541-1-1*. Ordonnance n° 2010-1579 du 17 décembre 2010 portant diverses dispositions d'adaptation au droit de l'Union européenne dans le domaine des déchets.
- AFNOR. *Qualité environnementale des produits de construction - Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction, Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire*. NF P01-010. Paris : AFNOR, décembre 2004.

Documents en ligne:

- Programme «Règles de l'Art Grenelle de l'Environnement 2012». *Rapport Stratégies de Rénovation Fiches «Solutions techniques»* [en ligne]. Paris : Avril 2013, 136 p. Disponible sur : <<http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>> (consulté le 20.03.2015).
- Programme «Règles de l'Art Grenelle de l'Environnement 2012». *Recommandations professionnelles, Chapes et dalles sur planchers bois, Ouvrages en réhabilitation* [en ligne]. Paris : Juillet 2013, 50 p. Disponible sur : <<http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>> (consulté le 20.03.2015).
- BELLASTOCK et Ademe. *REPAR, Passerelle entre architecture et industrie* [en ligne]. Angers : 2012-2014, 127 p. Disponible sur : <<http://www.ademe.fr/repar-reemploi-comme-passerelle-entre-architecture-industrie>> (consulté le 20.09.2015).
- Réseau CTI, le CERIB, le FCBA, le CTMNC, le CTICM et Ademe. *DEMODULOR, Nouveaux systèmes constructifs démontables en rénovation ou déconstruction pour valorisation et recyclage simplifiés et attractifs des produits et matériaux* [en ligne]. Angers : Juillet 2015, 15 p. Disponible sur : <<http://www.mecd.fr/uploads/CP%20Projet%20DEMODULOR%20%2010-12-2012.pdf>> (consulté le 20.09.2015).
- Les bâtisseurs d'Emmaüs, CSTB et Ademe. *REQUALIF, Requalification & Réemploi/Réutilisation de composants de la construction* [en ligne]. Angers : 2014, 17 p. Disponible sur : <<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/aprademeprojetsretenusen2014.pdf>> (consulté le 20.09.2015).

HISTOIRE DE LA PRÉFABRICATION:

Livres:

- KROLL, Lucien. Recyclages. In *Bio Psycho Socio, Eco 1, Ecologie Urbaines, Atelier Lucien Kroll*. Paris : Editions l'Harmattan, 1997, p51.52. (collection Habitat et société). *Idem*, le composant-maison p. 63 ; des composants industrialisés p. 65.
- ATELIER LUCIEN KROLL. *Enfin chez soi...Réhabilitation de préfabriqués*. Berlin-Hellersdorf : Editeurs WoGeHe, 1996, 122p.
- GRAF, Franz ; DELEMONTEY, Yvan. *Architecture industrialisée et préfabriquée : connaissance et sauvegarde (understanding and conserving industrialised and prefabricated architecture)*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2012, 435 p.
- KNAACK, Ulrich ; CHUNG-KLATTE, Sharon ; HASSELBACH, Reinhard. *Prefabricates systems : principle of construction*. Basel : Birkhäuser, 2012, 133p.

Articles:

- KROLL, Lucien. La dépréfabrication ? Pourquoi pas ?. *Architecture intérieure CREE*, octobre-novembre 1993, n°256, p89.
- E. FREYSSINET, « Préfabrication et bâtiment », *Bâtir (Revue technique de la Fédération nationale du bâtiment et des activités annexes)*, n° 28, janv. 1953, p. 1-3.

PRÉFABRICATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE:

Livres:

- HOYET, Nadia. *Matériaux et Architecture durable, Fabrication et transformations propriétés physiques et architecturales, approche environnementale*. Paris : Dunod, 2013, 224p.
- MIRA, Oscar ; MINGUET Josep Maria. *Contemporary green prefab : industrialized & kit architecture*. Barcelona : Instituto Monsa de Ediciones, 2012, 255p.
- COSTA DURAN, Sergi ; PAREDES BENITEZ, Cristina. *New prefab architecture*. Barcelone : LOFT Publications, 2008, 191 p.
- BUNDGAARD, Charlotte. *Montage revisited: rethinking industrialised architecture*. Aarhus : Arkitektskolens Forlag, 2013, 164p.
- QUALE, John. *Sustainable affordable prefab ; the ecoMod project*. Charlottesville : University of Virginia Press, Mai 2012, 248p.
- LEQUENNE, Philippe ; MOULIN, Jean-Luc. *La construction préfabriquée en bois : bâtir écologique en optimisant coûts et qualité*. Mens : Terre vivante, 2014, 142p. (Collection Conseils d'expert)
- STEURER, Anton. *Developments in timber engineering : the swiss contribution*. Basel : Birkhäuser, 2006, 336 p.
- BELL, Brian ; WAKEFORD, Katie. *Expanding architecture : design as activism*. New York : Metropolis books, 2008, 287 p.
- ASENSIO, Paco. *Prefab : adaptable, modular, dismountable, light, mobile architecture*. New York : Loft, 2002, 185 p.
- ANDERSON, Mark ; ANDERSON, Peter. *Prefab prototypes : site-specific design for offsite construction*. New York : Princeton Architectural Press, 2007, 263 p.
- SMITH, Ryan. *Prefab architecture : a guide to modular design and construction*. Hoboken : Wiley, décembre 2010, 400p.
- GAUZIN-MÜLLER, Dominique. *25 maisons en bois*. Paris : Editions du Moniteur, 2003, 159 p. (Collection 25 réalisations)
- SCHLEIFER, Simone. *Architectures modulaires économiques*. Paris : Place des Victoires, 2010, 191 p.

Articles:

- DE RIVERA, Ines ; SALVADO, Ton. Do it yourself : hard rock, speed metal. *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*, juin 2004, n° 242, p. 72-83.
- REPIQUET, Jacques. Bâtir en un jour : préfabriquées pour chantiers facilités. *A vivre*, mars/avril 2007, n°35, p. 120-135.

Table des matières

PAGE DE TITRE	5
ÉPIGRAPHE	7
RÉSUMÉ	9
SOMMAIRE	11
INTRODUCTION	15
I. LE RÉEMPLOI POUR UNE ARCHITECTURE PLUS DURABLE	
<i>A. Les enjeux du réemploi aujourd'hui</i>	
1. Une ressource de matières premières	23
a. La nécessité de préservation des ressources	
b. La notion de gisement	
2. Un système économique viable	31
a. La place du réemploi dans l'économie actuelle	
b. L'économie circulaire comme perspective	
c. Un modèle économique source d'emplois et de revalorisation de la main d'œuvre	
d. Le nouveau métier d'architecte	
3. La préservation du patrimoine par le réemploi	39
a. Valeur patrimoniale	
b. Valeur esthétique	
<i>B. Le potentiel de la préfabrication vis-à-vis du réemploi</i>	
1. Les objectifs de la préfabrication, l'optimisation sur la durabilité et la pérennité	42
a. Le regard historique sur la dimension industrielle et sa rapidité de mise en œuvre	
b. Le composant: la résultante d'une architecture décomposée en éléments	
c. les capacités de réutilisation des matériaux de construction	
2. Les théories pionnières	47
a. Lods	
b. Chemetov	
c. Kroll	
<i>C. Constat et état des lieux de la préfabrication aujourd'hui</i>	
1. Recul sur les premiers bâtiments construits avec la préfabrication	49
a. La réhabilitation des bâtiments, une réutilisation de l'existant	
b. Analyse de la durée de vie des bâtiments de la préfabrication	
2. La démolition vs la déconstruction	52
a. Le recours à la démolition	
b. Une déconstruction en vue de reconstruire	
II. JURISPRUDENCE ARCHITECTURALE DU RÉEMPLOI	
<i>A. Les expériences de réemploi</i>	
1. Le contexte	59
a. La structure: L'œuf architectes vs Patrick Bouchain	
b. Les freins au réemploi en France et au Canada	
2. Processus de reclassement des éléments structurels en France	64
a. Guide RAGE Ademe	

b. Diagnostic de l'existant	
c. Réparation et renforcement, inspection	
B. Vers une évolution des pratiques	
1. L'alternative à la destruction: la conservation vs la tabula rasa	66
a. Le point de vue contemporain, le CIAM révolu	
b. Nouveau rôle des architectes: le diagnostic avant déconstruction	
2. Hypothèse pour une transposition du Guide RAGE aux «Ouvrages en réemploi»	72
a. Adaptation des exigences actuelles de la réhabilitation pour le réemploi	
b. Le rôle du CSTB	
c. L'adaptation des Bureaux de contrôle et des assureurs	
<i>C. Analyse de cas actuels: le pavillon circulaire</i>	
1. Une commande publique, le rôle du maître d'ouvrage et l'importance de l'appel d'offre	76
2. La structure, le clos-couvert, le parement	78
a. Requalification de la structure	
b. Mise en œuvre de l'étanchéité et de l'isolation à partir d'éléments non standardisés	
c. Le calepinage comme méthode de conception	
3. Démontabilité et reconstruction, des étapes de conception supplémentaires	81
III. EVOLUTIONS ET RÉVOLUTIONS: PROSPECTIVE DU RÉEMPLOI	
<i>A. Les éléments récupérés deviennent les éléments préfabriqués du futur</i>	
1. Mise en place des filières de récupération	89
a. Lieux de stockage	
b. Nouveaux métiers du réemploi	
c. Méthode de déconstruction	
d. La diminution des déchets comme objectif	
e. Mise en perspective avec les études à l'étranger	
2. Le temps numérique	93
a. L'instantané communautaire	
b. Réseau d'échanges	
c. Traçabilité des matériaux	
<i>B. Préfabriquer pour réemployer pour passer du réemploi de déchet à l'élément conçu pour le réemploi</i>	
1. Au delà du réemploi subi, penser le réemploi comme concept	96
2. Préfabriquer pour mieux démonter (puis reconstruire)	98
a. le rôle des assemblages réversibles	
b. Théorie des assemblages non abrasifs	
3. Les nouveaux outils de l'industrie	102
4. Reconditionner des éléments pour le réemploi: sur la lancée du BIM?	103
CONCLUSION	107
ANNEXES	111
Remerciements	113
Glossaire	115
Entretiens	119
Visites	121
BIBLIOGRAPHIE	131
TABLE DES MATIÈRES	143

