



**HAL**  
open science

# Les matériaux face au temps : anticipation et évolution des modes de conception

Selin Sezer

► **To cite this version:**

Selin Sezer. Les matériaux face au temps : anticipation et évolution des modes de conception. Architecture, aménagement de l'espace. 2023. dumas-04092094

**HAL Id: dumas-04092094**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04092094v1>**

Submitted on 9 May 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License



# LES MATÉRIAUX FACE AU TEMPS

ANTICIPATION  
ET ÉVOLUTION  
DES MODES DE  
CONCEPTION

SELIN SEZER - ENSA NANTES  
MÉMOIRE DE MASTER - 2022-2023

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES  
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR DE NANTES

# LES MATÉRIAUX FACE AU TEMPS

## ANTICIPATION ET ÉVOLUTION DES MODES DE CONCEPTION

SELIN SEZER - ENSA NANTES  
MÉMOIRE DE MASTER - 2022-2023

Sous la direction de Virginie MEUNIER et Christian MARENNE,  
séminaire de mémoire «Bien vivre»

## REMERCIEMENTS

Je souhaiterais adresser mes remerciements aux personnes qui ont contribué, de loin ou de près, à mes recherches et à l'élaboration de ce mémoire.

Merci à Virginie Meunier de m'avoir donné des références et des contacts qui ont contribué à l'approfondissement de mes recherches et pour ses précieux conseils qui m'ont aidé à écrire mon mémoire. Je tiens également à remercier Christian Marenne pour son accompagnement et ses recommandations durant le premier semestre.

Je remercie toutes les personnes avec qui j'ai pu avoir des discussions concernant mon sujet et qui m'ont ouvert à de nouvelles références pour enrichir mon propos : Floriane Danet (coordinatrice du Syndicat Mixte Centre Nord Atlantique), Aniss Tlemsamani (Assistant à Maîtrise d'Ouvrage), Sylvain Guitard (architecte chez SAGA architectes), Charles Rives (architecte-urbaniste chez Atelier Georges) et Sébastien Ciron (architecte et cogérant chez Quadra Architectes).

Merci aux professeurs de l'Université technique de Munich, qui ont inspiré le choix de ma problématique et qui m'ont fait découvrir de nombreux domaines qui se rapportent à l'architecture.

Merci aux architectes de Wiel Arets Architects à Munich et à mon maître de stage Peter Klass, pour son accompagnement pendant mon stage facultatif qui m'a aidé à passer à un stade supérieur dans le développement de mon mémoire.

Je tenais également à remercier Maëlle Tessier et SAGA architectes, qui, au sein du studio de projet «Ailleurs Commence Ici» en Licence 3, m'ont ouvert les yeux sur l'épuisement des ressources et sur les problématiques sociales concernant l'hébergement en ville.

Enfin, je remercie tous mes proches pour leurs conseils et encouragements.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION</b> .....	6
---------------------------	---

## **L'INTÉGRATION DU RÉEMPLOI AVANT LE RECOURS AUX MATÉRIAUX NEUFS** 12

1.1. La révolution industrielle : une perte de sens de la matière	14
1.2. Voir autrement : un déchet = une ressource ? .....	18
1.3. Les emplois du réemploi .....	26
1.4. Une souplesse mentale .....	34

## **LA DIGITALISATION DE L'INDUSTRIE DE CONSTRUCTION POUR UNE MEILLEURE GESTION DES MATÉRIAUX** 38

2.1. Le BIM : le lieu d'un travail collaboratif, .....	40
2.2. une base de données complète et un fournisseur de matériaux, .....	44
2.3. un terrain d'expérimentation et d'approvisionnement, .....	48
2.4. les limites du BIM .....	56

## **LA PRATIQUE ARCHITECTURALE FACE À L'ÉVOLUTION DES MODES DE CONCEPTION** 60

3.1 Réemploi et BIM :Vers une architecture évolutive .....	62
3.2 Entre choix esthétiques et opportunités .....	72
3.3 Des leviers nécessaires pour généraliser les pratiques .....	80
3.4. La responsabilité de l'architecte .....	84

<b>CONCLUSION</b> .....	92
-------------------------	----

<b>MÉDIAGRAPHIE</b> .....	96
---------------------------	----

<b>ANNEXES</b> .....	102
----------------------	-----

# INTRODUCTION

## EN QUOI L'ÉVOLUTION DES MODES DE CONCEPTION POURRAIT PARTICIPER À LA PRÉSERVATION DE NOS RESSOURCES ?

La construction et les métiers du bâtiment comptent parmi les plus grands consommateurs de ressources naturelles mais aussi parmi les plus grands producteurs de déchets. Ce secteur représente 40 % de la production annuelle de déchets en France. Cependant, en comparaison aux autres industries, celle de la construction manque de productivité, de durabilité et est l'une des industries les moins digitalisées. Parmi tous les matériaux utilisés dans la construction, 10% sont inutiles ou gaspillés. Ces derniers sont souvent encore en état d'usage et sont coûteux à éliminer. Ce même domaine est également à l'origine d'environ 30 % des émissions de gaz à effet de serre, provenant principalement de deux sources : l'énergie consommée dans nos habitations (chauffage, climatisation, éclairage artificiel, ventilation mécanique, eau chaude) et l'énergie utilisée pour l'extraction des matériaux, leur transformation en produit, leur transport et leur traitement en fin de vie. De plus, au cours des dernières années, avec la croissance démographique, nous avons considérablement augmenté notre demande en logements, ce qui a entraîné un besoin de plus d'énergie et de matériaux. Nous avons déjà un mode de vie très excessif, de par notre consommation énergétique quotidienne et une émission importante de CO<sub>2</sub>. Par conséquent, nous devons agir pour veiller à ce que les matériaux que nous utilisons ne soient pas gaspillés. Albert Einstein déclarait, «Nous ne sortirons pas le monde de la crise si nous ne changeons pas notre manière de penser»<sup>1</sup>. Ce mémoire aborde les modes de conception qui participent à la préservation de nos ressources et les différentes problématiques que les entreprises et les agences d'architecture traversent dans cette évolution de la pratique architecturale.

<sup>1</sup> MCDONOUGH, William, BRAUNGART Michael, *Cradle to cradle : Créer et recycler à l'infini*, Paris, Éditions Alternatives, février 2011, p.24.

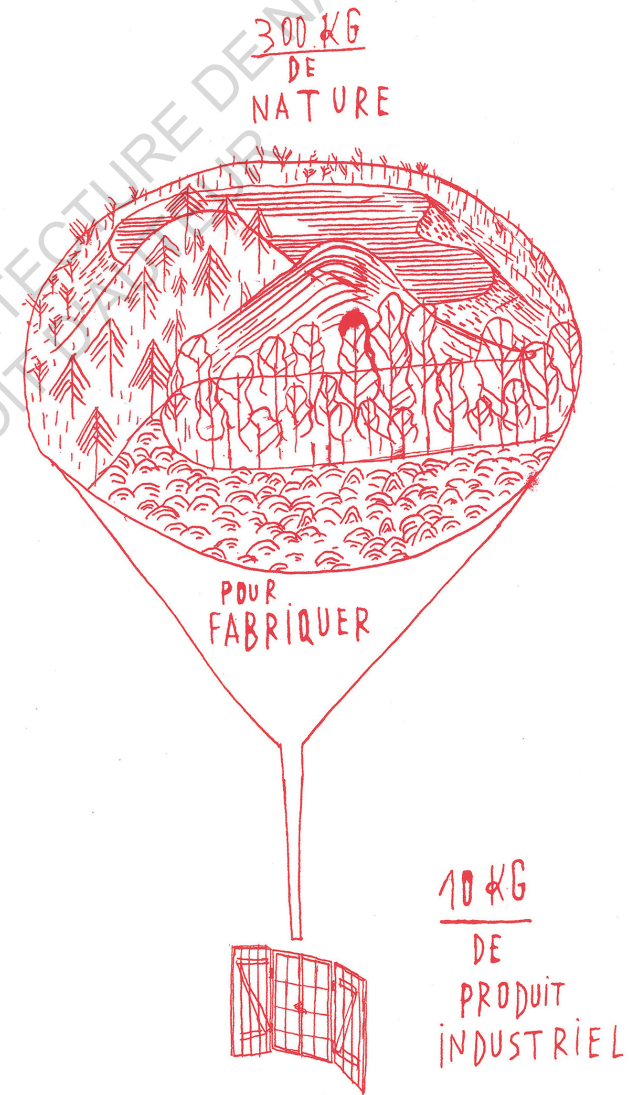


Fig 1 : Illustration de la fabrication des produits industriels extraite de Matière grise : matériaux, réemploi, construction.

Avec la nouvelle réglementation environnementale, le domaine de la construction sera soumis dès 2022 à une réglementation exigeant la limitation des émissions de carbone. Réaffirmé par le Parlement européen et dans la loi Energie Climat, l'objectif de la France et des pays européens est d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Celle-ci implique un équilibre entre les émissions de carbone et l'absorption du carbone de l'atmosphère. L'un des principaux leviers est d'agir sur les émissions des bâtiments qui représentent une très grande partie des émissions nationales de gaz à effet de serre. Depuis ces nouvelles réglementations, la notion du réemploi a commencé à devenir de plus en plus importante. D'après l'article L541-I-1 du Code de l'environnement, le réemploi constitue « 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 »<sup>2</sup>. Dans l'architecture, cela consiste à construire un bâtiment avec des matériaux déjà utilisés dans d'autres constructions. Le réemploi est donc une alternative à l'extraction de matière première. Il s'agit, à l'inverse du recyclage, de travailler avec des matériaux de seconde vie sans leur faire subir une transformation trop importante. Cela permet de garder l'intégrité de leur forme pour garder leur mémoire comme trace de l'histoire.

Aujourd'hui, il existe de nouvelles méthodes, en cours de progression, pour optimiser la matière en phase de conception et d'ouvrir la possibilité de générer du réemploi. La problématique principale à l'intégration de matériaux issus du réemploi est le manque de filières et d'informations. Ce métier est nouveau et nécessite une certaine maîtrise. En France, ces notions ne font pas parties de notre enseignement d'architecture. En effet, nous n'apprenons pas à concevoir avec des matériaux réemployés. La construction intégrant le réemploi n'est pas encore effective dans les agences : elle est réalisée avec l'initiative des maîtres d'ouvrages. Par conséquent, ce type d'architecture n'est pas intégré dans la pédagogie : des leviers et des évolutions sont alors nécessaires. Une grande majorité de nos studios de projets nous

<sup>2</sup> «Code de l'environnement», Legifrance, 31 juillet 2020, [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000042176087/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000042176087/).

apprennent à concevoir des bâtiments neufs avec des matériaux neufs. Pouvons-nous faire évoluer l'enseignement des métiers du bâtiment pour que nous puissions savoir comment construire avec l'existant ?

Aujourd'hui, dans les écoles d'architecture, nous trouvons de plus en plus d'enseignements sur les outils informatiques et la digitalisation de l'industrie de construction. Il est possible, pour les étudiants, de découvrir le BIM (Building Information Modeling), un outil qui permet de créer le lien entre les différents acteurs d'un projet. Ce logiciel qui n'est actuellement pas généralisé à grande échelle, a pour l'objectif de travailler d'abord sur la construction numérique avant la construction physique. Les structures planifiées avec le BIM ont un enregistrement numérique des matériaux utilisés. Grâce à la documentation complète, il est possible de localiser exactement quel matériau a été utilisé et à quel endroit. Le bâtiment devient donc un fournisseur de matériaux. Cela contribue au processus du réemploi et diminue la production des déchets au long cours. En tant que futurs architectes, il me semble indispensable que nous soyons conscients de ces nouveaux modes de conception pour que nous puissions les appliquer à l'avenir.

Cependant, même si le BIM peut permettre dans l'avenir de savoir quel matériau a été utilisé où et comment, cela ne veut peut-être pas dire que le matériau pourra être réemployé. Comment prendre en compte le vieillissement, la requalification, les bureaux d'étude, les assurances avec la réglementation actuelle très stricte du secteur de la construction ? De plus, le réemploi des matériaux de construction a des vertus environnementales, mais il est actuellement plus coûteux que les matériaux neufs. Il est donc difficile d'obtenir des commandes sans une volonté particulière de la part des maîtres d'ouvrage et de trouver des entreprises compétentes pour accompagner le client.

Actuellement, la problématique des déchets du bâtiment est quasi systématiquement abordée une fois qu'ils sont produits. Aujourd'hui, nous n'avons pas beaucoup de connaissances sur comment

démolir, comment démonter, comment réutiliser. Cela pousse à l'improvisation sur le chantier. Par conséquent, il est important de penser la déconstruction dès la conception. L'objectif est de réduire la production de déchets à toutes les étapes du cycle de vie des bâtiments. Dans une interview de «50 Climate Leaders», le cabinet d'architectes Nickl and Partner déclare que les architectes doivent prendre en compte l'ensemble du cycle de vie du bâtiment, «Une approche de conception intégrée est très importante... nous examinons le cycle de la déconstruction, en veillant à utiliser une composition de matériaux qui peut être à nouveau séparés et idéalement revenir à sa forme brute pour que nous puissions le réutiliser à long terme»<sup>3</sup>. Un bâtiment démontable dans l'idéal se caractérise par «la possibilité d'être mis en pièces et réassemblé ou réutilisé à l'infini»<sup>4</sup>, d'après l'entreprise zéro déchets BAZED. Les architectures qui sont capables d'évoluer dans le temps semblent répondre aux attentes de nos villes qui sont en perpétuel changement.

J'aimerais, grâce à ce mémoire, porter une attention particulière sur les modes de conception reliés par une volonté de préserver nos ressources. Comme nous avons commencé à voir, ces outils ont des limites. Cependant, dans le contexte climatique actuel, ils sont essentiels pour réduire l'impact du secteur de la construction sur les émissions de carbone et la pénurie des ressources.

En quoi l'évolution des modes de conception pourrait participer à la préservation de nos ressources ?

3 TBD Media Group, «Nemetschek Group: The Solutions That Are Building a Greener Future», 50 Sustainability & Climate Leaders, 30 novembre 2020, <https://www.50climateleaders.com/nemetschek-group-the-solutions-that-are-building-a-greener/>.

4 «Démontabilité», BAZED, <https://www.bazed.fr/theme/demontabilite>.

Dans un premier temps, nous allons nous baser sur des recherches bibliographiques pour la compréhension de la pratique du réemploi, ses objectifs, son intégration et son lien avec le contexte climatique actuel et celui de la pénurie des ressources. Par exemple, le livre *Matière grise, Matériau, Réemploi, Architecture* (J. Choppin, N. Delon), aborde le concept et la pratique du réemploi et interroge notre manière de faire l'architecture aujourd'hui. Ou encore Patrick Bouchain, dans son livre *Construire autrement*, explique comment construire en transformant l'existant. Puis, cette partie s'appuiera sur des entretiens avec des acteurs de la maîtrise d'ouvrage : d'abord, une rencontre avec Aniss Tlemsamani, assistant à maîtrise d'ouvrage, sur le cadre général du réemploi. Ensuite, un entretien avec Floriane Danet, coordinatrice du Syndicat Mixte Centre Nord Atlantique, sur la procédure et la création d'un réseau d'acteurs à travers le projet du Pôle Consom'acteurs.

La deuxième partie se constitue grâce aux recherches bibliographiques et aux exemples d'architecture recueillis pendant mon semestre d'Erasmus et mon stage en Allemagne en lien avec la mise en place du BIM au sein des agences d'architecture et sa contribution à la préservation des ressources. Une rencontre avec un BIM Manager à Munich, des livres tels que *Bâtiment intelligent et efficacité énergétique : optimisation, nouvelles technologies et BIM* (K. Beddiar, J. Lemale), la revue *Detail* ainsi que des articles, permettent de croiser différentes pratiques du BIM, de la gestion des matériaux à l'optimisation énergétique et au service public.

Enfin, la troisième partie s'appuie sur des projets et des entretiens avec des architectes pour confronter la théorie à la pratique. Tout d'abord, l'étude du Pavillon Circulaire réalisé par Encore Heureux et du Circular Building réalisé par Arup permettent de se rendre compte de la différence parmi les écritures architecturales en fonction du mode de conception. Puis, les entretiens avec Charles Rives (Atelier Georges), Sébastien Ciron (Quadra Architectes) et une conférence donnée par Sylvain Guitard (SAGA Architectes) donnent le point de vue des architectes sur l'évolution des modes de conception à travers différents projets en France : la Caserne Mellinet à Nantes, le village olympique à Paris, le Pôle Consom'acteurs à Blain, Le Plan B à Bellevue...

## L'INTÉGRATION DU RÉEMPLOI AVANT LE RECOURS AUX MATÉRIEAUX NEUFS

Il existe différentes manières de participer à la préservation des ressources. Dans notre vie quotidienne, nous pouvons trier les déchets, limiter notre consommation d'eau, manger mieux, conserver nos sols et nos océans propres, économiser l'énergie en utilisant des panneaux solaires, prendre soin de nos biens en réparant et recyclant... Cela consiste à faire évoluer notre mode de vie. Dans l'architecture, nous pouvons faire évoluer nos modes de conception. Ce changement de pratique pose la question de la temporalité puisque toute évolution demande du temps et ne se fait pas du jour au lendemain. Comment agir aujourd'hui et comment anticiper l'avenir ?

L'intégration du BIM dans le secteur de la construction devrait permettre de constituer une base de données complète ce qui nous permettra d'avoir une cartographie très claire du bâtiment dans 20 à 50 ans, quand il sera temps de le déconstruire et de récupérer ses composants. Cela permet de prendre en compte l'ensemble du cycle de vie du bâtiment et d'envisager la question des ressources sur le long terme. Cependant, nous devons commencer à agir dès aujourd'hui. Actuellement, nous devons faire avec des bâtiments qui ont été construits sans avoir eu cette cartographie-là. Cela consiste à récupérer des matériaux sur des bâtiments existants. Le réemploi devrait être notre première réaction face à la pénurie de nos ressources car dans toutes nos villes, nous trouvons des démolitions, des chantiers en cours et des projets à venir. Ce mémoire se propose de travailler sur ces deux temporalités. Tout d'abord, nous allons voir comment faire aujourd'hui pour préserver nos ressources par la mise en place du réemploi.

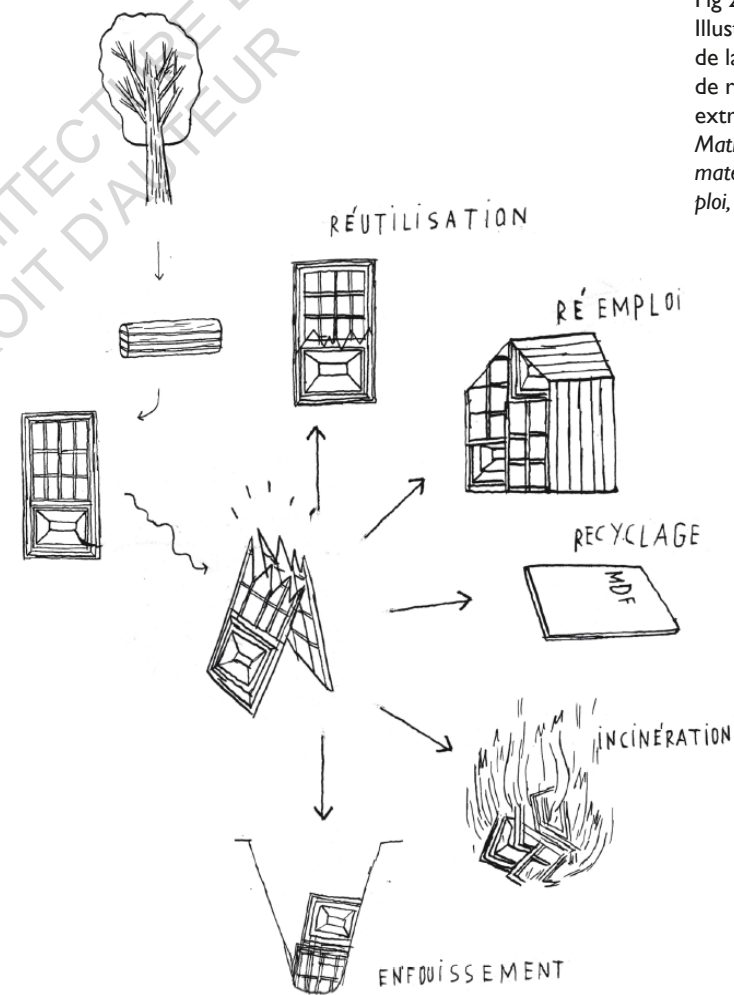


Fig 2 :  
Illustration  
de la notion  
de réemploi  
extraite de  
*Matière grise :  
matériaux, réem-  
ploi, construction.*



# I.I

## LA RÉVOLUTION INDUSTRIELLE : UNE PERTE DE SENS DE LA MATIÈRE

### L'ESSOR DE NOUVEAUX MATÉRIAUX

Le monde est fortement marqué par le tournant industriel du XIX<sup>ème</sup> siècle. La révolution industrielle est «le processus historique qui fait basculer une société à dominante agraire et artisanale vers une société commerciale et industrielle»<sup>5</sup>. Ce processus a pour objectif d'augmenter la productivité et de développer la mécanisation dans tous les domaines. Il a donné de nouvelles possibilités de construction avec de nouveaux matériaux comme l'acier et le béton. L'architecture et les métiers du bâtiment ont très vite adopté ces nouveautés. Avec cet essor de nouveaux matériaux et procédés de construction innovants, nous avons commencé à construire des architectures plus grandes et d'une manière plus efficace, ceci permettant de répondre à la croissance démographique.

### LES MATÉRIAUX FACE AU TEMPS

Au cours du temps, ces nouveaux matériaux de construction se sont uniformisés et standardisés. A cette période, personne ne semble préoccupé par la production de la matière, de sa provenance, de sa composition, de sa transformation. Nous construisons aujourd'hui dans une urgence temporelle et sous pression. Dans son essai, *l'Accélération*, Hartmut Rosa fait une critique sociale du temps, «dans la modernité, tout devient toujours plus rapide»<sup>6</sup>. Lorsque nous travaillons, si nous dépassons une certaine limite de temps, nous sommes dans l'échec et dans la contre-productivité. Cette accéléra-

5 «La Révolution industrielle», Univers social... Univers de tous !», <http://philippe-vallee.weebly.com/reacuterevolution-industrielle.html>.

6 ROSA Hartmut, *Accélération. Une critique sociale du temps*, Paris, Éditions La Découverte, 2010.

tion provoque du stress et de l'épuisement chez les humains. Cependant, nous avons besoin de temps pour produire un matériau, pour le poser, pour le sécher, pour sa mise en œuvre. Si nous négligeons ces temps, nous risquons des malfaçons. Dans l'ouvrage *Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, les auteurs s'expriment également sur ce sujet : «Dans ce contexte tendu, tout comme le réemploi s'apparente à une prise de risque, notamment si des clauses contractuelles prévoient des pénalités de retard en cas de dépassement des délais de construction»<sup>7</sup>. C'est une question d'argent qui dirige toutes les industries du monde aujourd'hui. Le choix des matériaux n'est pas la première priorité des maîtres d'ouvrage. Le temps et l'argent sont prioritaires. Par conséquent, nous sommes poussés à utiliser des matériaux industriels neufs. Cependant, ces matériaux, qui ont certes des qualités mécaniques, ont un rapport moins sensible à la matière. Le processus de construction commence à perdre son sens. Dans ce contexte, l'architecture paraît bloquée dans ce type de construction industrielle mais avec les maîtres d'ouvrages engagés, il y a toujours un moyen de trouver des solutions. Afin de pouvoir motiver les différents acteurs de l'industrie de la construction, une prise de conscience de l'épuisement des ressources semble nécessaire.



Fig 3 :  
Couverture du  
livre *Aliénation  
et Accélération*,  
écrit par Rosa  
Hartmut.

7 CHOPPIN Julien, DELON Nicola Encore Heureux, *Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014, p.150.

## UN MONDE INSOUTENABLE

Les données dans l'ouvrage *Matière grise* nous prouvent que ce changement industriel a promis aux habitants un monde insoutenable. «Son coût annuel est de 33 milliards de barils de pétrole, 3450 milliards de m<sup>3</sup> de gaz, 7 millions de tonnes de charbon, 58400 tonnes d'uranium, 20 trilliards de kWh»<sup>8</sup>. L'industrie des bâtiments est l'un des plus gros consommateurs d'énergie et de ressources. Pour les nouvelles constructions, en une centaine d'années, la moitié des ressources énergétiques non renouvelables de la planète a été mobilisée. Dans le documentaire, *Le Sable, enquête sur une disparition*, Denis Delestract nous alerte sur la disparition du sable. «Le sable est la deuxième ressource naturelle la plus utilisée après l'eau.»<sup>9</sup> Comme décrit dans le documentaire : «puces électroniques, plastique, et surtout matériaux de construction : le sable est partout»<sup>10</sup>. Cette matière première bon marché est l'une de nos ressources les plus importantes. La majorité des constructions livrées en France sont en béton et ceux-ci contiennent deux tiers de sable. Les constructeurs des bâtiments se tournent vers l'exploitation des rivières et plages, ce qui met en danger l'équilibre des écosystèmes. Il y a également des risques d'épuisement pour le zinc, le plomb et le cuivre. Cet épuisement matériel aura sûrement des conséquences géostratégiques sur les équilibres mondiaux.

Faire avec l'existant semble être une étape importante pour commencer à protéger nos ressources. En effet, avant de recourir aux matériaux neufs, nous devons d'abord considérer ce qui existe autour de nous. Pourrions-nous récupérer les matériaux utilisés dans les constructions depuis la révolution industrielle pour leur donner une seconde vie ? «Pourquoi démolissons-nous tant de nos architectures construites il y a quarante ans à peine, dans un béton conçu pour durer toujours ?»<sup>11</sup>

8 CHOPPIN Julien, DELON Nicola, *Encore Heureux, Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014, p. 24.

9 DELESTRACKS Denis, *Le Sable, enquête sur une disparition*, Arte, 20 mai 2013.

10 N°9. *Ibid.*

11 N°8. *Ibid.*, p. 34.

## CYCLE DE VIE DES MATÉRIAUX : UNE SECONDE VIE ?

En fin de vie des bâtiments, les matériaux qui ont été faciles à mettre en place sont très difficiles à déconstruire. En effet, les assemblages complexes des matériaux industriels sont impossibles à défaire. De plus, la spécialisation des produits industriels empêche la polyvalence d'usage dans la construction et les adaptations possibles à un autre usage. Ces modes constructifs conduisent à la démolition de ces bâtiments et à la création de nombreux déchets. Par conséquent, il paraît important de s'interroger sur le cycle de vie des matériaux. Le cycle se déroule de l'extraction des matières premières jusqu'à la fin de vie. A ce moment, la plupart des matériaux sont considérés comme des déchets. Une fois identifié comme tel, il est très difficile de changer son statut. D'après le magazine *Articonnex*, «Les étapes du cycle de vie sont directement impactées par le recours au réemploi»<sup>12</sup>. En effet, avec le réemploi, le traitement du matériau suite à son utilisation est modifié. Une seconde vie est considérée. Le but de l'intégration du réemploi dans le cycle est de prolonger la phase d'utilisation du matériau au lieu de fabriquer encore du matériau neuf et de l'éliminer. Nous devons donc changer notre vision des «déchets», avec l'idée que tout peut se réutiliser.



Fig 4 :  
Couverture  
du documenta-  
ire *Le Sable*,  
enquête sur une  
disparition.

12 M. Manon, «Comment analyser le cycle de vie d'un matériau réemployé dans le bâtiment ?», *Articonnex* : le magazine du réemploi pour les artisans du bâtiment, 26 août 2021. <https://magazine.articonnex.com/3249-comment-analyser-le-cycle-de-vie-dun-materiu>

## 1.2

### VOIR AUTREMENT : UN DÉCHET = UNE RESSOURCE ?

#### LA NATURE DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Les premiers matériaux de construction sont extraits de la nature : végétal, minéral et animal. Puis, comme nous avons pu voir précédemment, le quatrième voit le jour grâce aux progrès du XIX<sup>ème</sup> siècle : les matériaux composites qui sont issus de l'assemblage de plusieurs composants leur donnant des qualités mécaniques (acier et béton). Cependant, il ne suffit pas aujourd'hui de considérer les ressources primaires pour produire des éléments de construction. Nous devons aussi nous intéresser aux gisements que constituent les constructions elles-mêmes. Nous voyons émerger une cinquième famille de matériaux : les matériaux du réemploi. La matière nécessite quatre actions pour devenir construction : extraire, transporter, transformer, assembler. Des matériaux du réemploi ne nécessitent pas le même type d'énergie. Leur exploitation implique tout d'abord une attention aux choses qui nous entourent. Puis, il existe des phases propres au réemploi : l'identification du gisement, «le transport vers un lieu de stockage/atelier, les opérations de remise en état, d'adaptation ou de reconditionnement, le transport vers le nouveau site du projet»<sup>13</sup>. De plus, il existe une étape de validation des caractéristiques des matériaux après expertise dans les opérations de remise en état. Il y a également des énergies supplémentaires générées par cette démarche comme la déconstruction sélective et la repose plus exigeante. Cela peut entraîner des coûts qui viennent charger économiquement l'opération de réemploi et qui peut même parfois conduire à en faire un matériau plus coûteux que le matériau neuf. Par conséquent, des analyses de cycle de vie (ACV) sont réalisées. D'après Articonnex, «au-delà de l'engagement moral induit par le réemploi, il

<sup>13</sup> M. Manon, «Comment analyser le cycle de vie d'un matériau réemployé dans le bâtiment ?», Articonnex : le magazine du réemploi pour les artisans du bâtiment, 26 août 2021, <https://magazine.articonnex.com/3249-comment-analyser-le-cycle-de-vie-dun-matériau>

apparaît essentiel de mesurer le résultat de ces démarches». L'exercice reste toutefois compliqué car aucune méthodologie officielle n'a encore été mise en place. Aujourd'hui, nous sommes en manque d'acteurs experts reconnus et identifiés sur le sujet. Pourtant, le réemploi est une pratique qui existe depuis longtemps.

#### LE RÉEMPLOI : UNE PRATIQUE HISTORIQUE ET ÉCONOMIQUE

L'utilisation de matériaux de réemploi n'est pas une pratique nouvelle. Dans l'histoire de l'humanité, nous avons toujours réemployé des briques ou des pierres, des fondations, des murs, voire des bâtiments entiers. Par exemple, le Panthéon, avant d'être un temple, a été une église ou encore la citerne d'Istanbul où les colonnes ont été fabriquées avec des matériaux réemployés d'anciens palais à travers le royaume de l'empereur romain Justinien.



Fig 5 :  
Le Panthéon,  
Jacques-Germain Soufflot,  
Jean-Baptiste  
Rondelet, 1757-  
1790, Paris.



Fig 6 :  
Citerne Basilique  
(Yerebatan  
Sarnici), empe-  
reur Justinien,  
532, Istanbul.

Cette pratique a toujours eu lieu dans les endroits où il n'y a pas d'accès aux ressources : le réemploi ici est un acte de nécessité. Dans les pays développés, qui se rendent compte de la pénurie et de l'épuisement des ressources, il s'agit d'un acte d'éthique. De plus, le manque des moyens financiers du maître d'ouvrage est souvent un déclencheur du réemploi. Par exemple, le projet de logements temporaires pour des familles d'origine roumaine à Saint-Denis appelé «La Passerelle», en témoigne. Pour la création de cette structure d'hébergement, une enveloppe complète a été construite avec des matériaux récupérés. Pendant près d'un an, l'association Emmaüs Coup de Main, à l'initiative du projet, a collecté avec les habitants un grand nombre de fenêtres, dont l'architecte Nicolas Dünnebacke et les Bâisseurs d'Emmaüs ont fait un mur acoustique en double peau afin d'isoler les logements du bruit et du froid. Nous pouvons voir par cet exemple que l'économie sur les matériaux s'accompagne d'un investissement temporel et humain conséquent. «Faire avec peu devient surtout possible en faisant avec les autres»<sup>14</sup>. Il faudrait peut-être revoir nos méthodes de travail pour nous diriger vers ce type d'architecture où nous nous intéressons à faire avec les autres et à faire avec l'existant. Cela consiste à questionner le rôle de l'architecte, son rapport à la matière et les réglementations qui nous restreignent.

Fig 7 :  
La Passerelle,  
Association  
Coup de Main,  
Saint-Denis,  
2013.



14 CHOPPIN Julien et DELON Nicola, *Encore Heureux, Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014, p. 117.

## RÉINVENTER LE RÔLE DE L'ARCHITECTE

Dans l'ouvrage, *La poubelle de l'architecte*, Jean-Marc Huygen s'exprime sur sa vision du métier d'architecte : «se questionner sur les déchets produits par la pratique du métier d'architecte semble être un moyen de revoir nos habitudes actuelles et de réinventer son rôle.»<sup>15</sup> Le mouvement moderne nous a poussé à faire table rase du passé et à tout changer. Aujourd'hui, il faudrait éviter de reproduire nos erreurs en détruisant les bâtiments qui ne correspondent pas au style de notre époque. Ces constructions ne sont pas parfaites mais elles étaient l'expression des besoins d'une époque comme par exemple les opérations des logements sociaux. Elles font parties de notre histoire et elles ne devraient pas devenir des déchets. Aujourd'hui le monde a une autre vision de l'architecture : beaucoup plus industrielle et beaucoup moins personnelle. Cette vision ne s'intéresse pas aux constructions anciennes et elle essaie d'appliquer un modèle. Selon Patrick Bouchain, aujourd'hui, les bâtiments sont «standards» : «ils sont faits pour tous et pour personne, et si un habitant ou un groupe le transforme, dès qu'il s'en va, on le remet dans son état d'origine, comme si toute trace était sale et honteuse.»<sup>16</sup>

Patrick Bouchain pense que nous devons refuser le «standard», il faut éviter d'appliquer un «modèle» et ne jamais faire pareil parce que rien n'est pareil : le temps, le lieu, l'équipe ou le groupe qui constituent l'endroit dans lequel on va construire ne sont jamais les mêmes. Nous devons essayer de trouver une solution particulière en fonction de chaque situation. Nous avons besoin d'expérimenter et de trouver le bon équilibre entre les choses.

15 HUYGEN Jean-Marc, *La poubelle et l'architecte : vers le réemploi des matériaux*, Actes Sud L'impensé, 2008, p. 82.

16 BOUCHAIN Patrick, *Construire autrement*, Actes Sud L'impensé, 2006, p. 57.

## HYBRIDER LES MATÉRIAUX POUR TROUVER UN ÉQUILIBRE

Dans toutes les villes, il y a des chantiers et des projets à venir. Nous avons de nombreuses opportunités pour être créatifs et innovants dans notre manière de concevoir et de construire. Chaque occasion est bonne à prendre. L'idée de la table rase en architecture n'est plus considérable. Il faudrait plutôt faire avec ce qui existe. Il ne faut plus associer le réemploi aux constructions temporaires ou légères, «la réalité traverse aujourd'hui l'ensemble des familles des matériaux courants : vitrages, plaques de plâtre, tuiles, briques, panneaux de béton, moquette...»<sup>17</sup>. «Les matériaux de réemploi n'ont pas pour vocation première d'entrer en compétition avec les matériaux neufs ; au contraire, ils serviront à hybrider intelligemment certains ouvrages.»<sup>18</sup> Le matériau issu du réemploi ne devrait pas être comparé à son équivalent neuf. Il doit être mis en balance avec les matériaux neufs. Prenons par exemple la technique japonaise le Kintsugi. Cette technique ancestrale consiste à réparer un objet en soulignant ses lignes de failles avec de la véritable poudre d'or, au lieu de chercher à les masquer. «Le Kintsugi, est l'issu du Wabi-Sabi, un concept qui voit la beauté dans la simplicité et l'imperfection»<sup>19</sup>. Cette pratique est une véritable métaphore de la résilience. Elle permet de garder une trace de l'histoire et des épreuves de l'existence.

Cette technique nous montre que la subtilité est donc dans les choix que nous faisons. Dans la technique japonaise le Kintsugi, nous pouvons décider de jeter un vase cassé ou de le réparer en mettant en valeur ses failles. Cet exemple peut être retranscrit à l'échelle du bâtiment, ce qui générerait une nouvelle esthétique. Par exemple, pour la façade du nouveau siège du Conseil européen à Bruxelles, Philippe Samyn s'est engagé dans la voie du réemploi afin de représenter l'engagement de l'Europe dans le développement durable. «Il s'est rendu compte du gisement considérable que représentent les mil-

17 CHOPPIN Julien et DELON Nicola, *Encore Heureux, Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014, p. 345.

18 N°17. *Ibid.*, p. 179.

19 Le Blog du Japon, «Le Kintsugi, un art qui répare», Univers du Japon, 18 août 2020, <https://universdujapon.com/blogs/japon/kintsugi>.

lions de fenêtres qui, chaque année, sont mises au rebut en raison des nouvelles réglementations thermiques.»<sup>20</sup>. Trois milles châssis d'occasion sont récupérés sur des chantiers de rénovation et de démolition des 28 pays de l'Union européenne et son remis en état. Le réemploi provoque ici une écriture architecturale particulière où il est assumé et mis en avant. Dans notre démarche architecturale, pour chaque projet, nous pouvons nous demander ce que nous voulons garder, revaloriser, mettre en avant. Par quelles méthodes, stratégies et outils ? Et, surtout avec qui et pour qui ?

### Brisez

un imprévu, un faux mouvement, un choc, et c'est la chute



### Assemblez

observez, nettoyez, patienter, réparer



### Révéléz

sublimez, objet cassé s'est réincarné en une œuvre d'art précieuse, unique et inestimable



Fig 8 : L'art du Kintsugi par Myriam Greff.

20 « Philippe Samyn Siège du Conseil européen Bruxelles- AMC Architecture », AMC Archi, 14 mars 2016, <https://www.amc-archi.com/article/philippe-samyn-siege-du-conseil-europeen-bruxelles.52193>.

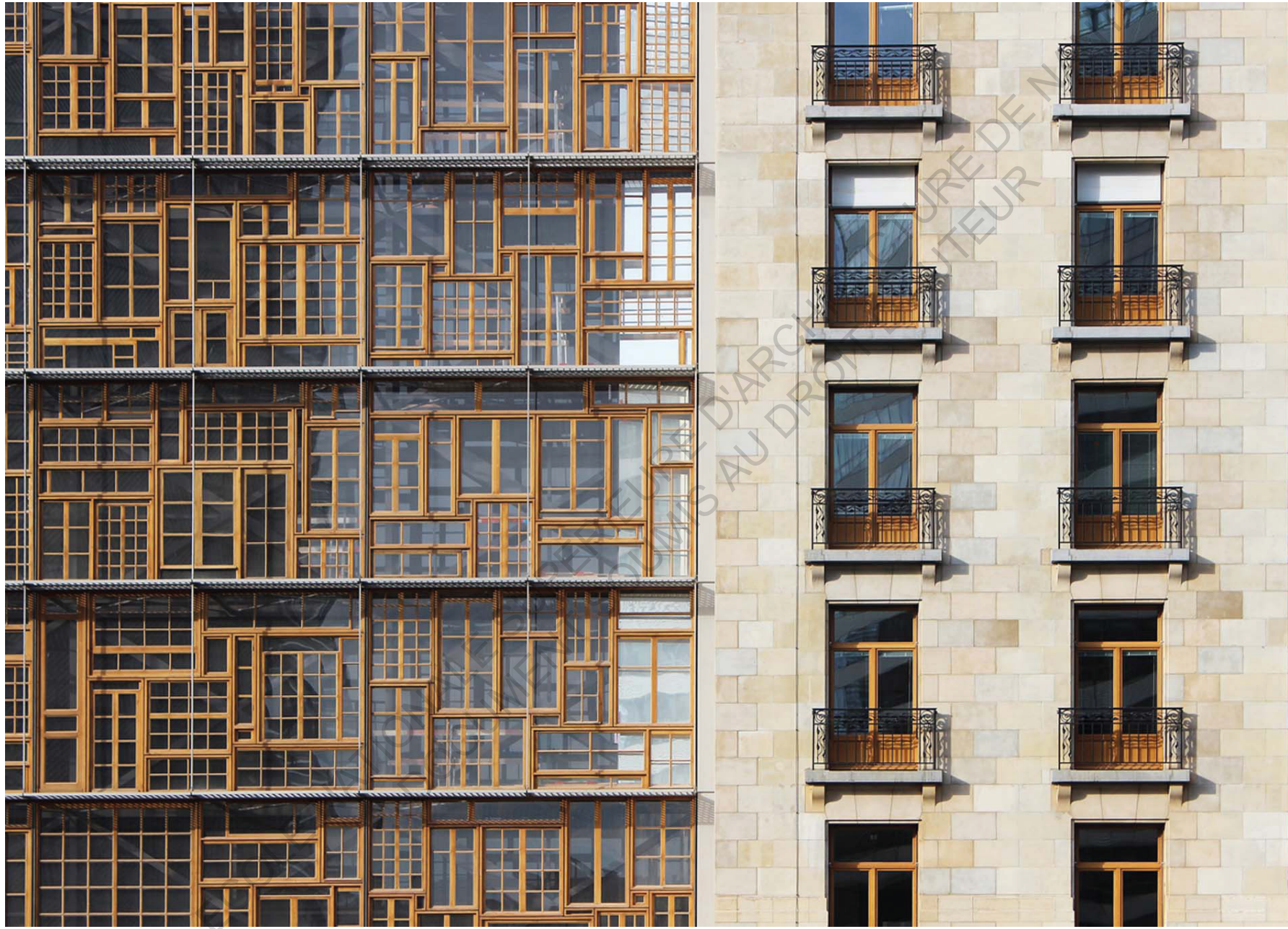


Fig 9 :  
Photo de la  
façade du siège  
du Conseil  
européen à  
Bruxelles par  
Philippe Samyn.

# 1.3

## LES EMPLOIS DU RÉEMPLOI

### LE CADRE GÉNÉRAL DU RÉEMPLOI

Le réemploi est avant tout un travail collaboratif. Les personnes engagées dans cette démarche s'assemblent pour expérimenter avec les matériaux et faire évoluer le cadre général du réemploi. Afin de favoriser l'intégration du réemploi dans les projets d'architecture, des acteurs commencent à se réunir pour créer un cadre à travers des fiches et des guides. La création de ce cadre est importante pour obtenir des résultats dans la préservation de ressources. En effet, aujourd'hui, le réemploi est perçu comme une pratique marginale qu'il faut commencer à sortir du domaine expérimental. Sur le site de l'ordre des architectes, pour un projet de bâtiment ou d'aménagement intégrant le réemploi, quelques étapes clés par lesquelles doivent passer les acteurs du chantier sont définies. Envirobat Grand-Est, en partenariat avec Bellastock et Odéys, a réalisé trois fiches sur le réemploi et la réutilisation de matériaux. D'après ces fiches, qui sont publiées sur le site de l'ordre des architectes, les étapes clés sont :

- réaliser une étude de faisabilité qui comportera un volet assurantiel et réglementaire et un diagnostic ressource,
- éviter le statut déchet et anticiper le devenir des matières afin que le réemploi soit facilité,
- intégrer le réemploi dans le projet architectural et définir dans l'appel d'offre un lot dédié,
- s'assurer que les matériaux répondent aux critères techniques,
- intégrer le réemploi dans les documents d'exécution (CCTP, DCE),
- déposer, collecter et reconditionner les matériaux,
- trouver des matériaux localement,
- stocker et transporter les matériaux.

En complément, ces fiches proposent une sélection de ressources et des rappels sur la réglementation et sur l'assurabilité des matériaux. En effet, «la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte

et le décret relatif au permis d'expérimenter permettent de déroger à certaines règles en vigueur en matière de construction pour faire du réemploi»<sup>21</sup>. Par exemple, le permis d'expérimenter est un dispositif qui permet au maître d'ouvrage de déroger aux règles de construction relatives aux matériaux dès lors qu'il démontre, «d'une part, que les moyens mis en œuvre conduisent à des résultats équivalents à ceux définis par les règles en question et d'autre part, le caractère innovant des moyens choisis.»<sup>22</sup> Afin de pouvoir innover et obtenir des résultats performants, il est important de s'entourer des acteurs compétents et engagés. Par conséquent, la clé d'un projet de réemploi réussi est dans le choix des acteurs qui interviennent dans le projet.

Les projets intégrant le réemploi se réalisent souvent grâce à des maîtres d'ouvrages privés ou des publics engagés dans la préservation de nos ressources. Ces maîtres d'ouvrages ont besoin de s'entourer d'acteurs qui travaillent sur la question du réemploi. Les acteurs régionaux devront être privilégiés pour faciliter la création d'un réseau et pour réduire les coûts de transport. C'est le travail de l'assistant à la maîtrise d'ouvrage (AMO) de trouver ces différents acteurs et de les mettre en relation. Par exemple, Aniss Tlemsamani, AMO réemploi à Nantes, doit faire des propositions, créer le réseau des acteurs, mais également vérifier la conformité des matériaux qui vont être mis en œuvre. Par conséquent, il doit étudier l'historique du bâtiment qui va fournir les matériaux à réemployer et faire des recherches documentaires d'archives afin d'avoir une bonne connaissance de l'existant et de sa mise en œuvre. Cela permet de sécuriser la démarche du réemploi et d'avoir une base solide. «Le choix de l'AMO réemploi est très important et sa connaissance de la construction, de la réglementation, de ses process de validation ainsi que sa capacité créative, permettront de potentialiser les éléments en présence et de donner force au résultat.»<sup>23</sup>.

21 «Réemploi et réutilisation des matériaux issus de la déconstruction : étapes clés». Ordre des architectes, 14 janvier 2020, <https://www.architectes.org/reemploi-et-reutilisation-des-matériaux-issus-de-la-deconstruction-etapes-cles>.

22 Matériauxreemploi, «Matériaux de construction : le réemploi, mode d'emploi !» Matériauxreemploi.com, 22 mars 2020, <http://matériauxreemploi.com/>.

23 DECOT Valérie, «L'assistant à maîtrise d'ouvrage réemploi, le garant d'une opération d'économie circulaire réussie !», 10 octobre 2022. <https://www.lemoniteur.fr/>

Selon Aniss Tlemsamani, l'un des plus gros problèmes réside dans le stockage des matériaux, «le réemploi est en manque de solutions de stockage et de bureaux de contrôle actifs sur le sujet». Des entreprises de stockage et des associations offrent des possibilités de stockage mais le temps est toujours limité. De l'identification des gisements jusqu'au début du chantier, la durée de stockage nécessaire peut être très longue. Comme il n'y a pas de méthode prédéfinie, il est important d'aller voir des projets et des chantiers en cours intégrant le réemploi afin de se renseigner pour aider à résoudre ces problématiques. Certes des initiatives se développent mais elles nécessitent encore des réseaux autres que ceux du bouche à oreille.

## CRÉATION D'UN RÉSEAU DE PARTENAIRES

Afin d'avoir plus d'informations sur la procédure et le réseau d'un projet du réemploi dans notre région, nous pouvons nous intéresser à la construction du Pôle Cosom'acteurs de Blain. Le Syndicat Mixte Centre Nord Atlantique développe un projet de construction d'une recyclerie en matériaux réemployés sur la commune. Selon Floriane Danet, la coordinatrice du Syndicat Mixte Centre Nord Atlantique, «c'est une construction d'un bâtiment neuf pour une activité de réemploi, c'est dommage de pas se poser la question d'intégrer les matériaux du réemploi dans le processus de construction.». L'objectif est donc de concevoir un bâtiment permettant d'y intégrer un maximum de matériaux issus du réemploi, aussi bien pour la structure, les lots architecturaux, les lots techniques que le mobilier. Pour mener à bien ce projet, il est nécessaire d'identifier des gisements de matériaux présents dans des bâtiments voués à être déconstruits ou réhabilités.

Floriane Danet pense que la problématique principale à l'intégration de matériaux issus du réemploi est le manque de filières et d'informations. Par conséquent, le syndicat a recruté un assistant de maîtrise d'ouvrage spécialisé sur la question du réemploi qui a pour mission l'identification et le sourcing des gisements disponibles. Ils

travaillent également avec Elan, une entreprise qui accompagne les acteurs de l'immobilier sur l'impact carbone et l'économie circulaire afin de réaliser des projets responsables. De plus, l'association Océan, un chantier d'insertion à Saint-Herblain, est intégrée dans cette opération. Ils collaborent également avec Christelle Dion, qui est précurseur sur la question du réemploi selon Floriane Danet. Elle est en contact avec beaucoup de maîtres d'ouvrage et aide à répondre aux besoins du projet. Récemment, ils ont aussi recruté un responsable technique des matériaux du réemploi du BTP. Le bureau de contrôle intégré dans le projet est SOCOTEC ; il permet de qualifier les produits à réemployer. Enfin, le maître d'œuvre Quadra Architectes situé à Orvault, recruté en 2021, travaille avec tous les acteurs afin de trouver tous les éléments nécessaires pour fabriquer le bâtiment.

Cependant, le Pôle Cosom'acteur reste un projet expérimental où le Syndicat essaie d'avancer étape par étape en fonction des opportunités. Ce réseau d'acteurs est créé petit à petit, en fonction des structures intéressées par le sujet. Tous les acteurs du réseau ne sont pas des experts mais sont prêts à s'engager dans le cadre de ce projet. Ce qui les inquiète le plus est la réglementation. En effet, les questions réglementaires et assurantielles sont actuellement très strictes et des adaptations sont nécessaires. Sans le changement de cadre réglementaire, il n'est pas possible de généraliser le réemploi et d'éviter le recours aux matériaux neufs.



## ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES

Il faudra du temps pour que le réemploi dans le bâtiment soit obligatoire et incontournable. Les Documents Techniques Unifiés (DTU) bloquent aujourd'hui tous types d'expérimentations sur le chantier. L'acte de construire est très normé et repose sur les produits industriels. «La somme des textes normatifs pouvant s'appliquer à la construction équivaut à une pile de feuilles de format A4 d'une hauteur de 9 mètres.»<sup>24</sup> Nicolas Scherrier, le gestionnaire de Bruxelles Environnement, réfléchit avec son équipe à faire évoluer la réglementation à un horizon de 5 ans afin d'imposer un minimum de réemploi dans le cadre des marchés publics. Ils cherchent à être très concrets et précis pour que les maîtres d'ouvrage et les métiers du bâtiment puissent rapidement s'emparer du sujet. Bruxelles Environnement est l'administration de l'environnement et de l'énergie en Région de Bruxelles-Capitale. Elle soutient les projets durables, et tout ce qui permet de consommer moins. Dans cet objectif, Rotor, une entreprise coopérative bruxelloise active dans la récupération et la vente des matériaux de construction, vient de publier des «clauses techniques de réemploi», en collaborant avec Bruxelles Environnement. Ce document facultatif est publié sur internet et il est à destination des maîtres d'ouvrages. «Les clauses portent sur des matériaux simples à réemployer comme la brique, le pavé, la pierre bleue et le clinker. Les maîtres d'ouvrages et les entreprises n'ont plus qu'à les intégrer dans leurs cahiers des charges.»<sup>25</sup>

Par exemple, dans les clauses techniques de réemploi des briques nous trouvons des informations diverses sur les types de briques que nous pouvons récupérer aujourd'hui, «les briques récupérées aujourd'hui sont des briques pleines, provenant de murs maçonnés avec un mortier à base de chaux (ou d'autres mortiers doux : à l'argile, de cendres, etc)». Nous y trouvons également comment et où les réemployer, «les briques de réemploi sont généralement utilisées

comme parement, et non comme éléments structurels. Elles sont prisées pour leur aspect et leurs variations de teintes particulières... Il existe aussi des cas d'utilisation de briques de réemploi pour de la maçonnerie portante...Ce matériau connaît aussi diverses applications en architecture d'intérieur et en aménagement paysager.»<sup>26</sup>. Nous y trouvons donc pour chaque type de matériau nommé ci-dessus (brique, pavé, pierre, clinker) les spécifications des variétés les plus courantes et leur mise en œuvre. Ces documents nous aident à réemployer ces matériaux et nous permettent de les considérer avant le recours à des matériaux neufs pour chaque partie d'un bâtiment. Cette démarche de publication des clauses techniques participe donc fortement à la préservation de nos ressources.



	<p>2.3. Papesteen (rijnvorm)</p> <p>Type: faite à la main Format (mm): rijnvorm (170 x 85 x 50) Couleur: orange - rouge Apparence: nuancée Texture de la surface: nervurée, sablée, avec des traces de mortier Absorption d'eau*: basse Nombres de briques par m<sup>2</sup>*: ± 100</p>
	<p>2.4. Papesteen (derdeling)</p> <p>Type: faite à la main Format (mm): derdeling (160 x 80 x 40 ou 140 x 80 x 45) Couleur: orange - rouge Apparence: nuancée Texture de la surface: nervurée, sablée, avec des traces de mortier Absorption d'eau*: basse Nombres de briques par m<sup>2</sup>*: ± 120</p>

Fig 10 :  
Extrait des clauses techniques : *Brique de réemploi, Opalis*, version du 21.02.2013. Informations sur type de brique, ses dimensions, sa couleur, son apparence, sa texture et ses qualités isolantes.

Ces documents nous aident à réemployer ses matériaux et nous permettent de les considérer avant le recours à des matériaux neufs pour chaque partie d'un bâtiment. Cette démarche de publication des clauses techniques participe donc fortement à la préservation de nos ressources.

24 CHOPPIN Julien, DELON Nicola, *Encore Heureux, Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014, p. 149.

25 N°24. *Ibid.*, p. 150.

26

Briques, Opalis. <https://opalis.eu/fr/materiaux/briques>.

## ÉVOLUTIONS PROFESSIONNELLES

Dans le même objectif que les clauses techniques, des formations commencent à se mettre en place pour faciliter la pratique du réemploi. Le Syndicat Mixte Centre Nord Atlantique collabore avec Noria et Compagnie situé à Saint Nicolas de Redon et avec le bureau d'études Nobatec basé à Bordeaux afin d'offrir une formation, aux entreprises et architectes, qui vise à apprendre à concevoir et construire avec des matériaux réemployés. Noria et compagnie est une association créée en 2006, dont l'activité principale est la formation professionnelle continue dédiée à l'écoconstruction et au bio-climatisme. Les formations se déroulent dans des locaux dans la commune de Saint Nicolas de Redon en échange de leur réhabilitation écologique et bioclimatique. Les formations sont constituées de modules et de travaux pratiques et offrent des certifications. Leur formation du réemploi contient 9 modules :

Fig 11 :  
Les modules de la formation pour le réemploi, Noria et compagnie.

M1	Se sensibiliser au réemploi de matériaux	Élu.es / Agents de collectivités territoriales / MOA / AMO / MOE / Ouvriers du bâtiment / BE / Techniciens spécialisés / Chefs de travaux ou d'équipe
M2	Diagnostics Ressources / PEMD / partagés	MOA / MOE / Bureaux d'étude / AMO / Techniciens spécialisés / Ouvriers du bâtiment / Agents de collectivités territoriales
M3	Dépose sélective	MOE / Chefs de travaux ou d'équipe / Techniciens spécialisés / Ouvriers du bâtiment / Ouvriers en insertion
M4	Collecter, trier, stocker et ranger les matériaux de réemploi	Valoristes en ressourcerie / Techniciens spécialisés
M5	Orienter les matériaux de réemploi	Valoristes en déchèterie
M6	S'approprier et rédiger les clauses économie circulaire dans les marchés publics	MOA / AMO / MOE / BE / Techniciens spécialisés / Chefs de travaux et d'équipe / Élu.es / Agents de collectivités territoriales
M7	Certifier les matériaux de réemploi et permettre leur mise en oeuvre	Agents de collectivités territoriales / MOA / MOE / Bureaux d'études / AMO
M8	Formateurs : mettre à jour ses connaissances sur le réemploi de matériaux	Formateurs en formation initiale et professionnelle
M9	Se former à la fonction tutorale	Toute personne souhaitant réaliser le tutorat de stagiaires, d'apprentis...

Pour résumer, dans cette formation nous trouvons des modules de sensibilisation et des modules techniques sur comment concevoir et construire avec le réemploi.

Nous avons vu des démarches différentes qui ont pour objectif de généraliser le réemploi. En plus de l'évolution des réglementations et des formations, les mentalités évoluent et nous cherchons à repenser la façon de construire. Aujourd'hui, s'il y a une opération qui commence, le réemploi devrait être presque une étape standard. Quand les architectes commencent à concevoir un projet ils devront d'abord considérer les matériaux à réemployer. Tout finira par trouver sa place avec le caractère innovant et créatif des acteurs engagés. Nous ne pouvons plus associer cette pratique à la marginalité, elle devrait être applicable par tous. Cependant, il ne faut pas non plus considérer le réemploi comme une pratique industrielle. Le réemploi est une pratique qui prend du temps, qui demande beaucoup d'organisation et de main d'œuvre. Chaque acteur doit bien faire son travail pour obtenir des matériaux conformes et performants. Selon Annis Tlemsamani, «Les gens veulent tout figer trop rapidement. Il faut trouver une souplesse et il faut trouver la bonne méthode.».



Fig 12 :  
Couverture du livre Matière grise : matériaux, réemploi, construction, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014.

# I.4

## UNE SOUPLESSE MENTALE

### L'ÉVOLUTION DU DESSIN ARCHITECTURAL

Le réemploi nécessite et mobilise beaucoup de créativité. Cette pratique pousse à concevoir par réaction, par opportunisme, par souplesse mentale. La matière devient un point de départ pour la création architecturale. «Construire en réemployant ne peut se faire qu'en modifiant le rapport entre le concepteur et constructeur, confiance et souplesse mentale étant les piliers d'une collaboration d'un nouveau genre.»<sup>27</sup> En effet, le dessin architectural est modifié, au cours de l'opération, en fonction de la disponibilité des matériaux et de leurs qualités et caractéristiques. Le choix des matériaux évolue en fonction des gisements, et le projet suit cette évolution dans les dessins architecturaux. Le dessin n'est jamais figé jusqu'à la construction réelle des éléments. Cette méthode de travail est très différente comparée à un projet classique où nous choisissons les matériaux en même temps que nous dessinons nos bâtiments. D'une certaine manière, cette méthode est plus simple pour les architectes : partir de la page blanche avec des matériaux neufs et éviter le réemploi.

Dans le cadre du projet du pôle Consom'acteurs, quand le Syndicat a exposé son projet au maître d'œuvre, ils se sont rendu compte qu'il était difficile de changer la façon de travailler des architectes. Chacun a ses habitudes et il est rassurant de partir des éléments qu'ils connaissent. Cependant, le réemploi est un processus complètement différent. Parce que les matériaux livrés ne correspondent pas toujours à ce qui a été conçu, l'architecte doit parfois repenser la conception initiale. Quand le Syndicat a recruté l'architecte, ils n'avaient pas la totalité des matériaux. Il a fallu rencontrer le service instructeur de permis de construire pour leur expliquer le projet et le fait qu'il allait forcément évoluer en fonction des matériaux qu'ils allaient trouver.

27 CHOPPIN Julien, DELON Nicola, *Encore Heureux, Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014, p. 259.

Le dépôt du permis a été accepté et ils ont suggéré le dépôt de permis modificatifs par la suite en fonction des matériaux trouvés.

Les matériaux du réemploi conduisent les architectes à composer avec l'inattendu. Pour réhabiliter l'ancienne usine LU en la transformant en centre culturel, l'agence Construire a collecté sur le chantier des matériaux susceptibles d'être réemployés. Parmi ces matériaux il y avait des vitrages déclassés, des planches de bateau, des traverses de chemin de fer, des bidons d'acide, etc. Aujourd'hui, les traverses servent à la terrasse du restaurant, les bidons permettent d'assurer la correction acoustique de la salle de spectacles, les vitrages sont réutilisés pour les ouvertures et les planches pour des recouvrements. «Un tel travail n'est possible que si le concepteur se trouve en permanence sur le chantier afin de répondre à l'arrivée de matériaux nécessitant une mise en œuvre imprévue.»<sup>28</sup> La souplesse d'adaptation est indispensable dans cette pratique qui rassemble la créativité, l'opportunité et la communication. D'après Patrick Bouchain, dans son ouvrage *Construire autrement*, «Chaque jour, on réexpérimente tout, on tente des choses... Plutôt qu'avoir peur des idées des autres, il faut peut-être changer les siennes, retrouver des idées communes et les mettre à l'épreuve.»<sup>29</sup>



Fig 13:  
« Le Lieu Unique »,  
Nantes.  
L'Observatoire  
CAUE.

28 N°27. *Ibid.*, p. 259.

29 BOUCHAIN Patrick, *Construire autrement*, Actes Sud L'impensé, 2006, p. 80.

## CONSTRUIRE ENSEMBLE

Aujourd'hui, nous vivons dans un monde connecté. Les mobilités, les flux et les réseaux se sont beaucoup développés depuis la mondialisation, ce qui devrait permettre de rencontrer plus facilement «l'autre». «L'autre, c'est aussi celui qui construit avec «moi», car construire est un acte collectif, construire crée le lien, c'est l'expression de la culture des hommes.»<sup>30</sup>

Le premier objectif du réemploi est de faire une architecture économe en matières premières, et aujourd'hui de plus en plus de personnes s'intéressent à cette question. Nous pouvons commencer par soutenir les entreprises et les associations qui travaillent pour redonner vie aux matériaux en se portant volontaire, en s'intéressant aux chantiers et projets qui nous entourent, et en partageant nos connaissances. Nous devons également encourager l'intégration des acteurs volontaires, des structures éducatives, des jeunes diplômés et toutes les structures qui s'intéressent à la préservation des ressources dans la construction des bâtiments. Le réemploi paraît comme un outil de solidarité. «Plutôt que d'opposer un matériau à un autre, une filière à une autre, il conviendrait de promouvoir la juste mesure pour choisir le bon matériau au bon endroit au bon moment.»<sup>31</sup> Il faut expérimenter et combiner les matériaux neufs avec les matériaux réemployés pour trouver un équilibre qui permet d'avoir des architectures performantes et confortables. «Un mix matériauïque mêlant soigneusement matériaux neufs et matériaux de seconde main, matériaux biosourcés et non renouvelables permettrait, par cet équilibre, d'intégrer la durabilité, la performance et la disponibilité actuelle ou future des ressources de base»<sup>32</sup> tout en répondant aux besoins des usagers et sensibilisant la société à ces questions.

30 BOUCHAIN Patrick, *Construire autrement*, Actes Sud L'impensé, 2006, p. 48.

31 CHOPPIN Julien, DELON Nicola, *Encore Heureux, Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014, p. 345.

32 N°31. *Ibid.*, p345.

«L'autre, c'est aussi celui qui construit avec «moi», car construire est un acte collectif, construire crée le lien, c'est l'expression de la culture des hommes.»



Fig 14 :  
«Compréhension mutuelle»,  
GRAINE.

BOUCHAIN  
Patrick, *Construire ensemble*, p.48, p.80.

«Chaque jour, on réexpérimente tout, on tente des choses... Plutôt qu'avoir peur des idées des autres, il faut peut-être changer les siennes, retrouver des idées communes et les mettre à l'épreuve.»



Fig 15 :  
«Teamwork»,  
Design Bundles.

# 2

## LA DIGITALISATION DE L'INDUSTRIE DE CONSTRUCTION POUR UNE MEILLEURE GESTION DES MATÉRIAUX

Comme nous avons pu voir, le réemploi est une pratique actuelle qui intéresse un certain nombre d'architectes et de maîtres d'ouvrages qui sont prêts à s'engager dans la préservation de nos ressources. Cependant, des leviers et des évolutions sont nécessaires dans la réglementation, dans la qualification des professionnels, et dans la méthode de travail. Beaucoup de temps est perdu dans la recherche d'informations concernant les bâtiments existants. Nous ne savons pas quels matériaux ont été utilisés, à quel endroit et en quelles quantités. Il est très difficile d'accéder à une documentation complète, ce qui ne facilite pas le travail d'AMO et des architectes. Aujourd'hui, pour les bâtiments planifiés avec le BIM, les matériaux utilisés sont enregistrés numériquement. Grâce à cette documentation complète, à la fin de sa vie, le bâtiment peut devenir un fournisseur et le BIM la banque de matériaux. Par conséquent, il est essentiel dans les nouvelles constructions de penser l'ensemble du cycle de vie du bâtiment dès la conception en anticipant la déconstruction. Aujourd'hui, « nous ne pouvons concevoir une forme, un objet, un bâtiment sans anticiper leur devenir pour qu'ils demeurent souples, riches de nouvelles potentialités, porteurs d'expérience de vie toujours à découvrir. L'inauguration signe un commencement, non une fin.»<sup>33</sup>.

33 «A propos», Encore Heureux, <http://encoreheureux.org/about/>.



Fig 16 : Illustration de l'utilisation des ressources dans la construction, TU Delft.

## 2.1 LE BIM, PLUS QU'UN OUTIL DE CONCEPTION : LE LIEU D'UN TRAVAIL COLLABORATIF

### UN MONDE AUTOMATISÉ ET DIGITALISÉ

Aujourd'hui, la plupart des industries sont automatisées et digitalisées pour être plus productives et précises dans le travail. «L'automatisation industrielle fait référence à l'utilisation des nouvelles technologies dans la chaîne de production»<sup>34</sup>. En d'autres termes, il s'agit d'utilisation des machines, de la technologie et des outils numériques afin d'optimiser les processus industriels. Actuellement, nous la trouvons surtout dans la production des véhicules et des produits manufacturés où les robots, contrôlés par des humains, réalisent une partie des tâches. Au cours des dernières années, comparé à d'autres industries, la productivité du travail dans le bâtiment a peu évolué. L'industrie de la construction est considérée comme l'une des industries les moins numérisées. Selon Nemetschek Group, fournisseur de logiciels pour les architectes et les ingénieurs, l'efficacité dans l'industrie de la construction ne s'est améliorée que d'un pour cent par an au cours des 20 dernières années. Même l'introduction de CAD, des logiciels 2D comme Autocad, n'ont pas fait beaucoup de différences. Ils n'ont pas permis de résoudre les problèmes de planification et de communication entre les acteurs. Par conséquent, de tous les matériaux utilisés dans la construction, «10% sont inutiles ou gaspillés et 30% du temps des travaux de construction sont consacrés à la correction des erreurs.»<sup>35</sup> Ces questions de gaspillage et de manque de productivité dirigent les métiers du bâtiment vers la digitalisation à travers des outils informatiques. La tâche centrale de l'architecte, la conception, est un domaine difficile à transformer. Par conséquent, des formations et des métiers sont mis en place afin de permettre la

34 S. Mélanie, «L'automatisation en industrie : quand le digital se mêle du management», Wayden, 30 mars 2022, <https://www.wayden.fr/lautomatisation-en-industrie-quand-le-digital-se-mele-du-management/>.

35 Nemetschek Group Invest or Relations, «Sustainable Building», Nemetschek Group, juin 2019, <https://www.nemetschek.com/sites/default/files/documents/>.

transition vers le BIM (Building Information Modeling). Mais qu'est-ce que le BIM ? Qu'est-ce qu'il apporte à l'architecture ? Comment contribue-t-il à la préservation de nos ressources ?

### LE BIM, C'EST QUOI ?

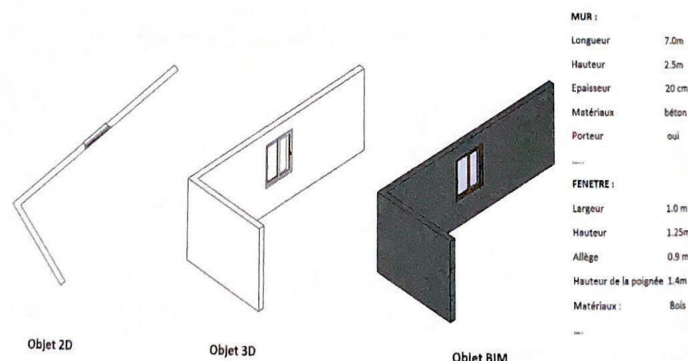
Aujourd'hui, nous entendons beaucoup parler du BIM. Cette technique de planification innovante, basée sur la généralisation des outils numériques, soumet la réalisation des bâtiments à une transformation fondamentale. D'après la revue d'architecture allemande Detail, on s'attend à ce que cette technologie apporte une contribution majeure à l'industrie de la construction.<sup>36</sup> Le BIM implique une image numérique complète d'une structure avec un degré élevé d'informations. La caractéristique la plus évidente du BIM est la mise en forme tridimensionnelle de la structure, qui permet d'établir des dessins cohérents en 2D pour les plans et les coupes. Outre la géométrie tridimensionnelle des différents éléments de construction, cela inclut également des informations non géométriques supplémentaires, par exemple, sur le type de produits, les propriétés techniques, les coûts... Contrairement à la modélisation purement tridimensionnelle (comme le logiciel SketchUp par exemple), l'outil de conception BIM offre également un catalogue avec des objets de constructions spécifiques contenant des éléments prédéfinis tels que des murs, des colonnes, des fenêtres, des portes, etc. Ces éléments ont des attributs, des propriétés et des paramètres et sont capables de se relier à d'autres composants.

L'un des principaux avantages du BIM pour les planificateurs est l'absence de divergence entre les dessins de conception et de construction, qui sont tous dérivés d'un modèle de bâtiment unique. En effet, le BIM permet aux différents acteurs, qui interviennent dans un projet, de collaborer sur un même fichier. En utilisant la technologie «cloud» du BIM, nous avons accès à un modèle collaboratif et

36 WALZ Arnold, *Analog und Digital*, Detail, no 6, Munich : Institut für internationale Architektur-bDokumentation GmbH, Munich, 2015, p. 550.

unifié capable de stocker tous les processus d'un projet de construction sans perdre de données. Cela signifie que toutes les différentes disciplines peuvent partager des informations plus facilement et de manière plus efficace. Par conséquent, nous évitons les mauvaises compréhensions et nous facilitons la communication surtout entre les architectes, les ingénieurs, les bureaux d'étude et les clients. Comment cette nouvelle méthode de travail s'introduit-elle et se met-elle en place dans les entreprises ?

Fig 17 :  
«Différences  
entre objets  
2D, 3D  
et BIM»,  
Premiers pas  
en BIM.



## LE BIM AU SEIN DES AGENCES D'ARCHITECTURE

Durant l'été 2022, j'ai eu l'opportunité de faire un stage à Munich en Allemagne pendant six semaines au sein de l'agence d'architecture Wiel Arets Architects (WAA). WAA est une agence d'architecture et de design active à l'échelle mondiale. Fondée par l'architecte hollandais Wiel Arets, l'entreprise est actuellement impliquée dans un grand nombre de projets à travers l'Europe, l'Amérique du Nord, l'Asie et l'Afrique. Son travail s'étend de l'architecture à l'éducation et à l'édition, avec des bureaux situés à Amsterdam (Pays-Bas), à Munich (Allemagne) et à Zurich (Suisse). Les trois bureaux travaillent en collaboration sur tous les projets. Par conséquent, le travail collaboratif est essentiel. Le BIM est alors l'un des outils qui leur permet de créer le lien entre les différents bureaux.

Au cours de mon stage, j'ai pu travailler sur un gros projet qui se localise à Cologne en Allemagne. Pour situer le contexte du projet, il s'agit d'une commande d'investisseurs allemands qui souhaitent construire un projet de bureaux, nommé *Friedrich und Karl*, puis vendre ces bureaux aux grosses entreprises pour en tirer profit. Le temps est limité pour éviter les pertes d'argent et ils souhaitent aller vite avec l'ingéniosité des moyens de construction. L'intégration du BIM se fait par le logiciel Archicad et avec son outil «Teamwork». Le Teamwork sur Archicad offre une possibilité aux différents acteurs du projet de travailler en même temps sur un même modèle. Ce travail est encadré pour que cela fonctionne. Tous les mercredis, un créneau de 2 heures est réservé à des réunions avec un BIM Manager sur Teams. Le BIM Manager coordonne le travail de tous, anime les réunions, établit des rapports. Il met en place des codes et des systèmes pour que chacun travaille de la même manière sur le logiciel. Par exemple, pour la création des composants du bâtiment, chaque élément de construction est nommé d'une manière très précise avec des lettres et numéros, date de fabrication, matérialité, composition, dans quelle étape de chantier il intervient, etc. Les réunions hebdomadaires permettent le suivi de l'avancement de modèles et les mises à jour concernant la nomenclature, les groupes, les calques, etc. Selon le BIM Manager, «il est très important de faire attention à travailler très précisément et correctement en prenant son temps pour que le modèle nous serve. C'est un outil d'organisation du travail, ça permet d'être très précis sur ce qu'on fait. Ça permet également d'éviter de surproduire et les déchets, ça permet de penser à l'avenir du bâtiment, sa durée de vie, sa déconstruction.»<sup>37</sup>.

La maquette numérique peut donc servir tout le long du cycle de vie du bâtiment. Le plus grand potentiel de la technologie BIM réside dans la traçabilité des différents matériaux dans le suivi du cycle de vie du bâtiment.

37 Traduction allemand-français : «Es ist wichtig, darauf zu achten, sehr genau und korrekt zu arbeiten, indem man sich Zeit nimmt, damit das Modell uns dient. Es ist ein Werkzeug zur Arbeitsorganisation, mit dem Sie sehr genau bestimmen können, was Sie tun. Es hilft auch, Überproduktion und Verschwendung zu vermeiden, es ermöglicht Ihnen, über die Zukunft des Gebäudes, seine Lebensdauer und seine Dekonstruktion nachzudenken.»

## 2.2 UNE BASE DE DONNÉES COMPLÈTE ET UN FOURNISSEUR DE MATÉRIAUX,

### PASSEPORT DE MATÉRIAUX

Actuellement, de nombreux bâtiments des années 1980 sont reconvertis ou démantelés, mais personne ne sait quels matériaux ont été utilisés, où et en quelles quantités. Aujourd'hui, pour les bâtiments planifiés avec le BIM, les matériaux utilisés sont enregistrés numériquement. Le BIM donne donc avant tout, accès à une base de données très complète. Dans l'ouvrage, *Matière grise* se trouve un entretien avec Steven Beckers, un architecte reconnu en économie circulaire. Suite à la lecture du livre *Cradle to Cradle* (Du berceau au berceau) écrit par Michael Braungart et William McDonough, Beckers s'est reconnu dans la démarche d'économie circulaire et a suivi une formation auprès de l'équipe de ces écrivains à Hambourg en Allemagne. «Cradle to cradle» peut être défini comme la conception et la production de produits de tous types de manière à ce qu'en fin de vie, ils puissent être véritablement recyclés. «Un produit fabriqué doit pouvoir, une fois recyclé, produire à nouveau le même produit, seul un ajout d'énergie renouvelable intervenant dans le cycle.»<sup>38</sup>

Dans cet entretien nommé «Passeport pour les matériaux», Beckers pousse le développement de l'économie circulaire à travers des outils informatiques. Comme nous l'avons vu précédemment, «Il existe aujourd'hui les BIM, des systèmes permettant de tout dessiner directement en 3D ; en ajoutant la densité, on pourra très vite connaître le poids du béton, du bois ou de n'importe quel autre matériau.»<sup>39</sup> Les matériaux de chaque bâtiment seront recensés dans cette banque de données. L'architecte établira un cahier des charges

définissant précisément les performances, les qualités et les contenus de tous les matériaux, «qui pourront être classés C2C (Cradle to Cradle) ou équivalent»<sup>40</sup>. Puis, afin de compléter ces informations, l'équipe en charge de la construction du bâtiment et les fournisseurs devront être capables de dire que dans telle cloison il y a tant d'acier, tant de laine de verre, etc. Cela permet de créer des «passeports de matériaux» durant la conception, ce qui offre la possibilité au propriétaire d'un bâtiment de lister les matériaux qui le constituent, de savoir qui pourra le démonter et ce qu'il obtiendra par la récupération. D'après Beckers, sur cette sorte de certificat, tout sera quantifié comme par exemple le nombre de produits toxiques et leur emplacement. «Cette banque de matériaux devra se présenter sous forme d'une Big Data, délivrant des informations détaillées sur par exemple, telle porte de tel bâtiment, avec quel matériau elle a été construite et par quel fabricant, à quel moment elle a été déplacée, sa durée de vie...Ce sera une sorte de mode d'emploi que l'on recevra avec le bâtiment.»<sup>41</sup>.

Cette base de données est essentielle pour l'économie circulaire puisqu'à la fin de vie du bâtiment, nous aurons besoin de toutes les informations concernant les matériaux afin de prolonger leur cycle de vie. A ce moment-là, le BIM permettra d'accéder à ces informations sur un même fichier. Au lieu de faire des recherches intensives dans les archives pour tracer l'historique du bâtiment, l'AMO et les architectes pourront simplement consulter ce fichier. Aujourd'hui, principalement l'Université technique de Munich développe ce système, auquel il ne manque plus que quelques données. Selon Beckers, d'ici une dizaine d'années, la documentation sur le BIM sera obligatoire. Cependant, il ne suffit pas de connaître les matériaux, il faut que ces matériaux puissent être séparables pour générer du réemploi et que la filière s'organise. Comment intégrer la question de déconstruction dès la conception ?

38 MCDONOUGH William, BRAUNGART Michael, *Cradle to cradle : Créer et recycler à l'infini*, Paris : Editions Alternatives, février 2011, p. 24.

39 CHOPPIN Julien, DELON Nicola, *Encore Heureux, Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014, p. 211.

40 CHOPPIN Julien, DELON Nicola, *Encore Heureux, Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014, p. 211.

41 N°40. *Ibid.*, p. 212.



## L'INGÉNIOSITÉ DES ASSEMBLAGES

Pendant mon stage à Munich, comme nous l'avons vu dans la partie précédente, les clients cherchaient un système ingénieux pour la construction de leurs bureaux. Ils souhaitent faire une architecture qui puisse être assemblée avec des éléments préfabriqués et désassemblée pour une revente ou réutilisation future de ces éléments. Par conséquent, les ingénieurs ont commencé à concevoir des éléments constructifs qui fonctionnent comme des «lego». Ces éléments, grâce à leur design, sont capables d'être entrelacés. Il y a plusieurs modules de poteaux, poutres et de planchers qui s'assemblent entre eux et qui permettent de monter les étages. Chaque élément a son nom et sa place, le modèle 3D va faciliter la coordination sur le chantier pour bien positionner et assembler ces éléments. Toute matière collante est évitée afin d'offrir une possibilité de séparation des matériaux dans le futur.

Pour les façades, le bois local allemand vient compléter la structure. Il n'est pas prévu de réemployer le bois mais un éventuel recyclage est possible par la transformation de la matière pour faire des meubles ou des parois par exemple. Le bois n'est pas dessiné sur le BIM, seulement les éléments constructifs y sont dessinés, car pour eux, ce sont les seuls éléments qui pourront être réemployés. Ce choix est également justifié pour gagner du temps dans la construction du modèle et d'éviter que le fichier devienne trop lourd. D'après le BIM Manager, qui travaille en collaboration avec les architectes et les ingénieurs sur ce projet, «avec le contexte actuel il est important de savoir où est-ce qu'on utilise nos matériaux»<sup>42</sup>.

Le projet est donc plutôt guidé par des ingénieurs grâce à leur proposition d'assemblage des matériaux et les architectes s'occupent de l'organisation intérieure du projet.

42 Traduction allemand-français : «Im aktuellen Kontext ist es wichtig zu wissen, wo wir unsere Materialien verwenden.» (Rencontre avec un BIM Manager pendant mon stage à Munich).

Ici, la démontabilité du bâtiment est intégrée dans le processus de la conception avec des matériaux neufs préfabriqués. Cela permet de penser la totalité du cycle de vie du projet ; de la conception à la déconstruction. Cette méthode est une manière d'anticiper l'avenir pour préserver nos ressources, les résultats ne viendront donc que dans 50 ans si le bâtiment est bien entretenu. Cependant, cela ne concernera peut-être pas tous les matériaux car certains matériaux se dégradent dans le temps et au bout de 50 ans ils ne seront peut-être plus exploitables.



Fig 18 : Image d'ambiance du projet Friedrich und Karl, Wiel Arets Architects, Cologne.

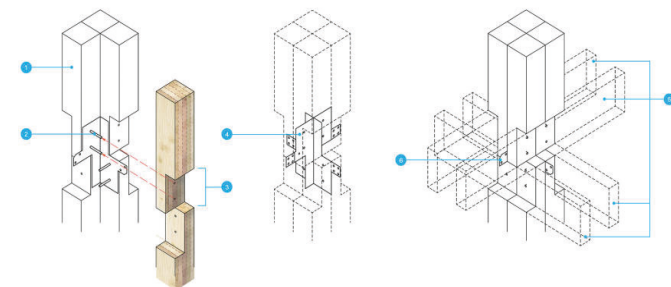


Fig 19 : Exemple d'assemblage poteau - poutre avec des éléments préfabriqués pour monter les étages.

## 2.3 UN TERRAIN D'EXPÉRIMENTATION ET D'APPROVISIONNEMENT,

### CONSTRUCTION NUMÉRIQUE AVANT CONSTRUCTION PHYSIQUE

En plus de sa capacité à anticiper l'avenir des matériaux, le BIM a des caractéristiques qui permettent d'agir aujourd'hui sur le terrain. Afin d'éviter les erreurs gourmandes en budget et en ressources avant le début du processus de construction, il suffit tout d'abord de construire le bâtiment numériquement. Cette construction numérique permet d'expérimenter et offre une infinité de possibilités parmi lesquels nous pouvons choisir la plus économique et écologique.

Une quantité importante de matériaux peut être économisée grâce au calcul précis et à une meilleure planification des structures complexes. Le tunnel Gotthard Base Tunnel, le plus long tunnel ferroviaire du monde avec une longueur de parcours de 57 kilomètres, en est un bon exemple. Dans ce tunnel, un total de 89 000 mètres cube de béton, soit environ CHF 19 millions, ont été économisés grâce à l'optimisation géométrique du revêtement du tunnel en deux sections. Raphael Wick, le directeur de Gähler und Partner AG, décrit que dans le modèle BIM, tous les calques ont été repris sans aucune erreur et ont ensuite été modifiées sans aucun problème. «Le fait que le transfert de données ait si bien fonctionné a été pour nous un facteur de succès non négligeable»<sup>43</sup>, dit-il. Ils ont créé un total d'environ 120 dispositions de blocs différentes et plus de 1000 dispositions pour les deux sections du tunnel de base. Il s'agissait d'un énorme volume de données que le programme a réussi à gérer de manière collaborative. Il était possible d'éditer tous les composants à l'aide du logiciel et cela

43 Traduction anglais-français : «The fact that the data transfer worked so well was a significant success factor for us.» RAHM Peter, «The Groundbreaking Tunnel», Allplan A Nemetschek Company, 2017, [https://www.allplan.com/fileadmin/user\\_upload/countries/international/pdfs/references/CaseStudy\\_Gotthard\\_Basistunnel\\_EN\\_GmbH.pdf](https://www.allplan.com/fileadmin/user_upload/countries/international/pdfs/references/CaseStudy_Gotthard_Basistunnel_EN_GmbH.pdf).

réduisait la consommation de temps consacrée à la création des documents techniques et la consommation matérielle en économisant du béton dans la conception et dans la construction. Le calcul précis, la visualisation des détails techniques et une bonne planification des structures complexes ont permis d'éviter le gaspillage. Cet exemple prouve que le BIM est une aide importante à la conception afin d'expérimenter en 3D, faire des économies matérielles et, par conséquent, financières tout en réduisant les erreurs qui pourront se produire sur le chantier grâce à une bonne planification.

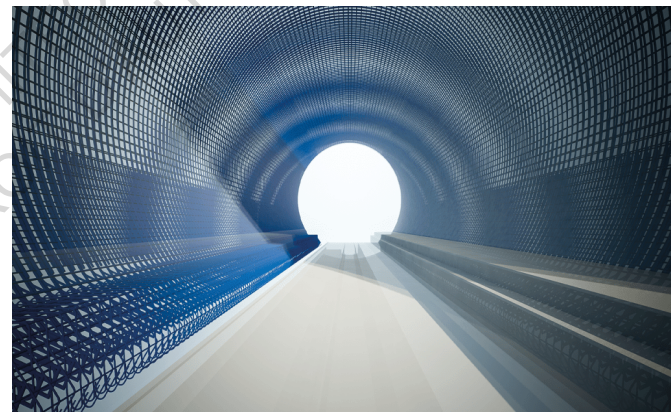


Fig 20 :  
Modèle 3D  
sur BIM, «The  
Groundbraking  
Tunnel» (Le  
tunnel innovant), Allplan.

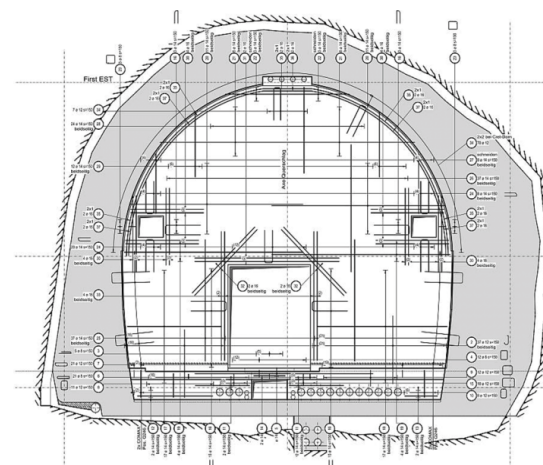


Fig 21 :  
Détail technique sur BIM,  
«Longest rail  
tunnel in the  
world», Allplan.

## OPTIMISATION ÉNERGÉTIQUE DANS LE BÂTIMENT

Le bâtiment numérique pourrait également permettre de contrôler les consommations énergétiques des bâtiments. Parmi les besoins énergétiques des bâtiments nous avons le confort thermique, le chauffage, l'eau chaude sanitaire, la ventilation, l'éclairage, etc. Pour chaque besoin, la meilleure efficacité énergétique doit être recherchée afin de faire des économies d'énergie.

Aujourd'hui, nous entrons dans la troisième révolution industrielle, concept qui a été inventé par l'économiste Jeremy Rifkin dans les années 2000 et qui «représente le fruit de l'association entre les énergies renouvelables et les technologies d'internet et l'internet des objets.»<sup>44</sup>. Actuellement, «des milliards de capteurs intégrés à des flux de ressources, des entrepôts, des réseaux routiers et d'électricité, des chaînes de production, des bureaux, des maisons, des magasins et des véhicules suivent en permanence leur état et leurs performances et transmettent ces données à l'internet de la communication ainsi qu'à celui de l'énergie, du transport et de la logistique.»<sup>45</sup> Le même système pourrait être utilisé pour le suivi des bâtiments.

D'après le livre, *Bâtiment intelligent et efficacité énergétique : optimisation, nouvelles technologies et BIM*, le BIM est un moyen de mieux calculer et prédire la performance énergétique d'un bâtiment au stade de la conception. «Grâce à l'immense quantité d'informations qu'il est capable de prendre en compte, l'utilisateur peut anticiper en amont le comportement thermique et acoustique du bâtiment, simuler les performances avant leur réalisation, calculer précisément les quantités de matériaux à mettre en œuvre...»<sup>46</sup>. Cela aide pour la prise de décisions concernant par exemple l'isolation du bâtiment et le facteur de lumière d'une pièce éclairée en phase de conception ou encore le chauffage en phase d'exploitation. «A partir du moment où l'on intègre

au BIM les données météorologiques, les données thermiques relatives au bâtiment (matériaux, ambiance intérieure) à un instant donné, celles qui décrivent les équipements (chauffage, ventilation, ECS) ainsi que le comportement des usagers (horaires de présence, habitudes de confort), il devient possible de programmer le système de gestion énergétique de sorte à assurer le confort tout en consommant le minimum d'énergie possible.»<sup>47</sup>. Une fois le bâtiment construit, il est envisageable d'utiliser la maquette 3D en continuant à l'alimenter par les données issues de l'exploitation du bâtiment. Grâce aux différents paramètres comme le taux d'occupation ou les températures ressenties, nous pouvons optimiser les réglages des équipements.

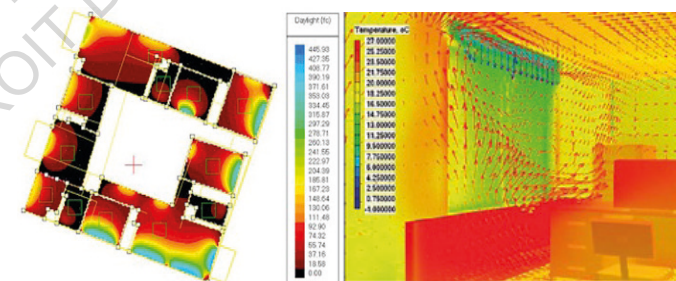


Fig 22 : Analyse de la température ambiante sur BIM, «Workshop Building Information Modeling to Facilitate Green Building Practices».

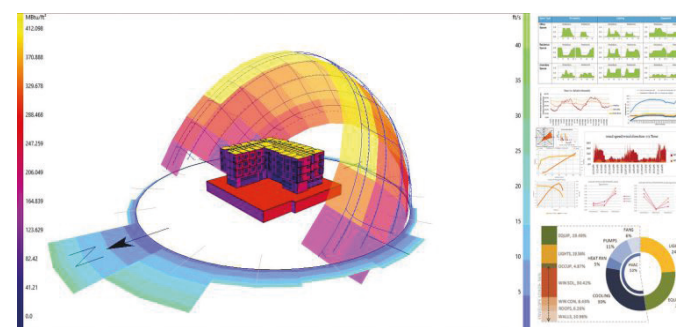


Fig 23 : Analyse énergétique : Impact de la lumière du jour, rayonnement solaire et ombres, «6D Energy Analysis».

44 RIFKIN Jeremy, *La troisième révolution industrielle. Comment le pouvoir latéral va transformer l'énergie, l'économie et le monde*, Paris, Les Liens qui Libèrent, 2012.

45 BEDDIAR Karim, LEMALE Jean, *Bâtiment intelligent et efficacité énergétique : optimisation, nouvelles technologies et BIM*, Paris, Dunod, 2016, p. 11.

46 N°45. *Ibid.*, p. 95.

## ET À L'ÉCHELLE URBAINE ?

La ville du Havre a été pionnière en France en numérisant en 3D une grande partie de la ville soit 65 km<sup>2</sup> et 65000 bâtiments. Ce projet de numérisation financé par la Communauté de communes de l'agglomération du Havre et fonds européen de développement régional, a lancé début avril 2016 «un service en ligne qui permet de naviguer en temps réel et en 3D dans une maquette virtuelle de l'agglomération.»<sup>48</sup>. Cet outil est accessible sur internet et ne nécessite ni téléchargement d'application ni plug in. «Ce rouage de la Smart city doit notamment faciliter les échanges avec les habitants sur les opé-

48 GARNIER Claire, «Au Havre, un outil de navigation 3D pour faciliter les échanges avec habitants et entreprises», L'Usine Digitale, 14 avril 2016, <https://www.usine-digitale.fr/article/au-havre-un-outil-de-navigation-3d-pour-faciliter-les-echanges-avec-habitants-et-entreprises>.

rations d'urbanisme.» Il permet de créer le lien entre les habitants, les entreprises et les services de la collectivité et de faire un «débat constructif». Hubert Dejean de la Bâtie, vice-président chargé des projets d'équipements d'agglomération, de la prospective et de l'innovation, a la volonté, avec ce projet, de rendre l'information plus accessible aux citoyens, «cet outil doit donner une compréhension plus intuitive du territoire et mettre en scène les projets d'aménagement et d'urbanisme de façon plus lisible»<sup>49</sup>. Selon lui, cet outil offre également la possibilité de faire la simulation de construction de bâtiments pour les études d'impact, d'étudier la mise en valeur du patrimoine, et les services cartographiques comme le calcul d'itinéraire, la topographie...

49 N°48. Ibid.



Fig 24 : Capture d'écran de la ville du Havre sur «3d.lehavreseine-metropole».

Cependant, il ne faut pas oublier que la question de la performance est surtout liée à la qualité de réalisation de l'ouvrage. Il paraît important de mettre en place des suivis de chantier en lien avec le modèle BIM afin d'être le plus précis possible pour atteindre les performances prévues sur le fichier numérique. Une fois le bâtiment construit, il est envisageable d'utiliser la maquette 3D en continuant à la mettre à jour par les données issues de l'exploitation du bâtiment.

## LE DIGITAL AU SERVICE DU PUBLIC

Le modèle 3D peut également être contrôlé dans une certaine mesure en termes de conformité avec les exigences légales, les normes et les lignes directrices. Il peut être avantageux dans la préparation et la supervision des travaux de construction. Il est possible de vérifier le déroulement de la construction, d'identifier les incohérences et les collisions spatiales à un stade précoce et de coordonner la logistique du chantier, comme nous avons pu le voir précédemment avec le tunnel Gotthard.

Dans de nombreux pays, l'introduction de la méthode BIM est déjà bien avancée. Les précurseurs, Singapour, la Finlande, les États-Unis, le Royaume-Uni et l'Australie ont une politique du BIM qui sert au public. Dans tous ces pays, l'État, en tant que plus gros client du bâtiment, joue un rôle clé dans l'introduction du BIM. Depuis 2004, une obligation existe à Singapour de présenter toutes les soumissions pour les bâtiments publics via une plate-forme Internet. Les modèles de construction numériques sont ensuite contrôlés pour s'assurer qu'ils sont conformes aux normes et conditions applicables (pour la protection incendie par exemple). En Finlande, il est nécessaire depuis 2007 de soumettre une maquette numérique du bâtiment pour tous les projets publics dont le budget dépasse le million d'euros. Les directives finlandaises sont fortement orientées vers des formats d'échange de données ouverts. Aux États-Unis, la présentation de modèles BIM est requise depuis plusieurs années pour les grands contrats publics, mais les clients privés demandent également fréquemment un

développement de projet soutenu par le BIM. En outre, il existe de nombreuses directives BIM régionales et locales, en particulier dans les grandes agglomérations comme New York.<sup>50</sup> Si les données sont utilisées de manière cohérente sur toutes les phases de développement et de construction d'un projet, elles peuvent servir d'exemples pour d'autres projets.

Nous pouvons constater que dans les pays cités ci-dessus, le BIM fait totalement partie intégrante du secteur de la construction et est un outil reconnu, parfois imposé, par l'État. Ces pays sont beaucoup plus engagés et avancés dans cette démarche que la France. En France, il est trop tôt pour dire que l'optimisation matérielle et énergétique à travers le BIM donne des résultats importants en termes de préservation de ressources. Certes, cet outil permet d'éviter le gaspillage en expérimentant sur la maquette numérique, mais le BIM n'est pas encore assez répandu. Actuellement, il est utilisé au sein des agences d'architecture comme un outil 3D qui permet de modéliser le bâtiment et de générer des images d'ambiances à présenter au client. Il n'y a pas beaucoup d'entreprises ou d'agences qui utilisent le BIM dans un objectif de préserver les ressources. Pourquoi les acteurs ont-ils du mal à investir dans cet outil ?

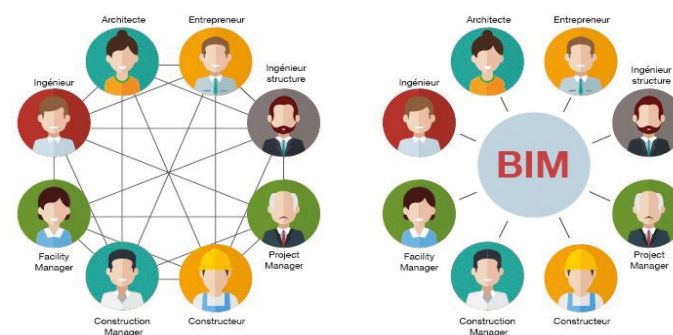


Fig 25 : Échange de projets 2D X échange avec BIM

50 Traduction anglais-français : BORRMANN André, *Analogue und Digital*, Detail, no 6, Munich : Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, Munich, 2015, p.607.

## 2.4 LES LIMITES DU BIM

### REDÉFINITION DES MÉTIERS

Le BIM, comme le réemploi, est une pratique qui provoque l'émergence de nouveaux métiers. Nous avons pu voir précédemment que le BIM offre un travail transversal des différents acteurs contrairement à la méthode conventionnelle qui rend la production d'un projet séquencée, avec une coupure entre la conception et l'exécution. Selon l'architecte François Pellegrin, «Le BIM va révolutionner nos pratiques et le mode d'élaboration des projets»<sup>51</sup>. Il décrit l'acronyme BIM comme «bouleversement interprofessionnel majeur». Le lancement du BIM et son intégration au sein des bureaux ne sont pas évidents. «Tous nos systèmes informatiques et nos logiciels bâtiments n'ont pas encore atteint le niveau interpolaire nécessaire, alors que les outils de secteurs de l'aéronautique, des médias et du tourisme savent le faire.»<sup>52</sup>. La procédure est compliquée, elle nécessite une réorganisation et un investissement. Le BIM «génère au stade actuel une nécessaire baisse de productivité dans les structures qui s'y investissent»<sup>53</sup>. Les nouveaux métiers comme le BIM Manager sont créés. Quand un bureau souhaite faire partie de cette évolution, les employés commencent à s'inquiéter. Tout le monde se sent débordé par son travail et «lorsqu'on évoque une évolution des missions, tout le monde interprète cela comme étant un ajout de travail»<sup>54</sup>. Mais c'est tout un secteur qui est concerné par cette évolution. Chacun cherche sa place dans le processus, «chacun veut comprendre quel sera son rôle et comment vont évoluer ses missions»<sup>55</sup>.

51 POUCH Thibault, «Quelles sont les conséquences des pratiques du BIM à travers la méthodologie et l'exploitation des données par les outils ?», HAL, 31 mai 2018.

52 NAVLET Christian, «Le BIM», ELEGIA Formation, 12 juillet 2022, <https://www.elegia.fr/actualite/le-bim>.

53 N°52. *Ibid.*

54 VALENTE Clément, «Les lourdes conséquences du BIM, BIM & BTP», 22 décembre 2017, <https://bimbtp.com/decouvrir-le-bim/les-lourdes-consequences-du-bim/>.

55 N°54. *Ibid.*

### INVESTISSEMENTS LOGICIELS ET FORMATIONS

Des investissements sont nécessaires pour la mise en place du BIM. Cette pratique coûte chère puisqu'elle nécessite l'achat de nouveaux logiciels. De plus, ce logiciel rempli d'informations pour la création de base de données des bâtiments, a besoin d'ordinateurs puissants pour fonctionner et pour permettre le partage de ces données. Il faut également des salariés formés à cette tâche afin de collaborer et d'utiliser cet outil de manière cohérente. Quelques chiffres pour avoir une idée des coûts :

«La suite Autodesk Building = Abonnement 250 euros par mois

Un PC Intel Core i7 avec une bonne carte graphique = 1600 euros

Une formation de 5 jours de Revit = 4000 euros»<sup>56</sup>

A cause de ces coûts élevés, le BIM est souvent centré sur de grosses opérations réalisées par de grosses agences alors qu'il pourrait apporter à l'ensemble de la filière un gain de productivité important et participer à la transition écologique de la filière à une plus grande échelle. Les coûts des formations, des logiciels et du matériel pourront être rentabilisés si de nombreux projets se servent de cet outil et si le modèle 3D est pleinement utilisé. Cependant, le BIM reste un sujet récent, «le BIM n'est pas une histoire passée, mais une histoire future, dont l'écriture commence tout juste»<sup>57</sup>. Il n'est pas abouti sous tous les angles. Il reste toujours des problèmes techniques à régler. Au-delà de ces questions techniques, il représente quand même une révolution. «Jusqu'à maintenant on travaillait essentiellement en 2D. Un mur n'était que deux traits parallèles sur un plan avec une épaisseur normalisée»<sup>58</sup>.

56 VALENTE Clément, «Les lourdes conséquences du BIM, BIM & BTP», 22 décembre 2017, <https://bimbtp.com/decouvrir-le-bim/les-lourdes-consequences-du-bim/>.

57 N°56. *Ibid.*

58 N°56. *Ibid.*

## LE BIM VEND-IL UN RÊVE ?

Le mode de construction conventionnel est identifié comme un problème pour notre société. Les matières premières diminuent progressivement et deviennent chères. La population mondiale et l'activité économique continueront à augmenter au cours des 50 prochaines années. Un rapport du World Resource Institute prévoit une augmentation de 300 % de l'utilisation des matériaux. Il y a également des problèmes d'efficacité dans la conception, la construction, la communication entre les acteurs et la gestion des ressources. Aujourd'hui, le BIM est vendu comme la solution à tous ces problèmes du secteur de la construction. Cependant, cet outil, tout seul, ne permet pas d'atteindre une qualité architecturale. Au-delà de tout, ce sont les humains, nous, qui décidons et contrôlons les outils. Les outils informatiques nous poussent parfois à être très fonctionnalistes et efficaces. Si un jour, le BIM est imposé, nous risquons d'oublier l'importance de créer avec nos mains. Le travail avec un papier et un crayon où nous prenons du plaisir à dessiner et à nous exprimer est essentiel pour faire naître une intention de projet. Les modèles numériques des villes ont certes des avantages pour la communication et la visualisation des projets mais si nous partons directement d'un modèle 3D pour faire un projet, cela peut faire disparaître le côté sensible de l'architecture passant par le dessin. Au cours de nos études, nous avons des cours d'arts plastiques et des cours d'informatique qui ont chacun leur importance. Dans le monde du travail, il paraît important de garder les deux afin de faire des espaces agréables et performants. Le côté artistique nous aide à créer des ambiances qui provoquent des ressentis variés aux usagers du bâtiment et le côté informatique permet d'amener de la technique et de visualiser ce que nous avons en tête avant de le construire.

Nous nous trouvons dans une situation similaire au réemploi où il faut trouver un bon équilibre entre les matériaux pour faire un projet qui fonctionne. Ici, dans le cas du BIM, il faut trouver un bon équilibre entre cet outil et notre créativité pour ne pas perdre le côté humain de l'architecture et des bâtiments.



Fig 26 :  
BIM Manager.



Fig 27 :  
Superman.

# 3

## LA PRATIQUE ARCHITECTURALE FACE À L'ÉVOLUTION DES MODES DE CONCEPTION

Nous avons vu des moyens de préserver nos ressources dans le temps: le réemploi des matériaux existants aujourd'hui et l'utilisation du BIM pour anticiper l'avenir. Ces deux modes de conception sont différents mais ont un objectif commun : la préservation des ressources. Avec leur propre stratégie de construction, ils génèrent des écritures architecturales très différentes. Afin d'illustrer la relation entre les deux, nous allons étudier deux projets qui portent le même nom mais pas la même manière de faire. Le Pavillon Circulaire réalisé par Encore Heureux et le Pavillon Circulaire («The Circular Building») réalisé par ARUP. Puis, nous nous intéresserons aux points de vue des concepteurs sur la question de la ressource et sur l'évolution de leur pratique architecturale. Leur pratique est-elle concernée par le réemploi et le BIM ? Dans la théorie, nous savons comment ces deux modes de conception fonctionnent, maintenant dans la pratique, comment sont-ils vécus ?



Fig 28 :  
Chantier  
du siège  
du Conseil  
européen à  
Bruxelles.



### 3.1

## RÉEMPLOI ET BIM : VERS UNE ARCHITECTURE ÉVOLUTIVE

### «LE PAVILLON CIRCULAIRE», ENCORE HEUREUX

Encore Heureux est un collectif d'architectes fondé par Julien Chopin et Nicola Delon, écrivains de l'ouvrage *Matière grise* déjà évoqué et cité précédemment. Le pavillon circulaire, installé sur le parvis de l'Hôtel de Ville de Paris à l'occasion de la COP 21, illustre les principes de l'économie circulaire. Cette construction est une expérimentation architecturale autour du réemploi des matériaux de construction. Les matériaux qui constituent le pavillon, viennent de contextes différents pour vivre leur deuxième vie. La façade est constituée de 180 portes en chêne provenant d'immeubles de logements HBM du 19<sup>ème</sup> arrondissement de Paris. L'isolation intérieure est faite avec de la laine de roche provenant des travaux de la toiture d'un supermarché. «Les éléments de la structure bois sont des restes du chantier d'une maison de retraite. Les sols et les murs sont faits de panneaux d'exposition tandis que le caillebotis de la terrasse extérieure proviennent de l'opération Paris-Plage. En guise de mobilier, cinquante chaises en bois ont été collectées dans les déchetteries parisiennes, réparées puis repeintes, et les suspensions lumineuses proviennent des stocks des éclairages publics.»<sup>59</sup>. Cependant, le travail ne faisait que commencer avec la récupération de ces éléments car il fallait les remettre en état. Par exemple, pour les panneaux provenant des expositions, certains étaient plus abîmés que d'autres et ils variaient dans leurs dimensions. Par conséquent, il a fallu passer par la méthode du calepinage. A la fin, chaque matériau avait une place précise dans l'assemblage général. Ce projet peut nous rappeler la démarche de Philippe Samyn qui a composé la façade du siège du Conseil européen avec de vieux châssis de fenêtres en chêne collectés dans chacun des états membres. «Pour ces projets, la vision

59 «Pavillon circulaire», Encore Heureux, 2015, <http://encoreheureux.org/projets/pavillon-circulaire/>.

qu'ont les architectes du réemploi semble assez romantique, comme ces artistes qui dans les quartiers réalisent des fresques en céramique avec la vaisselle cassée des habitants.»<sup>60</sup>

En plus de ces matériaux identifiés sur différents sites, les architectes ont réfléchi aux assemblages des éléments qui constituent le pavillon pour qu'ils puissent être démontés. Cet aspect était important pour eux puisque la démontabilité permet d'atteindre une économie circulaire totale où les matériaux sont capables de trouver un troisième usage ou lieu dans leur cycle de vie. Afin de permettre cette démontabilité, il a fallu penser chaque élément pour être déconstruit et également penser la reconstruction. Par exemple, en ce qui concerne l'étanchéité, le choix a été fait de coller une membrane étanche sur les panneaux. Cette dernière sera ensuite découpée en suivant les dimensions du panneau lors de sa déconstruction. Par conséquent, lors du remontage, il faudra inclure un joint étanche. Concernant le système constructif, les architectes ont choisi de faire la structure en ossature bois classique, facile à démonter. Le démontage et le remontage ont été mis en œuvre, après la COP 21, le pavillon est démonté puis réinstallé dans le XV<sup>ème</sup> arrondissement pour devenir le club house d'une association.

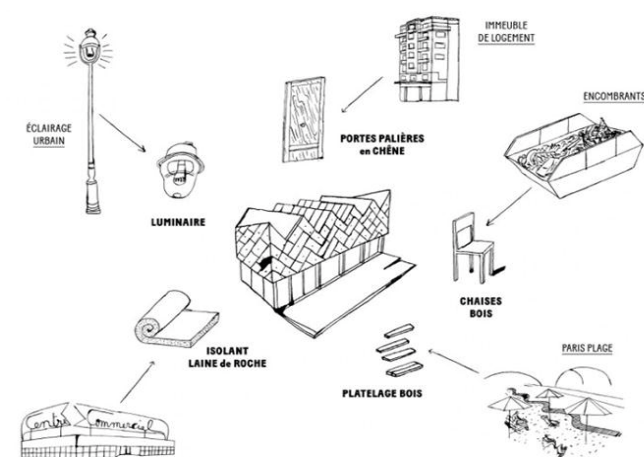


Fig 29 : Illustration des matériaux réemployés pour constituer le projet, Encore Heureux.

60 LERAY Christophe, «Pour ARUP, à Londres, un pavillon qui tourne en rond», *Chroniques d'architecture*, 11 avril 2017, <https://chroniques-architecture.com/pour-arup-a-londres-un-pavillon-qui-tourne-rond/>.

Fig 30 :  
Construction de l'enveloppe,  
Le Pavillon  
Circulaire,  
Encore  
Heureux,  
Paris.



Construction de l'enveloppe et ajustement des éléments sur le site.



Fig 32 :  
Construction de l'intérieur,  
Le Pavillon  
Circulaire,  
Encore  
Heureux,  
Paris.

Construction de l'intérieur avec des panneaux d'exposition.

Fig 31 :  
Construction de la façade,  
Le Pavillon  
Circulaire,  
Encore  
Heureux,  
Paris.



Façade constituée de portes en chêne provenant d'immeubles HBM.



Fig 33 :  
Le Pavillon  
Circulaire,  
Encore  
Heureux,  
Paris.

Le Pavillon Circulaire, Encore Heureux Architectes, Paris, 2015.

## «LE PAVILLON CIRCULAIRE», ARUP

Un autre projet qui porte le même nom est conçu par une multinationale britannique de services professionnels : ARUP. Basée à Londres, ARUP fournit des services de conception, d'ingénierie, d'architecture, de planification et de conseil dans tous les aspects de l'environnement bâti. «L'entreprise emploie environ 16 000 personnes dans plus de 90 bureaux répartis dans 35 pays à travers le monde.»<sup>61</sup> Nous pouvons nous demander pourquoi cette entreprise, connue pour les projets les plus grands, s'occupe de la construction d'un petit pavillon. Dans ce projet, leur but était de réaliser le premier bâtiment circulaire du Royaume-Uni dans le cadre du London Design Festival 2016. «L'objectif était de démontrer la possibilité d'une industrie tendant vers zéro déchet.» La firme est engagée dans ce projet car elle anticipe «le défi d'un changement radical... Tous les composants devaient être mis en œuvre et utilisés à leur potentiel maximum et pour cycle de vie entier. Le tout en créant un environnement confortable et esthétique pour l'utilisateur.»<sup>62</sup>.

Afin d'atteindre ces objectifs, les concepteurs et les ingénieurs ont travaillé ensemble pour affiner l'application des techniques de construction préfabriquées, produisant des détails qui utilisent une ingénierie finement réglée plutôt que des fixations mécaniques. Grâce à cette méthodologie, l'équipe a pu créer un système de mur à panneaux autoportants et démontables avec des connexions de serrage réutilisables. La zone de vie possède un système de mur acoustique, entièrement fabriqué à partir de bouteilles en plastique recyclées.<sup>63</sup> Tout au long du processus de conception, des recherches et des tests approfondis sur les matériaux ont été nécessaires pour garantir l'économie circulaire. Le modèle BIM était essentiel pour documenter et

61 Traduction anglais-français : «The firm employs approximately 16 000 staff in over 90 offices across 35 countries around the world.» «Discover Arup», Arup, <https://www.arup.com/our-firm>.

62 LERAY Christophe, «Pour ARUP, à Londres, un pavillon qui tourne en rond», Chroniques d'architecture, 11 avril 2017, <https://chroniques-architecture.com/pour-arup-a-londres-un-pavillon-qui-tourne-rond/>.

63 Traduction anglais-français : SANTOS Sabrina, «Arup Designs Prototype Building Based on Circular Economy Principles», ArchDaily, 30 mars 2017.

stocker toutes ces informations et pour permettre le suivi des matériaux. «Des panneaux et des éléments possèdent chacun leur propre QR code lisible sur un téléphone portable, les informations sur les matériaux formant le catalogue de l'exposition. Un modèle BIM fut employé pour générer ces QR codes, enregistrant les informations des matériaux dans un dossier virtuel du bâtiment et de tous ses composants.»<sup>64</sup>. Ces QR codes contiennent des informations sur la production, la substance matérielle et la prochaine utilisation de chaque élément. Les concepteurs assurent que ce processus prouve le potentiel du BIM pour suivre les matériaux dans leur utilisation courante et future, un principe fondamental de l'économie circulaire. Nous parlons ici de l'utilisation de la maquette numérique tout au long du cycle de vie du bâtiment. C'est là que réside le grand potentiel de la technologie BIM. La question qui se pose est la durabilité de ces QR codes. Dans le pavillon circulaire, ils sont collés directement sur la face intérieure des matériaux. Comment pourrions-nous être sûrs de sa lisibilité après plusieurs manipulations ?



Fig 34 : Schéma de construction du Pavillon Circulaire d'Arup.

Fig 35 : QR code qui donne accès au passeport du matériau.

64 LERAY Christophe, «Pour ARUP, à Londres, un pavillon qui tourne en rond», Chroniques d'architecture, 11 avril 2017, <https://chroniques-architecture.com/pour-arup-a-londres-un-pavillon-qui-tourne-rond/>.

Fig 36 :  
Construction  
de la structure,  
Le Pavillon  
Circulaire,  
Arup,  
Londres.



Construction de la structure avec des éléments préfabriqués.



Fig 37 :  
Construction  
de l'enveloppe,  
Le Pavillon  
Circulaire,  
Arup,  
Londres.

Construction de l'enveloppe avec des solives/lattages en bois.

Fig 38 :  
Assemblages,  
Le Pavillon  
Circulaire,  
Arup,  
Londres.



Des assemblages apparents démontrant la possibilité d'extension.



Fig 39 :  
Le Pavillon  
Circulaire,  
Arup,  
Londres.

Le Pavillon Circular («The Circular Building»), Arup, Londres, 2016.

## DEUX ARCHITECTURES DIFFÉRENTES POUR LA PRÉSERVATION DES RESSOURCES

Dans la démarche d'Encore Heureux, nous sommes plutôt dans une réponse d'urgence face à la pénurie de nos ressources. Il s'agit de faire avec ce qui existe tout en donnant des valeurs esthétiques au projet. Les portes récupérées du HBM viennent constituer la façade sans nous cacher leur première utilisation. En effet, nous arrivons à identifier chaque porte très clairement quand nous regardons le pavillon. De la même manière que la technique japonaise le Kintsugi, il y a un rapport plus poétique et esthétique à la matière. Cependant, les architectes donnent également beaucoup d'importance au moyen de construction et d'assemblage des matériaux pour que leur cycle de vie ne s'arrête pas avec le projet du pavillon circulaire.

Dans la démarche d'ARUP, nous sommes dans l'industrialisation d'éléments conçus spécialement pour qu'ils puissent être réemployés dans le futur. Tout est réfléchi, de la composition des matériaux à leurs formes et assemblages, pour permettre une économie circulaire. Avec ce pavillon démontable, nous sommes plutôt dans une réponse technique et industrielle face à l'épuisement des ressources. Les résultats de ce type d'engagement viendront plus tard, à la fin de vie du bâtiment.

Nous pouvons également constater que ces deux modes de conception génèrent des architectures très différentes. Le pavillon d'Encore Heureux est un projet où la réglementation n'était pas très stricte. Les architectes l'ont fait passer pour une installation artistique et ont contourné la réglementation, ce qui a permis de créer cette façade très particulière où les éléments réemployés comme les portes sont mises en avant. Cependant, cela fonctionne seulement à petite échelle. L'esthétique créée par ce pavillon ne nous donne pas particulièrement l'image d'un pavillon ou d'un bâtiment classique et ressemble plutôt à une œuvre d'art ou à une exposition. Si c'était le cas d'un projet de bâtiment, les architectes n'auraient probablement pas pu concevoir le pavillon de cette manière-là.

Contrairement à Encore Heureux, le pavillon d'Arup était concerné par toutes les questions réglementaires, ce qui les a dirigés vers la fabrication des éléments conçus pour être réemployés. Nous pouvons voir que ce pavillon ne donne pas une impression artistique mais plutôt l'image d'une maison classique avec un toit à deux pentes. Il est plus facile de l'imaginer à une échelle plus grande en multipliant et agrandissant les éléments préfabriqués. En le regardant, nous ne nous rendons pas compte de l'objectif de ce pavillon, il ne manifeste pas la question des ressources par son esthétique. Contrairement au pavillon d'Encore Heureux évoquant manifestement l'idée du réemploi.

Ces deux projets ont certes des stratégies différentes, mais leur objectif principal reste le même. Les deux modes de conception tendent vers une conception circulaire où chaque matériau devrait trouver sa place aujourd'hui et dans le futur. Ils sont étroitement liés, la démontabilité étant une thématique centrale. Avec la démontabilité nous allons au-delà de la préservation des ressources. Celle-ci permet de créer des ressources au moment où nous en avons besoin. La démontabilité permet également une architecture évolutive, modulable et réversible. Si nous pouvons démonter des éléments nous pouvons également créer des extensions, changer l'organisation intérieure, proposer d'autres usages. Ces deux pavillons circulaires prouvent que nous essayons d'aller de plus en plus vers une architecture capable d'évoluer dans le temps pour laisser la possibilité à nos villes de changer en fonction de ses besoins. Ces deux modes de conception qui s'inscrivent dans des temporalités différentes permettent d'exploiter les ressorts possibles pour économiser les ressources tout en générant des architectures distinctes. Les deux approches sont nécessaires, ce n'est pas question de choisir l'une ou l'autre mais plutôt de trouver un moyen d'intégrer les deux dans nos pratiques.

## 3.2 ENTRE CHOIX ESTHÉTIQUES ET OPPORTUNITÉS

### CONCEVOIR À PARTIR DE LA RESSOURCE

L'écriture architecturale est une question qui se pose dans tous les projets. Elle est en lien avec la posture de l'architecte, ses priorités, son savoir-faire et le budget du projet. Avec la volonté de la préservation des ressources, la question d'opportunités a également une place importante dans cette écriture. Avec toutes les démolitions et les chantiers en cours, il y a toujours des matériaux à récupérer et à intégrer dans les projets, dont l'esthétique est directement impactée.

Par exemple, dans la réhabilitation de la Caserne Mellinet à Nantes, le projet a commencé par la démolition de certains bâtiments existants pour répondre au projet urbain qui avait été décidé en amont. Le programme contient la construction des logements, des équipements et des espaces publics. Avant l'arrivée des architectes, un diagnostic des bâtiments à démolir a été fait par Bellastock afin d'identifier le gisement des matériaux intéressants à conserver pour un réemploi futur et d'accompagner les entreprises pour qu'elles détruisent le mieux possible. L'Atelier Georges, situé à proximité du site, travaille sur les espaces publics du projet. Charles Rives, architecte-urbaniste chez Atelier Georges explique que «les éléments qui étaient conservés on ne savait pas encore comment on allait les utiliser, on savait juste qu'il fallait les garder.»<sup>65</sup>. Deux types de matériaux ont été conservés : des pierres de différentes tailles, quasiment toutes en granite, qui étaient des éléments de construction des bâtiments de la caserne et des pavés qui étaient en dessous des voies et dans les contours des bâtiments démolis. Il y avait un gisement de pavés assez important et les architectes devaient faire des choix pour savoir s'ils allaient les utiliser pour faire des fils d'eau, des rues, des places

de stationnement ou les pieds des bâtiments. Selon Charles Rives, «il fallait qu'on puisse choisir une destination aux pavés et il fallait qu'on arrive à le faire pour toute la caserne. Ce qu'on ne veut pas c'est d'avoir des pavés réemploi puis tout d'un coup des pavés neufs pour faire le même élément architectural.»<sup>66</sup> Cependant, dans un projet de réemploi, les phases où les architectes conçoivent le projet ne correspondent souvent pas aux phases d'identification du gisement. Les architectes ont fait un certain nombre de choix en prenant un pourcentage de marge de 20% pour les pavés non utilisables. Cette hypothèse leur semblait assez fragile. Par conséquent, ils ont demandé au maître d'ouvrage de lancer un marché de nettoyage et de recomptage des pavés. Une entreprise est venue et a nettoyé les pavés à l'ancienne avec des marteaux. Puis, ils ont compté les pavés de manière plus fine et il s'avérait que le nombre de pavés était bien loin des hypothèses prises au départ. Il a fallu repenser la conception. Afin d'éviter de perdre trop de temps, les architectes ont été obligés de récupérer des pavés provenant d'autres chantiers mais également commander des pavés neufs. «Il est facile de faire la différence entre le pavé réemploi et le pavé neuf ressemblant à du réemploi. Les pavés neufs sont des pavés qui sont sciés et très identifiables, tout plat sur le dessus, et les pavés réemploi c'est ce qui a été bombé dessus donnant un aspect un peu vieillot. On n'aurait pas voulu faire ça mais on le fait quand même.»<sup>67</sup>, disent les architectes.

En revanche, il y avait assez de pierres pour le mobilier et les architectes ont rajouté du bois pour assembler les éléments. Cependant, il y a quelques endroits de la caserne, avec des plateaux en béton, où l'installation des mobiliers neufs, notamment des bancs et des corbeilles, est souhaitée. Les parcs vont accueillir le réemploi et les places en béton vont avoir du mobilier neuf. Charles Rives explique la logique : «On a voulu que les espaces publics soient dans le prolongement des espaces publics nantais dans le vocabulaire mais interviennent ponctuellement à certains endroits des plateaux en béton et ils ne sont plus dans le vocabulaire de l'espace public tradition-

65 Entretien avec Charles Rives, Atelier Georges, 28 novembre 2022. (Annexe 2)

66 Entretien avec Charles Rives, Atelier Georges, 28 novembre 2022. (Annexe 2)  
67 N°66. *Ibid.*

nel nantais et donc c'est plutôt sur ces éléments là qu'on a du neuf. Donc on a le nouveau vocabulaire avec mobilier neuf et le vocabulaire d'espace public traditionnel avec le vocabulaire réemploi.»<sup>68</sup>.

Fig 40 :  
Les matériaux  
stockés sur  
le site de la  
caserne Mel-  
linet issus des  
démolitions,  
Atelier  
Georges.



Fig 41 :  
Banc composé  
des pierres  
réemployés,  
bois et acier,  
Atelier  
Georges.



## CONCEVOIR À PARTIR DU DESSIN ARCHITECTURAL

Pour la construction du Pôle Consom'acteurs à Blain, les architectes de Quadra Architectes suivent un autre chemin pour leur projet de réemploi. Tout d'abord, ils ont dessiné un volume simple dont la structure pouvait s'adapter aux ressources trouvées. Cependant, en voulant intégrer les gisements identifiés, ils ont commencé à complexifier énormément la conception du bâtiment qui demandaient plus de fondations. Selon Sébastien Ciron, architecte chez Quadra Architectes et responsable de la maîtrise d'œuvre du Pôle Consom'acteurs, «le plan de structure se complexifie si en cours de route il y a 4 poutres de bois qui viennent d'un chantier de construction. C'est fou, on fait des choses qui ne sont pas du tout économiques en termes de matière»<sup>69</sup>. La situation est devenue de plus en plus tendue avec le maire de Blain car les architectes avaient besoin de revenir en arrière à chaque fois avec les matériaux qui venaient se rajouter. Par conséquent, les architectes ont modifié leur stratégie de conception et ont décidé de proposer un bâtiment simple, qui ne coûtera pas cher, pour lequel il faut trouver des matériaux. Donc afin d'éviter la perte de temps dans la conception, ils ont commencé à sélectionner les matériaux qui correspondent au bâtiment dessiné pour ne pas avoir à réadapter trop souvent.. «Sinon la conception est infaisable. Le fait de réintégrer n'importe quel matériau à n'importe quel moment dans le bâtiment ne marche pas... Toute la structure a été calculée en fonction d'un certain type de structure portique et il ne faut pas faire un pas en arrière pour intégrer trois poutres en métal qui viennent d'un autre chantier...sinon il faut refaire les calculs de descente de charge, il faut repenser aux volumes et ça amène des grosses tensions entre nous et la maîtrise d'ouvrage»<sup>70</sup>, explique Sébastien Ciron.

Le temps qui est passé à valoriser ce qui est déjà là est donc très long. De plus, ce temps de conception n'est pas évalué à sa juste valeur car la rémunération ne se fait pas en fonction de la durée. Actuellement, elle est basée sur le montant des travaux. Cela crée une

68 Entretien avec Charles Rives, Atelier Georges, 28 novembre 2022. (Annexe 2)

69 Entretien avec Sébastien Ciron, Quadra Architectes, 9 décembre 2022. (Annexe 3)  
70 N°69. Ibid.

baisse de motivation pour les architectes qui aimeraient s'engager mais n'ont pas la force ou la possibilité de faire face à des problèmes financiers. Des évolutions sont nécessaires pour enlever cette limite reliée à l'économie et pour généraliser la pratique du réemploi.

Ces deux exemples montrent que les choix esthétiques et la disponibilité des matériaux sont fortement liés. Dans un projet intégrant le réemploi, le matériau peut être la première source de conception, ou bien il peut être choisi en fonction d'un dessin pré-défini. Actuellement, il n'existe pas de méthodologie que les architectes doivent adopter pour concevoir un projet de réemploi. Par conséquent, la stratégie dépend du contexte du projet. Cependant, ces projets ont toujours un élément commun : la nécessité de combiner différents matériaux et techniques. Dans le cas de la caserne Mellinet, les pavés neufs complètent le déficit de pavés du réemploi, et le bois vient sécuriser les mobiliers en pierres réemployées afin de réaliser des éléments qui correspondent aux besoins de l'espace public. «Le mélange se fait pour des questions d'usage, d'accessibilité et de confort.»<sup>71</sup>, disent les architectes de l'Atelier Georges. Également, pour Quadra Architectes, l'hybridation des techniques permet de trouver un équilibre qui fonctionne, «ça marche si on combine un peu tout, par exemple, on fait un mix énergétique de construction avec des éléments recyclés comme les isolants métisses, des éléments réemployés comme les portes, les cloisonnements, les menuiseries, les sols souples, les moquettes et des éléments neufs pour la structure»<sup>72</sup>. Cependant, le public et le maître d'ouvrage craignent souvent cette combinaison par peur d'un aspect « bricolage »

71 Entretien avec Charles Rives, Atelier Georges, 28 novembre 2022. (Annexe 2)

72 Entretien avec Sébastien Ciron, Quadra Architectes, 9 décembre 2022. (Annexe 3)

## «L'ARCHITECTURE DU BRICOLAGE»

Le réemploi est souvent associé par le public à l'image de pauvreté, ce qui rend sa généralisation compliquée. Pour le Pôle Consom'acteurs, le budget est réduit pour la réalisation du projet mais le maître d'ouvrage est très ambitieux et souhaite un projet 100% réemploi. Sébastien Ciron explique pourquoi ce n'est pas réaliste pendant notre entretien, «il faut investir beaucoup d'argent et de temps. On sait qu'on sera perdant niveau argent parce que le projet est expérimental et l'expérimentation coûte cher. On aura appris des choses avec ce projet, c'est sûr, mais le résultat...on ne sera pas content à la fin je pense. On n'aura pas la satisfaction et la fidélité de ce qu'on a réalisé. J'ai un peu peur de l'esthétique que va avoir le bâtiment.»<sup>73</sup> Avec l'approche du réemploi, il y a une non-maitrise de l'écriture architecturale du projet. Cette pratique induit un côté incertain du fait des matériaux récupérés et des mises en œuvre non ordinaires qu'ils génèrent, et ce contrairement aux constructions avec des matériaux neufs.

SAGA architectes traverse les mêmes problématiques. Cette agence d'architecture a été souvent rapprochée de l'architecture du bricolage. «Dans un projet du réemploi, on apporte des matériaux qui ne sont pas faits pour la construction. C'est des esthétiques qui font peur, qui peuvent paraître pauvres. C'est des images qui sont à combattre, il faut expliquer la démarche.»<sup>74</sup>, dit Sylvain Guitard, architecte chez SAGA architectes, pendant la présentation du projet Plan B lors des rencontres AUU (Ambiances Architectures Urbanités) à l'ENSA Nantes. Le Plan B est un projet qui va réunir plusieurs associations qui travaillent autour des questions écologiques et sociales comme le réemploi, la revente de seconde main et la redistribution des déchets alimentaires. Selon Sylvain Guitard, pour la construction du Plan B, l'objectif est de quitter «l'esthétique du bricolage pour faire des bâtiments à l'image des personnes qui vont utiliser les espaces.»<sup>75</sup>

73 Entretien avec Sébastien Ciron, Quadra Architectes, 9 décembre 2022. (Annexe 3)

74 Présentation du projet Plan B par Sylvain Guitard et Aniss Tlemsamani, Rencontres AUU (Ambiances Architectures Urbanités), 24 novembre 2022, ENSA Nantes.

75 N°74. Ibid.





## 3.3

### DES LEVIERS NÉCESSAIRES POUR GÉNÉRALISER LES NOUVELLES PRATIQUES

#### COMMENT STOCKER ?

En plus du manque de méthodologie, la question du stockage est l'une des plus grandes problématiques des projets du réemploi. Cela fait huit ans que l'Atelier Georges stocke les matériaux du réemploi à l'extérieur, sur le site de la caserne Mellinet. Une partie des éléments qu'ils ont voulu garder n'ont pas pu supporter ce stockage. Par exemple, les pannes, récupérées suite à la démolition des bâtiments, qui auraient normalement dû être stockées dans un intérieur chauffé, ont commencé à pourrir et n'étaient plus réemployables. «Donc si aujourd'hui on recommençait on se poserait beaucoup plus la question de la manière dont on a stocké les choses. Mais à l'époque ce n'était pas totalement dans les mœurs, on n'y avait pas réfléchi.»<sup>76</sup>, explique Charles Rives. Nous sommes dans une période qui est basée sur la culture du flux. Le client commande un matériau, il arrive, il est posé sur le chantier, le stockage est évité. Le stockage prend de la place et le foncier coûte cher. Par conséquent, il est difficile de le rentabiliser pour le maître d'ouvrage.

Aujourd'hui, quand un projet commence, la première chose à demander à l'aménageur devrait être l'identification d'un lieu qui ne va pas bouger pendant des années pour stocker. S'il n'y a pas de lieu de stockage, faut-il en construire un ? Le premier élément architectural à réaliser dans un projet, pourrait-il être une halle de stockage démontable ? Ce sont des choses qui ne sont pas dans les marchés actuels d'aménagement. Le problème est de pouvoir s'y investir. S'il était réellement possible de stocker sur le site à l'abri, il serait possible de conserver beaucoup plus d'éléments suite aux démolitions, même si cela induit un coût considérable. En effet, le stockage est sur-

tout lié à des questions financières. L'argent permet d'immobiliser les matériaux récupérés pendant la durée du chantier mais également de conception car les dessins peuvent beaucoup évoluer en fonction des matériaux disponibles. Par conséquent, le temps de chantier s'allonge et peut difficilement être anticipé, car il s'agit encore d'expérimentations. Actuellement, la réalisation des projets du réemploi coûte plus cher que des constructions neuves, mais le coût environnemental n'a pas de prix.

#### COMMENT PAYER ?

Actuellement, il est plus simple de construire avec des matériaux neufs, non seulement à cause du stockage, mais également à cause des étapes qui se rajoutent pour la requalification des matériaux du réemploi. Il ne paraît pas possible d'arriver à un coût moins cher en faisant du réemploi selon les propos recueillis lors des entretiens avec Charles Rives et Sébastien Ciron. Il peut nous sembler qu'un élément qui est déjà sur le site devra nécessairement coûter moins cher qu'un élément neuf issu des matières premières rares et transporté depuis un autre pays. Ce dernier consomme des ressources mais également dégage du gaz à effet de serre par sa transformation et son transport. Cependant, avec les étapes du nettoyage, du stockage, de la remise en état, du déplacement sur le site, le matériau existant peut coûter beaucoup plus cher qu'un matériau neuf commandé et prêt à l'emploi.

De plus, l'architecte doit consacrer beaucoup plus de temps en conception quand le projet intègre du réemploi, celui-ci devant faire avec le gisement, la quantification et le suivi des matériaux. Cependant, les maîtres d'ouvrages ne prennent pas en compte cet investissement et la complexité du travail dans la rémunération. Le calcul d'honoraire est toujours basé sur le montant des travaux, alors que le temps de conception est beaucoup plus long.

Selon Charles Rives, «si on arrive dans un monde où le pavé réemploi coûte moins cher que le pavé neuf, ce qui serait idéal sur le plan gaz à effet de serre, on se retrouverait dans la chose inverse : on passerait plus du temps parce que c'est du réemploi mais on sera payé moins car le montant de travaux sera moins.»<sup>77</sup> Nous devons vraiment nous questionner sur la manière de rémunérer les architectes aujourd'hui. Plus nous baisserons les coûts pour réemployer sur place, plus nous pourrions généraliser la pratique mais plus nous baisserons également le coût de la conception.

Le BIM demande également beaucoup plus d'investissements pour l'architecte pour que le modèle 3D soit le plus précis et utile possible. Le temps de conception est beaucoup plus long quand il faut construire un modèle qui va être utilisé par plusieurs acteurs et qui va comprendre l'intégralité du cycle de vie du bâtiment. Selon Sébastien Ciron, «on demande de plus en plus aux architectes, il faut être informaticien, technicien, juriste...Il y a 15 ans on dessinait, on était des concepteurs. Evidemment on avait des notions techniques mais c'était moins poussé que ce qu'on nous demande aujourd'hui.»<sup>78</sup>. Quelles sont les limites des compétences d'un architecte et comment mieux le rémunérer ? Cette question d'argent concerne également les étudiants qui vont finir leurs études et vont avoir recours au réemploi pour participer à la préservation des ressources.

## COMMENT ENSEIGNER ?

Les architectes de l'Atelier Georges avec quelques enseignants des écoles d'architecture, se sont penchés sur le programme des Licences pour regarder si certains cours et projets intégraient les questions de construire avec l'existant. Malheureusement, il n'y en avait aucun. Selon un enseignant de l'ENSA, «on arrive en Licence 3, on nous a appris à faire des médiathèques, des logements avec un terrain, parfois il n'y a même pas de site, c'est juste une forme de par-

77 Entretien avec Charles Rives, Atelier Georges, 28 novembre 2022. (Annexe 2)

78 Entretien avec Sébastien Ciron, Quadra Architectes, 9 décembre 2022. (Annexe 3)

celle, ce qu'il y avait avant et ce qu'il y a à côté on s'en fout un peu.»<sup>79</sup>. Si nous regardons le programme de l'ENSA Nantes, en Licence la situation est similaire. Il est possible de faire tout son cursus sans avoir réfléchi à ces problématiques. Comment faire évoluer les formations de l'enseignement supérieur pour une meilleure prise en compte des enjeux écologiques ?

Actuellement, en France et à l'étranger, l'enseignement supérieur est questionné sur son rôle et ses responsabilités face à l'urgence écologique. Depuis l'initiative de l'Enseignement supérieur pour le Développement durable (HESI) lancée en marge de la Conférence Rio+20 des Nations unies, le développement durable a été intégré progressivement dans les programmes. «De nombreuses recherches et initiatives ont émergé visant à mieux intégrer dans les différents cursus les principes et les objectifs du développement durable.»<sup>80</sup> Cependant, au sein des écoles, l'intégration d'un cours ou d'une session ne semble pas assez et pourrait créer «de la confusion en diffusant des injonctions paradoxales entre les cours restés inchangés et les nouvelles activités pédagogiques...Il conviendrait donc d'aller au-delà, en engageant les cursus dans une approche transformative»<sup>81</sup>. Cette transition prendra sûrement du temps mais semble nécessaire pour que les étudiants soient engagés personnellement et professionnellement dans les questions écologiques. Les étudiants entrant en école d'architecture aujourd'hui en sortiront dans 5 ans : nous serons presque en 2030. Au vu de la teneur des débats actuels sur les questions énergétiques et climatiques, ils risquent de ne pas être prêts à confronter la situation si cette évolution pédagogique n'est pas considérée.

79 Entretien avec Charles Rives, Atelier Georges, 28 novembre 2022. (Annexe 2)

80 HADENGUE Marine, GUNTZBURGER Yoann, «Face à l'urgence Écologique, Comment Transformer Les Programmes Des Écoles et Universités ?» The Conversation, 10 octobre 2022. <http://theconversation.com/face-a-lurgence-ecologique-comment-transformer-les-programmes-des-ecoles-et-universites-190090>.

81 N°80, *Ibid.*

## 3.4 LA RESPONSABILITÉ DE L'ARCHITECTE

### LA GÉNÉRALISATION DU PROCESSUS

La généralisation du processus du réemploi est importante pour qu'il devienne un élément standard du projet. Il ne devrait plus être vu comme un élément précurseur ou exceptionnel. Pour cela la mise en place de méthodologies est essentielle. D'après Charles Rives, «avec le renforcement des textes réglementaires concernant la construction des bâtiments, le réemploi commence à être industrialisé de plus en plus»<sup>82</sup>. Par exemple, l'article L.228-4 du code de l'environnement impose aux acheteurs publics de veiller au recours à des matériaux de réemploi lors des opérations de construction et de rénovation : «Dans le domaine de la construction ou de la rénovation de bâtiments, elle (la commande publique) prend en compte les exigences de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre et de stockage du carbone et veille au recours à des matériaux de réemploi ou issus des ressources renouvelables.»<sup>83</sup>. Dans quelques années, un pourcentage de réemploi sera sûrement imposé dans la construction des bâtiments. Par conséquent, des entreprises comme BatiRIM et Suez commencent à monter des filières du réemploi afin d'industrialiser le processus. Ils ont créé un logiciel, appelé le RIM (Ressource Information Modeling), qui permet d'identifier le gisement dans un bâtiment à démolir à partir d'une base de données intégrée dans le logiciel. «Calqué sur le BIM, le RIM, établit un diagnostic facilitant le réemploi, le recyclage et la transformation des ressources»<sup>84</sup>. Cet outil permet de modéliser les ressources dans l'existant, facilitant ensuite le réemploi. Cependant, la base de données du RIM est limitée et les matériaux qui sortent un peu du cadre ne sont pas identifiés par le logiciel et donc ne sont pas considérés comme réutilisables.

82 Entretien avec Charles Rives, Atelier Georges, 28 novembre 2022. (Annexe 2)

83 «Code de l'environnement», Legifrance, 25 août 2021, [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000043975115](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043975115).

84 R.D., «Où en est le RIM, le BIM de la déconstruction ?», Batiactu, 29 mai 2019, <https://www.batiactu.com/edito/ou-est-rim-bim-deconstruction-56562.php>.

D'après Charles Rives, «une partie de ce qu'il y a dans ce logiciel c'est des mètres carrés de parquet, des portes, des menuiseries. C'est beaucoup moins souvent le petit encadrement de fenêtre granite. Il y a des choses qui sortent des radars»<sup>85</sup>. Il faudrait mettre à jour au fur et à mesure la base de données afin de permettre l'identification des ressources le plus précisément possible.

Cette industrialisation est nécessaire si nous voulons généraliser le réemploi et le faire à une plus grande échelle, mais cela induit le risque de passer à côté des cas particuliers. Comment allons-nous réussir à être à la fois sur le modèle de l'artisanat où il faut s'adapter à chaque fois et faire au cas par cas, et à la fois massifier la pratique ? La synthèse peut être faite par les architectes. Pendant l'identification du gisement, l'architecte n'est même pas présent. Puis, les matériaux lui sont imposés pour qu'il trouve ce qu'il peut en faire. Il faudrait questionner la responsabilité de l'architecte dans ce processus. Il pourrait s'associer avec un bureau d'étude ou un assistant à la maîtrise d'ouvrage, aller sur le site, participer à l'identification du gisement, réfléchir sur le dessin de la conception en même temps que le gisement pourrait constituer. Sans ce travail, les outils comme le RIM risquent de passer à côté d'un certain nombre d'éléments importants qui pourraient être valorisés. Le processus devient alors très répétitif au lieu du côté très artisanal et spécifique à chaque contexte du réemploi. L'architecte pourrait être engagé dans la démarche dès le début afin de valoriser, repérer les éléments qui ont du potentiel et de commencer la conception le plus tôt possible pour réduire le temps de stockage.

### NE PAS DÉMOLIR, CONSERVER

Le réemploi n'est peut-être pas suffisant face à l'échelle des problèmes qui sont devant nous. Quand nous réfléchissons à un projet du réemploi cela induit forcément la démolition. Dans la pratique intégrant le BIM, nous nous trouvons dans une situation similaire où le bâtiment est conçu pour être démonté. Pourquoi dans 50 ans, nous

85 Entretien avec Charles Rives, Atelier Georges, 28 novembre 2022. (Annexe 2)

serions obligés de démonter le bâtiment ? Serait-il vraiment possible d'assurer la traçabilité de tous les matériaux dans le temps ? En 50 ans, le bâtiment pourrait changer trois fois de propriétaire et subir des modifications. Qui assure la mise à jour des fichiers numériques de tous les composants des bâtiments ?

Il faudrait se questionner sur la démolition : avons-nous réellement besoin de démolir ? Comment pouvons-nous transformer ce qui existe ? A l'arrivée sur un site, au lieu de penser directement à la destruction de l'existant, il est essentiel de conserver le maximum. Dans le cas de la caserne Mellinet, les architectes étaient liés contractuellement à livrer des milliers de logements. En gardant les bâtiments, ils n'étaient pas sûrs d'atteindre cet objectif. Mais selon les architectes de l'Atelier Georges, ils auraient pu penser à faire des surélévations. Il faut repenser nos pratiques. Au lieu de se dire que détruire l'existant et faire un bâtiment est plus simple, il faudrait essayer de conserver le maximum possible. Face à l'échelle des problèmes qui sont devant nous, le secteur de la construction doit changer sa méthode de travail et sa manière de penser.

Quand un bâtiment est démoli, la ressource qui était utilisée pour extraire et mettre en œuvre le bâtiment existant est gaspillée. De plus, beaucoup d'énergie est consommée pour la destruction. Puis, encore plus d'énergie va être dépensée pour construire un nouveau bâtiment. Si un bâtiment est gardé et modifié avec une nouvelle organisation intérieure, une rénovation ou une surélévation, le bilan carbone et énergétique est imbattable. Avec l'augmentation des coûts de construction dû à la pénurie des matières premières, dans quelques années, la démolition des bâtiments sera sûrement interdite ou possible sous certaines conditions. Cependant, les pratiques comme la rénovation ou la réhabilitation ont une manière très différente d'aborder le projet en comparaison à la construction neuve. Selon Sébastien Ciron, qui fait de plus en plus des projets de rénovation à l'agence Quadra, «le métier d'architecte, tel que nous l'avons appris et que vous l'apprenez, est un métier de création où nous partons souvent

de la page blanche»<sup>86</sup>. Cela interroge encore une fois la manière dont les étudiants sont enseignés dans les écoles d'architecture.

## **LA RÉVERSIBILITÉ POUR ASSURER AU BÂTIMENT UNE PÉRENNITÉ DANS LE FUTUR**

Aujourd'hui, le secteur du bâtiment continue à construire beaucoup de bâtiments neufs, et il en réalisera toujours car tout bâtiment ne peut pas être rénové ou sauvé. Afin d'éviter les démolitions futures des constructions neuves, les architectes commencent à concevoir des espaces qui peuvent, à l'avenir, être utilisés pour d'autres usages. La réversibilité est un concept architectural qui a pour objectif de répondre à la pénurie de logements et aux défis environnementaux du secteur du bâtiment. Au lieu de démolir et de reconstruire, les architectes proposent, par la configuration adaptable de leurs bâtiments, une flexibilité des usages. Par exemple, pour les Jeux Olympiques en 2024 à Paris, les logements qui vont accueillir les athlètes devront adopter une autre fonction quand ils partiront au bout d'un mois. Pour cela, les architectes engagés dans ce projet sont en train de concevoir des logements, similaires à des chambres étudiantes, qui vont plus tard devenir des logements sociaux. Cette transformation est donc intégrée dans la conception pour que les studios deviennent des T3 et des T4 afin d'accueillir des couples et des familles dans le bâtiment conçu pour les athlètes. Un programme similaire a été réalisé à Munich, où le village olympique est devenu une résidence étudiante après la fin des JO en 1972. Ce village olympique est aujourd'hui l'un des quartiers résidentiels les plus populaires de la ville.

Dans le cas des Jeux Olympiques, la question de la réversibilité est directement intégrée dans le programme. Aujourd'hui, quand nous construisons des bureaux ou des parkings, les architectes pourront instinctivement penser la réversibilité. Il y a déjà beaucoup de bureaux dans nos villes et la construction des bureaux est un produit financier

qui est très vite rentabilisé par des investisseurs. Pour les parkings, si nous venons à réduire le nombre de voitures, nous aurons besoin de moins de stationnements donc la même question se pose.

Cependant, la mise en place de la réversibilité est loin d'être simple. Elle pose des questions réglementaires. Les obligations du maître d'ouvrage pour la conception des lieux de travail sont différentes des lieux d'habitation. Par conséquent, il n'est pas facile de changer la destination d'un bâtiment. Cela pose également des problèmes par rapport à la réglementation incendie, ainsi que des problématiques juridiques et financières lorsque les espaces se transforment et accueillent de nouveaux usages. La réversibilité n'est donc pas qu'une question de construction, elle ne dépend pas seulement du choix des systèmes constructifs ou de matériaux. Des évolutions réglementaires seront nécessaires pour permettre la transformation des usages au sein d'un même bâtiment. «Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme»<sup>87</sup>, a écrit Antoine Laurent de Lavoisier dans son Traité élémentaire de chimie. Comme les matériaux, la ville se transforme et s'adapte aux besoins de la société, l'essentiel est de permettre cette transformation de manière responsable écologiquement et socialement.

Fig 44 :  
Projet  
du village  
olympique à  
Paris pour les  
JO 2024.



87 LAVOISIER Antoine Laurent, Traité élémentaire de chimie, Paris, 1789, 322 pages.



Fig 45 :  
Le village  
olympique,  
aujourd'hui  
résidence  
étudiante  
(Olydorf), à  
Munich.

## LISIBILITÉ ARCHITECTURALE

«La lisibilité est la qualité qui rend un espace compréhensible. Elle se fait à deux niveaux : la lisibilité de la forme et la lisibilité de l'utilisation. Ces deux niveaux peuvent être appréciés séparément : apprécier le lieu de point de vue esthétique ou de par ses activités la manière de son utilisation. Mais ces deux niveaux doivent se compléter.»<sup>88</sup> Au cours du temps, nos modes de vie évoluent, les espaces s'adaptent à nos besoins et l'écriture architecturale se transforme. Le point de vue esthétique est assez subjectif, il peut être différent pour chacun d'entre nous. Il est également une question d'habitude, de ce que nos yeux sont habitués à voir. Chaque époque a sa propre expression culturelle et temporelle avec les progrès techniques et les tendances. Les humains continuent à progresser, et sont toujours à la recherche d'amélioration.

Par exemple, nous avons pu voir que la révolution industrielle a transformé notre manière de construire avec l'essor du béton et de l'acier et par conséquent la lisibilité architecturale. Aujourd'hui, ces matériaux sont «en concurrence avec des technologies de construction plus durables, telles que les structures en acier ou les briques et mortiers traditionnels». Les architectes les remplacent par «des solutions respectueuses de l'environnement et à faible teneur en carbone, comme les briques de terre crue et le pisé, des pratiques historiques qui pourraient être aussi plus durables.»<sup>89</sup> Cela peut paraître comme un pas en arrière mais ce n'est pas le cas. Parfois le progrès nécessite d'utiliser ce qui est déjà là et ce que nous savons déjà faire. L'essentiel est de trouver la cohésion entre les différentes techniques pour que nos villes restent lisibles.

Dans son livre, «What time is this place», Kevin Lynch explore «la présence du temps et de l'histoire dans l'environnement

88 «Définition de la lisibilité», Hiba Architecte, Slideshare. <https://fr.slideshare.net/bibaarchitecte/dfinition-de-la-lisibilit>.

89 «Pourquoi les constructions en béton ne sont pas aussi durables que l'on pensait», Slate, 27 août 2018, <https://www.slate.fr/story/166382/constructions-beton-pas-si-durables-architecture>.

urbain.»<sup>90</sup>. Selon Lynch, la forme urbaine doit être «identifiable par ses caractéristiques qui la rendent unique et ce sont précisément ces caractéristiques qui permettront aux individus et aux groupes sociaux de se l'approprier pour lui donner une signification émotive et affective.»<sup>91</sup> Différentes esthétiques et techniques ont toujours coexisté dans nos villes et ils continueront à évoluer et se compléter au sein de nos lieux de vie. La ville peut être perçue comme «une structure fortement continue, comme un enchaînement cohérent d'objets distinctifs qui entretiennent des relations claires avec d'autres objets.»<sup>92</sup>

Cette lisibilité est essentielle pour la compréhension des espaces que nous habitons. Plus la relation entre les différentes architectures est claire, plus les architectes successeurs sauront comment réagir dans l'avenir. Faut-il réemployer ? Réhabiliter ? Changer d'usage, de destination ? Ou dernier recours, démolir ? Quelle écriture architecturale nous attend dans l'avenir ?



Fig 46 :  
Couverture  
du livre *What  
time is this  
place ?* Kevin  
Lynch, 1976.

90 «L'analyse de la perception de la place», unt.univ-cotedazur; <https://unt.univ-cotedazur.fr/uoh/espaces-publics-places/approfondissement-theorique-la-perception-du-paysage-urbain-selon-kevin-lynch/>

91 N°84. Ibid.

92 N°84. Ibid.

# CONCLUSION

Albert Einstein disait : «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.»<sup>93</sup>

L'industrialisation marque la naissance de la production et de la consommation de masse. Avec la création de nouvelles méthodes de construction et de nouveaux matériaux industriels, nous nous trouvons face à une accélération des processus pour la reconstruction d'après-guerre. Ces nouveaux matériaux industriels, composés de mélange chimique de plusieurs matériaux, deviennent très spécialisés et non réemployables. Nous gagnons en productivité mais nous mettons nos ressources en danger. A cause de cette accélération du processus, l'industrie des bâtiments devient l'un des plus gros consommateurs d'énergie et de ressources. Cette consommation excessive des ressources affecte directement notre vie quotidienne, notamment par l'augmentation des prix. Une évolution de nos pratiques semble nécessaire afin de valoriser ce qui existe déjà sur nos territoires et de continuer à faire de l'architecture en réduisant notre impact écologique.

Nous avons vu, dans ce mémoire, deux temporalités concernant l'évolution des modes de conception en architecture. Tout d'abord, comment faire aujourd'hui pour préserver nos ressources par la mise en place du réemploi. Puis, comment anticiper l'avenir avec l'intégration du BIM dans la pratique architecturale.

93 MCDONOUGH William, BRAUNGART Michael, *Cradle to cradle : Créer et recycler à l'infini*, Paris, Editions Alternatives, février 2011, p.209.

Le réemploi est une réponse d'urgence et de nécessité pour agir directement dans les projets en cours. Il permet de valoriser l'existant et d'éviter le recours aux matériaux neufs pour une partie des éléments du projet. Cette pratique nécessite beaucoup de créativité et pousse à concevoir par opportunisme et par souplesse mentale. Le réemploi appartient actuellement au domaine expérimental, ce qui pousse les architectes à créer leur propre méthodologie de conception. Par conséquent, la conception n'est figée qu'au moment de la construction réelle des éléments. De plus, elle demande beaucoup d'investissement afin de trouver les caractéristiques des matériaux, les compter, les mesurer, les requalifier et les transporter. Il est actuellement difficile d'accéder à des informations précises sur les matériaux constituant les bâtiments existants à cause d'un manque de documentation.

L'intégration du BIM pourra permettre la généralisation et l'accélération de ce processus dans l'avenir. Les matériaux sur ce logiciel ont une documentation complète et sont parfois conçus spécifiquement pour être déconstruits et réemployés. Cela induit une attention aux assemblages et au choix des matériaux afin de créer des éléments démontables, qui pourront à l'avenir trouver une deuxième vie dans un autre projet. Le BIM permet donc de créer une cartographie que nous n'avons pas aujourd'hui. Pour les bâtiments conçus avec cet outil, nous aurons dans 20 à 50 ans la cartographie nécessaire quand il sera temps de les déconstruire et de récupérer des matériaux. La conception avec le BIM permet donc de prendre en compte l'ensemble du cycle de vie du bâtiment et d'envisager la question des ressources sur le long terme.

Ces deux modes de conception reliés par la préservation des ressources ont certes des stratégies distinctes mais génèrent également des architectures très différentes. L'architecture créée par le BIM a un aspect plus fonctionnel et sobre, elle génère une écriture rigoureuse que nous avons l'habitude de voir dans nos villes. Le réemploi est plus aléatoire et sensible, il peut donner l'image d'une œuvre d'art, d'un collage, ou encore d'un témoignage. Ces deux architectures ont



également des échelles différentes. Le BIM utilise des matériaux neufs, ce qui permet de faire des gros projets avec plusieurs niveaux alors que le réemploi a un côté plus expérimental et fragile, ce qui produit des architectures plus légères et plus petites en dimensions. Ce dernier est souvent un choix du maître d'ouvrage ou du maître d'œuvre prêt à expérimenter. Avec l'épuisement des ressources, le réemploi serait-il réellement un choix ou plutôt une contrainte dans les années à venir ?

Des leviers sont encore à lever pour pouvoir généraliser ces pratiques. Actuellement, le lien entre l'industrie et le digital est très fort dans tous les secteurs. Le BIM devient un outil incontournable afin d'être plus économe et précis dans la construction des bâtiments. Ce qui freine son intégration est l'investissement financier et temporel : formation des architectes, achat des logiciels et du matériel, adaptation aux outils... Concernant le réemploi, la plupart des obstacles sont liés à des questions réglementaires mais aussi financières. Les objectifs climatiques des Etats évoluent en faveur de la valorisation des matériaux existants mais les réglementations strictes du secteur de la construction ne semblent pas adaptées pour atteindre ces objectifs. Les produits industriels restent le premier choix des acteurs de la construction afin d'éviter les problèmes normatifs et assurantiels. De plus, selon les propos recueillis lors des entretiens, le réemploi coûte plus cher et demande beaucoup de travail supplémentaire non récompensé. Cependant, les architectes interrogés sont conscients des problèmes qui sont face à nous et trouvent que la valeur du coût écologique devrait dépasser celle du coût financier de l'architecture.

Serait-il possible d'imposer un pourcentage de réemploi dans les années à venir ? Comment rendre la réglementation plus flexible pour les projets engagés dans la préservation des ressources ? Comment préparer les étudiants qui, après leurs études, vont se retrouver face à un monde où les matériaux neufs ne seront peut-être plus abordables dû à l'épuisement des matières premières ?

# MÉDIAGRAPHIE

## Ouvrages

BEDDIAR Karim, LEMALE Jean, *Bâtiment intelligent et efficacité énergétique : optimisation, nouvelles technologies et BIM*, Paris, Dunod, 2016, 256 pages.

BOUCHAIN Patrick, *Construire autrement*, Paris, Actes Sud, collection L'impensé, 2006, 192 pages.

CHOPPIN Julien, DELON Nicola, *Encore Heureux, Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014, 366 pages.

HUYGEN Jean-Marc, *La poubelle et l'architecte : vers le réemploi des matériaux*, Actes Sud L'impensé, 2008, 184 pages.

LAVOISIER Antoine Laurent, *Traité élémentaire de chimie*, Paris, 1789, 322 pages.

MCDONOUGH, William, BRAUNGART Michael, *Cradle to cradle : Créer et recycler à l'infini*, Paris, Editions Alternatives, février 2011, 193 pages.

RIFKIN Jeremy, *La troisième révolution industrielle. Comment le pouvoir latéral va transformer l'énergie, l'économie et le monde*, Paris, Les Liens qui Libèrent, 2012, 414 pages.

ROSA Hartmut, *Accélération. Une critique sociale du temps*, Paris, Éditions La Découverte, 2010, 480 pages.

## Articles

DECOT Valérie, « L'assistant à maîtrise d'ouvrage réemploi, le garant d'une opération d'économie circulaire réussie ! » 10 octobre 2022. [www.lemoniteur.fr](http://www.lemoniteur.fr), <https://www.lemoniteur.fr/article/l-assistant-a-maitrise-d-ouvrage-reemploi-le-garant-d-une-operation-d-economie-circulaire-reussie.2228392>.

GARNIER Claire, «Au Havre, un outil de navigation 3D pour faciliter les échanges avec habitants et entreprises», *L'Usine Digitale*, 14 avril 2016, <https://www.usine-digitale.fr/article/au-havre-un-outil-de-navigation-3d-pour-faciliter-les-echanges-avec-habitants-et-entreprises.N387203>.

HADENGUE Marine, GUNTZBURGER Yoann, «Face à l'urgence Écologique, Comment Transformer Les Programmes Des Écoles et Universités ?» *The Conversation*, 10 octobre 2022. <http://theconversation.com/face-a-lurgence-ecologique-comment-transformer-les-programmes-des-ecoles-et-universites-190090>.

LERAY Christophe, «Pour ARUP, à Londres, un pavillon qui tourne en rond», *Chroniques d'architecture*, 11 avril 2017, <https://chroniques-architecture.com/pour-arup-a-londres-un-pavillon-qui-tourne-rond/>.

M. Manon, «Comment analyser le cycle de vie d'un matériau réemployé dans le bâtiment ?», *Articonnex : le magazine du réemploi pour les artisans du bâtiment*, 26 août 2021, <https://magazine.articonnex.com/3249-comment-analyser-le-cycle-de-vie-dun-matériau-reemployé-dans-le-batiment.html>.

NAVLET Christian, «Le BIM», *ELEGIA Formation*, 12 juillet 2022, <https://www.elegia.fr/actualite/le-bim>.

POUCH Thibault, «Quelles sont les conséquences des pratiques du BIM à travers la méthodologie et l'exploitation des données par les outils ?», *HAL open science*, 31 mai 2018, <https://dumas.ccsd.snr.fr/dumas-01804184/document>.

RAHM Peter, «The Groundbreaking Tunnel». Allplan A Nemetschek Company, 2017, [https://www.allplan.com/fileadmin/user\\_upload/countries/international/pdfs/references/CaseStudy\\_Gotthard\\_Basistunnel\\_EN\\_GmbH.pdf](https://www.allplan.com/fileadmin/user_upload/countries/international/pdfs/references/CaseStudy_Gotthard_Basistunnel_EN_GmbH.pdf).

R.D., «Où en est le RIM, le BIM de la déconstruction ?», *Batiactu*, 29 mai 2019, <https://www.batiactu.com/edito/ou-est-rim-bim-deconstruction-56562.php>.

SANTOS Sabrina, «Arup Designs Prototype Building Based on Circular Economy Principles», *ArchDaily*, 30 mars 2017, <https://www.archdaily.com/868121/arup-designs-prototype-building-based-on-circular-economy-principles>.

S. Mélanie, «L'automatisation en industrie : quand le digital se mêle du management», *Wayden*, 30 mars 2022, <https://www.wayden.fr/lautomatisation-en-industrie-quand-le-digital-se-mele-du-management/>.

VALENTE Clément, «Les lourdes conséquences du BIM, BIM & BTP», 22 décembre 2017, <https://bimbtp.com/decouvrir-le-bim/les-lourdes-consequences-du-bim/>.

## Documents en ligne

«A propos», *Encore Heureux*, <http://encoreheureux.org/about/>.

«Briques», *Opalis*. <https://opalis.eu/fr/materiaux/briques>.

«Code de l'environnement», *Legifrance*, 31 juillet 2020, [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000042176087/](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000042176087/).

«Code de l'environnement», *Legifrance*, 25 août 2021, [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000043975115](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043975115).

«Définition de la lisibilité», *Hiba Architecte*, *Slideshare*. <https://fr.slideshare.net/bibaarchitecte/dfinition-de-la-lisibilit>.

«Démontabilité», *BAZED*, <https://www.bazed.fr/theme/demontabilite>.

«Discover Arup», *Arup*, <https://www.arup.com/our-firm>.

«La Révolution industrielle», *Univers social... Univers de tous !*, <http://philippevallee.weebly.com/reactevolution-industrielle.html>.

«L'analyse de la perception de la place», *unt.univ-cotedazur*, <https://unt.univ-cotedazur.fr/uoh/espaces-publics-places/approfondissement-theorique-la-perception-du-paysage-urbain-selon-kevin-lynch/>

«Les chiffres de la FIB - Fédération de l'industrie du béton», *FIB*, <https://www.fib.org/industrie-du-beton-chiffres-cles/>.

«Le Kintsugi, un art qui répare», Univers du Japon, 18 août 2020, <https://univers-dujapon.com/blogs/japon/kintsugi>.

«Matériaux de construction : le réemploi, mode d'emploi !» *Materiauxreemploi.com*, 22 mars 2020, <http://materiauxreemploi.com/materiaux-de-construction-le-reemploi-mode-demploi/>.

«Pavillon circulaire», *Encore Heureux*, 2015, <http://encoreheureux.org/projets/pavillon-circulaire/>.

«Philippe Samyn Siège du Conseil européen Bruxelles», *AMC Archi*, 14 mars 2016, <https://www.amc-archi.com/article/philippe-samyn-siege-du-conseil-europeen-bruxelles.52193>.

«Pourquoi les constructions en béton ne sont pas aussi durables que l'on pensait», *Slate*, 27 août 2018, <https://www.slate.fr/story/166382/constructions-be-ton-pas-si-durables-architecture>.

«Réemploi et réutilisation des matériaux issus de la déconstruction : étapes clés». *Ordre des architectes*, 14 janvier 2020, <https://www.architectes.org/reemploi-et-reutilisation-des-materiaux-issus-de-la-deconstruction-etapes-cles>.

«Sustainable Building», *Nemetschek Group Invest or Relations*, juin 2019, <https://www.nemetschek.com/sites/default/files/documents/>.

## Revues

*Detail*, 2015, no 6, Munich : Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH, Munich, 2015, pages 542-657.

## Vidéos

DELETRACTS Denis, *Le Sable, enquête sur une disparition*, Arte, 20 mai 2013, 1h20min.

TBD Media Group, *Nemetschek Group - Sustainable Building Lifecycle*, YouTube, 8 décembre 2020, <https://www.youtube.com/watch?v=jTHBV9xmQrk>.

TBD Media Group, « Nemetschek Group: The Solutions That Are Building a Greener Future », *50 Sustainability & Climate Leaders*, 30 novembre 2020, <https://www.50climateleaders.com/nemetschek-group-the-solutions-that-are-building-a-greener-future/>.

## Images et Illustrations (dans l'ordre)

Fig 1 : Illustration de la fabrication des produits industriels : CHOPPIN Julien, DELON Nicola, *Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, p18.

Fig 2 : Illustration de la notion de réemploi extraite de : *Matière Grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014, page 85

Fig 3 : Couverture du livre : Rosa Hartmut, *Aliénation et Accélération*, Paris, La Découverte, 2014. <https://www.gallimardmontreal.com/catalogue/livre/alienation-et-acceleration-rosa-hartmut-9782707182067>

tion-et-acceleration-rosa-hartmut-9782707182067

Fig 4 : Couverture du documentaire : DELETRACTS Denis, *Le Sable, enquête sur une disparition*, Arte, 20 mai 2013, 1h20min. <https://www.amazon.fr/Sable-en-qu%C3%AAta-sur-une-disparition/dp/B00XUX1FEE>

Fig 5 : *Le Panthéon*, Jacques-Germain Soufflot, Jean-Baptiste Rondelet, 1757-1790, Paris. <http://tiantianfrance.com/fr/avantapres/pantheon.html>

Fig 6 : *Citerne Basilique (Yerebatan Sarnici)*, empereur Justinien, 532, Istanbul. <https://www.toutelaturquie.com/les-citernes-istanbul-constantinople-turquie/>

Fig 7 : *La Passerelle*, Association Coup de Main, Saint-Denis, 2013. <http://asfrance.org/le-passerelle-a-saint-denis-collaboration-et-cohabitation/>

Fig 8 : *Kintsugi* par Myriam Greff, *L'art du Kintsugi*. <https://esprit-kintsugi.com/lart-du-kintsugi-etape-par-etape/>

Fig 9 : Photo de la façade du siège du Conseil européen à Bruxelles par Philippe Samyn. <https://www.amc-archi.com/article/philippe-samyn-siege-du-conseil-europeen-bruxelles.52193>

Fig 10 : Extrait des clauses techniques : *Brique de réemploi*, Opalis, version du 21.02.2013. [https://opalis.eu/sites/default/files/2022-01/brique\\_de\\_reemploi\\_0.pdf](https://opalis.eu/sites/default/files/2022-01/brique_de_reemploi_0.pdf)

Fig 11 : *Les modules de la formation pour le réemploi*, Noria et compagnie. [http://www.noria-cie.com/wp-content/uploads/2022/10/NoriaEtCie\\_CatalogueFormationsCourtes.pdf](http://www.noria-cie.com/wp-content/uploads/2022/10/NoriaEtCie_CatalogueFormationsCourtes.pdf)

Fig 12 : Couverture du livre CHOPPIN Julien, DELON Nicola, *Matière grise : matériaux, réemploi, construction*, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014.

Fig 13 : « Le Lieu Unique ». L'Observatoire CAUE, <https://www.caue-observatoire.fr/ouvrage/le-lieu-unique/>.

Fig 14 : « Compréhension mutuelle », GRAINE Pays de la Loire. <https://graine-pdl.org/formation/deconstruire-nos-representations-construire-ensemble>

Fig 15 : « Teamwork », Design Bundles. <https://designbundles.net/yummy-boom/1382361-puzzle-teamwork-little-people-with-big-puzzle-piec?ref=FA24WG>

Fig 16 : « Utilisation des ressources », *Building with a positive ecological footprint*, TU Delft, 21 juin 2017. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A-ca0269a7-2414-4625-a604-de9779623269>

Fig 17 : « Différences entre objets 2D, 3D et BIM », par Annalisa De Maestri dans *Premiers pas en BIM*, Paris, Collection Blanche BTP, 2017. <https://archigrind.fr/definition-comprendre-le-bim/>

Fig 18 : Image d'ambiance du projet *Friedrich und Karl*, Wiel Arets Architects, Cologne. <https://www.mkp-ing.com/projekt/friedrich-und-karl>

Fig 19 : Exemple d'assemblage poteau - poutre avec des éléments préfabriqués pour monter les étages, Details of Nest We Grow / Kengo Kuma & Associates + College of Environmental Design UC Berkeley. Image © Shinkenchiku Sha, Arc-

hDaily. <https://www.archdaily.com/943366/a-guide-to-design-for-disassembly>

Fig 20 : BIM model, «The Groundbraking Tunnel» (Le tunnel innovant), Allplan Engineering. [https://www.allplan.com/fileadmin/user\\_upload/countries/international/pdfs/references/CaseStudy\\_Gotthard\\_Basistunnel\\_EN\\_GmbH.pdf](https://www.allplan.com/fileadmin/user_upload/countries/international/pdfs/references/CaseStudy_Gotthard_Basistunnel_EN_GmbH.pdf)

Fig 21 : Détail technique sur BIM, «Longest rail tunnel in the world», Allplan Engineering. [https://www.allplan.com/fileadmin/user\\_upload/countries/international/pdfs/references/CaseStudy\\_Gotthard\\_Basistunnel\\_EN\\_GmbH.pdf](https://www.allplan.com/fileadmin/user_upload/countries/international/pdfs/references/CaseStudy_Gotthard_Basistunnel_EN_GmbH.pdf)

Fig 22 : Analyse de la température ambiante sur BIM, «Workshop Building Information Modeling to Facilitate Green Building Practices», BSN. [https://bsn.go.id/main/berita/berita\\_det/4631/-Workshop-Building-Information-Modeling--BIM-to-Facilitate-Green-Building-Practices-](https://bsn.go.id/main/berita/berita_det/4631/-Workshop-Building-Information-Modeling--BIM-to-Facilitate-Green-Building-Practices-)

Fig 23 : Analyse énergétique : Impact de la lumière du jour, rayonnement solaire et ombres, «6D Energy Analysis», UrbanTech. <http://urbantech.in/6d-energy-analysis/>

Fig 24 : Capture d'écran de la ville du Havre sur <https://3d.lehavreseinemetropole.fr/>

Fig 25 : Échange de projets 2D X échange avec BIM, «Construction management grad researcher aims to improve synergy within building information modeling», Purdue University, 2019. <https://polytechnic.purdue.edu/newsroom/construction-management-grad-researcher-aims-improve-synergy-within-building-information>

Fig 26 : BIM Manager, «Quel est le rôle du BIM manager ?», Le Blog BiM Cloisons, 20 décembre 2021. <https://www.bim-cloisons.com/articles/quel-est-le-role-du-bim-manager>

Fig 27 : Superman, «How I Learned To Fly By Watching Superman», Arrowhead Advising, 9 avril 2018. <https://www.arrowheadadvising.com/reframed/2018/4/9/how-i-learned-to-fly-by-watching-superman>

Fig 28 : Chantier du siège du Conseil européen à Bruxelles, Philippe Samyn Siège du Conseil Européen Bruxelles, AMC Archi, 2016. <https://www.amc-archi.com/article/philippe-samyn-siege-du-conseil-europeen-bruxelles.52193>

Fig 29 : Illustration des matériaux réemployés pour constituer le projet, «Livre : « Matière Grise : matériaux/ réemploi/ architecture » 5 mars 2018 Cycleup. <https://site.cycle-up.fr/notre-univers-du-reemploi/inspirations/livre-matiere-grise-materiaux-reemploi-architecture/>

Fig 30 : Construction de l'enveloppe, AMC, 27 octobre 2015. <https://www.amc-archi.com/photos/le-pavillon-circulaire-d-encore-heureux-un-manifeste-pour-une-architecture-plus-responsable,3597/le-pavillon-circulaire-par-le.9>

Fig 31 : Construction de la façade, AMC, 27 octobre 2015. <https://www.amc-archi.com/photos/le-pavillon-circulaire-d-encore-heureux-un-manifeste-pour-une-architecture-plus-responsable,3597/le-pavillon-circulaire-par-le.9>

Fig 32 : Construction de l'intérieur, Encore Heureux, Paris, 2015. <http://encore-heureux.org/projets/pavillon-circulaire/>

Fig 33 : Le Pavillon Circulaire, Encore Heureux Architectes, Paris, 2015. <http://encoreheureux.org/projets/pavillon-circulaire/>

Fig 34 : Schéma de construction du Pavillon Circulaire d'Arup, ArchDaily, 10 juin 2020. <https://www.archdaily.com/943366/a-guide-to-design-for-disassembly>

Fig 35 : QR code qui donne accès au passeport du matériau, Arup. <http://circular-building.arup.com/passport/index.html?id=1>

Fig 36 : Construction de la structure, BAM, 19 septembre 2016. <https://www.bam.co.uk/media-centre/news-details/bam-opens-circular-building-at-london-design-festival>

Fig 37 : Construction de l'enveloppe, Blog Fundación Arquia, 17 novembre 2016. <https://blogfundacion.arquia.es/2016/11/la-arquitectura-en-la-economia-circular-como-disenar-de-manera-circular/>

Fig 38 : Assemblages, India artndesign, 2017. <http://globalhop.indiaartndesign.com/2017/04/from-take-make-waste-to-sustainability.html>

Fig 39 : Le Pavillon Circulaire («The Circular Building»), Arup, Londres, 2016, Architects' Journal. <https://www.architectsjournal.co.uk/news/opinion/circular-thinking-will-arups-prototype-change-the-way-we-design>

Fig 40 : Les matériaux stockés sur le site de la caserne Mellinet issus des démolitions, Atelier Georges. <https://ateliergeorges.fr/>

Fig 41 : Banc composé des pierres réemployés, bois et acier, Atelier Georges. <https://ateliergeorges.fr/>

Fig 42 : Projet du Pôle Consom'acteurs, «Construction d'une ressourcerie sur la commune de Blain», EMENDA, <https://www.emenda.fr/realisations/pole-conso-macteurs/>.

Fig 43 : Aménagement de la caserne Mellinet, Nantes Métropole Aménagement, 5 mai 2022. <https://www.nantes-amenagement.fr/2022/05/05/lamenagement-du-quartier-se-poursuit-a-la-caserne-mellinet/>

Fig 44 : Projet du village olympique à Paris pour les JO 2024, Paris 2024/Solideo-Il-lumens- Dominique Perrault/Ingérop/Une Fabrique de la Ville/VITEC/Agence TER/UrbanEco/Jean-Paul Lamoureux, Paris 2024. <https://www.paris2024.org/fr/site/village-olympique-paralympique-images/>

Fig 45 : Le village olympique, aujourd'hui résidence étudiante (Olydorf), à Munich, conni's travel blog. <https://constanzemekk.wordpress.com/2019/05/28/the-comic-book-student-houses-of-olympiadorf-munich/>

Fig 46 : Couverture du livre *What time is this place ?* Kevin Lynch, 1976, Are.na. <https://www.are.na/block/1040711>

## ANNEXES

### I - Entretien Syndicat Mixte Centre Nord Atlantique - Floriane Danet - 4 mai 2022 - de 14h à 14h45.

- Tout d'abord sur le Syndicat Mixte Centre Nord Atlantique, est-ce que vous avez déjà réalisé des projets comme celui-ci avant ou c'est un premier ?

+ Syndicat Mixte Nord Atlantique c'est un syndicat de traitement des déchets. Nous à la base on n'a pas vocation à être maître d'ouvrage, on fait vraiment la gestion des ordures ménagères et définir des déchetteries. On est propriétaires d'un site sur une commune qui accueille un centre de tri, c'est le seul bâtiment dont on est le propriétaire.

- Dans le programme du «Consom'acteur» il y a le projet de la recyclerie. Est-ce qu'il y a d'autres projets prévus dans le programme ?

+ Oui c'est un bâtiment qui a vocation à être un tiers lieu. Pour vous expliquer un peu la genèse du projet, nous le syndicat de traitement on a tout un programme d'action de prévention. On soutient toutes les actions du réemploi qui se présentent sur le territoire dont la Recyclerie de Nord Atlantique. On leur apporte un soutien financier sur les loyers des boutiques solidaires. Sur notre territoire, il y a 4 boutiques solidaires et un centre de valorisation dans 5 communes qu'on gère. Et sur la commune de Blain on était locataire d'un bâtiment jusqu'en 2020 le propriétaire a souhaité reprendre son local donc nous sommes partis en quête d'un nouveau local sachant que les élus étaient plus partants sur une acquisition plutôt qu'une location puisque la recyclerie avait fait ses preuves et l'idée est de pérenniser l'activité et en plus on venait de prendre conscience que ça méritait d'être propriétaire. On a cherché un local pouvant accueillir la recyclerie mais il y avait peu de disponibilités sur la commune donc c'est pour ça on s'est dirigé vers une construction avec un bâtiment qui allait répondre à nos besoins. Pour la construction, c'est une construction d'un bâtiment neuf pour une activité de réemploi c'est dommage de pas se poser la question d'intégrer les matériaux du réemploi dans le processus de construction.

- Comment vous trouvez les matériaux que vous allez réemployer dans la construction du projet ? Êtes-vous en lien avec des entreprises ?

+ Fin 2020 on a recruté un assistant de maîtrise d'ouvrage spécialisé sur la question du réemploi qui a déjà une mission précise c'est l'identification et le sourcing des gisements disponibles. On travaille avec Elan. Ils identifient pour savoir où est potentiellement la matière. Ça c'est un intervenant. On travaille aussi avec Océan qui est un chantier d'insertion sur Saint-Herblain. Eux ils disposent d'une équipe qui réalise du tri sélectif. C'est toujours dans l'histoire de sourcing des matériaux, ils interviennent sur des chantiers et ils ont aussi une chef de projet qui travaille sur la question du réemploi des matériaux et qui est vraiment une personne ressource chez nous puisque elle est identifiée enfin je sais pas si vous la connaissez Christelle Dion qui travaille qui est un peu précurseur sur la question du coup elle est en contact avec beaucoup de maîtrise d'ouvrage et crée le relais avec nous nos éventuels besoins et donc aujourd'hui on tâtonne un peu sur le sur la méthodologie hein c'est normal c'est précurseur comme sujet et donc on travaille toujours en équipe. Donc il y a nous ELAN, Océan, Christelle Dion et on a aussi recruté un responsable technique des matériaux et réemploi du BTP là depuis le début de l'année, l'idée c'est vraiment un peu de pérenniser la méthode et la diffuser. J'ai oublié de vous dire c'est que Christelle Dion donc avec Océan, ils ont enfin déposé un dossier sur le l'appel à projet économie circulaire de la région en 2020 pour justement démocratiser la pratique

du réemploi dans le BTP avec la volonté de créer un guide qu'il soit du coup utilisable par toutes les maîtrises d'ouvrage en se servant de notre opération de construction comme pilote.

- Oui parce que j'imagine qu'il manque un cadre pour savoir toutes les questions d'assurance de bureaux d'études et tout ça donc ça doit être assez compliqué.

+ Alors pour le bureau d'études nous on travaille c'est donc avec un bureau de contrôle qu'on a missionné en plus des missions coordonnateur de sécurité et contrôle technique on lui a donné aussi une mission sur le réemploi en fait on a passé un marché avec eux pour qu'ils font en mesure de nous qualifier des produits en nous disant donc ça vous pouvez l'employer ça vous pouvez le réemployer mais en prenant ça ça et ça en coproduction et bien sûr en travaillant sur la question de la rentabilité, notre bureau de contrôle c'est SOCOTEC. Et du coup on a aussi donc un architecte, le maître d'œuvre qu'on a recruté en 2021 et qui travaille avec ses bureaux de d'études structures et thermiques sur la question et du coup aussi sur le sourcing des gisements et c'est eux qui nous disent de quoi ils ont besoin pour fabriquer le bâtiment.

- Quel est le nom de l'architecte ou de l'agence ?

+ C'est l'agence QUADRA à Orvault.

- Les architectes est-ce qu'ils dessinent le projet en fonction des matériaux disponibles ou le projet est déjà dessiné et vous cherchez des matériaux en fonction des dessins ?

+ C'est un peu des 2 puisque en fait on n'avait pas la totalité des matériaux quand on a recruté l'architecte on en avait une partie mais on s'est un peu organisé avec la structure du permis de construire. On les a rencontrés en amont du dépôt de permis de construire pour leur expliquer le projet et aussi leur dire que justement notre projet allait forcément et son design allait forcément évoluer en fonction de des matériaux qu'on allait trouver donc enfin ils ont accepté qu'on fasse des permis modificatifs par la suite d'accord. Après on est sur un bâtiment aussi assez simple, un bâtiment de 500 m<sup>2</sup> qui est un carré et c'est un seul niveau.

- Je me pose une question sur l'identification de ces matériaux. Ils viennent d'où exactement ? Ils viennent des démolitions où est-ce que c'est des surplus de matériaux ? Vous les trouvez où ?

+ Alors ça va dépendre des types de matériaux tout ce qui est menuiserie par exemple on en a identifié quelques-unes et là ça va être des menuiseries neuves qui ont été livrés sur un chantier mais il y a eu une erreur de côté. Parce que, pour vous expliquer, ça paraît être très compliqué de réutiliser des menuiseries si on veut faire un bâtiment qui soit quand même assez performant au niveau énergétique. Après tout ce qui va être tout le bardage bah là c'est des chantiers de dépose et la charpente c'est aussi des éléments de dépose. Charpente et poteaux c'est des éléments de dépose et pour l'instant on n'a pas tous nos matériaux. Là ce qui est poutre on a identifié un gisement pour toute la charpente mais on est encore en attente des résultats des études techniques pour savoir si on peut les réemployer potentiellement dans notre construction.

- J'imagine que ça doit pas être évident à identifier où vous pouvez trouver les matériaux ça doit être assez compliqué de trouver les informations.

+ On sert du coup du réseau enfin des réseaux de l'Elan et de de l'Océan qui travaillent pas mal sur ces questions sur le secteur de Nantes et nous on a communiqué auprès de tous nos communautés, de communes aux communes adhérentes, qui sont

en recherche du coup d'éléments de réemploi et donc on cherche à identifier tout ce qui est des constructions au chantier de démolition en cours sur le territoire et puis c'est surtout du bouche à oreille.

- J'ai fait mon Erasmus à Munich en Allemagne et j'ai pu découvrir quelques entreprises qui travaillent avec le BIM. Ils ont commencé à, quand ils construisent des projets, fabriquer des fichiers numériques, des modèles 3D, où il donne un QR code ou un passeport à chaque matériau sur le sur le modèle pour dans le futur, s'il y a une démolition, faciliter l'accès à une base de données complète. C'est une stratégie qui pourrait aussi venir en France afin de numériser l'architecture et les métiers du bâtiment en général: Il y aurait moyen d'avoir une base de données très très précise mais c'est vrai que c'est pas aujourd'hui.

+ C'est vrai que dans ce procédé-là, on pense au futur du bâtiment dès la conception et je trouve que c'est important de penser à la phase de déconstruction. C'est un procédé qu'il faudrait appliquer à toutes les nouvelles constructions aujourd'hui.

- Est-ce que vous trouvez qu'il y a d'autres choses à faire pour généraliser le réemploi? Vous avez parlé je crois de la volonté de créer un guide. C'est quoi comme guide? C'est un document qui explique comment on peut qualifier des matériaux et les réutiliser? Ou sur la méthodologie?

+ C'est plus dans la procédure en fait de construction comment à chaque étape on doit se poser les bonnes questions et de qui s'entourer pour pouvoir mener à bien le projet et en fait Océan on va se servir de tous les freins que nous on rencontre actuellement pour pouvoir proposer des pistes de de travail pour que ça facilite les choses pour pour les pour les autres maîtres. Après il y a, tout à l'heure vous parliez aussi des assureurs, donc il y a toute la question assurantielle qui n'est pas négligeable. Nous là on a contacté notre assureur qui renvoie un peu la balle en disant que bah lui il voit aucun souci à partir du moment où on respecte les règles de l'art et que les entreprises du coup ont joué leur garantie décennale et que le bureau de contrôle valide mais bon c'est aussi...enfin les entreprises vont nous attendre au tournant quand on va lancer la consultation des entreprises. Mais forcément les entreprises vont dire oui mais comment je garantis vos matériaux que vous m'apportez. C'est tout un travail à faire qu'on n'a pas encore totalement résolu.

- Donc j'imagine qu'il faut une très bonne communication entre les différents acteurs Pour que ça puisse fonctionner. Et si j'ai bien compris vous essayer de travailler sur-tout des entreprises de la région?

+ C'est ça idéalement nous ce qu'on cherche à faire enfin oui sur notre sur notre territoire après ça va dépendre de ceux qui répondent là pour l'instant on n'en sait rien de quelles entreprises vont répondre au marché et si ce que je voulais dire c'est qu'en parallèle on développe aussi des modules de formation donc à destination des maîtres d'ouvrage, des architectes et des entreprises avec des modules de sensibilisation et des modules un peu plus techniques sur comment concevoir avec le réemploi, comment s'approprier un diagnostic ressource et comment l'exploiter. On développe ça donc avec Océane dans le cadre de l'appel à projets et avec Norie et compagnie qui est un organisme de formation qui est situé à Saint Nicolas de Redon au nord du département et avec Nobatec qui est un bureau de d'études basé du côté de Bordeaux.

- D'accord ça c'est super ça en vrai de proposer une formation pour concevoir avec le réemploi parce que c'est pas quelque chose qu'on apprend à l'école.

+ Oui c'est très différent comme processus, c'est pas le même phasage quoi. Normalement c'est ce que vous me disiez tout à l'heure, on fait plus avec ce qu'on a. Aujourd'hui tout le monde veut partir de la page blanche. Quand on avait exposé notre projet à l'architecte avec notre envie d'utiliser des matériaux du réemploi, quand on a audité enfin au niveau du choix de de la maîtrise d'œuvre et on se rend compte que quand même c'est difficile à changer la façon de travailler ils ont quand même leurs habitudes et c'est rassurant quand même pour eux de partir des éléments qu'ils connaissent quoi et oui c'est vraiment une étape de conception qui est à revoir.

- Vous savez quand est-ce que vous allez pouvoir commencer le chantier à peu près?

+ Alors normalement aux dernières nouvelles, mais ça évolue tout le temps, on parlait sur une consultation des entreprises avant l'été et un début des travaux en fin d'année et le chantier il va durer un an.

- Ça donne très envie de voir ce que ça va donner quand ça serait construit c'est super intéressant comme projet.

+ J'espère je vous ai apporté tout ce que tous les éléments que vous souhaitez enfin en tout cas si vous avez des questions qui vous viennent n'hésitez pas à me recontacter.

- Merci beaucoup.

+ Alors vous vos échéances et c'est quand pour vous le rendu de votre mémoire?

- Normalement il sera terminé à la fin du semestre prochain donc en janvier.

+ Pourriez-vous nous le transmettre quand il sera terminé. Ça sera intéressant de voir aussi pour nous ce que vous avez produit sur le sujet.

- Oui bien sûr je vous le transmettrai et je reviendrai vers vous si j'ai d'autres questions.

+ Je vous souhaite une bonne continuation

- Merci. Bonne après-midi.

+ Merci aussi. Au revoir

-Au revoir.

## 2- Entretien Atelier Georges - Charles Rives - 28 novembre 2022 - de 11h30 à 13h30.

-Pour commencer, pouvez-vous me parler de votre parcours ?

+Juste moi ou l'agence ?

-Les deux s'il vous plaît.

+Je suis architecte diplômé de Lille. Ensuite j'ai fait le diplôme d'urba qui est le DSA architecte et urbaniste à l'école de Marne la vallée. Et ensuite je suis chez Atelier Georges depuis 7 ans et je suis en même temps doctorants en architecture à l'école de Marne la vallée dans le laboratoire SAS.Voilà. Et l'agence a 8 ans et demi qui est basé à Paris et à Nantes et qui est une agence d'architecture, d'urbanisme et du paysage avec 2 associés paysagistes et 2 associés architectes et chacun d'entre eux ont aussi une formation d'urba soit des SA soit des écoles de commerce soit des parcours d'urbanisme divers et variés.

-Vous vous intéressez surtout à quels types de projets ? Sur votre site internet j'ai pu voir des projets qui ont des enjeux écologiques.

+En gros, le point d'entrée ce n'est pas de savoir si le projet est écologique ou non, c'est plutôt le point de sortie. On trie un peu quand même les projets sur lesquels on veut intervenir, notamment pour identifier à quel point on va réussir à infléchir ou pas le résultat ou le projet, c'est à dire quel type de maîtrise d'ouvrage, quel est le programme attendu, la stratégie attendue si c'est de l'urba etc. Dans quelle mesure on va réussir à faire rentrer un certain nombre de thématiques qui nous sont chères et qui vont interroger sur la question du réemploi, sur la question du sol, de matériau bio source etc etc. C'est en fait plus la manière dont on va interpréter en amont le programme et la maîtrise d'ouvrage associé pour voir dans quelle mesure on va pouvoir intégrer ces thématiques dans le projet plutôt que d'attendre une commande qui propose directement un projet bio source par exemple ou un projet qui valide tel ou tel thématique qui nous sont chères parce que sinon attend la commande on n'aura pas beaucoup de travail.

-Ça dépend un peu du maître d'ouvrage ?

+Oui ça dépend de la maîtrise d'ouvrage et aussi des élus parce qu'on peut avoir un maître d'ouvrage qui n'est pas forcément une collectivité mais qui a un mandat de concession, si c'est une ZAC donnée par la ville donc il y a quand même des comptes à rendre etc. Après c'est une logique d'acteurs qui entre en jeu donc voilà il y a des moments où on arrive bien à introduire certains sujets et d'autres moins.

-Pour la caserne mellinet, vous vous occupez des espaces publics qui vont se créer c'est ça ?

+Oui nous on avait globalement les rues, toute la partie Nord de la ZAC, les jardins à côté de l'infirmerie qui s'appelle maintenant jardin Anne Philippe, les différentes rues, la place de Chaput qui est devant les bâtiments qu'on voit par la fenêtre qui sont des bâtiments conservés. Il n'est pas encore arrivé la place mais voilà. TGT a la partie rue de la literie et les écuries en bas de la ZAC et dans le futur on va sûrement prendre la suite parce que là on a dessiné que la moitié nord de la ZAC et les écuries. Avec un plan ça serait quand même mieux. Le fichier est un peu l'ours donc il va mettre un peu de temps à ouvrir. Globalement on s'occupe de la majorité des espaces publics. A l'agence c'est Benoit en face de toi qui suit le chantier. Et juste pour revenir sur

la manière, moi en gros j'ai fait avec Thibault le dessin des espaces publics jusqu'à la phase de consultation en gros.

-Quels usages proposent vos dessins des espaces publics ? Des jardins ? Des mobiliers ?

+Les espaces publics, il y a plusieurs types, on a des rues comme celle que tu vois quand tu es arrivée ici, donc des rues de circulation, des trottoirs etc. donc c'est toutes les rues, les rues qui sont piétonnes, soit à dominante piétons avec les voitures qui sont tolérées qui peuvent quand même passer, soit complètement piétons. Donc là c'est toute la partie rue. Ensuite, on a à certains endroits de la caserne il y a des places, des espaces publics qui sont plutôt de l'ordre de place plus ou moins végétalisées avec plus ou moins de programme et d'usages qui se positionnent dessus. Il y a des parvis comme le parvis de l'école et il y a un parc dans lequel il y a la maison du projet, il y a des jardins familiaux, il y a l'infirmerie qui va sans doute recevoir un programme public un jour mais on sait pas encore lequel. Aujourd'hui il est occupé à titre provisoire par des associations etc. Mais il sera effectivement conservé. Là tous ce qui est encore debout comme bâtiment dans la caserne est préservé il ne reste plus de destructions à faire. Et après pour revenir à ta question initiale, ce sont les différents types d'espaces à l'intérieur duquel on va avoir du mobilier qui est disposé et notamment pour la plus grande partie en réemploi.

-Les matériaux que vous allez réemployer, ce sont les matériaux qui sont stockés sur le site ?

+Oui c'est ça, tu as dû les voir pendant ta semaine du workshop avec ensa. Alors les matériaux de réemploi il y a deux grands types, il y a les pavés. Les pavés qui étaient présents sur le site notamment en dessous des voies qui étaient en enrobés. Il y avait une couche d'enrobé qui était posée sur des pavés ça a fait une partie du gisement. Il y avait des contours des bâtiments étaient constitués des pavés donc il y avait un gisement de pavés assez important qui ont été d'abord stocké en tas puis on les a stockés différemment, compté nettoyé etc. Ensuite il y a des pierres de différentes tailles qui sont quasiment toutes en granite qui sont des pierres qui étaient des éléments de construction des bâtiments et c'est là qu'intervient Bellastock. Quand on a eu le marché et il y avait cette caserne avec tous ces bâtiments et il avait été question de démolir certains par rapport au projet urbain qui avait été décidé en amont. Et du coup le travail de Bellastock a été de faire le cahier des charges de la démolition de ces bâtiments à partir de ce qu'ils avaient identifié comme matériaux à réemployer avec un potentiel de réemploi. En gros, ils ont d'abord fait un diagnostic des bâtiments, identifié un gisement de matériaux intéressants à conserver pour un réemploi futur, ça concernait surtout les soubassements granites, des appuis de fenêtres en granite, des encadrements de fenêtres, des pierres d'angles des bâtiments etc. Donc ils ont fait une première phase d'identification du gisement et ensuite une deuxième phase qui était celle de réaliser le cahier des charges de la démolition et ensuite d'accompagner les entreprises pour qu'elles détruisent le mieux possible pour préserver les éléments qu'on voulait conserver. Les éléments qui étaient conservés on ne savait pas encore comment on allait les utiliser, on savait juste qu'il fallait les garder. Un autre élément qui est bon à rappeler, parmi les éléments à conserver c'est aussi quelque chose qui est née, de la concertation. En faisant des journées de concertation avec des habitants est née la question de ce qu'on allait faire de ces éléments. C'est là aussi qu'elle est venue cette question du réemploi et le choix d'éléments à conserver. On a poursuivi le fil de cette question du réemploi avec des journées de prototypage de mobiliers sur le site pendant des phases de concertations. Et le mobilier qu'on a dessiné aujourd'hui pour la ZAC on a globalement gardé les types de mobiliers qui ont été réalisés par les habitants pendant ces journées de prototypage avec quelques mineurs modifications plutôt d'ordre soit technique soit de sécurité qui correspondent au standard de ce qui est nécessaire à avoir dans les espaces publics. Mais en très

grande partie c'est exactement les mêmes types de pierres utilisées les mêmes dimensions donc voilà on a vraiment utilisé ce qui a été fabriqué par les habitants.

-Vous pensez pouvoir utiliser la totalité des matériaux stockés ?

+C'est un gisement très bien gardé. On va tout utiliser on sait pas forcément comment. Il y a des choses on sait très bien comment les utiliser et d'autres moins. Mais ça nous permet de parler de conception. Quand on a commencé à dessiner le projet, on avait le gisement on savait pas forcément ce qu'on allait en faire à part que voilà on avait la question du mobilier. Dans les phases de définition des espaces publics, il fallait décider de ce qu'on allait faire de ces matériaux. Le choix était déterminé par plus plusieurs facteurs. La première c'est le gisement disponible. On a un document qui est un tableau de suivi des matériaux du réemploi. On s'est créé un outil à l'intérieur de l'agence qui est un tableau Excel où on a tous les types de pierres qui existent avec leur dimensions moyennes. On a fait plusieurs mesures de plusieurs pierres qui sont de même type pour faire un gabarit moyen. On a le nombre à la pierre près de chacun des éléments. On a tous les groupes de pierres répartis dans un tableau avec une appellation etc et l'idée c'était de dire, par exemple, on a 20 pierres de ce type-là, qu'est-ce qu'on peut faire quand on fabrique un élément pour qu'on n'ait pas besoin de plus, on a 20 Max et pour qu'on les utilise au maximum aussi. Pareil avec le pavé, on a x pavé et au final on a dû récupérer d'autres pavés de réemploi d'autres chantiers. On a regardé combien on avait de pavés, il fallait faire des choix pour savoir si on les utilisait pour faire des fils d'eau des rues, des places de stationnement, les pieds des bâtiments, les contours/pourtours des bâtiments etc. Mais il fallait qu'on puisse choisir une destination aux pavés et il fallait qu'on arrive à le faire pour toute la caserne. Ce qu'on ne veut pas c'est d'avoir des pavés réemploi puis tout d'un coup des pavés neufs qui rassemblent à des pavés réemploi mais pour faire le même élément architectural. Ça c'était une volonté qui était forte et donc il fallait forcément faire des choix. Est-ce qu'on fait que les fils d'eau ou les fils d'eau et la place etc. etc. En réalité, on ne voulait pas récupérer les pavés d'autres chantiers mais ça met en lumière quelque chose d'assez intéressant c'est que les phases où on détermine le dessin du projet ne colle pas exactement avec les phases d'identification du gisement. Avant on avait un tas de pavés vraiment une montagne de pavés dans laquelle on avait une estimation de combien il y avait de pavés. A partir de cette estimation on a dû commencer à dessiner les espaces publics en phase esquisse et ABP. On avait déjà fait un certain nombre de choix en prenant un pourcentage de marges en se disant il y a x m3 de pavé et il y a peut-être 20% qui n'est pas utilisable. On commence à dessiner avec cette donnée. Ensuite, on a lancé un marché comme on sentait qu'on était sur des hypothèses un peu fragiles, avant de lancer le pro on a demandé à l'aménageur, le maître d'ouvrage, de lancer un marché de nettoyage de pavés et de recomptage. Le nettoyage parce qu'on avait des pavés assemblés avec du mortier et donc on avait de grosses plaques de 20 mètres sur 20 mètres de pavés et à la fin pour reposer il faut des pavés à l'unité. On a une entreprise qui est venue pendant 2 - 3 mois avec 8 personnes vraiment c'était à l'ancienne avec des marteaux. Une petite entreprise qui pose des pavés. L'entreprise a nettoyé tous les pavés et ils ont compté le nombre de pavés qu'ils mettaient dans un tracteur et ils les ont déplacés pour les stocker ailleurs sur le site. On a profité du nettoyage pour les stocker à un autre endroit de la caserne. Donc ils ont compté de manière plus fine et il s'avérait que le nombre de pavés était bien loin des hypothèses prises au départ. Et le pro a été lancé et il a fallu changer des choses. Il est facile de faire la différence entre le pavé réemploi et le pavé neuf rassemblant à du réemploi. Les pavés sont des pavés qui sont sciés et très identifiables tout plat sur le dessus et les pavés réemploi c'est ce qui a été bombé dessus un peu vieillot. On n'aurait pas voulu faire ça mais on le fait quand même. En revanche sur le mobilier ce n'est pas le cas, on arrive à avoir les bancs, les tables etc. -Ces éléments sont donc en pierre ?

+Oui c'est en pierres granite de tailles différentes qui supportent souvent des élé-

ments bois qui eux sont des éléments neufs. Le bois c'est rajouté pour faire les éléments. Après il y a quelques endroits à la caserne, mais ça c'était prévu dès le départ, quelques lieux de la caserne où il y a des mobiliers neufs notamment des bancs et des corbeilles neufs et là c'était plutôt une discussion avec notre mandataire donc avec TGT qui voulait que sur certains lieux type les plateaux en béton à certains croisements. Et les endroits comme le parc sont en réemploi. Ça va avec une logique. On a voulu que les espaces publics soient dans le prolongement des espaces publics nantais dans le vocabulaire, par exemple des bordures granites pour le trottoir etc. Mais interviennent ponctuellement à certains endroits des plateaux en béton et ils ne sont plus dans le vocabulaire de l'espaces public traditionnel nantais et donc c'est plutôt sur ces éléments là on a du neuf. Donc nouveau vocabulaire mobilier neuf et vocabulaire réemploi avec vocabulaire d'espace public traditionnel. Voilà la logique. Sur le réemploi on se sert de pierre pour également faire des murets de soutènement. Il y a une petite pente naturelle sur le site entre le Nord et le sud du site du coup il y a plusieurs endroits où il faut qu'on tienne linéairement et pour ça on utilise pierre de réemploi pour faire bordure ou soutènement.

-Pour revenir au pavé, ce qui va être fait ça va être aussi un mélange du neuf et du réemploi, c'est bien ça ?

+Oui le mélange se fait pour des questions d'usage. C'est pour l'accessibilité notamment des logements. On aurait pu faire avec pavé du réemploi mais c'est pas très agréable pour les PMR. Quand on a un lot privé, du côté de l'espace public on a une bande en pavé qui vient longer le bâtiment. Pourquoi c'est en pavé c'est parce que c'est modulaire et l'intérêt c'est qu'en dessous on met les réseaux des bâtiments. Et ce revêtement modulaire en pavé permet de, s'il y a une intervention, de retirer le pavé. Alors que si c'est du béton tu es obligé de découper l'enrober béton et c'est pas très esthétique après. Et il y a aussi la question des entrées du bâtiment. À chaque entrée on interrompt le pavé réemploi pour mettre du pavé neuf scié et donc plus facile à rouler une charrette, une poussette, un fauteuil roulant etc. Puis comme ça même esthétiquement ça rythme la rue avec pavés réemploi bombe et pavé scié. Ça permet d'identifier aussi les entrées. Le reste du pavé réemploi c'est en dessous des stationnements des véhicules. Et il y a aussi tous les fils d'eau sur les voies de la caserne qui sont aussi en pavé et là c'est directement la question du vocabulaire d'espace public nantais.

-Et les pavés qui sont arrivés d'un autre site c'était pour compléter ?

+Alors les pavés qui sont arrivés d'un autre site sont minoritaires mais c'est des pavés du même type que ce qu'on a déjà sur la caserne qui sont évacués sur d'autres opérations de Nantes métropole aménagement et qui atterrit ici pour compléter le déficit de pavé qui est dû à notre perte après le nettoyage. Avant le nettoyage on avait fait 3 scénarios mais la perte a explosé largement ce qu'on avait anticipé comme perte et du coup on n'avait aucun de nos 3 scénarios qui permettait de faire les éléments qu'on voulait en pavé. Et en parallèle on était déjà arrivé au stade pro don con pouvait pas revenir en arrière, on pouvait pas redessiner non plus complètement le projet. On a donc repris le scénario le moins défavorable pour le nombre de pavé et on a quand même dû compléter avec du pavé hors de la caserne qui reste du pavé nantais, c'est pas du pavé qu'on achète en Chine au Portugal.

-Il y a eu un autre nettoyage pour ces pavés-là ?

+Non ils sont arrivés directement déjà nettoyés prêts à réemploi.

-Qui décide que ces matériaux peuvent être réutilisés ? C'est Bellastock ?

+Bellastock ils ont identifié leur potentiel pour faire du projet. Par exemple ils ont dit



que les pierres de granites marchaient mieux que du tuffeau car tuffeau c'est pierre blanche elles n'auraient pas très bien supporté le stockage etc. Le tuffeau n'a donc pas été réemployé. Il faut aussi mettre le contexte, c'était il y a 7 ans. Un réemploi de ce type pour une opération de ce type c'était pas très récurrent donc on n'avait pas encore le réflexe. Aujourd'hui s'il y a une opération qui commence, si elle ne fait pas du réemploi bah elle a déjà loupé quelque chose quoi car ça devrait être presque le standard. Même si c'est pas forcément dans la tête de tout le monde mais nous on considère que c'est même plus un élément précurseur ou ni exceptionnel, ça devrait être un élément standard auquel on rajoute des contraintes. Aujourd'hui si on avait fait le même boulot on ne serait pas limité aux granites. On aurait peut-être rajouté le tuffeau et une manière de stocker. On avait gardé des pannes aussi mais elles ont très mal supporté le stockage car elles pour le coup on les avait gardés il y en a qui ont commencé à pourrir car normalement leur emplacement d'origine c'est à l'intérieur chauffé jamais exposé au vent au froid à la pluie même si on les avait couverts mais il y a quand même l'humidité. Et ça typiquement bah ils ne sont pas réemployés. On les a donnés au collectif vous comme ça s'ils veulent faire du mobilier temporaire par exemple ils peuvent s'en servir mais pour la pérennité d'ouvrage qu'on réalise ici on ne peut pas s'en servir car elles ne passent pas le contrôle technique. Donc si aujourd'hui on recommençait on se poserait beaucoup plus la question de la manière dont on a stocké les choses mais à l'époque c'était pas totalement dans les mœurs on n'y avait pas réfléchi.

-Vous avez décidé de les stocker à l'extérieur parce qu'il n'y avait pas d'autre possibilité ?

+C'est ça la question oui ça de passe notre projet mais aujourd'hui la question du stockage c'est une question primordiale pour les projets d'architecture et d'urbanisme. En gros on est sur une période qui est basée sur la culture du flux. On commande un truc, il arrive, on le stocke très peu de temps parce que le problème de stockage ça prend de la place et ça prend du coût du foncier et le foncier c'est cher et il faut rentabiliser etc. On n'est plus du tout habitué à stocker. Il est mieux de commander et recevoir quoi. Et du coup je pense que si on veut massifier la question du réemploi il faut très très sérieusement considérer la question du stockage. Est-ce qu'aujourd'hui si on arrivait sur le site de Mellinet, un des éléments qu'on dirait à l'aménageur d'urgence identifiez un lieu qui ne va pas bouger pendant des années, en termes de décennies pendant 10 15 20 ans. Est-ce qu'il faut construire une halle de stockage, qu'est-ce qu'on va mettre en dessous ? Ce sont des choses qui ne sont absolument pas dans les marchés actuels d'aménagement. Aujourd'hui il faut dire à l'aménageur on fait du réemploi et le premier élément architectural qui va être réalisé c'est une halle on va la faire de telle manière et ça va coûter tant. Le problème c'est de pouvoir s'investir là-dedans. La halle doit être démontable, qui peut recevoir d'autre type d'usage, etc. Si on commence à réellement stocker sur le site à l'abri, on ne stocke pas la même chose que quand on ne sait pas où ça va aller où est-ce qu'on va pouvoir les stocker est-ce qu'il faut les déplacer tout le temps, etc. La question qui va après c'est de se dire, quand on réfléchit au réemploi ça induit forcément le fait qu'on démolit. Il faut aussi penser qu'on n'a pas besoin de réemployer si on ne démolit rien mais ça c'est encore un autre sujet.

-Ça fait combien de temps que les matériaux sont stockés sur le site ?

+Ça doit dater de... je pense que ça fait 8 ans. Et les pierres elles vont être stockées pour encore un bout de temps parce qu'il y a toute une partie du projet qui n'est pas partie en consultation ni en chantier.

-Le début des travaux va être en même temps que la construction des bâtiments ?

+Toute la partie Nord c'est déjà réalisé et terminé, il n'y a pas besoin de retoucher

mais autour ça sera dans 2 ans quand le lot des taillents sera réalisé. Mais en gros c'est ça l'objectif est de livrer les espaces publics en même temps que les bâtiments. Mais il faut pas se presser car les espaces publics s'accordent aux bâtiments.

-Vous avez fait d'autres projets qui intègrent le réemploi ?

+A Oryac. On a utilisé les anciens rails SNCF pour l'attrape des bétons. Il y avait un stock de rails SNCF. Il y a eu une quantification du gisement et ça a permis de soutenir le béton quand il est coulé fin le coffrage du béton et d'être visible, donner direction, une voie cyclable etc. et là pareil. Il y a également une ancienne halle ferroviaire qui devait être détruite dans le programme pour faire une gare routière. C'est plus simple de faire du neuf que de se contraindre à l'existant. Globalement on n'arrive pas à faire moins cher en faisant du réemploi, on arrive à plus cher que du neuf mais on ne fait jamais moins cher que du neuf. Et encore à Mellinet le temps qu'on a passé sur la manière de concevoir en fonction du gisement, le tableau qui permet de quantifier tout ça et de suivre la quantité de matière, tout ça c'est du temps passé énorme sur un volume d'honoraire qui est toujours le même basé sur le montant des travaux.

-C'est la question du temps qui rend le projet plus cher ?

+Pas que. Aujourd'hui dans les marchés les maîtres d'ouvrages prennent très peu en compte le fait que en tant qu'agence d'architecture si on s'attaque à ces questions ça va nous prendre vachement plus de temps que de juste dire on va faire du béton on va dans un catalogue et voilà. Dès qu'on commence le réemploi il y a une complexité supérieure qui s'intègre, il y a le fait de falloir compter les éléments, de demander ce qu'on va en faire, on a des formes particulières. C'est du temps de conception qui est vachement plus longue et pourtant on est toujours sur un calcul d'honoraires qui est basé au montant de travaux. Après il y a des missions complémentaires dans des phases d'urba, des phases d'étude, on peut essayer de négocier une étude complémentaire mais ce n'est quand même pas facile de les avoir. Tout le temps qu'on ait passé à gérer le réemploi n'est pas pris en compte dans nos honoraires. Là où on n'arrive pas à faire moins cher que du neuf c'est ce que va coûter au maître d'ouvrage de mettre en œuvre dans l'espace public du réemploi par rapport à s'il avait acheté du neuf. On pourra se dire le pavé on l'a déjà sur le site donc il est forcément dans un monde normal qui prendra en compte la rareté des ressources énergétiques et le gaz à effet de serre dégagé par le transport, on se dirait le pavé est sur le site et il est nécessairement moins cher que du pavé qui va venir de chine ou de Portugal. Ça paraît logique. Et en fait le fait de le nettoyer, de le stocker, de le remettre en œuvre, de le déplacer d'un point a à un point b sur la caserne, à la fin on arrive au même prix voir plus cher qu'un pavé qui aurait traversé le monde qui viendrait de Chine en bateau et qui serait déposé direct prêt à l'emploi. On espère que ça changera un jour. Donc il y a 2 choses. Le prix des matériaux ils sont rarement moins cher quand on fait du réemploi. Et en plus de ça aujourd'hui les concepteurs ne sont bien rémunérés par rapport au travail qui est fait. La manière de rémunérer les architectes est basée sur un montant des travaux. S'il y a un montant de travaux qui vaut 1 million tu te mets un pourcentage et voilà c'est ta rémunération. Si on considère que le pavé réemploi est au même prix que le pavé neuf bah c'est toujours 1 million que tu te répartis peu importe si tu mets plus de temps à dessiner à cause du réemploi. Une autre question, si on arrive dans un monde où le pavé réemploi coûte moins cher que le pavé neuf ce qui serait idéal sur le plan gaz à effet de serre etc., on se retrouverait dans le truc inverse, on passerait plus du temps parce que c'est du réemploi mais on sera payé moins car le montant de travaux sera moins. Ça pose vraiment la question de manière dont l'architecte est rémunéré aujourd'hui. Plus on va essayer de faire baisser les couts pour réemployer sur place, plus on va baisser le cout de conception.

-La construction et les métiers du bâtiment comptent parmi les plus grands consommateurs de ressources naturelles mais aussi parmi les plus grands producteurs de

déchets. Pensez-vous qu'avec cet épuisement de nos ressources la pratique architecturale va pouvoir évoluer ?

+Je pense que la pratique a déjà évolué. Maintenant il y a plus en plus de concepteurs qui intègrent ces questions-là. Ce qui est étonnant c'est aussi du côté des aménageurs ou des maîtres d'ouvrages, ils essaient aussi d'intégrer ces questions-là de plus en plus donc après il y a toujours cette question de rémunération qui n'a pas évolué. Je pense que comme tu le dis, le secteur de la construction c'est l'un des plus émetteurs. A mon avis considérer que le réemploi suffit, c'est une erreur je pense la bonne question qu'il faut se poser comment on transforme ce qui existe on conserve ce qui existe. Et le réemploi ça serait un peu la dernière option. Si on se base que sur le réemploi je pense qu'on va massifier le truc ça va s'industrialiser, c'est déjà le cas il y a des filières de grosses boîtes de gestion des déchets comme Suez et Batirim. Ils montent des filières du réemploi. Ils ont l'objectif d'industrialiser le process. Ils font un logiciel qui permet de quand on se balade dans un bâtiment, il permet d'identifier le gisement à partir de la base de données du logiciel mais du coup plus ça devient atypique, plus ça sort du cadre, moins c'est facile de réemployer donc il y a beaucoup de choses qui partent à la benne. Une partie de ce qu'il y a dans ce logiciel c'est des mètres carrés de parquet, des portes, des menuiseries, c'est beaucoup moins souvent le petit encadrement de fenêtre granite, il y a des choses qui sortent des radars. En tout cas il faudrait repenser à chaque fois la base de données, augmenter au fur et à mesure la base de données du coup plus compliqué pour industrialiser en parallèle. L'autre sujet, comme on veut massifier le réemploi même dans les textes, aujourd'hui, il y a des éléments qui sont obligatoires au pourcentage de réemploi etc., j'ai oublié le texte en question, j'ai une amie qui fait une thèse sur le réemploi. Les maîtres d'ouvrage maintenant ils sont imposés de faire du réemploi. Donc là aussi ça industrialise le truc ou à la fin on fait du réemploi en gardant les éléments identifiés par exemple par Batirim et leur logiciel. Le parquet part là, la menuiserie par là. Ça fait juste de la seconde main au lieu d'acheter du neuf. On transporte quand même d'un site à l'autre. Pour moi, c'est déjà bien, ça n'existait pas avant. Les premiers qui l'ont fait c'est Rotor. Mais maintenant je trouve que ce n'est plus à l'échelle des problèmes qui sont devant nous. Il faudrait que ce système de réemploi soit la queue de ce qu'on fait et que le premier truc qu'on ferait si on arrive dans un site comme Mellinet, on arrive et au lieu de dire qu'on détruit tel et tel bâtiment, on essaie d'en conserver le maximum. Et les quelques éléments à détruire c'est pour des raisons bien précises. Le fait qu'on ait ce gisement de pierres en granite aujourd'hui pour faire du réemploi c'est issu des bâtiments qui étaient là et qui auraient pu rester debout à mon avis. A l'époque le maître d'ouvrage disait pour faire du logement ça va être compliqué. Ici, il y a un objectif de nombre de logements déterminé. On est lié contractuellement à livrer x milliers de logements. C'est vrai que si on gardait les bâtiments, ce n'était pas sûr qu'on puisse les rentrer dedans mais dans ce cas tu fais des surélévations, il faut aussi repenser nos pratiques au lieu de dire on en garde 4 et le reste on détruit et puis ça serait plus simple de faire un bâtiment R+8 pour caser les logements. C'est plus simple mais ce n'est pas possible face à l'échelle des problèmes qui sont devant nous.

-Pour vous, pour la question de la préservation de ressources, il faut d'abord se poser la question de pourquoi on démolit ?

+C'est ça. En gros quand tu démolis un bâtiment tu gaspilles la ressource qui était utilisée pour extraire et mettre en œuvre le bâtiment qui existe, là il y a déjà un bilan carbone qui est compliqué. Derrière, tu vas mettre l'énergie à détruire ce bâtiment, le pétrole que tu vas mettre dans la tractopelle et le pétrole que tu vas mettre dans les camions qui vont amener à 3-4 ou 5 endroits les différents matériaux même si tu gardes une partie sur place. Et après tu as le bilan de l'énergie que tu vas dépenser pour remettre un nouveau bâtiment ou pour réemployer les matériaux. Il y a 5 étapes de pétrole et de gaz gaspillés. Si on commence à garder un bâtiment et à juste modifier l'intérieur ou à faire une surélévation etc. et qu'éventuellement quand on

réagence l'intérieur, on garde une partie pour le réemploi et là on est dans un bilan qui est bien mieux. C'est à dire que tu as limité les déchets car tu as réemployé, tu as conservé le bâtiment parce qu'il mérite d'exister, il a dépensé de l'énergie donc tu ne vas pas passer de l'énergie à le détruire. Tu mets juste l'énergie pour rajouter et modifier le bâti existant. Je pense que c'est imbattable en termes de bilan carbone. Ça interroge aussi la manière dont on enseigne en architecture dans les écoles.

-Pensez-vous que pour faire évoluer la pratique il faut qu'on modifie la formation ?

+On s'était penché avec un enseignant à l'école de Belleville sur le programme des Licences et on avait essayé de regarder lesquels proposait d'intégrer ces questions de construire avec l'existant, dans l'existant et de positionnement vis à vis de ce qui existe etc. En Licence, c'est quelque chose qui n'existe pas. On arrive en Licence 3, on nous a appris à faire des médiathèques, des logements avec un terrain, parfois il n'y a même pas de site, c'est juste une forme de parcelle, ce qu'il y avait avant et ce qu'il y a à côté on s'en fout un peu. Après on arrive en Master, certaines écoles proposent des formations en Master sur la transformation, c'est pas un bagage pour tout le monde. Mais on peut faire tout son cursus sans y avoir réfléchi. J'ai l'impression qu'on loupe plein de trucs. Les gens qui entrent l'école d'architecture aujourd'hui qui vont sortir dans 5 ans, on sera presque en 2030. Vu la teneur de débats actuels sur ces questions énergétiques et climat je pense ils seront à la ramasse. Je pense qu'il y a un vrai sujet sur la pédagogie.

- Aujourd'hui bcp de personnes ont la vision que les matériaux industriels tendent vers une perfection et à cause des questions réglementaires nous avons tendance à utiliser les matériaux neufs industriels. Et en même temps quand on regarde le réemploi, il est associé à des constructions légères ou temporaires aujourd'hui. Est-ce qu'il n'y a pas un moyen de changer d'échelle peut être en combinant les deux méthodes.

+La avec l'espace public on arrive à massifier l'échelle mais on bute sur le fait que dès qu'on veut rendre le réemploi à une échelle plus grosse on est obligé de rentrer dans une forme d'industrialisation du process. Et ça commence à exister. Mais en même temps qu'on industrialise, on appauvrit le nombre de cas spécifique et particuliers. La question c'est, comment on va réussir à être à la fois un peu sur le modèle de l'artisanat ou il faut s'adapter à chaque fois, et à la fois massifier la pratique. Ça c'est la synthèse qui à mon avis peut être faite par les architectes ça revient sur la question de formation mais j'aurai tendance à dire que plutôt que d'avoir un assistant maître d'ouvrage comme Batirim, je le cite encore parce que c'est le seul que je connais, qui va faire ton diagnostic mais l'architecte ne sera même pas là, il va dire on garde ça ça et ça. Après on dit à l'architecte ce qu'il garde, il y a des architectes qui vont dire oh la la pas envie de ça, je n'ai pas envie d'avoir ces matériaux. Je pense que ça vient de la responsabilité de l'architecte, c'est lui qui s'associe avec un bureau d'étude s'il veut et qui va sur le site qui lui est posé comme question, il identifie ce qui est présent, il regarde ce qu'il va réussir à en faire et il dessine à partir du gisement identifié. Si on ne fait pas ce travail, soit l'industrialisation a loupé un certain nombre de choses important, soit c'est d'être toujours oh non le bricolage. La massification du réemploi est compliquée pour ça. Elle est également compliquée à cause du stockage. Ce qui pousse à réemployer sur d'autres sites etc. C'est en fait notamment à l'échelle du bâti, il y a par exemple une parcelle avec 40 logements, déjà pour le chantier on a besoin de toute la parcelle et donc qu'est-ce qu'on fait de tous les bâtiments existants, tous les m<sup>2</sup> de parquets qu'on pourrait réemployer, il n'y a aucun endroit pour le stocker. S'il y a aucun endroit pour les stocker, les acteurs qui s'occupent des déchets vont les récupérer, vont mettre sur leur plateforme de déchets et après vont mettre dans le circuit comme un nouveau matériau, une nouvelle marchandise. Parce qu'eux ils ont des plateformes pour stocker mais à l'échelle d'une opération tu n'as pas la place de stocker et c'est là où Rotor ils sont bons. Ils ont l'endroit pour stocker, ils identifient le gisement il le récupère à titre perso, ils le stockent là où ils sont, puis ils vendent

même au Leroy merlin. Mais donc eux ils ont associé la question du stockage. Si on veut massifier il faut stocker. A l'échelle d'une opération comme la nôtre, l'avantage c'est que tu peux stocker parce que tu as des espaces qui ne vont pas être urbanisés pendant un bout de temps, là tu arrives à massifier la démarche.

-Ma prochaine question ce n'est vraiment sur le réemploi, elle concerne un projet que j'ai vu sur votre site internet : Porte de Montreuil - Quartier zéro carbone. Quel est votre vision sur l'architecture réversible ?

+Oui dans ce projet, il y a deux sujets. Le sujet de la réversibilité, on le traite dans tous nos projets architecturaux. Aux JO, c'est la réversibilité du logement qui accueille les athlètes qui vont passer ensuite en logement social. Chaque étage a une forme particulière. Il y a un format qui rassemble à un programme qui rassemble à des chambre étudiant, format de résidence étudiante en plan. Ce n'est pas des logement T4 des familles. L'idée c'est que tout est transformable, on intègre des la conception la transformation vers des logements sociaux qui vont accueillir des familles des couples etc. Pour Porte Montreuil, c'est une réversibilité du bureau vers le logement, ou le parking vers le bureau, parking vers lu logement etc. En fait on essaie à chaque fois quand on fait plutôt des programmes comme ça, logements-bureaux, avec la question de réversibilité qui pose des questions de type de structure. Si on fait un bâtiment béton ça va être moins facilement réversible que si on fait du poteau-poutre par exemple. On interroge le type de structure, l'épaisseur du bâti. Porte de Montreuil, c'est aussi la question de matériaux de construction. C'est des matériaux biosourcés avec des assemblages pierre, terre, bois, paille. Sue le plan architectural, plusieurs types de matériaux sur un même bâti : c'est des soubassement pierre, intérieur structure bois-paille, donc c'est d'assembler différents types de construction ce qui pose aussi pas mal de problèmes.

-Pour vous, l'architecture réversible est pour éviter la démolition du bâtiment dans le futur ?

+Oui c'est pour lui assurer une pérennité dans le futur pour plusieurs types d'usages. L'architecture réversible c'est aussi directement intégré dans le programme comme pour les JO, on n'a pas le choix de faire autre chose. C'est pour assurer de construire pour 100 ans au lieu de 20. Puis dans l'idée, des bureaux à Paris on sait qu'il y en a déjà trop, c'est juste un produit financier qui est vite rentabilisé. Comment on ne fait pas du bureau qui va être vite dans 10 ans rentabilisée, quelque chose qui peut muter etc. Pour la question de transformation entre parking et autre chose c'est pareil, si on réduit considérablement le volume de stationnement, de voiture en circulation, dans le futur, on aura besoin de moins de stationnement donc comment on réemploie ces trucs-là. Apres, très sincèrement, à part la question des portées, des logiques constructives et des épaisseurs des bâtiments, le degré de réversibilité on arrivera à le trouver. Même les casernes ici, elles n'ont pas été pensées réversibles, et pourtant aujourd'hui on en fait autre chose, on arrive à les transformer etc. Une fois qu'on a enlevé cette logique de béton, même si tu ne vas pas très loin dans la réflexion de savoir quel plancher va être fusible va pouvoir sortir etc., tu fais quand même un bâtiment réversible. Les JO, la réversibilité c'est parce que c'est dans un temps très court, les athlètes vont venir un mois en 2024 et juste derrière il faut en faire autre chose. Il faut que les 6 mois qui vont suivre on sait exactement quel plancher on va trouver, quelle paroi on va abattre etc. Donc là c'est normal d'avoir ce programme-là. Il y a plein d'autres programmes ou tu n'es pas obligé de définir exactement ce qui va arriver pour faire déjà le réversible. Il faut juste avoir quelques attentions préalables et c'est tout.

-Avant de terminer l'entretien, un dernier sujet, est-ce que vous utilisez le BIM ?

+Oui moi pas trop mais il y en a qui utilisent à l'agence. Mais oui on utilise pour

certains projets. Il n'y a pas de BIM Manager, juste des architectes qui ont fait des formations BIM pour rendre les éléments dans les formats compatibles pour faire des maquette BIM. On n'est pas à pointe. On respecte ce qui nous est demandé. Je sais qu'il y a des agences qui soustraient la transformation modèle BIM derrière après avoir dessiné le projet mais ce n'est pas notre cas. Mais on n'est pas non plus à la pointe de l'innovation sur la conception BIM avec tous les logiciels qui vont bien, on a quelques logiciels compatibles mais voilà.

-Pendant mon stage à Munich, l'agence utilisait le BIM pour créer ne base de données complète en associant à chaque élément du bâtiment un passeport ou une carte d'identité qui a toutes les propriétés ; le matériau, les dimensions, le poids, les propriétés thermiques, acoustiques etc. Vous en pensez quoi ?

+C'est intéressant oui mais la question que je me pose c'est pourquoi dans 50 ans on sera obligé de les démonter et est-ce que dans 50 ans quelle est la traçabilité de ces fichiers, de ces cartes d'identités numériques dans le temps. Est-ce que dans 50 ans le bâtiment a changé 3 fois de maitre, de propriétaire, comment on arrive à être sûr de la traçabilité de ces éléments-là. C'est une bonne question mais c'est vrai qu'on n'y réfléchit pas spécifiquement.

-Oui c'est surtout pour penser la déconstruction dans la conception.

+Oui c'est vrai. Apres c'est un sujet que tu peux aussi avoir sans avoir de carte d'identité BIM. Tu fais un bâtiment bois avec des assemblages pas idiots, globalement tu sais comment le démonter ou le déconstruire. C'est sûr que si tu fais un bâtiment tout béton bah tu vas le démolir, tu ne peux pas séparer les éléments. En fait pour moi c'est plus savoir quel outil technique on utilise pour suivre ces éléments-là, savoir su on doit faire une fiche technique de démontage et tout, c'est quand même un peu prendre nos successeurs architectes pour des... ou alors on met en œuvre des éléments très techniques hyper techniques auquel cas ça se comprend mais plus tu enlèves... Là c'est plutôt une question de posture, plus tu enlèves de la technicité à ton bâtiment, moins il va être difficilement démontable ou en tout cas il sera lisible et plus c'est lisible, nos successeurs architectes sauront quoi en faire. Voilà quand ils démontent le Panthéon de l'époque romaine, il n'y a pas besoin de notice pour le faire, il faut enlever les pierres par pierre.

-Les projets que j'avais pu voir en Allemagne intégrait beaucoup de technicité. Par exemple, ils avaient des poteaux qui avaient un design très précis pour être assemblé et démonté de manière très précise.

+A mon avis plus ça va aller plus on va faire des poteaux faciles car faire des poteaux compliqués c'est beaucoup plus d'énergie mais il y a deux écoles et des points de vue différents sur ce sujet-là.

-Merci d'avoir pris le temps de faire cet entretien. Bonne journée.

+J'espère j'ai pu t'apporter des réponses pour ton mémoire. Bonne journée.

### 3- Entretien Quadra Architectes - Sébastien Ciron – 10 décembre 2022 - de 11h30 à 12h30.

-Pour commencer, pouvez-vous me parler de votre parcours ?

+Du coup donc moi j'ai fait l'école d'architecture et paysages de Bordeaux. Je suis diplômé depuis 2005 j'avais fait une spécialisation dans la conception bois. Il y a cette spécialisation à Bordeaux c'était concevoir et construire avec le bois. Puis après je me suis lancé donc en tant que salarié dans une agence d'architecture. J'ai commencé à Bordeaux en 2005 du coup j'avais travaillé un petit peu avant pour ce cabinet là en tant qu'étudiant. C'est un architecte qui travaillait quasiment tout seul il y avait 2 personnes dans la boîte. Puis en 2007 je suis arrivé sur Nantes et j'étais salarié ici et puis voilà je me suis associé en 2010. C'est une agence qui se renouvelle en termes de d'archi car on était sur des archi qui partaient à la retraite et puis du coup ils cherchaient des repreneurs et voilà. Je suis associé ici depuis 2010 et maintenant on est 2 associés dans l'agence donc Guillaume et moi. Depuis 15 ans je suis ici.

-Pouvez-vous me présenter Quadra Architectes ? Vous vous intéressez surtout à quels types de projets ?

+Notre agence est spécialisée plutôt sur le logement. On fait à peu près, 70% des projets sont des logements à l'agence et sinon on fait aussi du bâtiment public, du tertiaire, un peu de tout, des extensions, des rénovations. Donc moi je m'intéresse pas à un seul type de projet. J'ai pas plus d'affinité avec l'un ou avec l'autre si ce n'est que comme on fait beaucoup de logement c'est vrai que quand on a d'autres types de projets on est content. On essaie de faire tous les projets avec la même passion entre guillemets on essaie en tout cas. Ce n'est pas toujours facile ça dépend du contexte.

-Pour le Pôle Consom'acteur, le SMCNA vous a demandé la maîtrise d'œuvre ou vous l'avez trouvé

+Le SMCNA était venu nous voir il y a 2 ans pour qu'on lui... justement en fait avant que ce projet soit un projet de réemploi c'était un projet classique de construction d'une recycler. Et ils nous ont trouvé parce qu'on avait fait un autre projet à Blain et ils sont venus nous voir parce qu'ils ont acheté un terrain qui était à proximité de ce projet-là. Au début c'était un projet classique donc on a fait une première esquisse et une faisabilité et puis un petit bout de chiffrage. Puis, finalement, on nous donnait plus trop une nouvelle, en plus y a eu le confinement donc ça a un peu tout perturbé. Puis, un jour bah ils m'ont appelé en disant qu'ils avaient repensé le projet et qu'ils voulaient concevoir un projet 100% réemploi et du coup ils nous ont demandé de répondre à une candidature à laquelle on a répondu. On a été retenu sachant que sur ce type de projet on n'était pas sur des références puisqu'il n'y avait pas de référence dans la matière et toujours pas beaucoup. Il y en a des petits projets qui font ça émerger mais ça reste à la marge quand même.

-C'est votre premier projet qui intègre le réemploi ?

+Oui exactement. On en a eu d'autres sur des concours où il y avait ce sujet-là qui était abordé mais c'était à la marge. Ce n'était jamais un projet 100% réemploi mais en tout cas aujourd'hui le réemploi est complètement à la mode. C'est pas encore rentré dans les mœurs mais en tout cas on entend beaucoup parler de ça et du coup on s'est confronté à ce projet et à toutes les problématiques que ça peut poser qui sont voilà qui sont vraiment commencé à émerger et pour lesquels on n'a pas beaucoup de réponses. C'est vraiment de l'expérimentation. On sait pas vraiment comment faire c'est à un autre niveau hein en conception. Après aussi ça

pose énormément de questions sur les phases d'après par exemple le chantier avec les entreprises donc c'est vraiment bon nous on s'est engagé là-dedans. Mais on est conscient de tout ce qu'il faudra qu'on amène notamment dans le bâtiment pour les problématiques qui s'annoncent et qui sont déjà très présentes concernant les ressources. On est au démarrage on est loin de savoir construire ce type de projet encore à mon sens

-Pour l'instant le projet en est où ? Vous êtes à quelle étape ?

+Le projet il a été un petit peu arrêté parce qu'en fait alors il y a 2 problématiques. Il y a à la fois la problématique réelle c'est à dire de construire, comment on fait, comment on trouve les matériaux, donc ça c'est déjà pas mal mais en plus à ça s'est ajouté une problématique qu'on connaît actuellement, c'est l'explosion des coûts des constructions. Donc en fait nous on est parti avec un budget de construction dans notre contrat qui était d'environ 600 000€ et on se rend compte que le projet qu'on a dessiné, ça coûterait plutôt maintenant 800 000€-900 000€ mais parce qu'on a fait une estimation récente en fonction des coûts récents et qu'on a pris la base du neuf parce qu'on est incapable de chiffrer aujourd'hui un projet réemploi, on sait pas combien ça coûtera un projet réemploi et ça c'est compliqué pour le maître d'ouvrage de l'entendre. Mais donc voilà donc ce projet là il a été un petit peu y a eu un coup de froid là c'est dernier temps parce que le maître d'ouvrage a dit bah nous on n'est pas capable de se payer un bâtiment qui coûte plus que 600 000€. On avait fait la phase pro c'est la phase des dessins techniques. Mais là on doit repenser le projet donc on va voir avec eux pour essayer de voir quelles sont les priorités dans ce projet pour pouvoir tout simplement réguler. On va travailler ensemble la semaine prochaine dessus avec notre économiste pour refaire une estimation en fonction des pistes d'économie ou des réductions entre guillemets mais là on est un peu en stand-by avant de lancer un appel d'offre.

-Avez-vous des gisements identifiés ?

+On a des gisements identifiés sur des lots qui sont faciles hein des portes, des menuiseries, on a un petit peu du gisement facile. On a aussi un gisement structure, SMCNA a récupéré des poutres issues d'une démolition d'un bâtiment industriel en Vendée, on veut les réemployer en structure bois. On a l'impression qu'on récupère et qu'on va payer moins cher mais comme on récupère bah finalement il y a beaucoup de travail sur ce qu'on récupère. On ne va pas chez un commerçant bois, on est avec une matière qui a déjà vécue, qui est déjà abimée donc il faut la réparer pour la poser de nouveau. Mais donc oui on a déjà des gisements identifiés mais le problème c'est de pouvoir adapter ces contraintes à notre projet, les contraintes techniques et les contraintes budgétaires. Les deux sont liés. C'est bien de vouloir utiliser des poutres réemploi mais si c'est pour payer 4 fois plus cher c'est là où intellectuellement ça paraît bizarre. C'est une problématique à laquelle on est confronté.

-Ces matériaux récupérés, comment ils sont stockés ?

Ils sont stockés normalement sur le site de Treffieux parce qu'il y a un centre d'enfouissement à Treffieux et ils avaient des grands locaux qui servaient avant de pour le tri sélectif et du coup ils ont ce local-là, ils ont acheté les matériaux et ils les stockent là-bas.

-Pour certains architectes que j'ai pu interroger, le stockage est plus gros problème.

+Ouais alors je ne suis pas sûr que ça soit le plus gros problème c'est l'un des problèmes ouais c'est sûr pour moi ce n'est pas le plus gros problème parce qu'effectivement c'est un problème qui est important parce que quand on a les matériaux, le maître d'ouvrage qu'est-ce qu'il en fait.

-Pour vous, quel est le plus gros problème ?

+Pour moi le plus gros problème c'est comment parce qu'à un moment donné il faut concevoir un bâtiment est-ce qu'on conçoit un bâtiment avec de la matière qu'on va stocker en amont ? Cela voudrait dire qu'il faut très très en avant que le maître d'ouvrage aient les ressources potentielles mais ça c'est quasiment impossible. Ou est-ce que on conçoit sans ça ? Et puis au fil de l'eau on essaie de trouver de la matière. Quelle méthodologie on doit adopter pour concevoir ? A mon sens il faudrait en fait pour que ça puisse marcher il faut qu'il y ait des structures qui soient dédiées à la récupération de matériaux et à la recaractérisation ou au reformatage. Tu vois un peu comme on fait avec les portables, c'est-à-dire qu'on récupère des vieux portables, on les modifie, on les nettoie, on change les pièces qui sont défectueuses et après on les remet en vente. A mon avis actuellement c'est ce qui manque, c'est ce maillon-là qui manque pour qu'on puisse vraiment faire du réemploi. Pour l'instant, il n'y a pas de méthode et en fait et comme il n'y a pas de méthode, il n'y a pas les acteurs qui vont avec voilà. Comment on fait en fait ? Je te donne un exemple concret, on avait imaginé récupérer des tôles sur un site à Nantes. Les tôles de couverture sauf que bah on peut les récupérer mais déjà il faut les nettoyer, remettre de la peinture donc déjà ça a un coût, c'est aussi un coût écologique parce que ça veut dire que malgré tout ce n'est pas une matière qu'on prend brut et puis qu'on utilise hein il faut quand même la retravailler et la transporter. Et en fait on s'est rendu compte qu'en utilisant cette matière là ça entraînait d'autres problématiques sur le complexe de toiture notamment. Pour la toiture on doit faire des protections au feu aussi des protections sur la condensation donc finalement utiliser ce bac là c'était sur le papier très simple mais en fait on s'est rendu compte ça entraînait beaucoup de problématiques techniques. On a été obligé de mettre d'autres matières finalement pour compenser et finalement on se rend compte qu'on a dépensé plus de matière, on a dépensé plus d'argent pour utiliser finalement des bacs qui en plus sont pas utilisables en état et qu'il faut aussi retravailler donc là on se dit mais vraiment quel est le gain de tout ça ? Même si on arrive à stocker la matière qui est prise en charge par le client, est-ce que l'entreprise va être d'accord pour prendre cette matière, l'entreprise qui va construire. Donc en plus il faut faire un pari sur l'avenir. Est-ce qu'avec les problèmes d'assurances, il y a beaucoup d'entreprises qui vont accepter d'utiliser la matière ? Il y a des risques, des problèmes de garantie. C'était à mon sens une idée hyper intéressante de faire du 100% réemploi mais je pense que avant de parler de faire 100% réemploi il faudrait déjà en faire peut-être 5 ou 10% et les imposer dans les bâtiments et faire en sorte que les structures autour et qu'ils puissent permettre de le faire parce que là ce n'est pas nous maître d'œuvre ou architecte qui allons structurer ça. Sur le papier c'est très simple mais après concrètement comment on fait c'est une autre histoire. C'est très très compliqué comme sujet mais c'est un sujet qui est hyper intéressant. Mais il y a toute la problématique vraiment de garantie. Un matériau qui a déjà vécu il n'a pas les mêmes caractéristiques forcément qu'un matériau qui est neuf donc il y a tous ces problèmes là aussi de sinistralité d'assurabilité qui sont hyper présents et qui sont pas liés à notre travail de conception finalement qui sont plutôt liés à la mise en œuvre je pense que là il y a si y a toutes des tas de démarches à faire hein. Quand on pose une menuiserie quand on pose une charpente y a tout un tas d'avis techniques qui doit être validée par le bureau de contrôle de l'opération. Qui valide, qui prend ces risques là et qui assure ces risques là aussi. Il y a un vrai problème je vois sur l'assureur du client, il dit moi je veux bien assurer votre bâtiment mais il faut me certifier les matériaux. A un moment donné on voulait faire un tableau électrique avec des éléments de réemploi oui c'est vrai qu'il y a plein de bâtiments où on peut récupérer voilà des disjoncteurs des machins mais qui va garantir que ces disjoncteurs-là, après 20 ans d'utilisation, dans une autre structure il ne va pas être la source d'un départ de feu. Ces problématiques-là qui se superposent et que qui font encore une fois je me répète mais qui tant que ça ne sera pas structuré avec un artisan, un constructeur, un bureau de contrôle spécialisé, je pense que c'est

très compliqué quoi.

-Par exemple un bureau de contrôle spécialisé réemploi ?

+Oui c'est ça. Par exemple, là on travaille avec SOCOTEC et à chaque fois on dit est-ce qu'on pourrait réutiliser ils nous disent ah oui mais là on est dans le cadre de l'eurocode etc. Il y a toujours un truc qui fait que oui on pourrait le faire mais moi je ne donnerai pas une validation, il faut qu'il soit d'abord restester et imagine s'il faut faire ça pour chaque matériau forcément ça va coûter beaucoup plus cher. Le matériau neuf il est testé, il est certifié puis il est produit à la chaîne.

-Pour le dessin architectural, vous dessinez en fonction de la ressource ? Ou avez-vous une forme générale et vous essayez de trouver des matériaux en fonction de votre dessin ?

+Le pari qu'on s'était dit bah on dessine un bâtiment simple, de toute façon la simplicité forcément nous aidera à un moment donné, on dessine un bâtiment simple et au pire on l'adaptera notamment sur des façades par exemple. Si demain on trouve pas de bardage bois et puis on retrouve du métal, on fera avec donc on fait une forme simple qui en structure pourra facilement s'adapter à une ressource qu'on pourrait trouver en cours de route. Donc ça c'était le pari qu'on avait pris sauf que tu vois là clairement on avait fait ça et puis finalement en voulant réintégrer ce que je disais un peu pour l'histoire des toitures tous ces éléments de réemploi dans notre projet Ben on n'a pas changé la forme par contre on a énormément complexifié sa conception par des complexes de toiture plus compliquées, par des structures plus compliquées qui demandent plus de fondations. C'est idiot parce que en voulant faire ça, je ne sais pas combien de poutres on a récupéré bah c'est pas énorme mais le plan de structure se complexifie beaucoup parce que on a 4 poutres de bois qui viennent d'un chantier de construction. C'est fou on fait des choses qui sont pas du tout économiques en termes de de matière donc voilà. C'est tendu avec le maire de Blain et là on va plutôt revenir en arrière et faire la conception d'un bâtiment simple qui serait pas cher et puis vraiment se dire il faut qu'on trouve les matériaux pour ce bâtiment et de la manière dont il est conçu mais pas essayer de réadapter à chaque fois parce que c'est ça qui coûte cher en fait parce qu'il faut recommencer à chaque fois. Sinon la conception c'est infaisable. Le fait de réintégrer n'importe quel matériau à n'importe quel moment dans le bâtiment Ben non il faut que t'as tout ton descriptif, que toute ta structure a été calculée en fonction d'une certaine type de structure portique et il faut pas faire un pas en arrière pour intégrer 3 poutres en métal qui viennent d'un autre chantier parce que ça veut dire qu'il faut revoir toute la conception et ça c'est vachement une fois qu'on est allé très loin dans la conception si on veut réintégrer le truc pour revenir très loin en arrière parce qu'il faut refaire les calculs de descente de charge, parce que il faut repenser aux volumes ça c'est aussi hyper compliqué et ça amène des grosses tensions entre nous et la maîtrise d'ouvrage. Parfois ils ne comprennent pas pourquoi on n'accepte pas de récupérer bah parce que chaque matériau a une certaine caractéristique elles ont une certaine portée une certaine tenue et que du coup bah si on l'utilise bah ça veut dire qu'il faut avoir la trame peut-être il était sur une trame à 4 M faut que je me sur une trame à 3 M. Ils ont l'impression qu'on est des magiciens mais on n'est pas tout seul en fait dans l'acte de construire. C'est un architecte qui va être un peu chef d'orchestre puis tu as un bureau d'étude fluide, un bureau de structure, tu as des bureaux de contrôle, tu as des assureurs, on décide pas en fait de tout.

-Pour construire avec le réemploi, il y a beaucoup plus d'investissement comparé à un projet d'un bâtiment neuf.

+Ah oui oui c'est sûr. Il y a énormément d'investissement parce que même dans la démarche on cherche le gisement en même temps donc c'est vrai qu'on se déplace

beaucoup aussi. On va voir des bâtiments qui vont être démolis. Nous notre métier à un moment donné il faut quand même poser les choses, il faut les étudier finement, là on est toujours dans le déséquilibre en fait parce qu'on ne sait pas trop où on va. On trouve un gisement bois, on le trouve intéressant du coup on veut l'intégrer mais il faut tout repenser et ça demande un temps fou. Clairement il faudrait imaginer 3 ou 4 fois plus de temps qu'un projet normal pour faire ça bien. Il faudrait quasiment des pôles de développement qui ne font que ça, qui font des expérimentations au fil de l'eau. C'est là où on se trompe, ils veulent un bâtiment pas cher, ils ne veulent pas payer cher nos honoraires, alors que pour faire un bâtiment comme ça, à l'heure actuelle, il faut investir beaucoup d'argent parce que l'expérimentation ça coûte de l'argent. Ils ont pas fait le bon choix je pense, avec du recul ce projet là c'est pas comme ça qu'on aurait dû faire je pense. Si on veut y arriver, c'est pas comme ça. Il faut déjà faire quelques phases d'expérimentations, il faut faire quelques projets qui seront financés, seront soutenus par des collectivités. Petit à petit avec des il faut investir de l'argent et du temps. On savait qu'on sera perdant niveau argent parce que c'est expérimental et on s'est engagé dedans. On n'est pas surpris mais ce qui est rageant c'est que on a expérimenté on a vu ce qui va ce qui ne va pas mais le maître d'ouvrage a toujours le même objectif, il n'entend pas les difficultés qu'on rencontre actuellement qui sont liés au contexte. On aura appris des choses c'est sûr mais l'issue on ne sera pas content à la fin je pense. On n'aura pas la satisfaction de la fidélité du truc. J'ai un peu peur de l'esthétique que va avoir le bâtiment. On est en France en 2022, il faut être dans des cadres dans des normes.

-Aujourd'hui les matériaux industriels tendent vers une perfection et à cause des questions réglementaires nous avons tendance à utiliser les matériaux neufs industriels. Pensez-vous qu'on pourrait peut-être combiner les deux techniques ?

+Si oui je suis sûr on va y arriver mais il va falloir que ça se structure. Comment tu amènes une petite entreprise tu utilises des matériaux existants sans trop savoir leur histoire. C'est très compliqué dans l'état actuel de notre tissu d'entreprise. Les gens ont besoin de gagner de l'argent en ce moment c'est très tendu, le prix de l'énergie ça ne fait qu'augmenter. Et encore une fois il y a le problème d'assurabilité si demain il y a un sinistre, c'est pas parce que nous on a voulu faire du réemploi qu'on ne va pas finir au tribunal. De toute manière le 100% réemploi n'existera jamais, tu ne peux pas faire des fondations en réemploi. Tu peux peut-être utiliser certaines matières, mais là c'est plutôt du recyclage. Mais si on combine un peu tout, on fait un mix énergétique de construction avec éléments recyclés comme les isolants métrissés, éléments réemployés pour des choses assez simples comme les portes, les cloisonnements, les menuiseries, les sols souples, les moquettes et neuf pour la structure par exemple bois-métal avec peut-être quelques matériaux récupérés.

-Vous travaillez avec quelles entreprises actuellement ?

+On bosse avec Océan, ils font de la déconstruction des bâtiments, une déconstruction sélective propre. On travaille avec ELAN aussi c'est un assistant de maître d'ouvrage, ils aident le maître d'ouvrage sur toute la partie gisement et réemploi. Ils nous assistent aussi. Puis des bureaux d'études classiques, pour structure et pour fluides et puis on a le bureau de contrôle SOCOTEC.

-La construction et les métiers du bâtiment comptent parmi les plus grands consommateurs de ressources naturelles et parmi les plus grands producteurs de déchets. Pensez-vous qu'avec cet épuisement de nos ressources la pratique architecturale va pouvoir rapidement évoluer et adopter la pratique du réemploi ?

+Oui ça va s'intégrer. Je pense que ça va marcher mais ça va marcher parce qu'il y aura des acteurs qui seront spécialisés là-dedans. Ça sera de gros groupes, mais ça ne sera pas de petits locaux, des petites boîtes. Il faut que ça soit industrialisé. Par

exemple, il y a une boîte qui propose du plancher technique de bureaux. C'est une boîte qui s'est spécialisée là-dedans à Paris, dès qu'il y a une déconstruction d'un immeuble de bureaux, elle intervient, elle récupère les planchers techniques, c'est des faux planchers. Elle les nettoie, elle a tout un processus de requalification du coup à la sortie ce sont des dalles qui coûtent moins chers que les dalles neuves et qui peuvent être réutilisées. Je pense que ce processus va être appliqué à plein de choses. Dès qu'on va démolir des bâtiments on va les démolir proprement parce que là actuellement la démolition c'est simple tu mets un bulldozer au milieu, il éclate tout sans tri de matière. Mais du coup avec ce genre de boîtes on proposera des profilés réemploi suite aux démolitions. Ils auront des ateliers pour tester car un matériau réemploi ça n'a pas forcément les mêmes propriétés qu'un matériau neuf, ils auront des zones de test. Si on ne fait pas comme ça, je ne vois pas comment ça pourrait marcher.

-Oui le réemploi s'industrialise de plus en plus. Il y a également BatiRIM qui développe un logiciel qui s'appelle RIM, qui permet d'identifier le gisement disponible dans un bâtiment qui va être déconstruit.

+Ça se fait de plus en plus, on fait des diagnostics avant les démolitions. Tout va se restructurer et dans 5-10 ans, on ne démolira plus comme on démolit maintenant. Le bulldozer qui arrive au milieu et qui détruit tout, ça n'existera plus. Si on dit c'est interdit maintenant, vous êtes obligés d'utiliser 20% des matériaux du réemploi dans un bâtiment. Dès que ça sera imposé, dès qu'il y aura la loi qui dira maintenant le bâtiment neuf il ne peut pas être composé que des matériaux neufs. J'ai entendu cette semaine une émission au radio, l'UE interdit l'importation des aliments fabriqués avec des matières premières issues des déforestations comme l'huile de palme. C'est comme ça que ça se passera, on imposera les choses. Mais pour l'instant c'est moins cher d'acheter du neuf. L'économe, la finance ça dirige un peu tout. Tant qu'il est moins cher de faire du neuf, ça ne changera pas beaucoup. Il faut qu'il y ait une vraie volonté derrière et la volonté va venir des pouvoirs publics. C'est toujours comme ça. Quand demain ça sera 20% réemploi imposé sinon tu payes plus de TVA, ça sera une incitation fiscale.

-Le réemploi veut quand même dire qu'on démolit. Pour pas démolir, il y a des concepts qui émergent comme l'architecture réversible. Avez-vous déjà expérimenté avec ça ?

+Ça nous arrive par exemple à Nantes il fallait concevoir des bureaux pour qu'un jour ça puisse devenir des logements. On était limité à une certaine hauteur sous plafond mais à mon avis ça ne sera jamais transformé en logements parce qu'un bâtiment de bureaux, celui qu'on a conçu, où la réversibilité était plus une idée qu'une démarche. Moi je n'ai jamais eu ça à faire vraiment avec un objectif. Mais du coup pour pas démolir on fait beaucoup de projets de rénovation, on transforme une ancienne clinique en logements co-living. On vient de livrer un bâtiment d'ancienne clinique, on l'a transformé en logements. On en fait de plus en plus. L'avenir c'est de moins démolir ça c'est sûr. L'enjeu est toujours économique. J'ai fait des projets où il y avait de belles rénovations qu'on pouvait faire et le maître d'ouvrage a dit non moi ça me coûte tellement cher comparé à raser et de reconstruire parce que la rénovation il faut faire des renforcements, c'est comme si tu repartais de 0 quasiment. Tu peux trouver un mur en pierre, mais il faut des entreprises ultra spécialisées qui coûtent extrêmement cher. Il faudrait que dans le futur in ditise non la démolition est interdite, elle est possible sous certaines conditions. Le jour où il sera moins cher de rénover que de construire un bâtiment neuf, ça va être le cas vu l'augmentation des coûts de construction dû à la pénurie des matières finalement les matières premières coûtent très chères et on a tendance à inverser, le neuf coûtera peut-être plus cher que la rénovation sûrement. Il faut laisser faire le temps.

-Est-ce que vous trouvez qu'il faudrait également faire évoluer la formation dans

les écoles parce qu'on n'apprend pas forcément pendant notre cursus comment construire avec l'existant.

+L'avenir est sûrement dans la rénovation des bâtiments, on sent la tendance changer et ça c'est pas du tout le même travail que faire un bâtiment neuf. C'est pas du tout les mêmes expertises, c'est une autre manière d'aborder le projet et c'est une autre manière de faire son métier d'architecte parce que le métier d'architecte tel que moi je l'ai appris, c'est un métier de création où tu pars de la page blanche mais la rénovation c'est pas du tout la même démarche. J'espère qu'on n'arrêtera pas quand même de faire des bâtiments neufs mais la quantité va sûrement changer. Mais tu as raison, je n'ai jamais travaillé sur la rénovation pendant mes études et c'est dommage. Il va falloir adapter, le métier d'architecte va se réinventer.

- Utilisez-vous le BIM ?

+On utilise le logiciel Revit qui permet de modéliser en 3D et de récupérer toutes les données pour travailler avec des bureaux d'étude pour intégrer leurs données sur le modèle. Après on n'a jamais fait un dossier alors ça c'est pareil, le BIM pose aussi plein de problème. J'entends moins parler de BIM maintenant. Il y a une complexité mais si c'est hyper intéressant, ça permet d'avoir une maîtrise complète du bâtiment. Nous ça nous apporte quand même de travailler avec les modèles complets qu'on peut échanger avec nos bureaux d'étude, on a une meilleure vision. Je vois le BIM comme une manière de mieux concevoir et d'éviter les problèmes qu'on pourrait avoir en chantier parce qu'on ne s'est pas rendu compte qu'il y avait une poutre en plein milieu d'un séjour ou un réseau il ne passait pas parce qu'il y avait des poutres au milieu, ça nous aide beaucoup la conception 3D. Après, c'est encore à faire évoluer chez nous pour pouvoir des quantitatifs des descriptifs qui sont directement liés à nos dessins. C'est vraiment très très bien. Mais c'est aussi beaucoup de travail. On n'est pas informaticien, on n'est que 13, on est avant tout architectes, on dessine des bâtiments et si on commence à paramétrer tout il faut quasiment avoir quelqu'un dédié. On a quelqu'un dédié à l'agence pour le développement du logiciel mais elle va développer une famille, elle va développer un gabarit, une manière de faire et d'utiliser le logiciel cadré mais voilà après nos économistes ne récupèrent pas encore notre modèle, ils cliquent sur le bouton il y a tout non on n'a pas ça. Mais c'est hyper intéressant mais voilà ça demande beaucoup de travail. On demande de plus en plus aux architectes, on est avant tout des concepteurs, on peut paraître un peu informaticien, technicien mais bon. On nous demande de plus en plus. Il faut être juriste, ça se complexifie. Avant il y a 15 ans on dessinait, on était des concepteurs. Évidemment on avait des notions techniques mais c'était moins poussé que ce qu'on nous demande aujourd'hui.

-Pendant mon stage en Allemagne, l'agence utilisait le BIM pour créer ne base de données complète en associant à chaque élément du bâtiment un passeport ou une carte d'identité qui a toutes les propriétés ; le matériau, les dimensions, le poids, les propriétés thermiques, acoustiques etc.

Oui c'est exactement ça. C'est super bien. Mais est-ce que c'est du coup un autre métier. Il faudrait à côté de nous des informaticiens, qui font tout ça, la classification, ils récupèrent le modèle et ils structurent tout. Imagine une petite agence, imagine construire des modèles informatiques.

-C'est souvent avec des personnes extérieures à l'agence pour faire ce travail-là.

+Oui exactement, des personnes extérieures qui font que ça. Mais on en parle moins de BIM parce que justement les honoraires ont bien augmenté avec le BIM, c'est du travail à produire en plus. Mais quel maître d'ouvrage aujourd'hui veut s'investir. A part un maître d'ouvrage public qui lui va avoir une récurrence d'intervention sur ses

bâtiments par exemple, dans 20 ans, il sera toujours mon bâtiment, je vais devoir le rénover etc. Voilà ça ça peut marcher, mais comment tu fais en privé ? Qui va leur imposer de faire ça ?

-Il y a certains pays où le BIM est imposé pour les projets publics pour permettre ce suivi.

+Oui ça paraît très logique. Mais c'est dommage parce que je pense qu'il y a plus de bâtiments qui se construisent dans la sphère du privé que du public. C'est vrai que je ne me suis jamais posé la question. Que présente le public en termes de volume de construction. Ça doit être moins que le privé. Vu tous les logements, bureaux, tertiaires, individuel, tout ça c'est du privé. On a redécouvert une manière de concevoir avec le BIM. On utilise également Enscape associé à Revit pour faire des rendus. Toute suite en 3D de manière réelle, tu peux décider, faire des choix alors qu'avant ce n'était pas possible.

-Oui déjà pour visualiser le projet c'est bien mais également pour pouvoir expérimenter avant la construction physique.

+Exactement. C'est hyper bien. Et tu peux concevoir intérieur et extérieur en même temps, avant je sais même plus comment on faisait. On faisait du 2D, on faisait des croquis mais on passait des heures. On faisait moins d'essai aussi. Une fois qu'on avait dessiné un plan on se lançait. Le BIM a révolutionné notre manière de concevoir mais la démarche BIM si on veut qu'elle soit efficace il faut que ça se structure et que les gens se spécialisent. Mais on est architecte au départ, quelles sont les limites de nos compétences. Je vais devoir y aller mais j'espère que j'ai répondu à tes questions.

-Oui merci beaucoup. Bonne journée.

+Bonne journée.





