

RÉVERSIBILITÉ FRUGALE

CONCEVOIR UNE ARCHITECTURE CAPABLE

AUORE GROS

MÉMOIRE . NOVEMBRE 2023
DIPLÔME UNIVERSITAIRE «CONSTRUIRE ÉCO-RESPONSABLE»
PÔLE EVA-ADIG . UNIVERSITÉ GUSTAVE EIFFEL
Sous la direction de Baptiste François et Ivan Fouquet

SOMMAIRE

3 **INTRODUCTION**

4 *PARTIE I*
OBSOLESCENCE DÉPROGRAMMÉE

- Rétrospective d'une production architecturale périssable
- La réversibilité, les réversibilités

16 *PARTIE II*
UNE ARCHITECTURE RÉVERSIBLE ? OUI MAIS FRUGALE !

- Les solutions techniques et constructives de la conception réversible
- Faire rimer réversibilité avec frugalité

33 **CONCLUSION**

34 **BIBLIOGRAPHIE**

INTRODUCTION

« Ce qui est inadapté finit par disparaître »

Le constat alarmant de la situation environnementale remet en question le système actuel de production dans le domaine du bâtiment : les ressources les plus éco-responsables sont celles que l'on ne consomme pas.

La démarche de réhabilitation possède un grand potentiel pour la sauvegarde du "déjà-là". Il apparaît alors pertinent de concevoir des bâtiments facilement transformables pour les générations futures.

Ainsi, de quelles manières allonger la durée de vie des bâtiments en faveur d'une architecture durable ?

Les principes de l'architecture réversible seraient à étudier sous le prisme de la frugalité afin d'y parvenir.

1. ROLLOT Mathias, « l'Obsolescence : ouvrir l'impossible », MétisPresses, 2016, p.41

OBSOLESCENCE DÉPROGRAMMÉE

RÉTROSPECTIVE D'UNE ARCHITECTURE PÉRISSABLE

Les êtres-humains étaient, à l'origine, des groupes nomades, se déplaçant au rythme des animaux sauvages qui constituaient leurs ressources en nourriture et en habillement. Par ce mode de vie, ils employaient les matériaux dont ils disposaient de la manière la plus optimisée possible : chaque objet ou élément de mobilier était démontable et assurait plusieurs usages.

Les processus de construction résultaient exclusivement du territoire et des gisements de proximité. Les synergies entre la nature et la culture ont permis de générer des architectures vernaculaires, dont l'ingéniosité était le fruit de la connaissance ancestrale du milieu.

Des logiques de filières se sont développées, façonnant des cultures constructives localisées. Les habitants étaient pleinement acteurs dans la conception de leur lieux de vie. Ce savoir leur conférait le pouvoir de réparer et d'adapter les constructions aux nouveaux besoins.

Les bâtiments spécifiques, représentant le pouvoir (religion, souveraineté, civilité...), furent érigés avec somptuosité, pensés comme des structures permanentes.

Pour certains, leur robustesse leur a permis de persister jusqu'à nos jours.

Dans l'architecture ancestrale, le réemploi était systématique. A l'échelle du matériau comme à l'échelle de la construction, tous les éléments en bon état avaient plusieurs vies, dans une logique de bon-sens et d'économie des ressources.

Avec le développement de l'ère industrielle, les constructions ont progressivement perdu leur lien fondamental au territoire et à la logique de circularité de l'emploi de la matière, préférant des éléments standardisés issus de matériaux exogènes et des techniques de démolition rapide, peu onéreuses.

A partir de cette période, les bâtiments construits répondent à des caractéristiques mono-fonctionnelles, dans l'esprit du jetable. C'est dans le registre de l'habitat que démarre cette spécialisation des espaces et des bâtiments, pour ensuite

s'étendre aux autres programmes.

Malgré les pertinences d'une conception flexible dans toutes les sphères d'activités (habitat, bureaux, industrie, éducation...), la perte de cette caractéristique est due aux conjonctures économiques et culturelles.

Le courant hygiéniste, au début du XXe siècle, assoit le caractère normé de l'habitat et de l'urbanisme dans une démarche progressiste. Les préoccupations principales sont la pénétration de la lumière et la ventilation, laissant de côté l'ancrage contextuel des constructions. Ces nouvelles réflexions donnent naissance aux îlots ouverts, perdant au passage les qualités urbaines et thermiques permises par la mitoyenneté des îlots fermés Haussmanniens.

Les reconstructions de l'après-guerre donnent une place prépondérante au béton de ciment, permettant la rapidité, la solidité et la créativité architecturale¹. Sous la doctrine de la réparation par la destruction, il devient le matériau "par-défaut" de toutes les constructions neuves, devenant la nouvelle norme conventionnelle.

A la place de "modernisation" on pourrait parler de "bétonnisation."²

«La facilité sans cesse accrue à transformer et déplacer des matériaux en ignorant les contraintes géographique standardise cette technique partout dans le monde»³. La déconnexion des ressources et des territoires, a conduit à une perte des savoirs-faire constructifs traditionnels.

Dans les années 80's, Kenneth Frampton initie le régionalisme critique, impliquant à nouveau la relation dialectique entre l'architecture, la nature et la culture. Malgré le bon-sens, l'hégémonie du béton persiste encore aujourd'hui. Le système en place résiste au changement à cause de tous les intérêts économiques à l'oeuvre.

Ces procédés de standardisation et de globalisation sont à l'origine de dépendances fragilisantes à l'international.

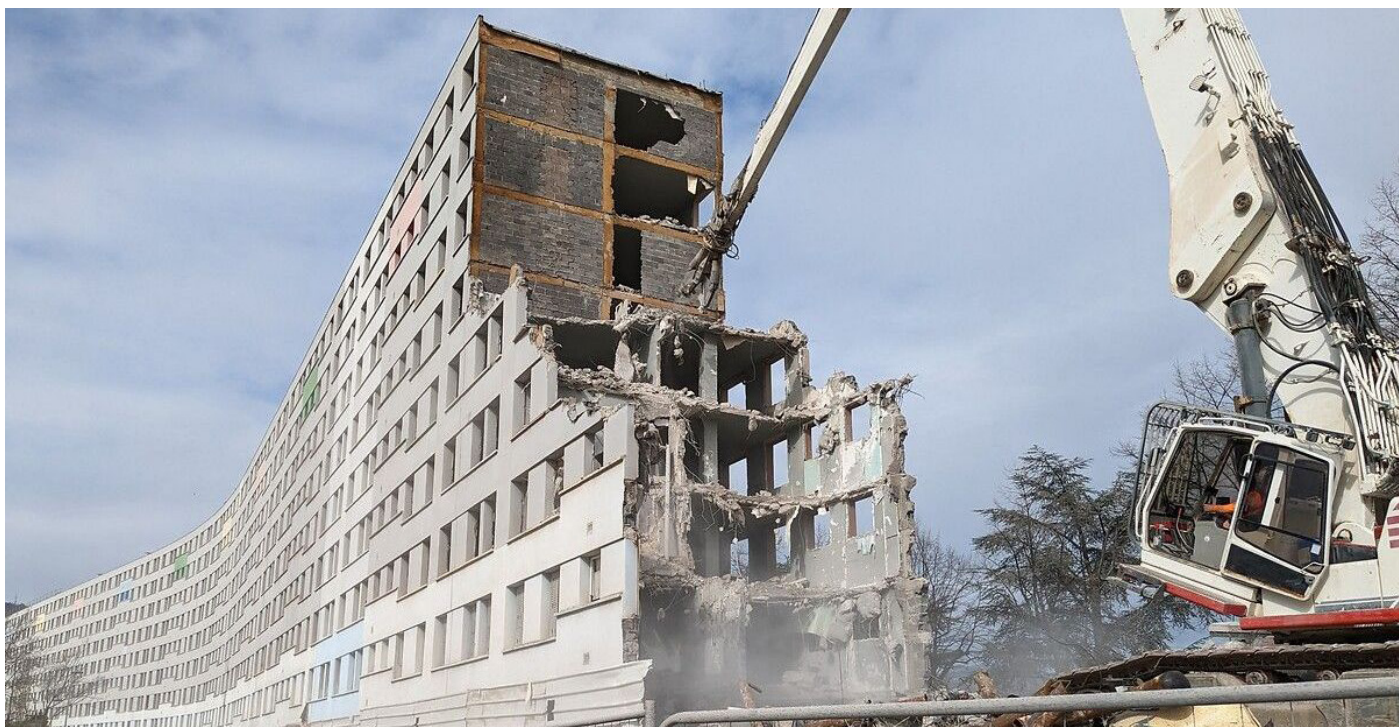
Le modernisme "n'a pas engendré une société de mondes ni une humanité de mondes, mais une mondialisation totalitaire"⁴.

1. RAGER Mathis, STERN Emmanuel, WALTHER Raphaël, « Le tour de France des maisons écologiques », Ed. Alternatives, 2020, p.12

2. FRESSOZ Jean-Baptiste, "Gènes ou "la réalité d'un monde de béton"" Le Monde 28 août 2018 (lemonde.fr)

3. RAGER Mathis, STERN Emmanuel, WALTHER Raphaël, « Le tour de France des maisons écologiques », Ed. Alternatives, 2020, p.12

4. MADEC Philippe, « Mieux avec moins », Ed Terre Urbaine, 2021, p.68



La barre d'immeubles dite « muraille de Chine », emblématique de Clermont-Ferrand, en cours de démolition le 6 avril 2023. ©radio France – Evan Lebastard

La société moderne capitaliste a érigé l'obsolescence comme fondement, à l'origine de la croissance économique et génératrice d'emplois. A l'image de la société industrielle et fonctionnaliste, l'hyper-spécialisation des bâtiments fait de l'architecture un produit de consommation. Ces édifices, contraints par une programmation rigide correspondent à un usage donné pour un temps donné, rendant leur transformation complexe.

L'augmentation des objectifs normatifs (sécurité incendie, accessibilité PMR, thermique...) combinée au mode-de-vie consumériste, conduit à démolir sans scrupules depuis la fin du XXe siècle pour construire des bâtiments plus performants, plus désirables et plus rentables⁵.

Ce processus, aujourd'hui devenu ordinaire, a engendré le phénomène d'obsolescence programmée des bâtiments. Chaque bâtiment conçu sur ce modèle est une caricature de son type.

Les valeurs minimales normatives, ayant à l'origine l'objectif d'assurer un habitat décent, sont devenues les valeurs courantes à ne pas dépasser pour correspondre aux objectifs de rentabilité des investisseurs. Les préoccupations

des maîtrises d'ouvrage sont centrées sur le rendement à court-terme et la pression financière de la loi du marché⁶. Les techniques, de plus en plus sophistiquées, sont devenues inaccessibles et opaques⁷ pour les usagers, excluant l'habitant de l'action sur son cadre de vie.

L'ensemble de ces processus ont conduit à une grande perte de qualité des productions architecturales.

Le glissement vers une architecture périssable et obsolète est en total contre-sens avec le bien-commun.

Contrairement aux modernes, pris dans l'emballage de leur époque, « nos contemporains sont impardonnables car ils connaissent l'influence délétère de ce type de bâtiments, pollueurs, non-contextuels, incohérents avec leur situation géographique, historique et écologique »⁸.

Les modes de vie anthropocentriques, exclusifs, extractivistes et non-régénératifs du XXe siècle nous ont menés aux désastres que nous constatons aujourd'hui⁹.

5. TELLIER Thibault « De l'humanisation à la destruction du béton. La politique de la ville des années 1970 aux années 1980, de la revue en ligne Métropolitiques) »

6. ELIARD Clémence, "Architecture et hyperspécialisation : comment retrouver la réversibilité des bâtiments ?", Pôle EVA - Université Gustave Eiffel, Novembre 2021, p.12

7. BORNAREL Alain, MADEC Philippe, GAUZIN-MULLER Dominique, "Commune frugale", Ed. Actes Sud, 2022, p.55

8. MADEC Philippe, « Mieux avec moins », Ed Terre Urbaine, 2021, p.48

9. BORNAREL Alain, MADEC Philippe, GAUZIN-MULLER Dominique, "Commune frugale", Ed. Actes Sud, 2022, p.28

LES VALEURS DE LA RÉHABILITATION

“Nous devons tous nous faire à l'idée que le demi-siècle qui vient sera celui de la rénovation, de la même manière que le précédent était celui de la reconstruction”¹⁰

Si la modernité s'est établie sur la doctrine de la tabula rasa, l'intérêt de la préservation des bâtiments est pourtant théorisée par Léon Battista Alberti dès le XVe siècle.

La profession d'architecte consiste à l'origine en la production d'une habitabilité potentielle par la construction, en s'installant sur les divers sites que nous offre la nature. L'exercice de faire un projet d'architecture au sein d'un bâtiment déjà construit « a été le sujet d'artisans et d'artistes pendant quelques siècles avant d'être le sujet revendiqué et lentement conquis par les architectes du XVI^e siècle au XX^e siècle, puis de basculer du côté du design et de la société de consommation dans la deuxième moitié du XX^e siècle.”¹¹

Aujourd'hui la réhabilitation ; considérant à la fois les édifices d'intérêt patrimonial et les constructions ordinaires ; est à nouveau au cœur des préoccupations des architectes.

Aux enjeux mémoriels s'ajoutent les défis environnementaux : « la quantité de matériaux à mobiliser en t/m² entre la construction neuve et la rénovation d'un bâtiment de logement est de 40 à 80 fois plus importante selon sa typologie »¹².

Dans la plupart des cas, les démolitions sont causées par une obsolescence d'usage plutôt que par l'obsolescence des matériaux qui composent le bâtiment. Une sensibilisation est à mener pour faire prendre conscience que chaque construction déjà érigée est à prendre en considération dans une démarche d'économie des ressources.

“L'ancien c'est l'avenir”

Les exemples de lieux en désuétude réinvestis pour de nouveaux usages dans une démarche de conservation dynamique, permettant de ne pas aboutir à une muséification du patrimoine bâti se multiplient : cinéma transformé en supermarché, gare en restaurant, hôtel particulier en musée, centre d'hébergement dans ancien hangar militaire, résidence étudiante dans des laboratoires, coworking dans une centrale électrique, espace solidaire dans un entrepôt, coliving dans des tours de bureaux, crèche dans une caserne...

La réhabilitation nécessite des compétences différentes de la construction neuve, ainsi une nouvelle méthodologie est à créer pour les architectes. Le processus de conception est différent car le projet émerge du “volume pour définir le programme, du stock pour qualifier les travaux, de l'énergie pour projeter un volume”¹³



Le Pavillon de l'Arsenal, construit en 1878, conçu pour être un « musée populaire », fut successivement une fabrique de poudre à canon, un restaurant, un atelier, des archives...

10. PELLETIER PHILIPPE, président du plan Bâtiment Durable dans LACAS Florent, “action coeur deville:200 projets de revitalisation devraient être signés en2020”, Batiactu, 11 septembre 2020 batiactu.fr

11. DE CALIGON Valérie, dans RUBIN Patrick, “Transformation des situations construites”, Canal Architecture, avril 2020, p.17

12. ADEME “(Etude) La construction neuve beaucoup plus consommatrice de matériaux que la rénovation,” ADEME presse, 20 décembre 2019 (presse.ademe.fr)

13. PAVILLON DE L'ARSENAL, « Conserver, Adapter, Transmettre », Ed. Pavillon de l'Arsenal, 2022, p.10

Le point de départ de toute transformation est le diagnostic de l'existant, qui doit aller bien au delà de l'approche énergétique et structurelle. L'analyse doit être globale, à l'échelle du bâtiment mais aussi du territoire et prendre en compte l'impact de l'intervention sur l'environnement du projet.¹⁴

En théorie, tout édifice peut faire l'objet d'une réhabilitation mais, selon ses caractéristiques, sa reconversion nécessite plus ou moins d'attention, d'efforts de mise en oeuvre et de coûts. Les facteurs les plus impactants sont sa morphologie, son principe structurel, ses matériaux, ses hauteurs libres, la présence ou non de matériaux dangereux etc.

Le principal héritage du XXe siècle dont nous disposons est composé de béton.

Les bâtiments des années 60-70 en structure poteaux-poutres sont aisés à reconfigurer, leur hauteur libre permet de faire passer les réseaux et la façade est remplaçable.

Dans le patrimoine des années 80, les façades sont souvent porteuses, imposant des démolitions importantes pour la mutation.

Les bâtiments des années 90, opèrent un retour à l'ossature béton mais les bâtiments de bureaux sont compliqués à réinvestir en raison de leur épaisseur de 18 m.¹⁵

Les bâtiments de logements présentant une hauteur libre de 2.5m et des murs de refends sont les plus complexes à faire évoluer.

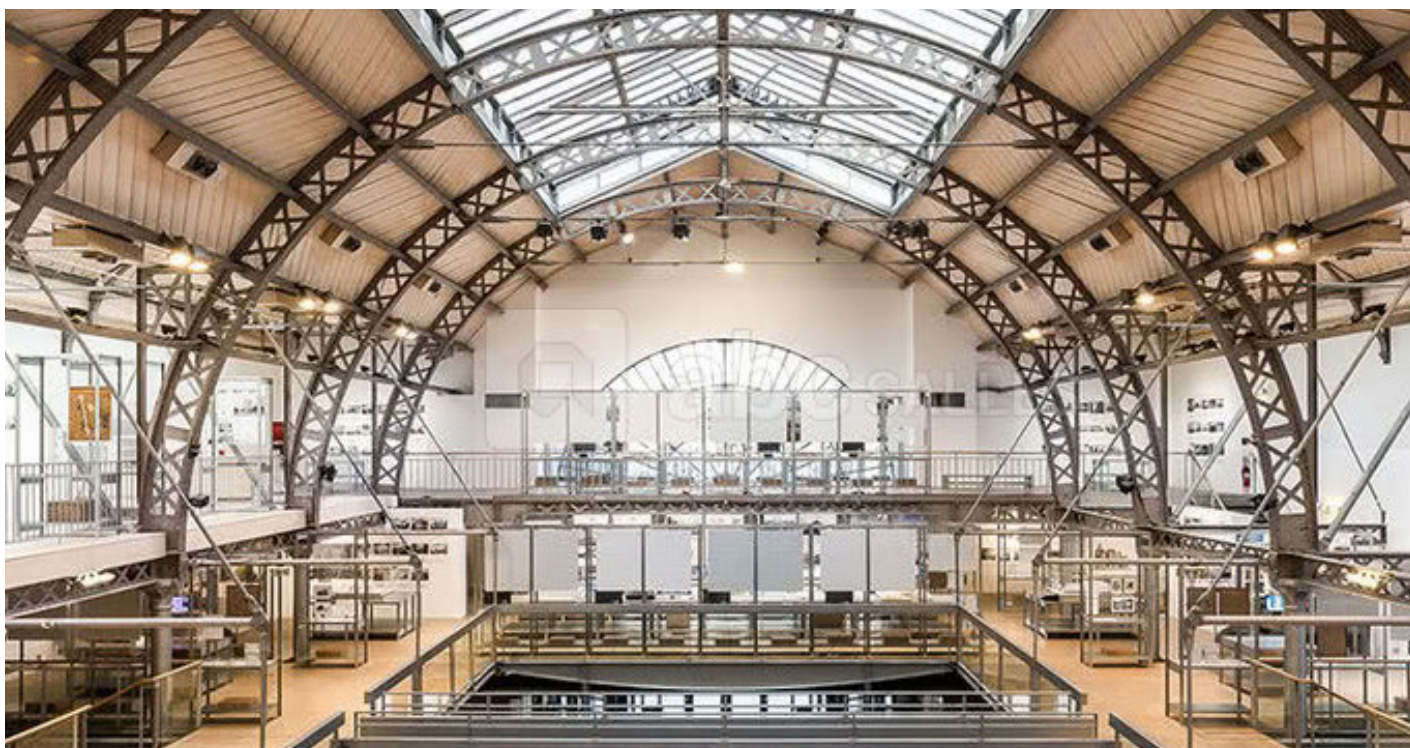
Lorsque l'on compare les chiffres du parc immobilier de bureaux vacants, près de 4,4 millions de m² disponibles en Ile de France en 2023¹⁶ avec les chiffres du mal logement en France, 1 million de personnes privées de logement en France et 3 millions vivant dans des conditions très difficiles¹⁷, il semble évident d'envisager la transformation des ces ressources bâties.

Toutefois, cette volonté se heurte à l'inaptitude des bâtiments vacants à se reconverter, car leur transformation nécessiterait une intervention trop lourde et coûteuse, avec un impact environnemental important et un temps de chantier très long.

“Le béton combiné avec un manque de vision à long terme dans la conception est irréversible”¹⁸

Afin de faciliter le processus de réhabilitation pour les générations futures, pourquoi ne pas anticiper les transformations dès aujourd'hui ?

La démarche de réversibilité part du principe que la transformation des bâtiments est l'une des solutions à privilégier face aux enjeux environnementaux et sociétaux actuels et qu'il est pertinent d'intégrer ces considérations en amont de tout projet.



Réhabilité par Reichen&Robert Architectes, le bâtiment retrouve sa fonction d'origine en tant que lieu d'expositions (photographies : avant pavillon-arsenal.com / après abcsalles.com)

14. MADEC Philippe, « Mieux avec moins », Ed Terre Urbaine, 2021, p.125

15. HAYE Olivier dans RUBIN Patrick, “Construire réversible”, Canal Architecture, avril 2017, p.65

16. https://www.challenges.fr/entreprise/vie-de-bureau/que-faire-des-millions-de-bureaux-vides-autour-de-paris_848033

17. Rapport annuel de la fondation Abbé Pierre sur l'état du mal logement en France fin 2020

18. ELIARD Clémence, “Architecture et hyperspécialisation : comment retrouver la réversibilité des bâtiments ?”, Pôle EVA – Université Gustave Eiffel, Novembre 2021, p.14

LES RÉFLEXIONS SUR LE THÈME DE L'ARCHITECTURE TRANSFORMABLE AU XXe SIÈCLE

Au fil du XXe siècle, les thèmes de la flexibilité et de l'adaptabilité ont été identifiés par certains architectes comme l'élément clé de l'innovation.¹⁹

La maison Dom-ino (1914) est le premier icône architectural qui vient en tête lorsque l'on aborde le thème de la flexibilité. Le Corbusier y exploite les qualités du béton armé pour générer un plan-libre, avec un système de poteaux et de poutres noyées dans la dalle et avec une façade non-porteuse. Plutôt qu'une architecture, ma maison Dom-ino est un mode constructif. A ce squelette sont ajoutés des éléments standardisés – la porte, l'élément de cuisine, la fenêtre, le garde-corps – mais « grâce à la liberté infinie de combinaisons des modules et du plan-libre, (il) évite la standardisation du « tout » et donc de la cellule. »²⁰ La maison Schröder de Rietveld (1924) est une concrétisation de l'aspiration du mouvement moderne, considérant le plan libre comme l'« affranchissement de l'espace de vie »²¹

Dans les années 60's, naît le mouvement de l'Open Building explicité par John Habraken²². La capacité de l'architecture à rendre possible le changement se traduit alors par des structures équipées de branchements pour y ajouter des pièces selon les besoins.

Selon cette pensée, un projet n'est pas achevé au moment de sa livraison mais fait partie d'un processus d'utilisation continu, d'adaptation et d'évolution auquel les usagers et habitants participent activement. Le programme fonctionne à différents niveaux de complexité, de la ville à la pièce.²³ De nombreux travaux résultent de ce mouvement tel que ceux d'Archigram, de Cédric Price, de Superstudio etc

A cette période, les réflexions sur la flexibilité se rapportent plutôt à des « solutions, outils, objets, dispositifs qui définissent l'habilité intérieure en termes de design plus que d'architecture » qui sont à glisser dans « un abri construit, chauffé, connecté, et desservi, dont la forme architecturale n'est plus un sujet »²⁴.

La notion de « potentiel spatial » est explorée par Herman Hertzberger dans les années 70's, philosophie selon laquelle les immeubles offrent des structures que les usagers peuvent adapter à leurs besoins. Les pièces sont indéterminées et ont toutes des caractéristiques identiques.

L'immeuble Centraal Beheer, Apeldoorn aux Pays bas (1972) est la concrétisation de son principe de cellules à moindre spécifications : une structure modulaire en béton précontraint, dessine un réseau d'espaces de dimensions égales. La structure est décrite comme un « instrument organisationnel », offrant aux usagers divers modes d'utilisation dans un environnement créatif et occasionnant les contacts informels.²⁵

En 1997, Gustau Gili Galfetti subdivise le concept de flexibilité en trois types : « la mobilité, qui permet une modification rapide des espaces sur une base virtuellement instantanée, autorisant une reconfiguration au jour le jour ; l'évolution, qui est la capacité intégrée de modification ultérieure du plan de base pendant des années ; l'élasticité, qui concerne l'expansion ou la contraction de l'espace habitable. »²⁶

Ces réflexions passionnantes sont ancrées dans les courants de pensée de leur époque, décorrélant le bâtiment de son milieu. On parle de système constructif, d'instrument organisationnel...

Toutefois ces références sont riches d'enseignements pour inspirer la conception architecturale au XXIe qui, à l'inverse, puise son supplément d'âme dans les ressources spécifiques des localités.

19. KRONENBURG Robert, « Flexible », Ed. Norma, 2007, p.41

20. Ibid p.16

21. Ibid p.17

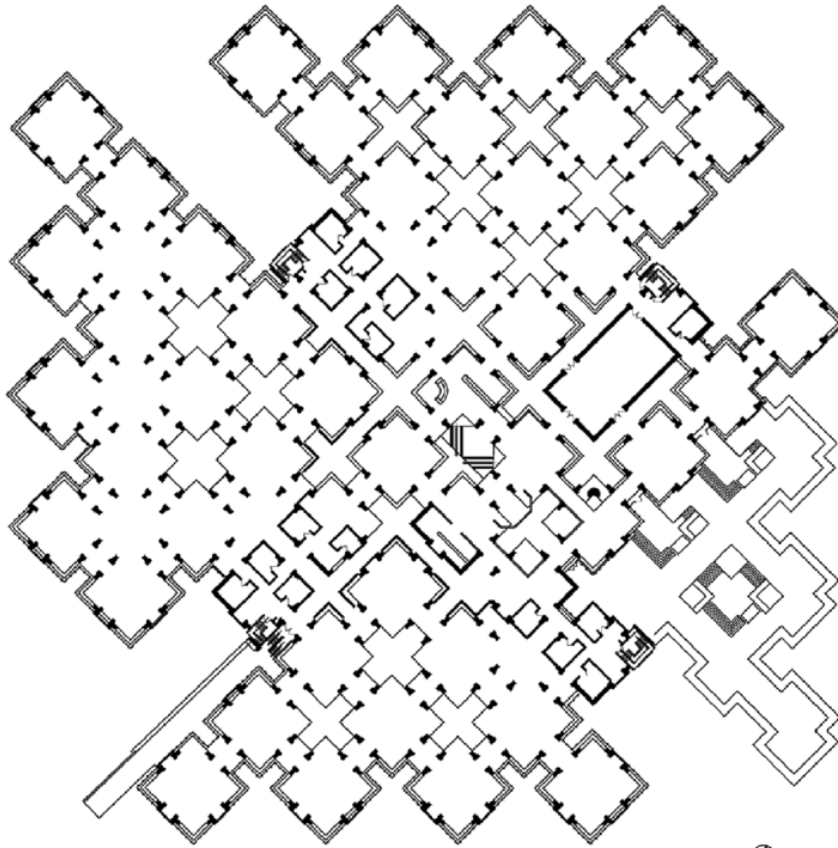
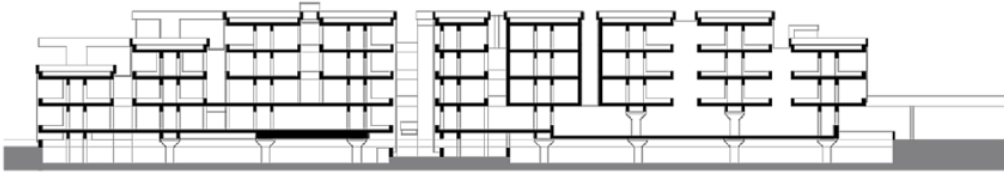
22. HABRAKEN John, "Supports : An alternative to Mass Housing" 1961, Nouvelle Edition, Seattle 1999

23. KRONENBURG Robert, « Flexible », Ed. Norma, 2007, p.58

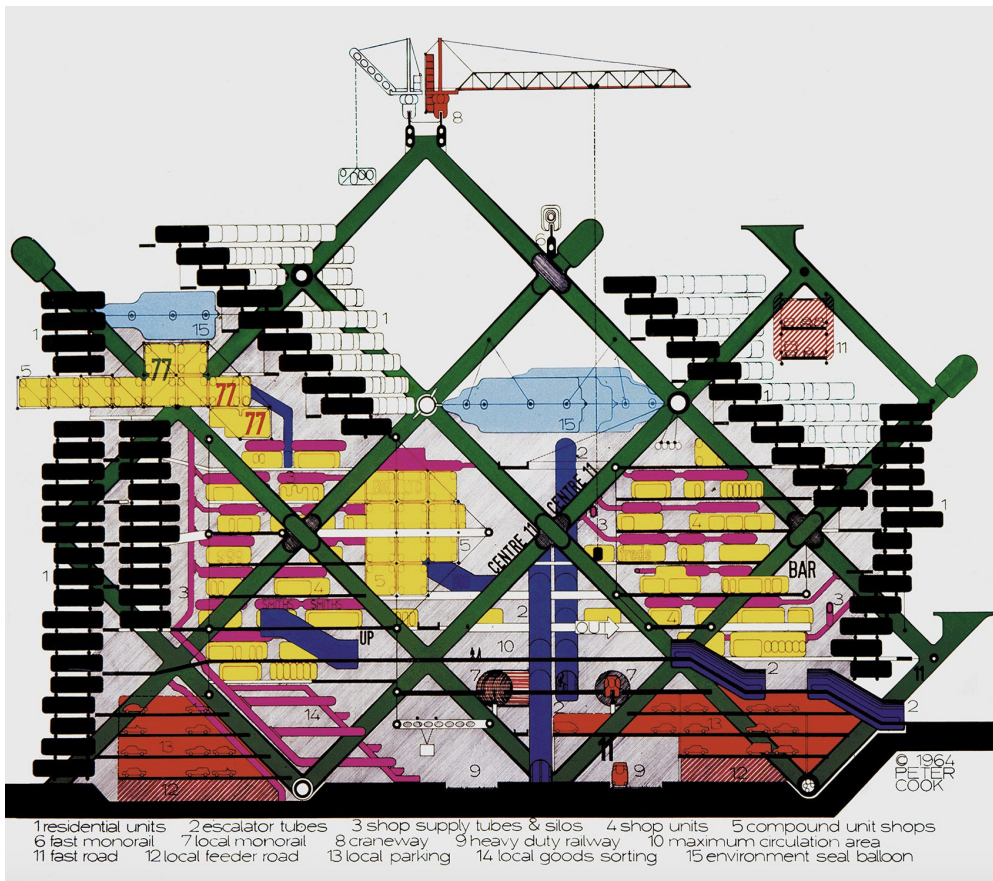
24. DE CALIGON Valérie, dans RUBIN Patrick, "Transformation des situations construites", Canal Architecture, avril 2020, p.18

25. KRONENBURG Robert, « Flexible », Ed. Norma, 2007, p.63

26. Ibid p.50 à propos de Gustau Gili Galfetti, "Model Apartments: experimental domestic cells" Barcelone 1997



Centraal Beheer Headquarters, 1974, Herman Herzberger



Plug-in City, Archigram, 1964

LA PRISE DE CONSCIENCE DU XXI^e SIECLE POUR UNE ARCHITECTURE RAISONNÉE

Depuis les années 90's, la prise de conscience environnementale se généralise et prend de l'ampleur. L'architecture est l'art du dialogue entre nature et culture et en ce début du XXI^e siècle, ces valeurs sont à nouveau au coeur des préoccupations des concepteurs en quête d'une production bâtie plus raisonnée.

“Les localités, temporalités, identités, territoires, particularités, spatialités, quotidiennetés, redeviennent des principes actifs d'établissement humain, nourris au sein de la vie.”²⁷

Désormais, « l'illusion que seule la nouveauté est séduisante ne fait plus recette ».²⁸

Les techniques ancestrales, éteintes par l'hégémonie du béton, sont redécouvertes. “On redéveloppe enfin des filières qui s'avèrent à bien des égards plus prometteuses que le béton et les matériaux industriels pour répondre aux problématiques du siècle à venir : durabilité, propreté, recyclabilité, proximité, efficacité énergétique...”²⁹

Nous sommes entrés dans l'ère de la frugalité.

Le terme de frugalité, vient du latin frux, signifiant “le fruit” et désigne “la juste récolte des fruits de la Terre” selon l'acception du philosophe romain Apulée.³⁰

Le mouvement pour une Frugalité Heureuse et Créative, né du manifeste co-rédigé en 2018 par l'ingénieur Alain Bornarel, l'architecture-chercheuse Dominique Gauzin-Müller et l'architecte-urbaniste Philippe Madec³¹, dresse le portrait d'une architecture raisonnée et vertueuse, oeuvrant pour le bien-commun à travers la frugalité en énergie, la frugalité en matière, la frugalité en technicité et la frugalité pour le territoire.

La frugalité est « une ambition éthique des concepteurs et des réalisateurs de l'établissement humain pour qui la ressource (sa protection, son bon usage) s'avère un enjeu essentiel. Elle est fructueuse (même racine étymologique) et se nourrit de richesses »³²

“Conscients de la lourde responsabilité des bâtisseurs dans le dérèglement global, ils appellent à mettre fin aux pratiques de construction et d'aménagement des territoires, génériques, productivistes et mondialisés, hérités du XX^e siècle.”³³

Grâce au recours à des ressources locales, matérielles et immatérielles, la frugalité ambitionne de proposer un cadre bâti joyeux et désirable.

Pour relever les défis environnementaux, le courant du « high-tech » défend le recours systématique à la technique pour guérir les dommages causés par cette même technique. En contrepied a démarche frugale encourage la lecture sensible des territoires, la prise en compte de la dynamique des milieux, le ménagement durable et l'équilibre de la diversité des vivants (commune 22) La frugalité n'exclut en aucun cas la technique contemporaine, mais elle préconise de l'employer à bon escient, de manière appropriée et sans généralisation.

Les projets frugaux “privilégient l'approche bioclimatique et passive pour l'énergie et le confort; la mise en oeuvre de matériaux et de systèmes constructifs biosourcés, à faible énergie grise ou bas carbone; le recours avec modération et de façon écoresponsable à la technologie pour les systèmes techniques et les réseaux; l'insertion dans le territoire pour ce qui est des ressources et des répercussions au niveau de la vie culturelle, sociale et économique; l'élaboration en commun avec la participation des habitants, la prise en compte de l'usage et la responsabilisation des usagers.”³⁴

Les ressources naturelles sont précieuses et doivent-être utilisées de manière juste dans le but de faire “mieux avec moins”.

27. MADEC Philippe, « Mieux avec moins », Ed Terre Urbaine, 2021, p.95

28. PAVILLON DE L'ARSENAL, « Conserver, Adapter, Transmettre », Ed. Pavillon de l'Arsenal, 2022,p.5

29. RAGER Mathis, STERN Emmanuel, WALTHER Raphaël, « Le tour des matériaux d'une maison écologique », Ed. Alternatives, 2023, p.15

30. BORNAREL Alain, MADEC Philippe, GAUZIN-MULLER Dominique, “Commune frugale”, Ed. Actes Sud, 2022, p.16

31. BORNAREL Alain, MADEC Philippe, GAUZIN-MULLER Dominique, “Manifeste pour une Frugalité Heureuse et Créative”, 2018

32. MADEC Philippe, « Mieux avec moins », Ed Terre Urbaine, 2021, p.103

33. BORNAREL Alain, MADEC Philippe, GAUZIN-MULLER Dominique, “Commune frugale”, Ed. Actes Sud, 2022, p.11

32. MADEC Philippe, « Mieux avec moins », Ed Terre Urbaine, 2021, p.97

LA RÉVERSIBILITÉ, LES RÉVERSIBILITÉS

Le Larousse définit l'adjectif Réversible par « qui peut revenir en arrière, qui peut se produire en sens inverse ».¹

Dans le domaine de l'architecture, cette terminologie est employée pour diverses applications :

- **Réversibilité fonctionnelle** : passage d'un usage à un autre.
- **Réversibilité constructive** : déconstruction permettant de revenir à un état antérieur.
- **Réversibilité patrimoniale** : mise en oeuvre qui permet une restitution à l'identique.

Au sens large, la conception réversible en architecture pourrait ainsi être traduite : **une conception qui anticipe le changement pour faciliter la transformation future.**

L'objectif de cette démarche est de minimiser la complexité des modifications à prévoir d'un point de vue technique, pour réduire l'empreinte carbone et le coût de la mutation.

La réversibilité fonctionnelle, rendue possible par une combinaison entre les contraintes techniques, réglementaires des différents usages², vise à optimiser le bilan financier et à diminuer l'impact écologique de l'intervention par une utilisation de matière minimale par rapport à une réhabilitation lourde. Les transformations peuvent être anticipées selon deux mécanismes : la réversibilité dirigée ou indéterminée.

Le terme de la flexibilité y est souvent associé, il s'agit de la capacité d'un espace construit à s'adapter de manière évolutive.

La réversibilité constructive propose deux lectures : à l'échelle du bâtiment, elle est l'objet d'une conception "facilitant la future déconstruction en retrouvant l'état initial du terrain"³ tandis qu'à l'échelle de l'élément, elle représente la démontabilité, soit la capacité d'un ouvrage à être déconstruit, en procédant à la dépose et au tri sélectif des matériaux dans une visée de réutilisation.

Le terme de la modularité y est souvent associé, il désigne la "capacité d'un ouvrage à évoluer par remplacement, ajout ou soustraction de modules".⁴

L'ensemble de ces procédés s'intègrent dans un processus de transformation qui se décline avec nuance sous les termes de réhabilitation, reconversion, restructuration, rénovation etc

De manière inhérente, la réversibilité est indissociable de la notion de **temporalité**.

Plusieurs échéances peuvent être impliquées : la réversibilité au futur – la seconde vie ; la réversibilité à moyen-terme – évolution de l'espace conservant le même usage ; la réversibilité au présent – des usages mixtes mutualisés.

Ces considérations sont applicables pour les constructions neuves mais aussi dans le cadre des projets de réhabilitation, pour lesquels il est tout aussi pertinent de faciliter l'évolution.

Ces dispositifs permettent de faire face à l'obsolescence grâce une aptitude à évoluer de manière à conserver la qualité des ouvrages à chaque échelle. Ceci est rendu possible par un effort de conception supplémentaire et face à des changements incertains.

Ces préoccupations pourraient être regroupées sous le terme d'une architecture **capable**.

1. Larousse.fr

2. ARTELIA, « Guide Réversibilité, Aide à la conception dans le cadre d'un projet réversible bureau-logement », Février 2020, p.2

3. Ibid, p.3

4. RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, P.11

LES PERTINENCES D'UNE CONCEPTION RÉVERSIBLE : UNE DÉMARCHE DURABLE

*“L'idée des bâtiments réversibles
est frappante de bon sens”⁵*

En France, le secteur du bâtiment représente 43 % des consommations énergétiques et il génère 23 % des émissions de gaz à effet de serre par an⁶.

Chaque édifice existant est précieux car il a demandé à la Terre de consommer ses ressources. Tout ce qui est déjà-là est donc à préserver tant que possible.

L'objectif est d'utiliser les matériaux mis-en-oeuvre le plus longtemps possible pour ne pas avoir besoin de repuiser dans les ressources, permettant ainsi d'amortir au maximum l'empreinte carbone du projet.

En effet, la ressource la plus éco-responsable est celle que l'on ne consomme pas.

Nous prenons conscience de la valeur des ressources naturelles en tant que patrimoine commun. Si l'architecture est définie comme une expression de la culture relevant de l'intérêt public en 1977⁷, nous savons aujourd'hui que préserver le bâti et le transformer agit également pour l'intérêt général.⁸

A travers la réversibilité, la ville peut se reconstruire sur elle-même. En cela, elle préserve les terres agricoles et contribue à la lutte contre l'étalement urbain, en concordance avec l'objectif de “Zéro Artificialisation Nette”⁹.

Lorsque l'on est contraint à démolir un bâtiment, la cause provient généralement de désordres structurels causés par la mauvaise qualité des matériaux utilisés ou les malfaçons de mise-en-oeuvre.

La vision obsolète de “la décennale” laisse un patrimoine bâti inexploitable sur le long-terme. La conséquence de ces négligences entraîne “une surconsommation de matières premières et une surproduction de déchets”¹⁰

L'application de la RE2020 nous projette à une durée de vie du bâtiment de 50 ans avec l'ACV mais la structure devrait être conçue pour une durée bien plus longue, des centaines d'années peut-être.¹¹

Les bâtiments réalisés à l'économie ne peuvent pas s'adapter car leur mauvaise qualité ne leur permettra pas d'« endurer le temps ».¹²

La capacité de transformation d'un bâtiment doit donc aller de pair avec son aptitude physique du bâtiment à avoir une durée de vie plus longue.

Le recours à des matières-premières de bonne qualité et pérennes, dans des dispositions pensées et mises-en-oeuvre avec soin, permettront aux ressources de perdurer dans le temps long au sein de l'édifice, ainsi que d'étaler la dépense carbone dans le temps afin d'être “rentable écologiquement”.

Nos modes de vie évoluent sans cesse dans une société qualifiée de liquide¹³. En ces termes, la conception réversible constitue un levier de pérennité par l'adaptabilité.

Pour Franck Boutté, la pérennité est l'expression de la capacité à se transformer, « d'anticiper les cycles d'usage courts et dans le même temps d'encaisser sur le long terme plusieurs transformations et changements programmatiques. Cela impose une prise de risque, d'accepter une forme de non-programmation et d'indéterminé des lieux et des espaces, quelle qu'en soit l'échelle. On est à l'inverse même de l'univers réglementaire et technique de l'aménagement et de la construction en France, fondé sur la surdétermination et l'hypercontrôle. »¹⁴

5. VINCENDON Sibylle dans RUBIN Patrick, “Construire réversible”, Canal Architecture, avril 2017, p.16

6. ecologie.gouv.fr

7. loi n°77-2 du 3 janvier 1977 sur l'architecture, art. 1 : “L'architecture est une expression de la culture. La création architecturale, la qualité des constructions, leur insertion harmonieuse dans le milieu environnant, le respect des paysages naturels ou urbains ainsi que du patrimoine sont d'intérêt public”

8. RIESTER Franck dans RUBIN Patrick, “Transformation des situations construites”, Canal Architecture, avril 2020, p.92

9. Loi climat et résilience

10. RAGER Mathis, STERN Emmanuel, WALTHER Raphaël, « Le tour de France des maisons écologiques », Ed. Alternatives, 2020, p.232

11. GEORGES Bruno dans DEMIANS Anne, “La réversibilité des bâtiments pour une ville décarbonée”, Ed. Le Moniteur, avril 2023, p.101

12. PROST Philippe dans RUBIN Patrick, “Transformation des situations construites”, Canal Architecture, avril 2020, p.47

13. Terme de Z. Bauman

14. BOUTTE Franck, dans RUBIN Patrick, “Transformation des situations construites”, Canal Architecture, avril 2020, p.89

Ainsi, c'est la « capacité d'évolution qui fera la qualité du cadre de vie et la valeur du patrimoine. »¹⁵

L'aptitude à la mutation est valorisable financièrement car "l'augmentation de la durée de vie d'un bâtiment augmente sa valeur foncière".¹⁶

Le coût de construction est donc à réévaluer au regard de l'investissement à long terme que le bâtiment représentera. L'objectif ne doit pas être de produire le bâtiment le moins cher mais le bâtiment qui aura le moins d'impact pendant sa construction et pendant son exploitation, dans une réflexion de coût global et de coût collectif.

Nous ne devons pas oublier que lorsque le choix de l'économie est fait au détriment de la qualité, c'est donc collectivement que nous en payons le prix.

*"On parle toujours du coût de construction
mais jamais du coût global : social, écologique, culturel...
ça n'a pas de prix ça !"¹⁷*

L'attention portée à la conception offrira des conditions optimales pour les réhabilitations à venir et la résilience programmatique urbaine. La réversibilité permet d'esquisser un nouveau référentiel dimensionnel, donnant plus de liberté pour créer des volumes capables, au profit des qualités spatiales.

Par cela, ces bâtiments parviendront peut-être à susciter l'affection de ceux qui l'utilisent pour qu'ils souhaitent les entretenir et les préserver.

Il y a dans la réversibilité une poésie du legs, une transmission vertueuse aux générations future dans une logique ancestrale.



Ydeal, Logements et/ou bureaux à Lyon, par Diener & Diener et Clément Vergély, 2021

15. RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017

16. DEMIANS Anne, "La réversibilité des bâtiments pour une ville décarbonée", Ed. Le Moniteur, avril 2023, p.9

17. BOUCHAIN Patrick dans RUBIN Patrick, "Transformation des situations construites", Canal Architecture, avril 2020, p.61

LES HEURTS DE LA DÉMARCHE FACE AU SYSTÈME ACTUEL

Les modèles actuels de rentabilité

“À 4 500 euros le m² de construction 100% écologique, comment envisager un changement de paradigme global dans le monde du bâtiment ?”¹⁷

Nous avons hérité du courant moderne et des procédés de standardisation, des trames spécifiques auxquelles doivent répondre les bâtiments selon leur typologie, en particulier pour les bureaux et les logements. Les logements doivent répondre aux critères de 2.5m de hauteur libre et 15m de profondeur pour le bon ratio entre la SHAB et le linéaire de façade. Pour les bureaux, la hauteur sous faux-plafond doit-être de 2.70m, l'épaisseur de 18m pour caler la structure sur les places de parking, le tout avec une trame de 1.35m en façade pour débiter des bureaux de 2,70m de largeur. Les minimums réglementaires sont devenus la norme, qu'il ne faut pas dépasser au risque de compromettre l'équilibre économique des opérations du point de vue des promoteurs.

Ce sont les optimisations financières qui ont elles-même conduit à empêcher les structures urbaines et bâties de disposer de leurs capacité de transformation.¹⁸

Dans le cadre de la conception réversible, les surcoûts observés proviennent principalement de quatre aspects : la nécessité de respecter l'ensemble des normes (sécuritaires, acoustique, accessibilité) des programmes visés, certaines pouvant être traitées en mesures conservatoires ; un travail supplémentaire des architectes en études qui travaillent sur plusieurs scénarios de projets et d'évolution ; le recours à des matériaux plus qualitatifs pour assurer la pérennité de l'ouvrage dans un temps long - la générosité des espaces au détriment des minimums usuels.

Or le surcoût n'est acceptable que si il y a un retour sur investissement. Pour que la démarche de la réversibilité se développe auprès des investisseurs, le modèle soit être présenté comme rentable avec une valeur supplémentaire chiffrable.

La réversibilité augmente longévité du revenu locatif en permettant de muter en cas d'obsolescence de la destination première, ou de changement de contexte (politique commercial, climatique...). Cela "crée une valeur intrinsèque du bâtiment, valorisable à la construction".¹⁹ Pour concrétiser cette valeur, l'architecte doit présenter des scénarios d'évolution et exprimer ce qui entraînera la réversibilité.

En revanche, le bâtiment réversible n'est intéressant financièrement que si l'investisseur a l'intention de conserver la construction sur une longue durée. Si le bâtiment est vendu dès sa finalisation, la pérennité de l'actif n'a aucun intérêt pour lui. Il pourra toutefois faire valoir son caractère capable pour faire augmenter le prix de vente car cette caractéristique est créatrice de valeur dans le temps.²⁰

La difficulté est que l'obsolescence programmée bénéficie à l'ensemble des acteurs de la construction.

A très court-terme, la démolition-reconstruction ou la vacance est la solution la plus « rentable, rapide, maîtrisable et techniquement éprouvée ».²¹

Sur le long-terme, il reste pourtant moins cher de construire un bâtiment réversible que d'opter pour une démolition-reconstruction.

La loi du marché actuelle favorise le profit immédiat sur le modèle de la construction neuve plutôt que d'évaluer la rentabilité en termes de cycle de vie. L'alternative de la réversibilité pourra donc être économiquement viable dès lors que le système économique prendra en compte le coût global de l'opération sur le temps long.²²

« Il faut expliquer aux maîtres d'ouvrage qu'(...) il n'est pas aberrant de dépenser 10% de plus si le bâtiment a une durée de vie plus longue. Il n'est pas absurde non plus que les architectes soient plus rémunérés pour pouvoir réfléchir à des bâtiments pérennes et prévoir non pas un mais deux projets. »²³

17. RAGER Mathis, STERN Emmanuel, WALTHER Raphaël, « Le tour des matériaux d'une maison écologique », Ed. Alternatives, 2023, P.237

18. 14. BOUTTE Franck, dans RUBIN Patrick, "Transformation des situations construites", Canal Architecture, avril 2020, p.76

19. DEMIANS A. « Black Swans », Architectures Anne Démiens, 2013-2019 <https://www.annedemians.com/projets/black-swans---strasbourg-2013-2019> (08/07/2022)

20. BOUCHET Emilie, "Réversibilité du bâtiment : conception et équilibre économique", Cas d'étude du bâtiment Lyon 04 à Marseille, Thèse Professionnelle, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ParisTech, juillet 2022

21. RIESTER Franck dans RUBIN Patrick, "Transformation des situations construites", Canal Architecture, avril 2020, p.92

22. BLASSEL Jean-François dans RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.56

23. MENARD Raphael dans RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.54

Un système réglementaire complexe

Les normes préviennent les abus mais sont limitantes pour les processus expérimentaux. Le développement de la réversibilité est notamment freiné par le “mille-feuille juridique et assurantiel”²⁴ dû aux réglementations à combiner dans l’anticipation des changements d’usages.

Le cumul des normes est techniquement possible, les livraisons de bâtiments réversibles ces dernières années en attestent. Cependant, l’addition de plusieurs réglementations implique de donner plus de générosité à certains dimensionnement, s’éloignant à nouveau de l’équilibre financier à court-terme.

Un effort supplémentaire est nécessaire en études pour parvenir à un optimum de réversibilité, en “lissant” les standards.

Suivant cet objectif, Anne Démians et Icade créent conjointement le label Immeubles à Destination Indéterminée IDI en 2019. Il vise à amorcer une “syntaxe homogène permettant cette souplesse et ce métissage des fonctions”.²⁵

Par ailleurs, un « permis à double état » expérimental a été mis en place à l’occasion de l’organisation des Jeux Olympiques de Paris 2024. Il autorise à l’acceptation du PC, les deux états successifs des futurs ouvrages. « Un état provisoire pour les JO et un état définitif, pour accueillir notamment du logement. Ce nouveau dispositif pourrait préfigurer le futur “permis réversible”, qui reste à inventer en dehors de ce type d’évènements exceptionnels ». ²⁶

Pour concevoir un bâtiment il n’est toutefois pas nécessaire de déposer un permis valant double-destination. Le projet peut être pensé pour être capable d’évoluer indépendamment du système déclaratif. Le projet serait adapté à sa destination première tout en correspondant aux critères de la réversibilité en termes de morphologie, pérennité etc.

Ce fonctionnement permet d’agir dès aujourd’hui pour un cadre bâti plus qualitatif, en restant plus souple dans les contraintes à intégrer. Il est à noter qu’a, les réglementations auront probablement évolué (stationnement, hauteurs etc) et la situation climatique également.

Toutes les contraintes des programmes envisagés ne sont pas à satisfaire dès le départ, mais il faut plutôt « laisser la possibilité d’ajouter des éléments dans le temps pour répondre à de nouveaux programmes. Il faut jouer finement, tricoter entre les normes, critiquer les lobbies”²⁷

D’autre part, la conception réversible ne présente pas de contre-indication pour l’assurabilité, la garantie décennale étant indépendante de l’usage. La difficulté pour l’assurance pourrait survenir en cas de nouveaux travaux entrepris dans un bâtiment encore sous garantie décennale, plusieurs ouvrages étant donc soumis à des durée différentes. “L’imputabilité des responsabilités pourrait alors s’avérer compliquée dans certains cas”.²⁸

24. DEMIANS Anne, “La réversibilité des bâtiments pour une ville décarbonée”, Ed. Le Moniteur, avril 2023, p.13

25. DEMIANS Anne, “La réversibilité des bâtiments pour une ville décarbonée”, Ed. Le Moniteur, avril 2023, p.39

26. GUILLLOT David dans RUBIN Patrick, “Transformation des situations construites”, Canal Architecture, avril 2020, p.62

27. DRUOT Frédéric dans RUBIN Patrick, “Construire réversible”, Canal Architecture, avril 2017, p.19

28. KLEIN David, directeur général adjoint MAF dans DEMIANS Anne, “La réversibilité des bâtiments pour une ville décarbonée”, Ed. Le Moniteur, avril 2023, p.19

UNE ARCHITECTURE RÉVERSIBLE ? OUI MAIS FRUGALE !

LES SOLUTIONS TECHNIQUES ET CONSTRUCTIVES

L'intérêt porté à la démarche de construction réversible a permis la publication récente de plusieurs ouvrages¹ à la recherche des optimums pour combiner les divers programmes en termes morphologiques et réglementaires. Leur objectif est de conjuguer les trames et les normes afin de conférer aux bâtiments leur capacité de réversibilité.

Les principales conclusions de ces comparatifs sont décrites ci-contre.

• La trame constructive :

Il est recherché ici la définition d'une trame qui sera adaptée à tous les programmes. La trame unique est à la fois un outil architectural et économique. La trame de bureaux de 1.35m est compatible avec le logement mais l'optimal se situe à partir de 1.40m.

• Les hauteurs libres :

Selon Anne Démiens, "une mesure serait, à elle seule, la clé pour favoriser la réversibilité dans les opérations de construction"², celle du déverrouillage de la hauteur d'étage dans les opérations de logements. La cote minimale idéale serait de 3m sous-dalle. En effet cette dimension permet de maintenir une hauteur libre de 2.70m dans les bureaux, avec des réseaux apparents et offrir plus de hauteur libre dans les logements que la mesure usuelle de 2.50m, ajoutant donc une qualité spatiale supplémentaire et perceptible sans provoquer l'ajout d'une proportion trop importante de linéaire de façade, consommant davantage de matériaux et donc de budget.

Ces observations sont à mettre en perspective avec le modèle Haussmannien : les immeubles y présentent tous des hauteurs différentes d'un étage à l'autre : le rez-de-chaussée entre 4m et 5m, l'entresol 3m max, les 2ème et 3ème 3.60m en moyenne et les autres niveaux entre 3.20m et 3.40m. Cette variation permet l'hybridation aisée des

usages au sein d'un même bâtiment. De plus, l'entresol «facilite une polyvalence permise par l'addition d'une grande et d'une petite hauteur sous plafond. Ce dispositif permet de disposer de socles urbains modulables, résilients dans le temps.»³ Les activités du rdc peuvent faire varier leur surface si besoin et évoluer selon les schémas directeurs urbains. Ce dispositif est repris dans les prescriptions de canal qu'ils nomment la nappe basse ou socle actif.⁴

La mesure de 2.70m de hauteur sous-plafond est aussi au service de l'économie générale de l'opération et de la densité urbaine car «à partir du 4e niveau de la construction, l'addition d'un étage supplémentaire est possible»⁵. Le pas d'étage est à optimiser en fonction des contraintes imposées par le PLU afin de définir l'optimum entre le volume intérieur, le nombre de niveaux et le linéaire de façade.

La hauteur libre est à observer au regard du système constructif : dans le cas d'une construction à ossature, la hauteur qui importe en réversibilité est la hauteur sous poutre, pour permettre le passage de tous types de réseaux. Dans le cas de poutres métalliques, le franchissement est toutefois possible.⁶

• Épaisseur

Les épaisseurs bâties appréciées pour les bilans financiers sont de 12 à 15m pour les logements et de 18m pour le tertiaire. Afin de favoriser des logements traversants ou bi-orientés tout en exploitant au mieux le foncier en version bureaux, l'épaisseur conçue est prépondérante. L'augmentation de l'épaisseur étant synonyme de second-jour alors que l'accès à la lumière naturelle est décisive pour l'aptitude à la réversibilité. La grande résilience des bâtiments haussmannien réside dans le fait que chaque pièce – du séjour à la zone de service – bénéficient d'une fenêtre. L'arbitrage d'une largeur de 13m⁷ permet de créer des espaces traversants, évitant ainsi d'avoir recours à des équipements techniques.

1. Notamment les ouvrages suivants :

- RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017
- DEMIANS Anne, "La réversibilité des bâtiments pour une ville décarbonée", Ed. Le Moniteur, avril 2023
- CORNEN Bruno, «Vers une architecture réversible bureaux-logements», 2019

2. DEMIANS Anne, "La réversibilité des bâtiments pour une ville décarbonée", Ed. Le Moniteur, avril 2023, p.9

3. BOUTTE Franck, JALLON Benoît, NAPOLITANO Umberto, «Paris Haussmann», Pavillon de l'Arsenal, Park Books, 2017, p.39

4. RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.43

5. Ibid p.

6. CORNEN Bruno, «Vers une architecture réversible bureaux-logements», 2019, p.92

7. RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.38

Dimensions : HSP			
	LOGEMENT	BUREAUX	REVERSIBILITE
BESOINS & PRATIQUES USUELLES			
HSP usuelle	😊 HSP = 2,50m	😞 HSP = 3,30m Hutile = 2,70m	😊 2,50m < HSP < 3,30m
Hauteur mini ponctuelle	😐 Hmin 1,80m locaux aménagés	😐 Hmin 2,20m circulations, locaux techniques	😊 Hmin > 2m Hauteur mini réduite
Hauteur de confort	😊 Hc= 2,30m + H équipements	😞 Hc= 2,30m + H équipements + H poutres	😊 Hc= 2,30m + H équipements + H poutres
Besoins liés à l'usage	😊 Équipements visibles H=20cm sans passage poutre	😞 Réseaux d'air plénum H=40cm + Passages poutres	😊 Passages des réseaux indispensables H réduite = 20-30cm
OBJECTIF CIBLE			
HSPo cible (H S Poutres)	😊 2,70m < HSPo < 2,80m Confort d'usage accru	😞 2,70m < HSPo < 2,80m + H poutres conception réseau	😊 2,70m < HSP < 3m HSPcible : 2,80m Réseaux réduits Retombée 0 ou < 20cm

Épaisseur et Façade			
	LOGEMENT	BUREAUX	REVERSIBILITE
BESOINS & PRATIQUES USUELLES			
Épaisseur - Profondeur	😊 Logement - circulation - Logement 12m Une seule rangée de parking en sous sol	😞 Bureau - circulation - bande active - circulation - Bureau 18b Fonctionne avec Double parking en sous sol	😊 14-15 m (peu compatible avec une double bande de parking) jusqu'à 18m en cas de noyau central
Besoins spaciaux	😐 Chambre 10 m ² Salon 20 m ² SDB-WC aveugles	😐 Bureau 10 m ² Salle de réunion 25 m ²	😊 Trame permettant des locaux sans porteurs de 10 et 20 m ²
Trame	😊 5,8m - 6m (1 trame pour le salon, 1/2 trame pour les chambres)	😊 1,35m en façade (2 trames pour un bureau)	😊 1,35m compatible 1,45m - 1,50m pour une flexibilité optimale
Façades	😊 Grandes baies salon Fenêtres chambres Balcons C+D à respecter	😊 Grandes baies standards régulières	😊 Façade légère modifiable OU anticipation du C+D

CHECK-LIST NEUF			
STRUCTURE	POTEAUX - POUTRES ou POTEAUX - DALLES	😊	
	FACADE + NOYAU porteurs	😊	
	VOILES / REFENDS porteur	😞	
DESSERTE	Desserte par coursive à l'air libre	😊	
	Desserte par escalier encloué tous les 30m	😊	
	Desserte par escaliers éloignés de plus de 30m	😞	
HSP	> 3m	😐	
	2,70 - 2,8m	😊	
	2,50m - 2,65m	😞	
CHARGES ADMISSIBLES	350 daN/m ² (compatible open space)	😊	
	250 daN/m ² (compatible bureaux)	😊	
	150 daN/m ²	😞	
PLANCHERS	Réservations dans les planchers pour percements + Anticipation structurelle pour douche PMR	😊	
	Planchers lourds perçables sans renforcement	😐	
	Planchers minces nécessitant des renforcements	😐	
ÉPAISSEUR hors zone incluant la circulation	Épaisseur batie < 15m	😊	
	15m < Épaisseur < 17m	😐	
	Épaisseur > 17m	😞	
APPROCHE Conceptuelle	Conception 1 usage + aménagements	😞	
	Conception double usage (CVC - Structure)	😊	
TRAME	Trame classique Bureau 1,35m	😐	
	Trame élargie > 1,40m	😊	
FACADE modénatures	Existence de coursives / Balcons (C+D)	😊	
	Façade lisse	😞	
CVC	Existence de gaines techniques verticales réparties	😊	
	Peu ou pas de gaines techniques, regroupées	😞	

CORNEN Bruno, «Vers une architecture réversible bureaux-logements », 2019, p.60, 95, 111

• Le système structurel :

La stratégie est d'opter pour des choix techniques et structurels qui « ne verrouille pas l'usage des bâtiments »⁸ Par exemple, l'expérience a montré que la structure composée de voiles de refends ne permet pas une réversibilité aisée.

En résumé il faut éviter les retombées de poutres en préférant des bandes noyées ou planchers champignons, il faut cantonner les voiles béton au maximum aux noyaux de circulation verticale qui assurent le contreventement et dimensionner les planchers pour supporter les charges des usages à venir.

Dans un système à ossature, la hiérarchie entre la structure et le remplissage permet une plus grande liberté que les autres modes constructifs.

Les percements de dalles –pour le passage de gaines ou pour fusionner des espaces verticalement ou horizontalement– pourront être anticipés à des emplacements spécifiques grâce à un système de dalles fusibles. Dans le cas des structures en béton, il s'agit simplement du ferrailage à disposer de manière à ne pas gêner le percement et sans nécessité de reprise structurelle.

• L'évolution des façades :

La limitation des interventions à effectuer pour que la réversibilité soit effective est particulièrement importante pour le traitement des façades.

L'objectif est de remplacer moins de 30% des composants de l'enveloppe.⁹

Dans la démarche d'une économie de matière, l'enveloppe est à considérer comme l'un des invariants architecturaux et constructifs¹⁰

Afin de s'assurer du maintien de la qualité architecturale lors de la mise-en-oeuvre de la réversibilité, l'intégration des baies à créer ou occulter peut par exemple être réalisée sous forme de modénatures.

La répartition régulière des percements est identifiée comme facilitante.

• Système distributif

Afin de satisfaire aux contraintes réglementaires de plusieurs programmes, la solution la plus simple est de placer les circulations verticales à l'extérieur du bâtiment, avec des escaliers et ascenseurs, protégés ou non.¹¹ Chaque palier offre une placette à utiliser en lieu de vie et les coursives permettent de respecter le C+D.

Pour les largeurs des circulations horizontales et verticales, c'est la mesure la plus défavorable qui est à réaliser. Par exemple un bâtiment livré en logements devra avoir des

circulations de 1.40m contrairement aux 1.20m acceptés pour ce programme.

Concernant les distances réglementaires entre les issues de secours « majoritairement 15 m pour le logement et 40 m pour les bureaux –, sont définitivement étalonnées pour les 2 fonctions. Lorsque la réversibilité est activée les gaines verticales, escaliers, ascenseurs et colonnes techniques ne sont pas impactées. »¹²

Pour permettre la réalisation de surélévations, le système distributif doit pouvoir croître verticalement.

• Les réseaux

Les gaines sont à répartir intelligemment pour que leur descente soit compatible avec tous les programmes envisagés, en disposant par exemple les logements en miroir pour mutualiser l'emplacement des gaines.

Dans le cas d'une réversibilité hybride, c'est-à-dire que chaque niveau peut muter indépendamment, la gestion des réseaux se complexifie par la « création de gaines techniques compatibles inter-usages (aucun percements) »¹³, un ajout de réseaux n'ayant aucun impact sur les niveaux inférieurs et supérieurs et un règlement de copropriété autorisant la mutation.

La mise en oeuvre de réseaux apparents en général, facilite la démontabilité et la réparabilité sans avoir à endommager les ouvrages adjacents.

Pour synthétiser, le principal frein à la transformabilité des immeubles de logements est la hauteur libre et celui des immeubles de bureaux est l'épaisseur.

Les solutions proposées sont pertinentes mais se concentrent essentiellement sur la conversion bureaux-logements, dans le cadre de marchés privés et situés en zones urbaines, ce qui limite le champs d'application de certains thèmes.

Les nouvelles prescriptions énoncées par les guides sont très utiles pour la conception des projets capables, toutefois, l'addition de l'ensemble de ces critères ne permet pas en soi de parvenir à un projet pleinement frugal.

En complément de leur analyse, nous aborderons la morphologie bâtie, le système constructif et la conception bioclimatique comme applications concrètes de la réversibilité sous le prisme de la conception frugale

8. BLASSEL Jean-François dans RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.56

9. RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.42

10. BLASSEL Jean-François dans RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.56

11. RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.39

12. RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.39

13. CORNEN Bruno, « Vers une architecture réversible bureaux-logements », 2019, p.17

STRUCTURE - Typologies

Matériaux & Typologies

	LOGEMENT	BUREAUX	REVERSIBILITE
MATERIAU structurel * TYPOLOGIE			
Maçonnerie - Voiles	Acoustique Economique	Aménagement	Pas de modularité des espaces
Béton - Voiles	Acoustique Etanchéité air	Aménagement Passage réseaux	Pas de modularité des espaces
Béton - Ossature	Remplissage au choix	Aménagement	Possible modularité des espaces
Métal - Ossature	Thermique	Aménagement Démontabilité Faible épaisseur	Possible modularité des espaces Passage réseaux
Bois - Ossature	Thermique Confort Environnement	Poteaux + Poutres épaisses	Possible modularité des espaces

STRUCTURE Dimensionnement

Charges propres, exploitations...

	LOGEMENT	BUREAUX	REVERSIBILITE
DIMENSIONNEMENT			
Charges d'exploitation	150 daN/m ²	250 daN/m ²	250 - 350 daN/m ² + anticipation élévation
Charges permanentes	HSP 2,50m	HSP 3,30m	2,50m < HSP < 3,30m
Fondations	Charges faibles	Charges plus importantes	Charges encore + importantes + Sur-dimensionnement
ELEMENTS STRUCTURELS			
Poutres	Peu de contraintes hormis passages de porte	Réseaux + poutres influencent directement la HSP	Fort enjeu Dépend de la trame et des charges. Impact HSP
Planchers	Nombreuses descentes de fluide requises	Gains techniques verticales imposantes	Percement des planchers sans reprise structurelle

CIRCULATIONS

Desserte verticale et horizontale

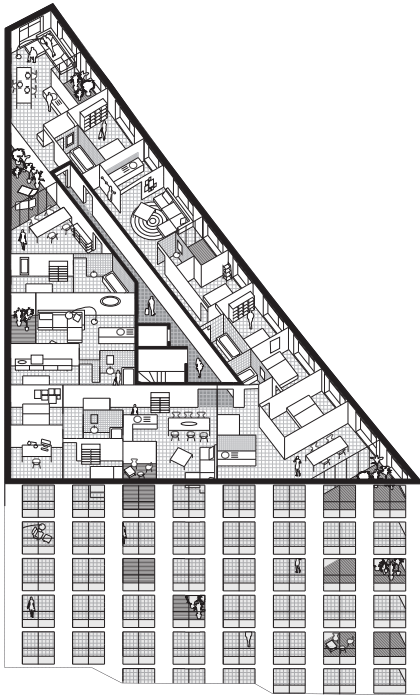
	LOGEMENT	BUREAUX	REVERSIBILITE
BESOINS & PRATIQUES USUELLES			
Distance d'évacuation	15m entre la porte et l'escalier 25m en cas de coursive à l'air libre	40m du bureau à l'escalier	15m Longueur du bâtiment < 30m - 40m
Desserte verticale	Plusieurs gaines de desserte régulières	1 gaine de circulation par plateau	Plusieurs gaines de circulations nécessaires + des gaines techniques assez larges pour accueillir les réseaux ultérieurs
Desserte horizontale	Desserte par couloir central le plus courant. (coursive possible également pour favoriser les traversants)	Desserte par double couloir central	Couloir central Ou coursive à l'air libre

RESEAUX

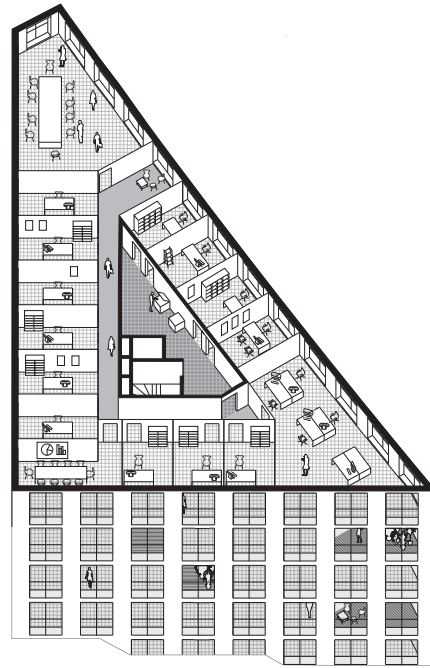
EU, EF, FREON, EAU GLACEE, AIR

	LOGEMENT	BUREAUX	REVERSIBILITE
BESOINS & PRATIQUES USUELLES			
Courant Fort - Courant Faible	Emprise très réduite	Chemins de câble de 300mm à prévoir espacés de 150mm	Contraintes faibles
Descentes EU	Très nombreuses : SDB, WC, Cuisine	Peu nombreuses, groupées	GAINES double usage réparties + plancher épais OU - réservations structurelles
Chauffage - Clim	Faibles besoins de clim Production centralisée	Besoins en chauffage faibles mais clim importants	Production & réseau difficilement réversible. Solution plancher-chauffant rafraichissant intéressante
VENTILATION	Faibles débits Ventilation simple flux majoritaire	Gros débits Double flux Grosses sections	Anticipation de l'emprise des gaines de ventilation (HSP) + Gaine technique verticale

CORNEN Bruno, «Vers une architecture réversible bureaux-logements », 2019, p.71, 87, 123 131

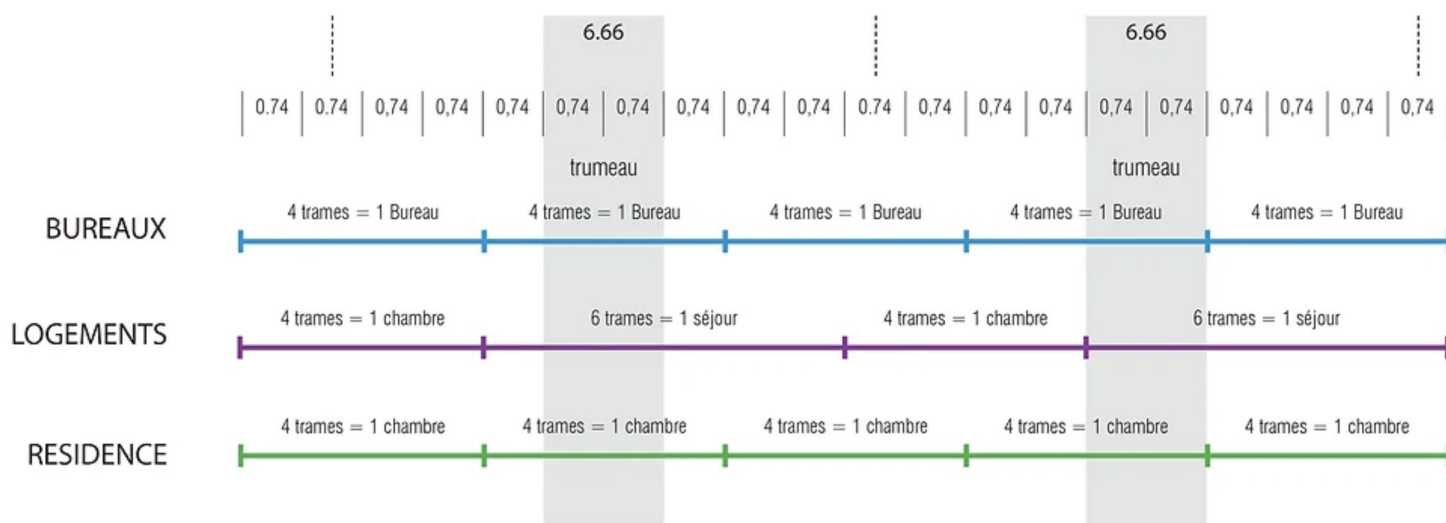


Version logements



Version bureaux





FAIRE RIMER RÉVERSIBILITÉ ET FRUGALITÉ

De la même manière que s'est perfectionnée l'architecture vernaculaire, nous devons capitaliser les expériences et les savoirs sur les bâtiments "capables", qui ont donné lieu à de nouveaux usages ou à un nouveau programme.

"Il est nécessaire d'interroger cette logique d'interventions successives de manière à instiller de l'intelligence pour entrer dans des cycles qui permettent d'agir toujours plus facilement et donc à des coûts maîtrisés".¹

MATÉRIAUX BIO- ET GÉO-SOURCÉS

Les écueils rencontrés pour réhabiliter les bâtiments du XXe siècle nous apprennent sur les erreurs à ne plus commettre.

"Le béton-armé porte en lui une obsolescence programmée".²

Au-delà du fait qu'il requiert des matériaux extrêmement émetteurs de CO₂ (clinker, extraction de sable détruisant les fonds marins, consommation d'eau...), des pathologies constructives sont observées et se multiplient au bout de 60 ans. Cela résulte de l'"utilisation de sables "bruts", trop acides, trop salés, pas lavés ou mal rincés, érosion, abrasion, cavitation de surface, action des cycles de gel et de dégel, alternance des températures retrait, altérations physico-chimiques, corrosion des armatures en acier, erreurs de conception et d'exécution, effets du climat, etc"³

La gestion des matériaux dangereux tels que l'amiante et le plomb nécessite des précautions importantes et peut endommager le bilan carbone, allonger les délais et fragiliser l'équilibre économique d'une opération. Le poids financier de déplombage et de désamiantage en restructuration lourde est de 3 à 5% du montant total des travaux.⁴

L'utilisation de matériaux sains constitue déjà une piste pour encourager les réhabilitations futures et de ne plus générer aucun héritage empoisonné.

Chaque m² édifié émet 1.5 TeqCO₂ pendant 50 ans, or, en construisant bas carbone on peut déjà diviser cette valeur par deux à 750kg eqCO₂/m².⁵

Les matériaux bio- et géo-sourcés, notamment le bois (ou le bambou), la terre crue et la pierre, sont particulièrement appropriés à la réversibilité.

Opter pour un matériau bio-sourcé, c'est choisir un matériau qui « coûtera peu à la nature » en étant le plus renouvelable possible. De plus, « chaque kilo de matériau bio-sourcé constitue presque autant de carbone stocké »⁶ Ils diffèrent leurs émissions carbone, qui n'ont lieu qu'en fin de vie, ce qui est d'autant plus pertinent « lorsque à ce décalage temporel s'ajoute une durée de vie très longue du bâtiment ».⁷

Au-delà des avantages écologiques de la bio-ressource, l'architecture en pans de bois a la capacité d'assurer les fonctions porteuses et d'être facilement démontable.

A titre de comparaison, une ossature bois est 4 fois moins lourde qu'une structure en béton (600 kg/m³ pour le bois résineux et 2,4 tonnes par m³ pour le béton de ciment).⁸

La terre crue est un matériau de construction qui présente une excellente capacité de réversibilité.

Elle n'est pas énergivore car elle nécessite très peu de transformation pour être mise en oeuvre, elle est disponible de manière excédentaire et si elle n'est pas mélangée à un stabilisant, elle est réutilisable à l'infini. Elle couple les propriétés structurelles et thermiques (hygrorégulation, inertie, déphasage, atténuation) qui, si elles sont exploitées de manière éclairée, évitent de recourir à des systèmes techniques rapportés.

*"Tu cherches la flexibilité ?
Continue donc à construire des murs de pierres"⁹*

La durée de vie de la pierre est extrêmement longue, sans nécessiter d'entretien particulier. C'est une ressource que l'on trouve localement dans de nombreux endroits du globe. Selon l'emplacement géographique, chaque type de pierre a sa spécificité, tant dans les capacités mécaniques que dans l'aspect, la faisant résonner avec le paysage patrimonial de chaque région.

1. THOMAS Virginie dans RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.66

2. MADEC Philippe, « Mieux avec moins », Ed Terre Urbaine, 2021, p.55

3. Ibid.

4. CINOTTI Florence, cours DU Construire Eco-responsable, 2023

5. PAVILLON DE L'ARSENAL, « Conserver, Adapter, Transmettre », Ed. Pavillon de l'Arsenal, 2022, p.13

6. Ibid

7. PAVILLON DE L'ARSENAL, « Conserver, Adapter, Transmettre », Ed. Pavillon de l'Arsenal, 2022, p.15

8. RAGER Mathis, STERN Emmanuel, WALTHER Raphaël, « Le tour des matériaux d'une maison écologique », Ed. Alternatives, 2023, p.97

9. SNOZZI Luigi et MERLINI Fabio, "l'architecture efficiente, Marseille, "Cosa mentale 2016

10. BORNAREL Alain, MADEC Philippe, GAUZIN-MULLER Dominique, "Commune frugale", Ed. Actes Sud, 2022, p.66

«Ménager le territoire, c'est avant tout comprendre sa richesse, naturelle et culturelle. C'est transformer et créer en prenant compte le déjà-là, sur la base d'une vraie connaissance du milieu naturel et culturel qui nous accueille et tissant à partir des ressources les plus proches.»¹⁰

Les matériaux et les techniques de constructions qui en découlent doivent avant tout être choisis pour leur caractère approprié au contexte local. Comme dans toute chose, l'équilibre se trouve dans la diversité.

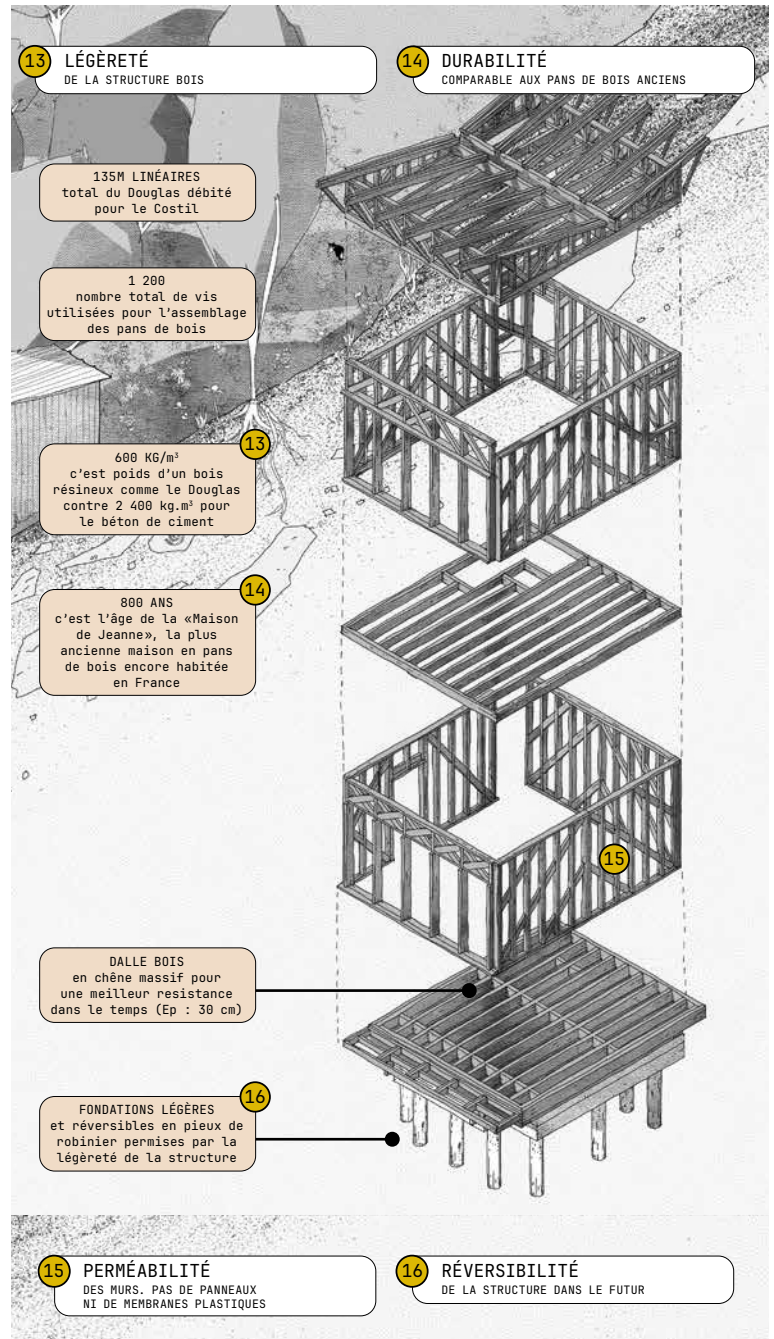
Tout le cycle de vie est pris en compte dans la conception réversible, ainsi la fin de vie des matériaux est à anticiper dans une démarche « cradle to cradle ».

Si le bois est compostable et la terre crue réutilisable à l'infini, leur retour au sol est compromis s'ils ont été traités, encollés, peints ou stabilisés.

De manière générale, utiliser la matière première de la manière la plus brute possible facilite sa réutilisation.



Dechelette Architecture, « Quatre Cheminées », 2023 - Façade en pisé préfabriqué



Anatomies d'Architectures, « Le Costil », 2021 - Structure à pans de bois

ROBUSTESSE ET HYPERSTATICITÉ

« La superstructure représente 20% du bilan carbone de la matière »¹¹

Lorsque les matériaux sont pérennes, robustes et qualitatifs, leur durée de vie s'allonge et nécessite moins d'entretiens et de réparations. Ainsi les modifications à effectuer pour opérer une transformation se concentrent en majorité sur le second oeuvre.

Dans le cas d'un bâtiment en pierre de type Haussmannien, les actions à mener concernent surtout les lots intérieurs, ce qui allège le bilan carbone en comparaison avec une réhabilitation pour laquelle il serait nécessaire de changer la façade et d'effectuer des reprises structurelles.

La pérennité d'un bâtiment est en premier lieu structurelle : « la technique, l'aménagement et l'enveloppe sont souvent rapidement obsolètes. Ce qui reste à la fin c'est la structure »¹²

Partant de ce constat, l'attention portée à la robustesse de la structure est un point clé.

La lisibilité constructive de la structure est également gage d'adaptabilité.

L'immeuble de rapport haussmannien se caractérise « par un surdimensionnement du schéma statique des descentes de charges et par un excédent de matière »¹³ Cela lui confère sa flexibilité car il est aisé de créer des percements ou des surélévations sans risque.

Dans les années 70's, le surdimensionnement structurel de l'ordre de 20% était une pratique répandue qu'il serait pertinent de revaloriser.¹⁴

A l'échelle du composant, la pérennité est à régénérer. Les procédés d'industrialisation couplés à la recherche des optimisations de coûts ont conduit à un déclin de la durée de vie des matériaux. Leur perte en robustesse résulte également de la durabilité réglementaire n'étant que de l'ordre de 10 ans.

Par exemple, anciennement les ardoises en toiture duraient plusieurs siècles, mais celles qui sont produites aujourd'hui ont une durée de vie de 50 ans car leur épaisseur est divisée par deux.

COMPOSITION DES PAROIS

La mutabilité de l'enveloppe pose la question de sa composition.

De nos jours, la plupart des enveloppes sont multicouches par addition de fonctions. Chaque strate remplit une fonction dans une démarche d'optimisation de la performance : le porteur, l'isolant, le doublage, le pare-pluie, le pare-vapeur, etc¹⁵ Elles présentent l'avantage d'être composées d'éléments légers et séparés donc modifiables.

Toutefois, pour garantir la flexibilité de cette structure en oignon, il faut que les assemblages soient réversibles, évitant donc la colle, la soudure, les produits sandwich tout en un etc, pour préférer des liaisons sèches, boulonnage et emboîtements.¹⁶

Plus la matière est mélangée, moins elle sera démontable et modifiable élément-par-élément.

Ces considérations s'appliquent à l'enveloppe mais également aux planchers, où il est pertinent de privilégier des chapes sèches par exemple.

A l'inverse, l'« enveloppe monobloc-multifonction » présente une unicité de matière. L'enveloppe est constituée de peu de matériaux mais qui ont chacun un caractère plurifonctionnel. C'est le cas des murs en pierre d'Haussmann ou des ossatures à pans de bois du Costil par exemple.

Chaque couche est moins performante en elle-même que chacune des multi-couches contemporaines très spécialisées, mais assurent davantage de fonctions. Chaque matériau exploite l'ensemble de leur capacité.

La connaissance scientifique évolue et qualifie les divers matériaux de plus en plus précisément. Cela permet de les utiliser au meilleur de leurs potentiels.

L'unicité de matière participe à la simplicité constructive et à la lisibilité du système constructif.

Ainsi, la limitation du nombre de couches et l'emploi d'assemblages réversibles entrent dans une démarche d'économie de matière et de valorisation des qualités intrinsèques des matériaux employés.

11. PAVILLON DE L'ARSENAL, « Conserver, Adapter, Transmettre », Ed. Pavillon de l'Arsenal, 2022, p.12

12. BROUT Suzel dans RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.8

13. BOUTTE Franck, JALLON Benoît, NAPOLITANO Umberto, « Paris Haussmann », Pavillon de l'Arsenal, Park Books, 2017, p.39

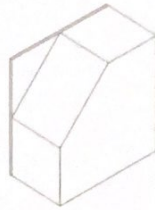
14. CORNEN Bruno, « Vers une architecture réversible bureaux-logements », 2019, p.91

15. RAGER Mathis, STERN Emmanuel, WALTHER Raphaël, « Le tour de France des maisons écologiques », Ed. Alternatives, 2020, p.256

16. BOUTTE Franck, JALLON Benoît, NAPOLITANO Umberto, « Paris Haussmann », Pavillon de l'Arsenal, Park Books, 2017, p.256

EFFICIENCY ANALYSIS

2 COUCHES
 HAUSSMANN (FAÇADE SUR RUE) :
 PIERRE DE TAILLE CALCAIRE
2 LAYERS
 HAUSSMANN (FAÇADE FACING THE STREET)
 CUT LIMESTONE



PLÂTRE — PLASTER

- Isolation thermique — Thermal insulation
- Masse d'inertie — Mass of inertia
- Contrôle hygrométrique — Hygrometric control
- Finition esthétique — Esthetic finish

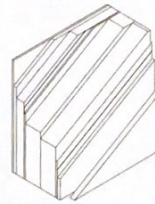
PIERRE CALCAIRE — LIMESTONE

- Stabilité — Stability
- Isolation thermique — Thermal insulation
- Masse d'inertie — Mass of inertia
- Étanchéité — Airtightness
- Contrôle hygrométrique — Hygrometric control
- Finition esthétique — Esthetic finish

Polyvalence fonctionnelle
 Multifunctional value



12 COUCHES
 EXEMPLE :
 OSSATURE ET BARDAGE BOIS,
 ISOLATION LAINE DE CHANVRE
12 LAYERS
 EXAMPLE:
 WOOD FRAME AND SIDING,
 HEMP INSULATION



PLÂTRE — PLASTER

- Isolation thermique — Thermal insulation
- Masse d'inertie — Mass of inertia
- Contrôle hygrométrique — Hygrometric control
- Finition esthétique — Esthetic finish

CONTRE-LATTAGE — COUNTER-BATTENS

- Stabilité — Stability

ISOLANT THERMIQUE — THERMAL INSULATION

- Isolation thermique — Thermal insulation

PARE-VAPEUR — VAPOR PROTECTION

- Contrôle hygrométrique — Hygrometric control

PANNEAU OSB — ORIENTED STRAND BOARD (OSB)

- Stabilité — Stability

ISOLANT THERMIQUE — THERMAL INSULATION

- Isolation thermique — Thermal insulation

ISOLANT THERMIQUE — THERMAL INSULATION

- Isolation thermique — Thermal insulation

PANNEAU OSB — ORIENTED STRAND BOARD (OSB)

- Stabilité — Stability

PARE-PLUIE — RAIN SCREEN

- Étanchéité — Airtightness

CONTRE-LATTAGE — COUNTER-BATTENS

- Stabilité — Stability

LAME D'AIR — AIR SPACE

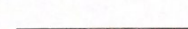
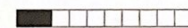
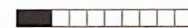
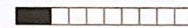
- Contrôle hygrométrique — Hygrometric control

BARDAGE BOIS — WOOD SIDING

- Étanchéité — Airtightness

- Finition esthétique — Esthetic finish

Polyvalence fonctionnelle
 Multifunctional value



L'ANTICIPATION DE LA DÉCONSTRUCTION

Jean Prouvé évoquait déjà "l'anticipation de la déconstruction" au milieu du XXe siècle, afin de concevoir des systèmes constructifs en capacité d'être désassemblés.

Le DfD, Design for Disassembly (Traduction : La Conception Démontable) est né dans le domaine industriel avec une visée productiviste. En 2005, Stewart Brand applique ce principe au domaine du bâtiment et élabore la « théorie des 6 couches »¹⁷ : il hiérarchise les couches formant le bâtiment en fonction de leur durée de vie.

En effet, l'ossature a une durée de vie plus longue que les équipements techniques qui eux-même seront changés moins régulièrement que des revêtements de finition au cours de la vie d'un bâtiment¹⁸. Les éléments à remplacer fréquemment peuvent être qualifiés de pièces d'usure, dont la réparabilité doit faire l'objet d'attention.¹⁹

Nous devons mobiliser le moins d'énergie possible pour les éléments qui ont une faible durée de vie.

Le principe général autorisant la DfD est la distinction et l'indépendance entre les éléments ayant des durées de vie différentes, cela permettant des remplacements ponctuels sans endommager les composants encore fonctionnels²⁰.

De la même manière que pour les enveloppes multi-couches évoquées précédemment, il faut proscrire les assemblages scellés pour privilégier les assemblages mécaniques afin de rendre le démontage possible.

Les matériaux tels que le bois et le métal s'y prêtent particulièrement.

Le recours à la préfabrication est tout-à-fait adapté car les éléments sont interchangeables et réparables individuellement. Ces filières facilitent également la gestion de chantier.

Cette conception s'apparente à la « réversibilité matérielle élémentaire »²¹. La réversibilité se situe donc à l'échelle du matériau ou du composant d'architecture à la place du bâtiment dans sa globalité.

« Tout bâtiment produit (involontairement) un programme de réemploi latent spécifique, on pourrait parler d'un "inconscient architectural" : ce qui est là mais qu'on ne voit pas tout de suite »²²

De la même manière que l'on peut faciliter la réhabilitation par la réversibilité fonctionnelle, nous pouvons faciliter le réemploi par la réversibilité constructive.

Le réemploi est vertueux à tous les titres. En effet, « Réemployer quelque chose induit que son équivalent n'a pas à être produit, mais aussi que cette chose ne devient pas un déchet »²³

Les principaux freins au réemploi sont la déconstruction sélective, qui est un procédé laborieux et chronophage, ainsi que la qualification des matériaux pour les intégrer dans le cadre réglementaire.

Le dispositif de la Conception Démontable encourage le réemploi car elle définit une méthodologie de démontage, permettant de préserver l'intégrité des matériaux facilement, chacun des composants étant traçable.

Les éléments déconstruits peuvent ensuite être réutilisés sur site, pour participer à la reconfiguration de l'espace en étant déplacés par exemple, ou bien entrer dans une filière de réemploi pour être réutilisé ex-situ (filière locale ou plateforme numérique).

En plus des modules d'enveloppe et des éléments de second oeuvre, les dalles fusibles représentent aussi un potentiel de réemploi. Dans le cadre d'une structure bois ou métal pour l'ajout de gaines ou la fusion d'espaces verticalement et horizontalement, les zones à extraire peuvent-être

17. BRAND Stewart, « Dfd, Design for Dissassembly in the built environment », SEDA, 2005

18. KRONENBURG Robert, « Flexible », Ed. Norma, 2007, p.24

19. PERRET Yves, cours DU Construire Eco-responsable, 2023

20. KRONENBURG Robert, « Flexible », Ed. Norma, 2007, p.24

21. BLASSEL Jean-François dans RUBIN Patrick, "Construire réversible", Canal Architecture, avril 2017, p.56

22. BAILLY Jean-Christophe dans RUBIN Patrick, "Transformation des situations construites", Canal Architecture, avril 2020, p.97

23. BORNAREL Alain, MADEC Philippe, GAUZIN-MULLER Dominique, "Commune frugale", Ed. Actes Sud, 2022, p.51

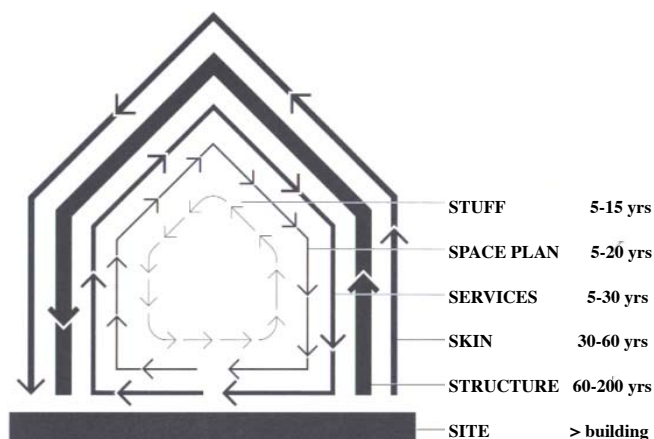
déconstruites et les matériaux réemployés. Cela ne serait pas possible pour un plancher béton par exemple, dont le seul réemploi serait le concassage, achevant plus rapidement la durée de vie du matériau.

« La ville, c'est la mine du futur »²⁴

L'obsolescence des bâtiment est donc très intéressante à traiter à l'échelle du matériau. Lorsque la conception est intelligente du point de vue de la déconstruction, le bâtiment peut être considéré comme un gisement de produit. Cette qualification est un argument économique pour le maître d'ouvrage : son bâtiment devient une banque de matériaux. Ces derniers doivent pour cela être suffisamment qualitatifs pour conserver une valeur à l'avenir.²⁵

Le projet expérimental BRIC de KARBON architectes opère une simulation d'un cycle de vie de 60 ans d'un bâtiment composé de caissons démontables.

Du point de vue de la réversibilité constructive en fin de vie du bâtiment, qui "autorise les éléments dont elle est faite comme ceux qui l'entourent à redevenir ce qu'ils étaient avant qu'elle n'existe"²⁶ la question des fondations est peu considérée tant les semelles en béton sont aujourd'hui la norme. Lorsqu'elles sont constituées de béton armé de ciment, le terrain est dénaturé de manière irréversible. Les pieux métalliques sont adaptés à la réversibilité constructive mais sont beaucoup plus onéreux. D'autres techniques, bio- et géo-sourcées existent telles que les pieux de bois ou les fondations cyclopéennes en pierre mais, bien que maîtrisées et éprouvées dans l'architecture ancestrale, elles ne font pas partie du cadre réglementaire actuel.



BRAND Stewart, « Dfd, Design for Dissassembly in the built environment », SEDA, 2005, p.25

24. Encore heureux « Lieux infinis » Editions B42, 2018

25. RAVELOMANANTSOA Hery, cours DU Construire Eco-responsable, 2023

26. RAGER Mathis, STERN Emmanuel, WALTHER Raphaël, « Le tour de France des maisons écologiques », Ed. Alternatives, 2020, p.232

LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE

“Toute réalisation architecturale concrétise un microcosme en rapport plus ou moins étroit avec l’environnement auquel il appartient. Le but de la conception, de la rénovation et de la construction d’un bâtiment est de réaliser ce microcosme en concordance optimale avec son environnement et de donner ainsi au climat une juste place parmi les dimensions fondamentales de toute intervention de l’architecte sur l’environnement. L’architecture ainsi définie inclut le climat et la dynamique qu’il implique c’est l’architecture bioclimatique”²⁷

L’objectif de l’architecture bioclimatique est de répondre aux paramètres de confort et de bien-être de l’habitant, en s’appuyant sur 7 piliers : morphologie, solarisation, transparence, porosité, isolation, inertie et fraîcheur²⁸.

Le bioclimatisme propose d’adopter des stratégies d’efficacité du bâti par l’architecture plutôt que par des systèmes rapportés, évitant donc d’être dépendant de la technique.

Les dispositifs passifs génèrent un nouveau vocabulaire architectural. «Cela se traduit par des géométries renouvelées réinterprétant souvent des formes connues : façades plissées pour se protéger, épaisses pour réguler, des cheminées pour ventiler, des jardins pour tempérer, de grandes hauteurs sous plafond pour rafraîchir, des espaces traversants pour aérer, des casquettes pour abriter, des stores pour ombrager, des réservoirs pour stocker, des patios pour éclairer... ».²⁹

Faire face aux changements climatiques

De nos jours, on ne parle plus de lutte contre le changement climatique mais d’adaptation au changement climatique.

Le dérèglement climatique aura nécessairement un impact sur les besoins d’usage des bâtiments, qui ne sont plus à concevoir pour un « climat fixe ».

Nous devons nous préparer à la multiplication des phénomènes extrêmes : nuits tropicales, inondations, avec un risque croissant de crues décennales, tempêtes, sécheresses etc, ayant aussi des conséquences sociales ».³⁰

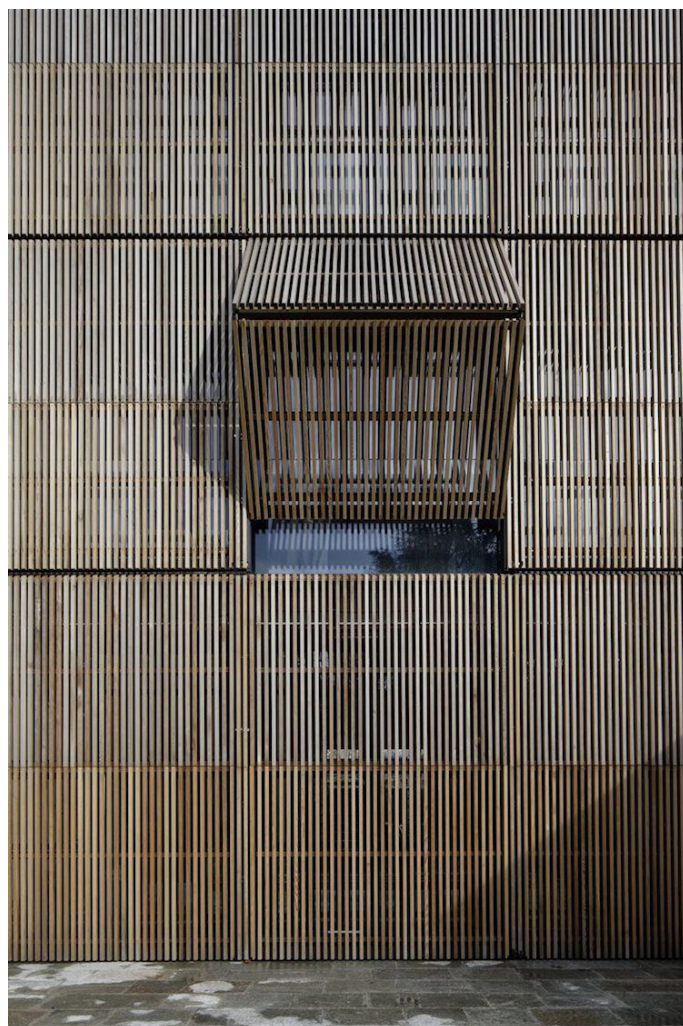
Selon certaines prévisions, En 2050, Paris aura le climat de Toulouse.³¹

Le rapport au soleil et à l’isolation dans la démarche de conception bioclimatique s’en trouve bouleversé : si auparavant la pénétration du soleil dans les bâtiments

était recherchée, il s’agit désormais d’un facteur dont on doit se protéger pour éviter les surchauffes. Les préoccupations sont désormais portées sur le confort d’été plutôt que le confort d’hiver.

Pour la réversibilité, cela nous ouvre à concevoir des dispositifs bioclimatiques évolutifs au gré des saisons et du temps long pour anticiper le changement des besoins liés aux évolutions du climat.

De manière générale, les dispositifs passifs qui sont facilement modifiables, réparables et nécessitant peu d’entretien, auront plus de chance de perdurer dans le temps, quel que soit l’usage du bâtiment.



Maison M, volets papillons brise-soleil – Dispositif bioclimatique évolutif

27. LIEBARD Alain, deHERDE André, « Guide de l’architecture bioclimatique », Tome 2, Ed. Systèmes solaires, p.60

28. BORNAREL Alain, cours DU Construire Eco-responsable, 2023

29. LABASSE Alexandre dans PAVILLON DE L’ARSENAL, « Conserver, Adapter, Transmettre », Ed. Pavillon de l’Arsenal, 2022, p.11

30. GREGOIRE Emmanuel dans PAVILLON DE L’ARSENAL, « Conserver, Adapter, Transmettre », Ed. Pavillon de l’Arsenal, 2022, p.7

31. SESOLIS Bernard, cours DU Construire Eco-responsable, 2023

Morphologie de l'enveloppe

Dans la conception bioclimatique, l'enveloppe du bâtiment est décisive en tant que « filtre dynamique entre des usages intérieurs et des flux climatiques extérieurs »³². Contrairement aux systèmes techniques sous forme de machines qui ont une durée de vie d'une vingtaine d'années, « l'enveloppe bien conçue persiste des siècles »³³.

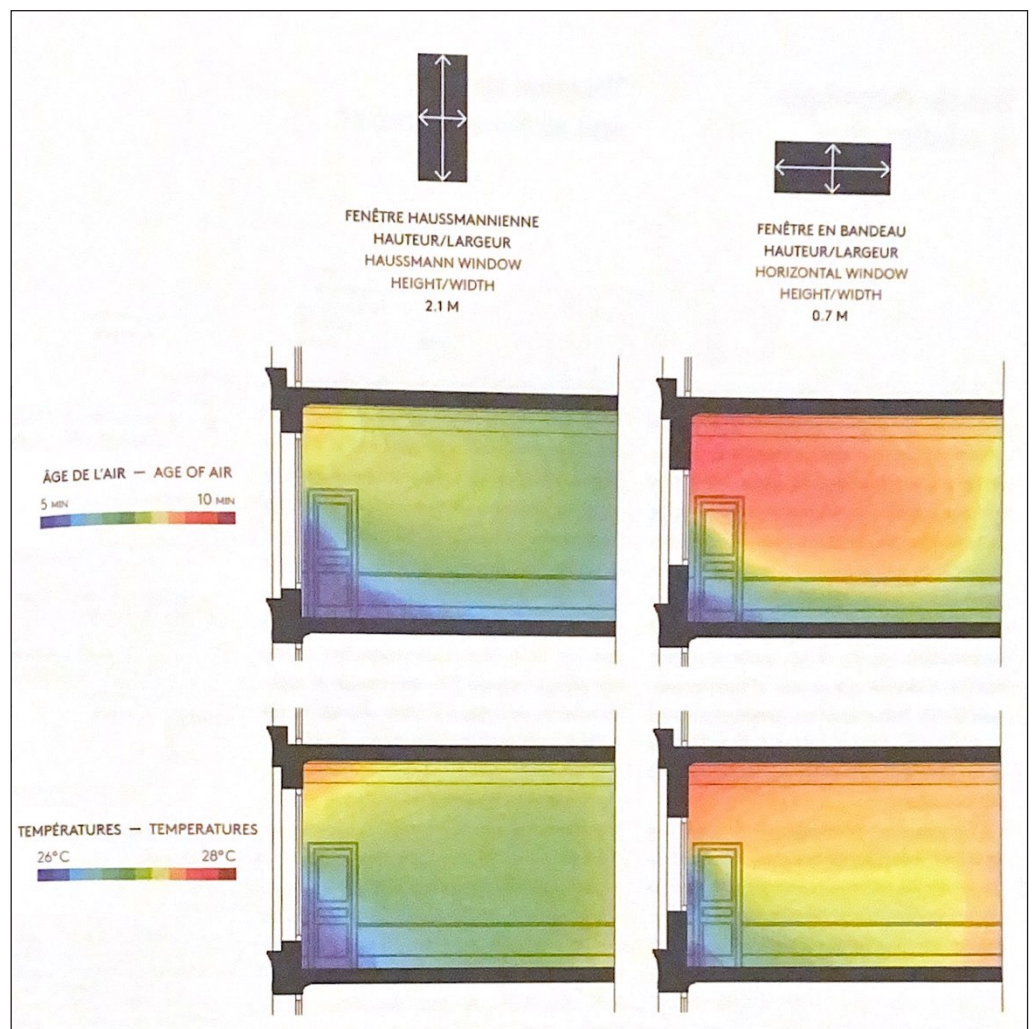
L'exemple haussmannien présente une morphologie d'ouverture très équilibré pour assurer l'apport de lumière naturelle, la ventilation et permettre la flexibilité.

Les façades sont « scandées de percements opérés d'une façon régulière, quasi sérielle, tant pour les orientations majeures sur rue que sur les cours »³⁴. Cela favorise la répartition de l'air entrant et de la lumière, garantissant ainsi le « confort visuel et la distribution aérologique »³⁵. La trame régulière est aussi un agent facilitant de la réversibilité.

La grande hauteur sous plafond et l'élanement des fenêtres « assurent une pénétration en profondeur de la lumière naturelle et confèrent à l'immeuble une meilleure capacité à se ventiler naturellement, mais également à évacuer les calories excédentaires en période chaude et à se rafraîchir. »³⁶ La hauteur libre est avantageuse pour le confort thermique d'été car elle dégage « les couches d'air les plus chaudes au dessus de la zone de passage des personnes. »³⁷

Tirer partie d'une hauteur sous plafond généreuse pour les aspects bioclimatiques est en adéquation avec les prescriptions dimensionnelles nécessaires à la réversibilité fonctionnelle.

L'efficacité de l'enveloppe est à apprécier en corrélation avec la bonne implantation et la compacité optimisée du bâtiment pour qu'un maximum de surface bénéficie des apports bioclimatiques.



BOUTTE Franck, JALLON Benoît, NAPOLITANO Umberto, « Paris Haussmann », Pavillon de l'Arsenal, Park Books, 2017, p.249

32. BORNAREL Alain, MADEC Philippe, GAUZIN-MULLER Dominique, "Commune frugale", Ed. Actes Sud, 2022, p.56

33. Ibid

34. BOUTTE Franck, JALLON Benoît, NAPOLITANO Umberto, « Paris Haussmann », Pavillon de l'Arsenal, Park Books, 2017, p.46

35, 36, 37. Ibid

Thermique

La question de la thermique en réversibilité est complexe car les objectifs ne sont pas les mêmes selon les destinations d'usage. De la même manière que pour un bâtiment classique, il faut tant que possible, par des systèmes passifs, oeuvrer pour réduire les saisons de chauffage et de refroidissement.

Les charges internes, en chaleur métabolique et cybernétique³⁸ ainsi que les horaires nécessitant une production de chaud ou de froid, varient selon les programmes. Ces variations sont à prendre en compte dans les dimensionnements.

Concernant l'isolation, avec une ITE les modifications ultérieures présenteront moins de risque de générer de la condensation dû à des percements inopportuns lors de réorganisations intérieures. L'ITE fonctionne à la fois pour une occupation permanente ou intermittente.

L'inertie est à utiliser avec parcimonie car en cas de mauvaise gestion du bâtiment sur une période de surchauffe, l'espace ne parvient pas à se rafraîchir par la suite.

Les stratégies pour l'inertie varient selon les usages : une école n'aura pas le même besoin qu'un logement par exemple car dans une salle de classe une trop forte inertie rendra difficile le chauffage des locaux le matin et il est inutile d'y profiter de l'inertie la nuit.

Pour favoriser la réversibilité, il serait pertinent de mettre en place des dispositifs « mobiles » d'inertie, comme par exemple des cloisonnements en BTC qui pourront être ajoutés ou retirés selon les besoins, faisant en même-temps profiter aux usagers de la qualité d'hygrorégulation de la terre.



Tolila + Gilliland, Meulan-en-Yvelines, 2023 - Cloisons séparatives en BTC

38. FLOISSAC Luc, Alain, cours DU Construire Eco-responsable, 2023

Pour synthétiser en reprenant les termes du Manifeste pour une Frugalité Heureuse et Créative³⁹, dans le cadre d'une conception réversible :

La frugalité en énergie est à intégrer par les dispositifs bioclimatiques et low-tech appropriés aux changements d'usages.

La frugalité en matière est à accomplir par l'utilisation de matériaux les plus bruts possibles et le recours à des bio- et géo-ressources qui sont tout à fait compatibles avec la réversibilité.

La frugalité en technicité est inhérente à la conception réversible pour sa réparabilité et son évolutivité.

La frugalité pour le territoire est à contextualiser selon chaque ancrage.

Afin de rendre possible la réversibilité frugale, il faut faire preuve de générosité face à l'hyper-optimisation et offrir de la singularité face à l'hyper-standardisation.

Les immeubles haussmanniens tirent leurs capacités exceptionnelles de transformation d'un équilibre synergique entre un « excédent de plein », conférant leur hyperstaticité, et un « excédent de vide », générant des volumes capables. "Cette générosité d'espaces et de matière s'apparente à une forme d'énergie potentielle, qui rend possible les changements d'état multiples."⁴⁰

L'enjeu principal de la durabilité d'un bâtiment pourrait-il être avant tout la réussite de son ancrage local et de son confort bioclimatique ? Le programme étant amené à évoluer, l'héritage intrinsèque qui perdurera est le lien entre le bâti et son contexte.

39. BORNAREL Alain, MADEC Philippe, GAUZIN-MULLER Dominique, "Manifeste pour une Frugalité Heureuse et Créative", 2018

40. BOUTTE Franck dans RUBIN Patrick, "Transformation des situations construites", Canal Architecture, avril 2020, p.89

CONCLUSION

*« Que seront les usages dans un an, dix ans, cent ans ?
Cela nous ne pouvons le savoir.
Ce à quoi est confrontée l'architecture est cette inconnue,
cet imprévisible qui adviendra. Un futur que nous ne
pouvons rencontrer, mais sur lequel pourtant nous avons
une influence. Nous pouvons tenter d'absorber tout
changement, mais comment alors viser des établissements
humains qui ne soient pas trop génériques, ou si
polyvalents qu'ils en perdent toute ipséité ? »¹*

Essayer de prévoir l'avenir d'une construction, c'est tenter de prédire l'avenir social et culturel : « comment vivrons-nous, de quoi auront nous besoin, à quoi aspirerons-nous ? »² Face à l'impossibilité de répondre à ces questionnements, nous devons nous contenter de produire des espaces capables de s'adapter au théâtre de la vie humaine. Les bâtiments d'aujourd'hui sont les réhabilitations de demain et la conception réversible est un acte de transmission bienveillant pour les générations futures.

Les solutions constructives conseillées pour favoriser la réversibilité sont des clés de lecture, une boîte à outil au service des concepteurs. Comme pour tout autre projet frugal d'architecture, un arbitrage est à penser pour concevoir de manière appropriée à un contexte et se conformer à des critères techniques.

L'architecture réversible doit être capable d'articuler la robustesse et la malléabilité, ainsi que l'essence de la localité et le contexte sociétal pour être réellement frugale.

1. ROLLLOT Mathias, « L'obsolescence : ouvrir l'impossible », MétisPresses, 2016, p.71

2. KRONENBURG Robert, « Flexible », Ed. Norma, 2007, p.41

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES , ARTICLES

ADEME “(Etude) La construction neuve beaucoup plus consommatrice de matériaux que la rénovation,” ADEME presse, 20 décembre 2019 (presse.ademe.fr)

ARTELIA, « Guide Réversibilité, Aide à la conception dans le cadre d'un projet réversible bureau-logement », Février 2020 https://www.arteliagroup.com/sites/default/files/2020-02/ARTELIA_Guide_reversibilite.pdf (08/07/2022)

BORNAREL Alain, MADEC Philippe, GAUZIN-MULLER Dominique, “Manifeste pour une Frugalité Heureuse et Créative”, 2018

BORNAREL Alain, MADEC Philippe, GAUZIN-MULLER Dominique, “Commune frugale”, Ed. Actes Sud, 2022

BOUTTE Franck, JALLON Benoît, NAPOLITANO Umberto, «Paris Haussmann », Pavillon de l’Arsenal, Park Books, 2017

BRAND Stewart, «Dfd, Design for Dissassembly in the built environment », SEDA, 2005

CORNEN Bruno, «Vers une architecture réversible bureaux-logements », 2019

DEMIANS Anne, “La réversibilité des bâtiments pour une ville décarbonée”, Ed. Le Moniteur, avril 2023

DEMIANS A. « Black Swans », Architectures Anne Démians, 2013-2019 <https://www.annedemians.com/projets/black-swans---strasbourg-2013-2019> (08/07/2022)

ENCORE HEUREUX, « Lieux infinis » Editions B42, 2018

FRESSOZ Jean-Baptiste, “Gênes ou “la réalité d’un monde de béton”” Le Monde 28 août 2018 (lemonde.fr)

HABRAKEN John, “Supports : An alternative to Mass Housing” 1961, Nouvelle Edition, Seattle 1999

MADEC Philippe, « Mieux avec moins », Ed Terre Urbaine, 2021

KRONENBURG Robert, « Flexible », Ed. Norma, 2007

LIEBARD Alain, deHERDE André, «Guide de l’architecture bioclimatique », Tome 1 et 2, Ed. Systèmes solaires

PAVILLON DE L’ARSENAL, « Conserver, Adapter, Transmettre », Ed. Pavillon de l’Arsenal, 2022

LACAS Florent, “action coeur deville:200 projets de revitalisation devraient être signés en2020”, Batiactu, 11 septembre 2020 batiactu.fr

RAGER Mathis, STERN Emmanuel, WALTHER Raphaël, «Le tour de France des maisons écologiques », Ed. Alternatives, 2020

RAGER Mathis, STERN Emmanuel, WALTHER Raphaël, «Le tour des matériaux d’une maison écologique », Ed. Alternatives, 2023

ROLLOT Mathias, «l’Obsolescence : ouvrir l’impossible », MétisPresses, 2016

RUBIN Patrick, “Construire réversible”, Canal Architecture, avril 2017

RUBIN Patrick, “Transformation des situations construites”, Canal Architecture, avril 2020

TELLIER Thibault « De l’humanisation à la destruction du béton. La politique de la ville des années 1970 aux années 1980, de la revue en ligne Métropolitiques)

RESSOURCES AUDIOVISUELLES

Archi Intéressant, Podcast « Comment la résidence étudiante de Paris-Saclay anticipe la réversibilité des logements », 2022

LMDMR, Podcast « Anne Démians, L’architecte académicienne qui oeuvre à la réversibilité des bâtiments »

Sonopolis, Podcast « Réversibilité des bâtiments : la clé pour anticiper les évolutions sociétales ? », 2021

TATI Jacques, PlayTime, 1967

TRAVAUX UNIVERSITAIRES

BOUCHET Emilie, “Réversibilité du bâtiment : conception et équilibre économique”, Cas d’étude du bâtiment Lyon 04 à Marseille, Thèse Professionnelle, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ParisTech, juillet 2022

ELIARD Clémence, “Architecture et hyperspécialisation : comment retrouver la réversibilité des bâtiments ?”, Pôle EVA - Université Gustave Eiffel, Novembre 2021

LEBOEUF Nolwenn, «Quel avenir pour la construction neuve réversible? », Mémoire HMONP, ENSA Versailles, 2021

