

Le ventre de l'architecte

auteurs de l'étude Raphaël Ménard, Blandine Laplace, Mathilde Lépine, Louise Jammet

Imaginer, construire, rêver l'éternité ?

Certains se souviennent de ce film de 1987 de Peter Greenaway, *Le ventre de l'architecte*, où il était question d'un architecte en prise avec ses douleurs stomacales. Pour cet article, nous interrogerons davantage l'appétit des concepteurs, ce désir de bâtir (parfois cet hubris constructif), ce « ventre » de la consommation de ressources que cette gourmandise anime. L'architecte (ou l'ingénieur) est un grand prescripteur de matières : lorsqu'il lève son stylo pour esquisser une intention, lorsqu'il rédige des lignes de ses cahiers de prescriptions, il commande (parfois sans en prendre vraiment conscience) un flot considérable de matières. Aujourd'hui, lorsqu'un architecte conçoit, il commande environ 700 kilos de matières finales par heure travaillée, et au cours d'une carrière, sans doute l'équivalent d'un cube rempli de matériaux, de près de 25 mètres de côté¹. Pourtant, il y a une vingtaine d'années, le designer Thierry Kazazian nous invitait à « *L'âge des choses légères* »². Mais de quelle légèreté s'agit-il ? Est-elle résumable à la masse totale de matières prescrites par les concepteurs ? Ce rapport à la production architecturale, à l'œuvre bâtie, pose des questions essentielles. On songe à Louis I. Kahn, à la frugalité numéraire de ses références construites, et à Ieoh Ming Pei, l'architecte de la pyramide du Louvre et de centaines d'édifices dans le monde, qui aurait volontiers échangé tout son portfolio pour les chefs d'œuvre de son idole³ ! En ce début de XXI^e siècle, à l'heure des crises écologiques majeures, dont celle de la rareté des matières à construire, nous amorçons l'enquête. Après l'accélération extractiviste de la modernité conquérante, nous ébauchons des éléments de méthode en faisant « monter sur la balance » un panel de cinq architectes, emblématiques et représentatifs du XX^e siècle.

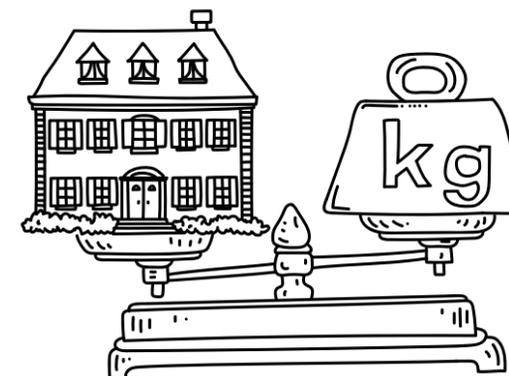
1. Raphaël Ménard, « *Le pic de l'architecture* », dans Julien Choppin et Nicola Delon, Matière Grise, Pavillon de l'Arsenal, 2014, p. 161-168.
2. Thierry Kazazian (dir.), *Il y aura l'âge des choses légères*, Victoires Éditions, 2003.
3. Interview de Ieoh Ming Pei dans My Architect - A Son's Journey, Nathaniel Kahn, 2003.

Peser l'architecture, peser l'œuvre

Parties émergées, matières visibles, on perçoit « cet impact gravitaire » à proximité des impressionnantes constructions antiques, telle la pyramide de Kheops et ses près de 6 millions de tonnes. De façon plus contemporaine, on le devine en se promenant dans un quartier de tours, expression du gigantisme de la modernité. À côté, la tour Eiffel, icône de la révolution industrielle, est d'une « insoutenable légèreté » avec ses 7 500 tonnes de fer puddlé.

Au XX^e siècle, la puissance des énergies fossiles a donné aux concepteurs le loisir de construire des ouvrages repoussant les limites des formes et des dimensions. De nouvelles alliances entre matière et énergie ont accéléré

les temps de construction (rappelons-nous, certaines cathédrales ont réclamé plusieurs siècles pour être achevées) en plus de rendre disponibles des ressources lointaines, comme de générer de nouveaux matériaux (bétons à haute performance, composites, etc.). Aujourd'hui, la criticité de certaines ressources, l'impact que leur extraction induit sur les écosystèmes, interrogent la quantité et la nature des matières à construire, car chaque mètre cube de béton ou de bois, chaque tonne d'acier, chaque kilo de verre mis en œuvre génère déchets et ressources non valorisées, depuis le berceau, jusqu'à la matière finale bâtie, et encore après leur démolition.



La sobriété en ressources à l'épreuve de la balance

Désormais, les réflexions sur l'impact des constructions sont au cœur des débats contemporains. Elles suscitent de nouvelles pratiques et questionnent le mix de matières¹. Toutefois, la quête de vertu environnementale ne peut se réduire à la légèreté massique de l'édifice. Récemment, l'exposition « L'empreinte d'un habitat »² retraçait une trentaine d'expérimentations remarquables d'architectes « épris de légèreté », constructions bâties entre 1920 et 2020. Par un travail méthodique et rigoureux, l'analyse coordonnée par Philippe Rizzotti établissait des corrélations entre « légèreté massique » et « légèreté carbone ». Or, la recherche de légèreté, de finesse, voire d'immatérialité, s'opère parfois au prix d'un

impact élevé des matériaux utilisés, comme en témoigne l'énergie grise considérable de l'acier inoxydable ou de l'aluminium par exemple. À rebours de cette dynamique, quelques architectes contemporains s'enorgueillissent encore parfois de la masse de leur projet. Françoise Fromonot s'en indigna justement dans son enquête sur la transformation des Halles à Paris et de sa récente couverture d'acier et de verre : « Ici et là, les acteurs du colossal chantier aiment à répéter que la Canopée pèse 7 000 tonnes, soit 500 de moins que la tour Eiffel... [...] La Canopée, aussi lourde qu'une structure de 300 mètres érigée au XIX^e siècle, signe donc une incompréhensible régression. »³

Cinq architectes sur la balance Un premier panel de la modernité

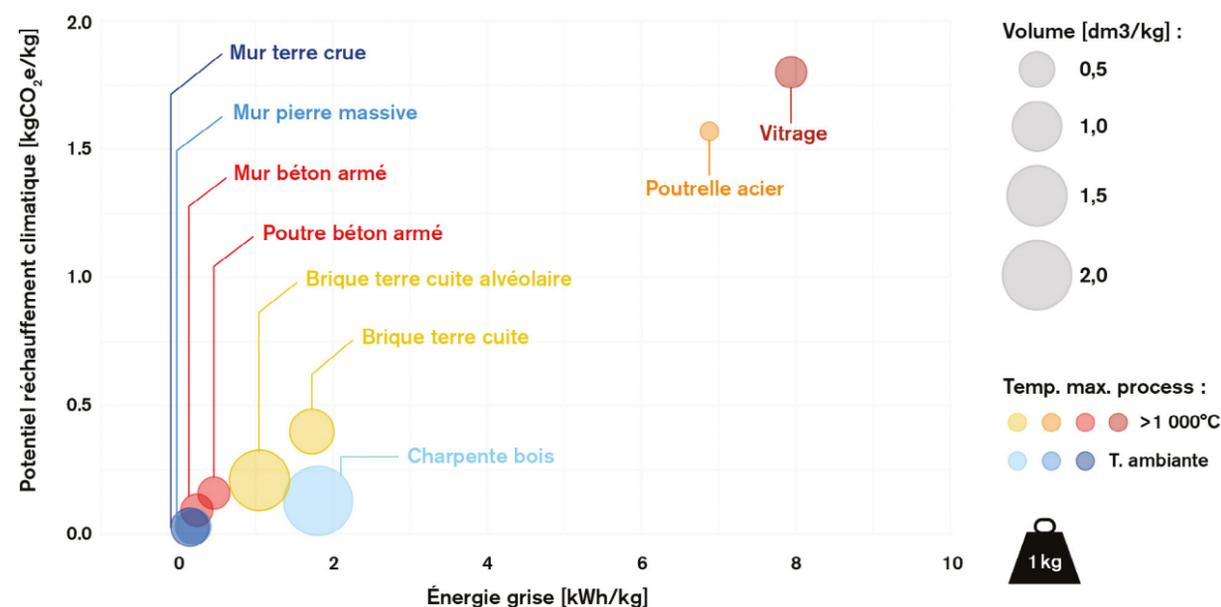
Afin de nous orienter dans l'architecture moderne, nous avons fait l'exercice de mettre sur la balance l'œuvre construite de cinq architectes majeurs du xx^e siècle aux profils constructifs contrastés: Le Corbusier, Louis I. Kahn, Lina Bo Bardi, Ludwig Mies van der Rohe et Hassan Fathy.

Le Corbusier a développé un riche langage architectural autour du béton qui a marqué le courant moderniste international; architecte-bâtitisseur tardif, Louis I. Kahn a beaucoup moins construit et son œuvre est davantage bigarrée, faite de briques, de béton et de bois; Lina Bo Bardi, architecte brésilienne, a peu construit également, mais a marqué l'archi-

tecture par des réalisations emblématiques, principalement en béton, ainsi qu'en pratiquant beaucoup de rénovations, moins gourmandes en matériaux; Ludwig Mies van der Rohe a été le parangon de l'acier et du verre et a massivement construit, en particulier aux États-Unis; enfin, précurseur de l'architecture écologique, Hassan Fathy défendait une architecture attachée aux techniques constructives traditionnelles, et a mis à l'honneur la terre crue en Afrique du Nord, dont l'Égypte. Ainsi, ce panel provoque une nouvelle rencontre, une comparaison intrigante, mêlant une grande diversité de contextes culturels, sociaux, techniques et économiques.

Caractéristiques de plusieurs matériaux de construction

Les données correspondent à 1 kilogramme de matière. Données issues de la base INIES, calcul effectué sur la durée de vie du produit; phases A à C, hors module D. Seul le vitrage à une durée de vie déclarée de 30 ans contre 100 ans pour les autres produits.



Ébauche d'une méthode, esquisse d'une métrique

Toutefois, établir la pesée, reconstruire le bilan de cette «dette constructive» de nos cinq protagonistes n'est pas si aisé. Par un travail d'inventaire, nous avons compilé les données

les plus précises sur les dimensions et les systèmes constructifs pour procéder à notre «pesée». Face à la quantité et la diversité des bâtiments de chaque architecte, une extra-

plication a été nécessaire afin d'obtenir quelques ordres de grandeur utiles à ce premier examen.

Pour les dimensions d'abord, en l'absence critique de données, des surfaces-types moyennes ont été appliquées au regard de l'œuvre d'un même architecte. Mies van der Rohe a par exemple construit un grand nombre de maisons bourgeoises peu documentées pour lesquelles nous avons alors obtenu pour une surface moyenne de 300 m². Les hauteurs sont également peu renseignées et ont pu être appréciées à partir du nombre de niveaux de l'édifice analysé.

SYNTHÈSE Pesée des cinq architectes

La production construite des cinq architectes n'est pas comparable en quantité, qu'il s'agisse du nombre de bâtiments, ou des surfaces totales érigées. Pour preuve, on compte jusqu'à 64 références pour Le Corbusier⁴ alors que Bo Bardi ne recense que 13 édifices. En 79 projets construits, Mies van der Rohe a livré plus de 1,2 million de mètres carrés de bâti, soit près du triple du (pourant) prolifique Le Corbusier qui atteint plus de 412 000 mètres carrés! Alors, un mètre carré conçu par Le Corbusier ça pèse combien? Et pour Hassan Fathy?

16 bâtiments ont été redessinés et quantifiés afin de déterminer le volume de chaque matériau constituant leur enveloppe et leur structure (hors fondations). Ce quantitatif permet d'obtenir un poids surfacique valable pour les types constructifs de chaque architecte. Ils sont ensuite extrapolés pour estimer le poids de leur œuvre. Cet exercice montre que la majeure partie des réalisations des cinq «cobayes» possède un poids surfacique compris entre 1 000 et 1 500 kg/m², malgré la grande variabilité des systèmes constructifs et des expressions architecturales. Quelques réalisations dénotent tout de même lorsque nous nous penchons sur «l'intensité ressources» de cette production. D'abord, l'œuvre de Fathy, principalement en terre crue, pèse très lourd dans la balance avec un poids surfacique d'environ 3 800 kg/m² pour la maison Hamed Said (1945). Dans son cas, cette pesée s'incarne matériellement par un grand volume de matière mis

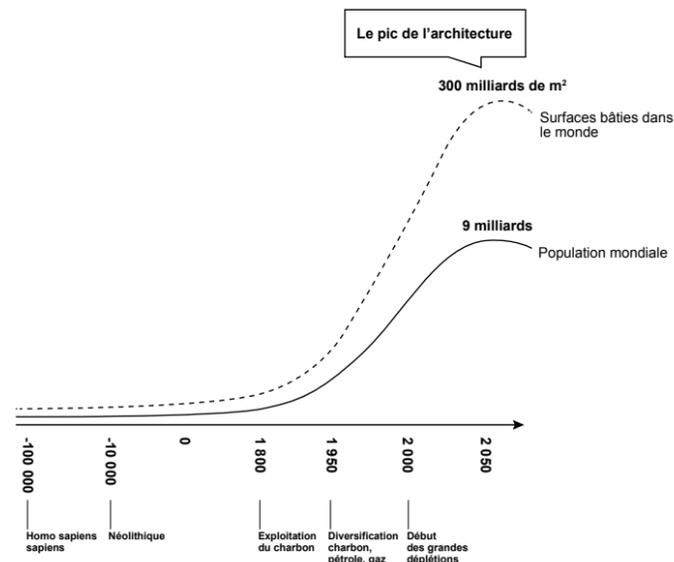
Ensuite, les systèmes constructifs. Notre panel rassemble (intentionnellement) des architectes aux œuvres marquées par des systèmes constructifs contrastés. Cela a malgré tout changé durant leur carrière pour certains, ou cela dépend des types de construction pour d'autres. Notre méthode a donc été de raisonner à partir de types caractéristiques à partir de l'analyse détaillée de deux à cinq bâtiments pour chaque architecte afin d'obtenir un poids surfacique typique (kg/m²) applicable à des «périodes» de leur œuvre.

en œuvre (2 m³/m² construit) ce qui contraste avec l'église Espirito Santo do Cerrado de Bo Bardi (1982) faite de bois et de brique, bien plus légère (990 kg/m²) et aérienne (0,6 m³/m²) ou le célèbre Salk Institute de Louis I. Kahn (1963), avec une moyenne de 1 200 kg/m² et moins de 0,5 m³/m² construit grâce à la densité et aux performances du béton armé. Entre ces extrêmes, on trouve sinon la célèbre bibliothèque Exeter de Kahn (1972) où l'épaisse façade de brique s'ajoute à la grande structure de béton pour une densité assez élevée pour notre panel, à 2 700 kg/m², mais un volume surfacique plus faible que Fathy (1,4 m³/m²). Réapparaît alors cette subtile gymnastique du métier d'architecte qui compose entre matériaux, surfaces, volumes, formes, poids et désormais impact environnemental.

Finalement, l'écart de poids s'établit dans un rapport de 1 à 30 entre les 1,2 million de tonnes pour l'ensemble de l'œuvre de Mies, comparées aux 38 000 tonnes de Bo Bardi. Fathy est le second poids plume avec ses 158 000 tonnes pour 42 édifices en tout. Concernant les volumes de ressources, les écarts relatifs et la hiérarchie sont sensiblement identiques: Mies a mis en œuvre l'équivalent d'un cube plein (d'acier, de béton, de verre, de bois etc.) de plus de 75 mètres de côté; à l'autre extrémité du panel, l'œuvre de Bo Bardi représente un cube de moins de 25 mètres de côté.

Perspectives

Cette pesée (sur notre balance encore imparfaite) met le doigt sur quelques enseignements. Elle confirme l'importance de l'« empreinte matière » des concepteurs, à l'instar de l'empreinte carbone de tout citoyen. Quoiqu'ils et elles ne soient pas les commanditaires des millions de mètres carrés édifiés (dont le besoin est déterminé par une maîtrise d'ouvrage parfois accompagnée par des programmatistes dont le rôle est de veiller au juste équilibre entre surfaces et usages), les systèmes constructifs et les mix de matières sont maîtrisés par les concepteurs, et sont l'expression même, de l'écriture architecturale. Cependant, la seule donnée de poids ne peut servir de boussole. De nombreux matériaux géosourcés (terre crue, pierre...) pèsent particulièrement lourds mais ont une empreinte environnementale exemplaire. Ainsi, la « pesée systémique » du « ventre du concepteur » réclame une plus grande variété d'indicateurs que la simple aiguille de la balance. Pour aller plus loin, au-delà de la masse globale, il est pertinent d'interroger l'intensité carbone des matériaux employés, et plus globalement le « scope 3 »⁵ (le « carbone gris » d'une analyse de cycle de vie). Cela implique d'observer à la fois la nature renouvelable (ou non) des matériaux, mais aussi l'énergie nécessaire à leur extraction, leur transformation et leur acheminement. Face aux centaines de milliers de mètres carrés d'acier neuf de Mies, les rénovations de Lina Bo Bardi étaient pionnières face au défi du XXI^e siècle. Elles dessinaient une architecture anticipant le « pic de la discipline »⁶ (voir graphique ci-contre) qui nous engage à moins démolir et davantage transformer pour amortir et « digérer » la dette constructive du XX^e siècle. Au cours de cette « grande accélération constructive », après avoir exploré les performances techniques de la matière, en se souciant peu de l'énergie ou des volumes consommés, les concepteurs (architectes ingénieurs, designers etc.) questionnent désormais la matière à travers son cycle de vie. Le concepteur n'est plus omnipotent, il intervient dans un monde à protéger, (voire à réparer), un « sachant-facilitateur » au sein d'un environnement où « rien ne se perd, rien ne se crée et tout se transforme ». Cette ébauche de pesée devra ainsi s'élargir sur davantage de critères, se préciser dans les calculs et s'ouvrir à un



Raphaël Ménard, «Le pic de l'architecture», dans Julien Choppin et Nicola Delon, Matière Grise, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2014.

panel d'architectes (et de disciplines) plus grand afin d'interroger l'histoire de l'architecture et de la construction au prisme de leur impact au-delà de la matière (biodiversité, cycle de l'eau, pollutions etc.). Entre légèreté et lourdeur, nature et provenance des matières, frugalité ou abondance, les architectes adoptent des stratégies diverses salutaires pour la créativité, la diversité des formes et des expressions architecturales. Ressources locales, matériaux crus (ou moins cuits!), réemploi et réhabilitation, les solutions sobres et frugales sont nombreuses et doivent entrer dans le « régime alimentaire » des architectes et des concepteurs de demain. •

1. *Thème de l'exposition et du catalogue «Matière grise», commissariat scientifique: Julien Choppin et Nicola Delon, 2014-2015, Pavillon de l'Arsenal.*
2. «L'empreinte d'un habitat», commissaire scientifique invité: Philippe Rizzotti Architecte, 2021-2022; voir l'ouvrage L'empreinte d'un habitat: construire léger et décarboné, dirigé par Philippe Rizzotti Architecte, Paris, Pavillon de l'Arsenal, 2022.
3. Fromonot Françoise, La comédie des Halles, Paris, La Fabrique éditions, 2019, p. 115.
4. Nous avons arrêté notre liste aux œuvres individuelles et exclu les collaborations comme le Secrétariat des Nations Unies pour Le Corbusier ou quelques projets du jeune Louis I. Kahn.
5. Prise en compte des émissions indirectes de l'ensemble de la chaîne de valeur d'une entreprise, ici concernant les matériaux mis en œuvre.

IIT Crown Hall, 1956	Musée d'art occidental de Tokyo, 1955	Village de New Baris, 1967	Maison Fisher, 1967	Musée d'art de Sao Paolo, 1968
Maison Mosler, 1926	Immeuble Molitor, 1934	Mausolée Ahmed Hassanein Pasha, 1946	Yale Center For British Art, 1974	Casa do Vidro, 1951
Seagram Building, 1958	Cité radieuse, 1952	Mosquée de New Gouna, 1948	Salk Institute, 1965	SECS Pompeia, 1986
IIT Alumni Memorial Hall, 1958	Chapelle Notre-Dame-Du-Haut, 1955	Usine de céramiques, 1950	Performing art center, 1973	Maison Chame-Chame, 1964
Maison Farnsworth, 1951	Villa Savoye, 1931	Maison Ahmed Said, 1945	Exeter Library, 1972	Eglise Espirito Santo do Cerrado, 1976

79 œuvres 1 218 000 m ² 1 429 000 t	64 œuvres 412 000 m ² 560 500 t	42 œuvres 52 500 m ² 158 500 t	25 œuvres 209 500 m ² 337 000 t	13 œuvres 30 500 m ² 38 000 t
Ludwig Mies van der Rohe 1908-1972	Le Corbusier 1905-1973	Hassan Fathy 1928-1989	Louis I. Kahn 1942-1979	Lina Bo Bardi 1951-1990

Temp. max. process: T. ambiante > 1 000°C

terre crue pierre bois terre cuite métaux béton vitrage