



La production de CO2 dans la construction

Pic-Vert, août 2023



La limitation de la production de CO2 dans les activités humaines est aujourd'hui quasiment érigée en projet de société pour les prochaines décennies. Le secteur de la construction est, de son côté, particulièrement générateur de ce gaz à effet de serre. Pour ne rien arranger, le béton est même le deuxième produit le plus consommé sur terre, juste après l'eau...

Dès lors, n'est-il pas totalement paradoxal de poursuivre, d'un côté, le bétonnage effréné du canton « pour nos enfants » et, de l'autre, la décarbonation de notre société ?

A propos de CO2 et du climat

Comme nous l'avons déjà mis en avant dans notre article du mois de mars dernier (PV n°140), le dioxyde de carbone (CO2) est un gaz émis naturellement par le vivant notamment par l'expiration ou par la combustion d'agents énergétiques tels que bois, gaz

ou pétrole. Dans son cycle naturel, une grande partie du CO2 est absorbée par la surface des océans, les forêts et la végétation. Il est aussi présent dans les roches terrestres sous forme gazeuse ou associé aux hydrocarbures depuis des siècles. Sa libération massive au cours de notre industrialisation et l'extension vertigineuse de l'humanité

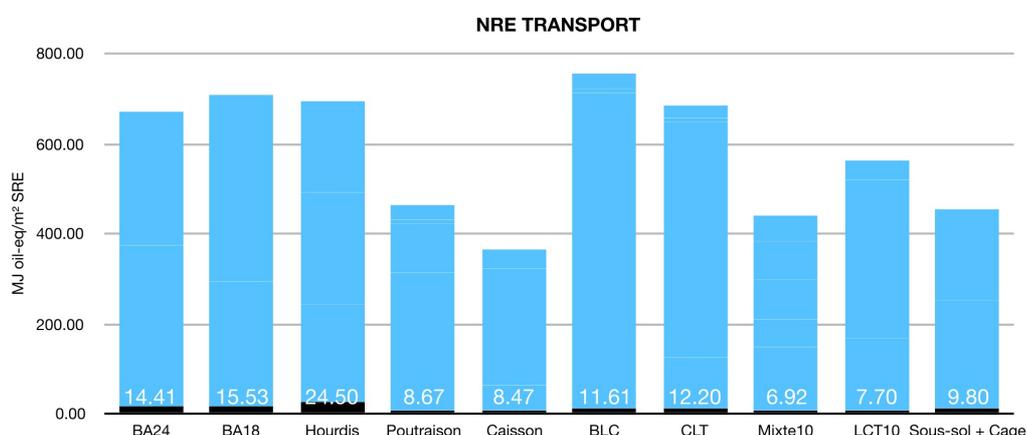
engendrent effectivement un déséquilibre maintenant bien reconnu. Présent à 0.03% dans l'air ambiant, il ne contribue toutefois que marginalement à l'effet de serre (3.62%), loin derrière la vapeur d'eau. Si un réchauffement moyen de quelques degrés intéresse sûrement les Sibériens et les Canadiens, il ne fait pas pour autant l'affaire des populations habitant déjà les régions les plus chaudes du globe. En effet, selon certaines projections, l'augmentation de la température moyenne, à terme, pourrait bien rendre totalement inhabitable la bande équatoriale et repousser ses habitants vers le nord. Si ce scénario ne présente pas trop d'inconvénients pour des populations nomades, il en va bien autrement pour les habitants de villes en béton intransportables et situées dans des pays avec une frontière clairement définie. Passons sur les quelques exemples historiques dont nous disposons qui ont entraîné des migrations, dans un sens comme dans l'autre, et des bouleversements décisifs en raison d'une modification climatique. On peut penser au Mythe de l'Atlantide vers la fin de la dernière ère glaciaire, à l'invasion des Pelasges dans les temps bibliques, ou l'invasion des Huns, la colonisation Viking, l'essor européen au XIIe siècle, etc, etc. Donc oui, une modification trop rapide du climat deviendrait effectivement un défi majeur à relever pour nos sociétés.

Le décompte des points

Ainsi, l'idée de comptabiliser la production de CO2 pour chaque activité humaine a naturellement émergé et devient maintenant un élément de comparaison destiné à prendre conscience de l'influence de notre activité économique sur le climat. L'avion, la voiture, les porte-conteneurs et autres navires de croisières sont régulièrement pointés du doigt comme de gros émetteurs de gaz à effet de serre mais le secteur de la construction les devance bien davantage !

Après la standardisation de l'habitat pour baisser les coûts de production vers 1950, l'isolation thermique des bâtiments vers 1990, l'architecture doit intégrer maintenant ce nouveau paramètre « climatique ». On trouve donc aujourd'hui de plus en plus d'informations sur l'impact carbone de tel ou tel matériau (compte tenu du transport, de la fabrication, de la mise en œuvre) et il est désormais possible de calculer la production totale de CO2 émise pour la réalisation d'un édifice*. En attendant la contrainte légale qui ne manquera pas de survenir, le tonnage en CO2 permet au moins de comparer un type de construction par rapport à un autre et surtout de prendre conscience du coût environnemental d'une opération immobilière.

*ref : https://www.kbob.admin.ch/kbob/fr/home/the-men-leistungen/nachhaltiges-bauen/oekobilanzdaten_baubereich.html



Le lien avec l'énergie grise

Avant que la notion d'économie décarbonée n'influence notre quotidien, la notion « d'énergie grise », déjà maintes fois abordée dans nos colonnes, semblait recouvrir les mêmes champs d'application. En bref, l'énergie grise pourrait se résumer par la quantité d'énergie induite, cachée et les coûts à la charge de l'environnement pour un produit donné, soit, l'extraction, la transformation, la fabrication, la production, le transport, la mise en œuvre, l'entretien et le recyclage. En écobiologie de la construction (ECO-BIO), cette approche reste fondamentale et a vu émerger des constructions en bois, en terre-cuite (TC) ou en paille pour remplacer les sempiternels immeubles en béton armé, isolés au polystyrène dont le bilan énergétique complet (exprimé en kWh/m³) demeure une hérésie, voire si ce n'est, pour certains, un « crime contre l'environnement ».

Si les deux notions se recoupent partiellement et suivent une approche similaire, le calcul du tonnage de CO₂ est, en effet, encore plus défavorable pour le béton, l'acier, les éléments cuits (TC) ou les matériaux issus de l'industrie chimique. En effet, la plupart des procédés chimiques, alourdissent considérablement la facture finale car ils rejettent aussi des quantités supplémentaires de CO₂ dans l'atmosphère lors du processus de transformation. Ainsi, non seulement la fabrication du ciment produit du CO₂ de par la production de chaleur nécessaire (~2000°C), le transport, le mélange ou le concassage/broyage mais l'extraction du calcaire lui-même libère aussi du CO₂ stocké dans les roches minières. Par ailleurs, certains processus de transformation chimique nécessitent d'insuffler du CO₂ spécialement puisé dans le sol pour obtenir la réaction souhaitée. En somme, ce mode de calcul fustige un peu plus l'utilisation de

matériaux comme le béton armé ou le bois lamellé-collé par exemple.



Logement à faible émission de CO₂

Dès lors, à quoi ressemblerait l'immeuble du futur devant intégrer dès sa conception cette nouvelle considération ? Pour répondre à cette question, nous avons consulté l'architecte Christian von Düring, qui s'est spécialisé dans ce domaine. Nous pouvons également nous appuyer sur son étude consacrée à ce sujet dans le cadre de son travail de master en énergie et développement durable dans l'environnement bâti, une filière de spécialisation de la HES-SO dans laquelle il enseigne actuellement.

Pour évaluer l'impact en CO₂ des matériaux de construction, la méthodologie a consisté à concevoir un petit immeuble de logements simple de 7 niveaux avec ou sans sous-sol, ce qui correspond à un cas générique de notre tissu urbain. Il a ensuite fait varier les modes constructifs pour en comparer l'impact sur la génération de CO₂ lors de la construction.

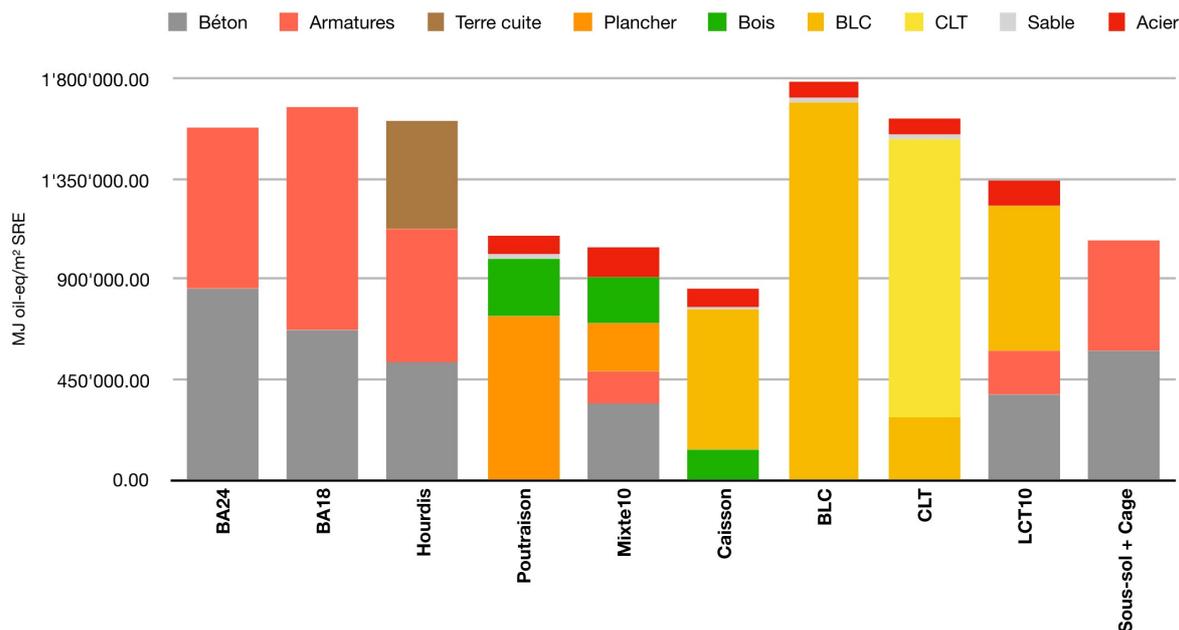
Pour obtenir une comparaison objective, notamment en terme de température de confort, il a également fallu tenir compte de l'effet de masse. Un immeuble en béton ou en pierre intègre déjà une forte masse qui a pour effet de stocker de

l'énergie. Ainsi, cette masse ralentit les échanges thermiques et participe à maintenir le bâtiment au chaud l'hiver tout en le conservant au frais l'été. Dans une construction en bois ou en paille, l'inertie thermique est très faible du fait de l'absence de masse et bien que le logement soit très bien isolé, il se réchauffe et se refroidit bien plus vite que son homologue en maçonnerie. Ainsi, une masse (de sable, terre, gravier, etc.) doit être ajoutée pour ces constructions légères, équilibrant ainsi les propriétés des différents bâtiments. Bien d'autres paramètres tels que l'ensoleillement, les ombrages en façade, entre autres, ont aussi été pris en compte dans cette recherche.

Les modes constructifs suivants ont été évalués :

- BA24 : béton armé standard (24 cm).
- BA18 : béton armé économique (18 cm).
- Hourdis : dalle à hourdis (TC/BA)
- Caisson : dalle en caisson (BA, type immeuble Honegger)
- Poutraison : structure en bois d'œuvre
- BLC : Bois Lamellé Collé
- CLT : Bois Lamellé Croisé
- LCT10 : Dalle mixte (bois/ BA)
- Mixte : Dalle mixte (bois/béton)

TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS NRE



Premier constat, l'impact de la construction d'un sous-sol est considérable sur la production de CO₂, celui-ci peut représenter jusqu'à 1/3 du total. En effet, le recours à de grandes quantités de BA impactent considérablement le bilan. Au surplus, l'excavation de la terre, son évacuation, la distance du transport et l'enfouissement nécessaire ne sont pas comptabilisé par l'étude, ce travail additionnel représente lui aussi une effroyable quantité de CO₂...

En terme de transport, les bons élèves sont le système de poutraison et les dalles à caissons, loin devant les autres modes de construction. Côté construction, ce sont les systèmes de poutraison, de caissons et mixtes bois/béton qui s'en sortent le mieux. Tous les autres systèmes constructifs se révèlent extrêmement péjorants en terme de génération de CO₂.



L'immeuble du futur

Construction. Ainsi, l'immeuble du futur serait plutôt en ossature bois (bois d'œuvre exclusivement), serait isolé en matériaux organiques, comprendrait au moins une cloison en terre crue par appartement pour augmenter sa masse. Il n'aurait pas de sous-sol ou ce dernier serait fortement réduit. Il nécessite encore un minimum de béton pour des fondations ponctuelles mais ne devrait surtout pas comporter d'abri PC... Il intégrerait des matériaux naturels le moins transformés possible. Peut-être seraient à éviter aussi les briques en terre cuite dont la cuisson rejette une grande quantité de CO₂. Enfin, une limitation des divers matériaux employés et une simplification/réduction des systèmes techniques est, elle aussi nécessaire pour atteindre l'objectif.

Architecture. Il faudra concevoir simple pour consommer moins de matière et privilégier les structures ponctuelles (composées de poteaux à la place des murs). Les lignes générales devront être plus sobres et l'ambition architecturale plus modeste. Les espaces seront peut-être moins nombreux mais aussi plus généreux. L'orientation bioclimatique et l'ombrage systématique des façades ouest devront s'imposer.

Urbanisme. Le sol aussi est une denrée précieuse et pour ne pas générer de la production de CO₂ par d'inutiles déplacements, les agglomérations du futur seront certainement assez compactes. A défaut d'une énergie abondante et bon marché, les villes devront dans le même temps se limiter en taille et compter de fait moins d'habitants. Leur relative petite surface permettra d'accéder rapidement à la nature environnante pour assurer la

subsistance par exemple. Paradoxalement, il nous faudra aussi éviter d'éparpiller les zones habitables tout en répondant aux projections démographiques avec l'augmentation de la population, notamment dues aux migrations climatiques...

Morphologie urbaine adaptée. La ville à faible émission de carbone va probablement se regrouper en îlots, avec d'un côté la rue et de l'autre, un parc arboré. Dans ce contexte et en suivant la même logique d'une société en décroissance, la voiture individuelle est aussi amenée progressivement à disparaître de l'espace public. Pour rationaliser les infrastructures, nombre d'espaces seraient mutualisés, ou partagés, pour éviter les volumes sous exploités.

Les tours sont un modèle à proscrire absolument, tant elles génèrent de carbone à la construction et restent énergivores tout au long de leur cycle de vie.

La villa isolée, quant à elle, avec ses façades et son toit (pour un seul logement) ne se classe pas non plus parmi les bons élèves. Restent les quartiers de villas en ordre contigu, tels que proposés par le modèle anglais du XIXe siècle ou le village gaulois avec sa rue centrale et ses maisons accolées, qui peuvent se défendre pour autant que la question de la mobilité soit résolue en supprimant, là encore, le lourd impact de la voiture individuelle.

La ville du passé

Présentée comme ça, la ville du futur peut avoir des airs dystopiques mais, de fait, elle ressemble beaucoup aux quartiers genevois érigés au XIXe siècle et qui font aujourd'hui encore toute la beauté du centre ville où les élégants boulevards bordent la rade. Parmi les meilleurs exemples d'une architecture efficace, compacte, économique, rationnelle, agréable à vivre, calme, peu gourmande en énergie, à faible énergie

grise et donc à faible impact carboné, on peut citer le square du Mont-Blanc. Adresse prisée par de nombreux architectes de la place, de par sa situation, il incarne aussi la spectaculaire différence entre une des rues les plus bruyantes de la ville et un des jardins les plus calmes. Ce modèle d'îlot reste aujourd'hui un modèle de pertinence urbanistique indémodable.

Bien que les appartements d'un angle fermé soient plus difficiles à aménager que dans un îlot à angle ouvert (tel l'ensemble Braillard des Eaux-Vives par exemple), le gain en efficacité, économie de moyens et en densité discrète est spectaculaire. C'est le paradigme inverse des tours de Carouge, bien moins denses, mais dont le sentiment de densité apparaît beaucoup plus oppressant pour les habitants malgré les grandes esplanades bétonnées et impersonnelles...

Tant la ville romaine de l'antiquité, que le modèle haussmannien au XIXe siècle, sont constitués d'immeubles en maçonnerie de 5 à 7 étages, plus ou moins organisés sur le même modèle en îlots. Peut-être sera-t-il finalement, plus facile de nous adapter à une architecture décarbonée que cela ne l'a été pour la ville « béton et voiture » des années 1960 .



Construction durable

Pour conclure, la notion de durabilité des constructions est étroitement liée à la problématique du CO2 ou énergie grise. Ainsi, démolir une construction existante pour reconstruire un bâtiment neuf pourrait bientôt être considéré comme une hérésie.



Cependant relativisons : tout ce que l'on fait produit du CO2, toute activité économique, vivre ou même simplement

respirer... C'est davantage une question de choix, de conscience de ce que l'on fait et de l'impact de notre action sur notre environnement. La notion même de développement durable (bel oxymore, au passage) reste incompatible avec celui d'une société durable ; soit on se développe, soit on est durable !

Si nous faisons le choix de répondre à l'impératif d'une société décarbonée, alors cela implique de construire durablement. La logique durable, c'est de construire au minimum pour 150 ans en proposant des projets toujours adaptables et modulables dans le temps, un peu à la manière de ce qu'ont réalisé nos prédécesseurs des XVIIIe et XIXe siècles.

Enfin, ne perdons pas de vue non plus que la construction décarbonée n'est certainement pas une nouvelle mode en devenir mais, à n'en pas douter, l'expression du déclin de la société de consommation basée sur une croissance infinie. La civilisation de l'énergie abondante et bon marché a vécu ; si on n'anticipe pas dès maintenant la réalité à venir, le réveil risque bien d'être brutal. La ville à faible émission de carbone est un modèle allégé de la ville actuelle, elle devra être plus compacte et compter bien moins d'habitants.

Christophe Ogi
Architecte HES, ECO-BIO

Remerciements : Avec nos remerciements renouvelés à Monsieur Christian von Düring pour sa disponibilité et la présentation de son étude.

Vidéo avec J-M. Jancovici et sa vision des tours : https://www.youtube.com/watch?v=mWOHE3OgFx0&ab_channel=%C3%89thiqueettac