
LES OFF DU DD 2017

PROPOSITION DE PROJET

PROJET DE RECHERCHE

*ENERGIE GRISE ET ENERGIE D'EXPLOITATION : IMPACT
DU GESTE ARCHITECTURAL EN MATIERE DE FRUGALITE*

PRESENTATION GENERALE DU PROJET

Thème de rattachement : le bâtiment frugal

Type de projet : recherche

Durée : 9 mois

Equipe : Elioth Lab, filiale du groupe Egis

Coordonnées du candidat

Elioth, Egis Conseil
4 rue Dolorès Ibarruri
93188 Montreuil

Contact :

Emma Carvalho de Oliveira

e.carvalho@elioth.fr

01.49.20.12.80

Cette étude menée par la cellule R&D d'Elioth interroge le rôle et le sens du geste architectural vis à vis de la technique dans la quête d'une plus grande frugalité.

Depuis l'essor du développement durable le gisement d'économie constitué par les consommations d'exploitation, facilement appréhendable dans sa problématique et dans ses solutions, a constitué le principal fer de lance de la conception 'environnementale'. Les réglementations et certifications existantes s'appuient en conséquence largement sur la mise en œuvre de matériaux et de systèmes aux performances accrues dans la prise en compte de l'optimisation énergétique d'une architecture. Cette démarche a engendré d'importants progrès dans la conception des enveloppes et a permis d'enclencher une réflexion indispensable sur les consommations d'énergie d'exploitation.

Toutefois, à mesure que l'offre industrielle s'adapte pour répondre efficacement à cette demande, l'importance de la réflexion sur la forme même du bâti et des partis pris architecturaux est parfois minimisée, laissant au passage de côté la question de l'énergie grise induite par une technicité croissante. Cette thématique est introduite aujourd'hui à travers les études de type ACV mais elle est encore peu corrélée directement à la performance énergétique. Quel que soit l'indicateur choisi (l'énergie, le carbone ou tout simplement le coût), l'équilibre entre ce qui est investi lors de la construction et les économies permises par cet investissement est rarement interrogé en tant que tel. Dans ce contexte, le risque peut être de tomber dans une forme de systématisme focalisé sur un

gisement d'économie qui serait en fait bientôt épuisé, au détriment d'autres opportunités de conception.

L'étude cherche ainsi à évaluer l'impact de choix de conception architecturale simples, en partant du principe qu'ils représentent un gisement d'économie dont l'investissement énergétique, carbone et financier est nul. Par exemple, contrairement au choix d'un double vitrage ou d'un triple vitrage à l'argon, le choix d'une orientation Nord ou Sud n'induit pas en soit de déplacement des ressources mises en œuvre entre le «stock» (énergétique, carbone ou financier) constitué par le bâtiment et le «flux» que celui-ci va générer tout au long de sa vie.

A ce titre, connaître l'ordre de grandeur que représente la juste prise en compte des choix architecturaux constitue un enjeu vis à vis de la frugalité dans son appréhension globale. Dans un monde où l'énergie et la matière deviennent plus rares et plus chères, la meilleure stratégie est-elle un triple vitrage à l'argon, ou une réflexion fine sur la meilleure orientation possible ? Quel est le rapport entre les stocks d'énergie grise mis en jeu dans les constructions contemporaines et les économies réalisées sur l'ensemble de leur durée de vie ?

La réponse à cette question est complexe car elle met en jeu de nombreux éléments : le climat en premier lieu, mais aussi l'usage spécifique du bâtiment, son contexte énergétique et son contexte économique. Ce projet d'une durée de 6 mois a consisté à développer une méthodologie d'étude puis un chaînage logiciel capable de générer un corpus de résultats dont l'analyse fait ressortir un ensemble de relations et de tendances propres à alimenter le débat.

SPECIFICITES DE L'OPERATION

METHODOLOGIE

La méthodologie d'étude a été conçue de façon à pouvoir évaluer séparément l'impact de plusieurs éléments de conception architecturale courants, puis de faire une première application sur un élément choisi. Au fur et à mesure du développement du projet deux éléments de conception ont donc été retenus pour mener cette étude comparative : l'orientation et la fraction vitrée.

L'objectif du projet de recherche est donc d'évaluer la quantité d'énergie totale (énergie grise plus énergie d'exploitation) sur une durée de vie théorique pour deux stratégies constructives : une stratégie dite «sobre» et une stratégie dite «performantielle».

La stratégie «sobre» est caractérisée par :

- une enveloppe dont le U des parois opaques est de $0.38 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ et le U des parois vitrées de $3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- un système de chauffage de type chaudière gaz
- un système de refroidissement de type PAC sur électricité
- une ventilation naturelle diurne sur les plages de température adéquates
- une ventilation mécanique avec récupération de chaleur le reste du temps et sur-ventilation nocturne quand la température intérieure dépasse la température extérieure.

La stratégie «performantielle» est caractérisée par :

- une enveloppe dont le U des parois opaques est de $0.14 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ et le U des parois vitrées de $0.56 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- un système de chauffage de type PAC sur électricité + appoint gaz / une chaudière gaz dans les climats très froid où la PAC n'est pas appropriée
- une ventilation naturelle diurne sur les plages de température adéquates
- un système de refroidissement de type PAC sur électricité
- une ventilation mécanique avec récupération de chaleur et sur-ventilation nocturne qd la température intérieure dépasse la température extérieure.

La méthodologie mise au point définit ensuite 8 contextes d'étude caractérisés chacun par :

- un contexte climatique
- un mix de production électrique
- un coût des kWh électrique et thermique
- un contenu carbone des kWh électrique et thermique
- un indice de Parité de Pouvoir d'Achat
- un salaire moyen par habitant.

Dans chacun de ces contextes, 3 typologies d'usage (logement, bureaux, enseignement) sont étudiées pour les deux stratégies constructives envisagées.

Pour l'ensemble de ces cas, 8 orientations et 4 pourcentages de fraction vitrées sont simulés afin d'établir des besoins

en chauffage, refroidissement et ventilation. En fonction du contexte, ces besoins permettent par «extrapolation» de fournir un dimensionnement système et de calculer des consommations en énergie primaire. Sur la base de l'ensemble des caractéristiques système ainsi obtenues et des choix d'enveloppe, on propose un calcul d'énergie grise pour chaque cas sur la base des données INIES disponibles.

Un travail de recherche sur les coûts et les contenus CO2 de l'énergie et des produits de construction permet ensuite de construire, pour l'ensemble des 1128 cas envisagés, des indicateurs comparatifs sur le coût financier, carbone et énergétique. Il s'agit d'explorer si, au delà des logiques de conception actuelles, il existe en fonction du contexte des configurations architecturales optimales pour lesquelles une construction aux performances «matériautes» moindres peut se révéler plus frugale qu'une construction mieux «équipée» à la base.

CHAINAGE LOGICIEL

Afin de produire cette étude et de la mettre à jour rapidement pour en calibrer et en fiabiliser les hypothèses, l'équipe a mis au point un chainage logiciel combinant des possibilités de paramétrages et d'automatisation avancées, composé de 4 blocs :

- modélisation paramétrique
- simulation paramétrique
- post-traitement automatisé des résultats de simulation
- outil de mise en forme et de visualisation des résultats.

Cette démarche, déterminante dans la réduction des temps de travail associés à la réalisation et à l'ajustement de la méthode et des hypothèses, permet surtout une grande flexibilité dans les usages futurs envisageables. Il est possible de modifier ou d'ajouter rapidement des valeurs sur les différents sets de paramètres de l'étude. On peut ainsi élargir le nombre de contextes étudiés, les typologies d'usage prises en compte ou bien faire varier les stratégies architecturales et matériaux.

RESULTATS

De nombreuses approches peuvent être adoptées pour analyser ces résultats et le projet prenant fin en décembre 2016, l'équipe du Lab d'Elioth travaille encore à dégager l'ensemble des phénomènes d'intérêt révélés par l'étude. Il est cependant déjà possible de dresser un premier «portrait» de la situation telle que dessinée par les hypothèses et données prises en compte.

Tous contextes, usages et typologies architecturales (fraction vitrée et orientation) confondus, on peut comparer un jeu de 576 « duos » différenciés seulement par le choix d'une stratégie «performantielle» ou «sobre». Sur ces 576

«duos», les pourcentages de cas dans lesquels la solution «performantielle» permet un gain sont les suivants :

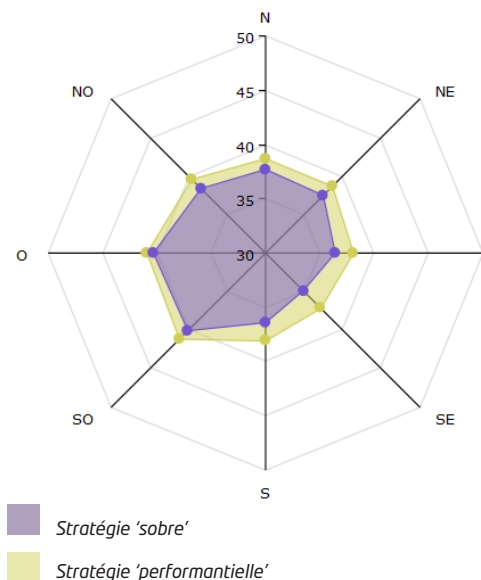
- 62 % si l'on considère la consommation d'énergie primaire totale (exploitation + énergie grise)
- 31 % si l'on considère les émissions de carbone
- 1 % si l'on considère l'indicateur financier tel que calculé dans l'étude.

Outre le fait que ces résultats indiquent que le transfert entre énergie d'exploitation et énergie grise n'est pas toujours gagnant dans le cas d'une stratégie «performantielle», ils mettent en avant un coût carbone et financier très élevé que les économies d'énergie en exploitation ne semblent finalement pas en mesure d'équilibrer dans une majorité de cas. Avec l'importance grandissante de l'enjeu carbone, cela représente une base d'arbitrage majeure, surtout si l'on considère que les efforts faits dans le cadre de la transition énergétique ont vocation à décarbonner massivement les énergies électriques et de traitement thermique des espaces.

Il est intéressant de constater, en regardant plus précisément, que la situation varie grandement en fonction de l'usage pris en compte. Le pourcentage de 62% concernant l'énergie primaire se décompose ainsi comme suit selon les usages :

- bureaux : 67 %
- logement : 79 %
- enseignement : 40 %

La démarche devient véritablement intéressante quand on prend en compte l'élément suivant : dans 74% des cas l'optimum d'orientation de la stratégie «sobre» présente un bilan énergétique inférieur à au moins un des cas de la stratégie 'performantielle' correspondants. Cela met en



Visualisation du bilan énergétique par orientation pour la stratégie 'sobre' et la stratégie 'performantielle' dans le cas d'un local d'enseignement à Nice avec une fraction vitrée de 50%.

avant que pour un poids carbone et financier à priori bien moindre, le bilan énergétique d'une solution «sobre» bien orientée ne se situe pas forcément très loin d'un optimum «performantiel».

Par exemple, pour une fraction vitrée de 50%, le pourcentage d'optimums d'orientation «sobres» ayant un bilan énergétique inférieur aux optimums d'orientation «performantiel» est de 30%, mais si l'on inclut les bilans supérieurs de moins de 5 kWh/m²/an ce pourcentage passe à 66%.

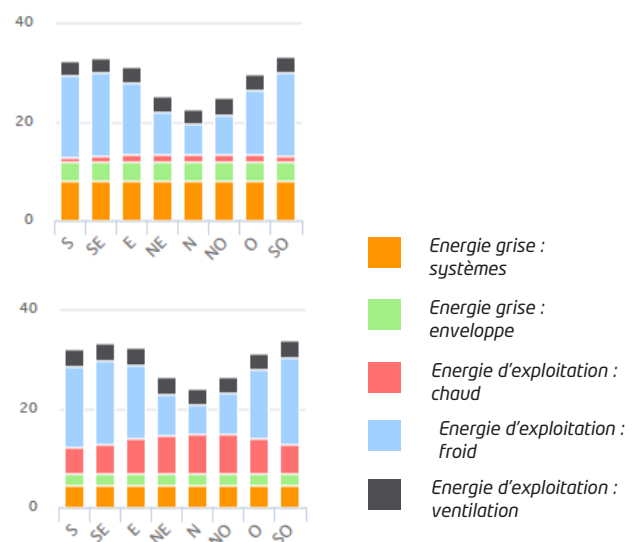
Cette première série d'analyses permet donc déjà d'envisager que la réflexion architecturale et la notion de bio-climatisme (ici les choix de fraction vitrée et d'orientation) constituent véritablement un levier puissant dans nos efforts vers un patrimoine bâti plus frugal et que leur prise en compte doit se faire dans un juste équilibre avec les optimisations techniques.

Dans le cadre de cette étude, on peut retenir que les valeurs moyennes et maximales de la variation du bilan énergétique en fonction de l'orientation se répartissent comme suit :

- stratégie «sobre» : 14 kWh/m²/an en moyenne et jusqu'à 55 kWh/m²/an
- stratégie «performantielle» : 11.5 kWh/m²/an en moyenne et jusqu'à 40 kWh/m²/an

Au-delà même de l'évaluation comparative des leviers architecturaux et techniques on constate que, contrairement à une idée reçue qui subsiste encore parfois, une enveloppe performante ne diminue pas pour autant l'impact des choix architecturaux.

Si plus de technique est une aide précieuse dans l'atteinte de nos objectifs en tant que concepteurs, plus d'architecture est foncièrement nécessaire.



Bilan énergétique décomposé par orientation pour la stratégie 'performantielle' (en haut) et la stratégie 'sobre' (en bas) dans le cas d'un local de bureaux à Besançon avec une fraction vitrée de 50%.

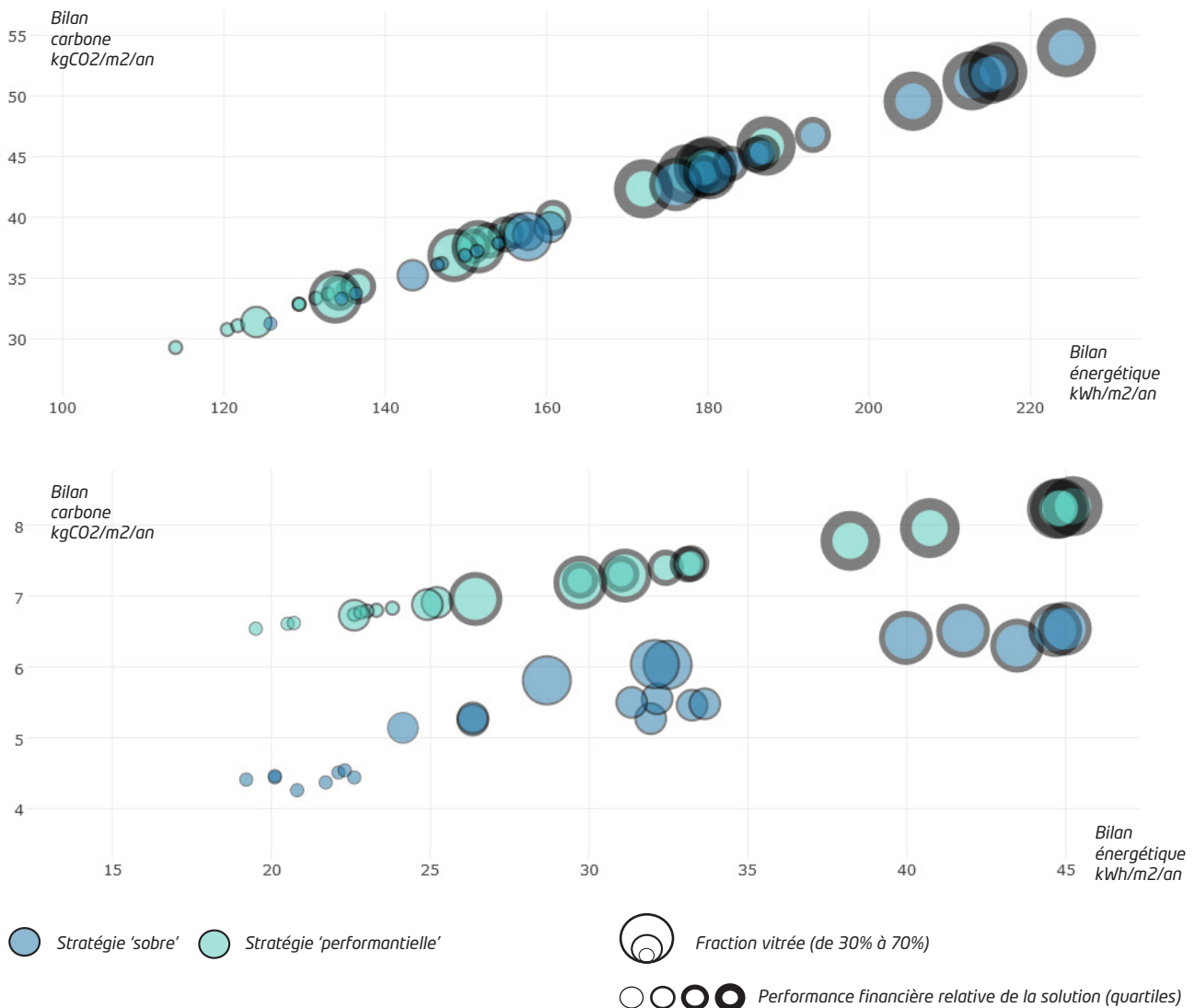
APPLICATIONS

La démarche derrière cette étude ne prétend pas fournir de vérités générales. Les hypothèses et données sur lesquelles elle repose peuvent faire l'objet de multiples discussions : c'est pourquoi sa structure a été conçue pour faire rapidement de nombreuses mises à jour.

Pour faciliter la lecture et l'analyse des résultats produits, le lab d'Elitho a développé une application web permettant de comparer les cas simulés avec 3 outils de visualisation différents, allant d'une restitution globale jusqu'à des 'zooms comparatifs' détaillant la répartition énergétique, carbone et financière des postes de consommation.

L'objectif de cet outil est d'offrir un cadre de réflexion élargi, permettant d'analyser les sensibilités et les leviers afin de participer au débat sur la notion complexe de la 'frugalité' dans un monde aux contextes inégaux. Le but recherché est de permettre au concepteur de s'interroger : comment l'usage et le climat peuvent-ils faire varier nos pratiques ? Comment le contexte économique et énergétique impactent-ils les arbitrages de conception à contexte climatique égal ?

La flexibilité offerte par le chaînage logiciel permet également de s'en servir pour interroger prospectivement différents scénarii énergétiques ou économiques et constater leur impact sur les stratégies les plus viables en fonction des objectifs recherchés. Et si demain, l'énergie était complètement décarbonnée ? Si son prix chute ou au contraire triple ? Si la crise de la matière s'aggrave ? Si le réchauffement climatique suit les pires scénarii envisagés ? La visée opérationnelle n'est donc pas première, mais à l'échelle du bâtiment la prise en compte de cette étude peut permettre d'interroger et d'orienter les partis-pris dans les phases amont. En utilisant ces résultats comme une 'grille de comparaison' on peut évaluer le potentiel offert par différentes stratégies selon les objectifs propres au projet et réfléchir aux optimums vis à vis de la triple problématique 'énergie, carbone, coût'. A une échelle plus urbaine, dans le cas de lotissements ou de projets de programmation mixte, cette étude est également susceptible de donner des clés dans la prise en compte du bio climatisme : la question des territoires frugaux ou bas-carbone peut aussi s'aborder sous l'angle d'un juste équilibre entre surfaces, usages et volumétries selon les qualités des sites ...



Nuages de points des bilans énergétique, carbone et financier pour les 24 cas simulés (8 orientations pour chaque fraction vitrée) pour chaque stratégie constructive dans le cas d'un local de bureaux à Abu Dhabi (en haut) et dans le cas d'un local de bureaux à Besançon (en bas).